

EVALUACIÓN ECONÓMICO FINANCIERA DE ACCIONES DE EFICIENCIA EN LA VIVIENDA SAUCO DEL PLAN PROCREAR, IMPLANTADA EN DIFERENTES ZONAS BIOCLIMÁTICAS DE ARGENTINA

**M. Pía Mazzocco¹, M. Emilia Lascano¹, Luis M. Luján¹, Oscar A. Oviedo^{1,6}, Rocío E. Guido^{1,6},
Mirta S. Roitman², G. Alejandro Mestrallet³, Gabriel Correa P⁴. y C. Ramiro Rodríguez^{1,5}**

Recibido 19/08/18, aceptado 01/10/18

¹ Fundación NOVA VEKTORS. Córdoba X5000HUA, Argentina. <http://www.novavektors.com/nvk/>

² Dto de Física, FCEFyN-UNC, Av. Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA, Córdoba, Argentina.

³ Dto de Máquinas, FCEFyN-UNC, Av. Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA, Córdoba, Argentina.

⁴ CONICET - CITCA, UNCA - FACEN, Prado 366, K4700BDH, Catamarca, Argentina

⁵ Dto de Matemática, FCEFyN-UNC, Av. Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA, Córdoba, Argentina.

Tel. 0351-4618771 e-mail: ramiro.rodriguez@unc.edu.ar

⁶ Instituto de Fisicoquímica de Córdoba (INFIQC-CONICET), Dto de Química Teórica y Computacional de la Fac. de Ciencias Químicas, UNC (FCQ-UNC), Córdoba X5000HUA, Argentina.

RESUMEN: Se compara el desempeño energético de la vivienda SAUCO del plan Pro.cre.ar, utilizando dos tipos de cerramiento que conducen a Situaciones Base (SB) y Propuesta (SP). Se ubicó la vivienda en La Rioja, Paraná, Córdoba, Mendoza, San Rafael y Bariloche, representativas de las 6 zonas bioclimáticas de Argentina y con el software Ecotect® se modeló la demanda de climatización, resultando mejoras entre 40 y 51%, dependiendo de la zona. Las orientaciones cardinales Este y Oeste representan un ahorro de 46% y Norte y Sur de 48%, respecto de la SB orientada al Sur en Córdoba. Se analizaron escenarios económico-financieros que comparan la diferencia de inversión entre la construcción de la vivienda en la SB y la SP. Para Córdoba, se observó un ahorro anual de \$ 2.360 para climatización y los beneficios a tasas del 10% anual en dólares, amortizan la diferencia de inversión entre los 15 y 30 años.

Palabras clave: mejora energética, costo de inversión, clasificación energética.

INTRODUCCION

La economía de los países está basada en actividades diversas en procura de lograr crecimiento económico y satisfacción de las necesidades de sus habitantes. En este contexto, la actividad de la construcción contribuye en gran medida al desarrollo económico de los países y regiones. En un informe del Instituto de Desarrollo Industrial, Tecnológico y de Servicios –IDITS- (Ruggirello, 2011. Informe final: sector construcción. Parte 1), en los países latinoamericanos, la industria de la construcción es el sector que muestra la mayor participación en la composición del Producto Bruto Interno (PBI). Este sector industrial es de suma importancia para el desarrollo económico, no sólo por la gran cantidad de empresas constructoras que involucra en forma directa, sino también por su efecto dinamizador en una alta gama de insumos que demanda. Por otro lado, es una actividad intensiva en la ocupación de mano de obra, por lo que es clave para la definición de políticas públicas que permitan asegurar óptimos niveles de empleo. El saldo anual del sector en Argentina es positivo y las perspectivas suponen que la construcción se consolida como uno de los sectores más dinamizadores de la economía. No obstante, como destaca la organización Hábitat para la Humanidad (2018), el problema de crecimiento de las grandes ciudades en países donde existe una brecha importante entre los sectores de mayor y menor poder adquisitivo genera periferias con poblaciones segregadas. En Argentina, esto se visibiliza en los barrios cerrados y de vivienda precaria.

De acuerdo a un estudio reciente del Departamento de Investigaciones de la Fundación de Estudios para Desarrollos Inmobiliarios (FEDI) (Satulovsky, 2015), en un informe sobre el déficit habitacional en Argentina; en el país hay 12.2 millones de hogares y el 16% de estos pertenecen a viviendas

alquiladas, lo cual equivale a 2 millones de familias, esto implica que aún estarían faltando al menos igual cantidad de viviendas para satisfacer las necesidades habitacionales de la población, déficit que se incrementa a un ritmo de 36 mil viviendas por año, aproximadamente. Acorde al Censo 2010 (INDEC, 2010), el país tiene actualmente un déficit habitacional de 3.5 millones de viviendas.

Parte de este déficit podría satisfacerse con Políticas Públicas que comprendan planes sociales, no obstante, éstos suelen ofrecer viviendas caracterizadas, entre otros factores, por la baja calidad de la construcción, lo que conlleva a deficientes condiciones de confort térmico interior. Para lograrlo, es necesario erogar cierta cantidad de energía, que varía en función de las condiciones climáticas del lugar de emplazamiento, las características morfológicas de la vivienda y las propiedades térmicas de la envolvente.

Cuando el consumo energético aplicado dista de ser el necesario, entonces se puede producir un desequilibrio en las condiciones de confort deseadas, tanto de invierno como de verano. En particular, la calidad deficiente en la construcción plantea una demanda exageradamente alta en la carga energética para la climatización (Gil, 2014), con consiguientes consecuencias económicas, en una situación nacional de alza sostenida de la tarifa energética ya que, como indica un informe de la Unión Industrial Argentina (UIA) (2018), el precio spot monómico (base) de la energía (potencia + energía) en el Mercado Eléctrico Mayorista de mayo 2018, creció 10,9% respecto a abril 2018 y 52,1% comparado con mayo 2017.

Para poder reducir el consumo energético empleado en la climatización de las viviendas, se deberán considerar, como medida prioritaria, mejoras de aislamiento térmico en los elementos de la envolvente. Este aislamiento térmico comprende disminuir las indeseadas pérdidas o ganancias de calor, según se trate de condiciones de baja o alta temperatura del aire exterior, respectivamente, tanto de los cerramientos opacos: muros, techos y piso, como de los elementos vidriados existentes (Volantino et al., 2007).

En un trabajo previo (Roitman et. al., 2017) valoramos el perfil energético de la vivienda SAUCO 2 DORMITORIOS del plan Pro.cre.ar, en las distintas zonas bioclimáticas del país descritas en la Norma IRAM 11.603, lo que permitió obtener los requerimientos para el acondicionamiento térmico en seis ciudades representativas de dichas zonas donde se emplazó la vivienda testigo considerada como Situación Base (SB), utilizando el Software Ecotect®: La Rioja, Paraná, Córdoba, Mendoza, San Rafael y Bariloche. Propusimos además recomendaciones de generación de energía renovable para el caso de Generación Distribuida -acordes a la Ley 27424- y para el uso de energía solar térmica de baja temperatura para la provisión de agua caliente sanitaria.

Con el objeto de aportar recomendaciones constructivas, en el presente trabajo se analiza la rentabilidad de propuestas constructivas para mejorar la performance energética de la SB, así como de las distintas orientaciones cardinales de su fachada, comparando los costos operativos entre SB y la Situación Propuesta (SP), a fin de determinar el potencial de ahorro y el tiempo de retorno de la inversión, y ofrecer un aporte que concientice del beneficio que resultará para el futuro, la utilización de una mayor aislación térmica de la envolvente de los edificios.

Energía para climatización de una vivienda.

La energía necesaria para climatizar un edificio/vivienda depende de diversos factores, entre los que se pueden citar: clima del lugar; condiciones de confort deseadas; volumen, forma y orientación del edificio; cantidad y hábitos de los ocupantes y eficiencia térmica de la envolvente. Este último componente, está directamente relacionado con la transmitancia térmica de los sistemas constructivos que forman la envolvente del edificio.

Eficiencia térmica de la envolvente y clase de eficiencia energética.

La norma IRAM 11.900 establece 8 niveles de eficiencia térmica de la envolvente, siguiendo el formato de las etiquetas de eficiencia energética de los electrodomésticos.

Energía de calefacción	
Dirección postal Identificación catastral	Envolvente edilicia
Más eficiente	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
Menos eficiente	
τ_m	°C
$K \cdot m$	°C
Temperatura de diseño mínima exterior, según IRAM 11603	°C
Temperatura de diseño interior	20 °C
Superficie cubierta	m ²
Profesional responsable	
Certificado N°	
Fecha evaluación	
Fecha emisión certificado	
IRAM 11900	

Figura 1: Etiqueta de eficiencia energética según norma IRAM 11.900.

La clase se determina mediante el cálculo de la variación media ponderada de temperatura, entre la superficie interior de cada componente de la envolvente y la temperatura interior de diseño (20°C), según la expresión (1) y los valores de la Tabla 1.

$$\tau_m = \frac{\sum(\tau_i \cdot S_i)}{\sum S_i} \quad (1)$$

Donde: $\tau_i = R_{si} \cdot K_i \cdot \Delta t$, es la temperatura interior en grados Celsius; $R_{si} = 0,13 \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ es la resistencia térmica superficial interior; $K_i \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ es la transmitancia térmica, $\Delta t [^{\circ}C]$ es la diferencia de temperatura de diseño interior y exterior y S_i la superficie de cada una de las componentes de la envolvente, en metros cuadrados. La Tabla 1 muestra los intervalos de la variación media ponderada de temperatura que da lugar a las clases de eficiencia energética y un esquema de etiqueta. El presente trabajo ha sido realizado con la versión 2010 de la IRAM 11900, que estuvo vigente hasta el 20/12/2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

La SB está constituida por el modelo SAUCO 2 DORMITORIOS del plan Pro.cre.ar, con superficie total de 68 m², cuyas vistas de Frente, Contrafrente y Planta se observan en la Figura 1. Se valoró su perfil energético en las distintas zonas bioclimáticas del país mediante el uso del Software de Diseño de Construcción Sustentable Ecotect®, a fin de tener una idea aproximada del ahorro de energía que puede lograrse mejorando la calidad de la envolvente, obteniendo la etiquetación de eficiencia energética en cada ciudad seleccionada como representativa de las zonas citadas.

Clases de eficiencia energética	τ_m
A	$\leq 1 \text{ }^{\circ}C$
B	$>1 \text{ }^{\circ}C ; \leq 1,5 \text{ }^{\circ}C$
C	$>1,5 \text{ }^{\circ}C ; \leq 2 \text{ }^{\circ}C$
D	$>2 \text{ }^{\circ}C ; \leq 2,5 \text{ }^{\circ}C$
E	$>2,5 \text{ }^{\circ}C ; \leq 3 \text{ }^{\circ}C$
F	$>3 \text{ }^{\circ}C ; \leq 3,5 \text{ }^{\circ}C$
G	$>3,5 \text{ }^{\circ}C ; \leq 4 \text{ }^{\circ}C$
H	$> 4 \text{ }^{\circ}C$

Tabla 1: Clases y etiqueta de eficiencia energética según norma IRAM 11.900.

Tanto el desfase como el retardo térmico de las envolventes (no resueltos por Ecotect) se obtuvieron por medio del programa Dynamic-Thermal-Properties-Calculator (The Concrete Centre y ARUP, 2017). El perfil de uso adoptado fue supuesto para una familia tipo de 4 personas, con horario escolar y de trabajo. Las condiciones internas y ocupación se detallan en la Tabla 2. El tipo de acondicionamiento considerado fue de “modo mixto”: sistema de refrigeración y calefacción (HVAC) + ventilación natural cuando las condiciones externas lo permiten según banda de confort establecida entre 18°C a 26°C, con una eficiencia del sistema del 95%. El horario de funcionamiento del sistema se fijó para las 24hs del día en concordancia con el esquema de ocupación.

Modelo	condiciones internas de diseño				ocupación		infiltraciones		sistema de acondicionamiento			
	clo	humedad %	vel. viento m/seg.	nivel de iluminación Lux	Nº pers.	actividad	renovaciones (elevada hermeticidad)	velocidad del viento m/seg	tipo de sistema	Operación	eficiencia %	termostato/banda confort
Tipología Sauco	1	60	0.5	300	4	sedentaria 70W	0.5	0.5	modo mixto	24hs	95	18°C a 26°C

Tabla 2 – Parámetros considerados en las simulaciones.

En segunda instancia se propusieron mejoras en la envolvente opaca y transparente componiendo el modelo designado como Situación Propuesta (SP) y se volvió a valorar el perfil energético del mismo mediante el cálculo de la variación media ponderada de temperatura, prescrita en la Norma IRAM 11.900, con el objetivo de obtener nuevos valores para la etiqueta de eficiencia energética.

Para analizar el efecto que tendría la orientación de la vivienda, se tomó el modelo SB ubicando la fachada posterior -con una superficie vidriada de 8,40 m²- en los cuatro puntos cardinales, en la ciudad de Córdoba.

Finalmente, se realiza un análisis económico financiero a partir de la “diferencia de inversión” existente entre la construcción de la vivienda designada como de “SB” y la designada como de “SP” y del “Beneficio” que se obtiene a nivel de costos de energía de climatización. Este análisis se realiza calculando el Valor Presente del Beneficio utilizando una Tasa de Descuento, que se compara con el valor de la diferencia de inversión. Es una medida financiera en la que se utiliza el valor actual neto (VAN) de ese beneficio futuro y la metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa de descuento) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le puede o no restar la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto, o el valor actual de ese proyecto, indicando la conveniencia o no de la diferencia de inversión.



Figura 2: Vistas de Frente, Contrafrente y Planta, del modelo Saucos 2 dormitorios, utilizado para las simulaciones de perfil energético de las Situaciones Base y Propuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cargas energéticas de climatización del modelo Situación Base (SB).

Para cada una de las zonas se eligió una ciudad representativa en la cual se emplazó la vivienda Saucos, a fin de calcular las cargas requeridas de calentamiento y refrigeración. El cálculo para cada zona, se realizó con el uso del Software Ecotect®. Este programa permite integrar los análisis de energía, agua y emisiones de carbono, con herramientas que admiten visualizar y simular el comportamiento del edificio en el contexto de su medio ambiente (Autodesk® Ecotect® Analysis, 2018). La Tabla 3 muestra las ciudades seleccionadas para este cálculo, junto con la demanda mensual para la climatización, expresada en [kWh/mes] y la Tabla 3 muestra el requerimiento energético anual para climatización, discriminado en calefacción y refrigeración para cada localidad en [kWh/año].

Zona Bioambiental	I: muy cálida	II: cálida	III: templada cálida	IV: templada fría	V: fría	VI: muy fría
Ciudad/Mes	La Rioja	Paraná	Córdoba	Mendoza	San Rafael	Bariloche
Ene	715	273	117	415	216	492
Feb	464	187	83	229	180	508
Mar	417	199	49	141	112	804
Abr	70	136	281	296	408	1400
May	305	469	547	741	982	1902
Jun	730	776	879	1147	1310	2323
Jul	967	873	1063	1340	1463	2525
Ago	597	652	770	1037	1184	2337
Sep	224	442	518	509	717	1918
Oct	233	134	202	76	382	1474
Nov	564	72	98	111	118	1075
Dic	731	177	100	349	73	745
Anual	6019	4389	4706	6392	7143	17505

Tabla 3: Requerimiento energético mensual y anual para la climatización, expresada en [kWh] de las Ciudades seleccionadas.

La Figura 3, muestra el requerimiento de energía mensual, expresada en [kWh/mes] para el acondicionamiento térmico de la vivienda, ubicada en las diferentes ciudades seleccionadas, con datos tomados de la Tabla 3.

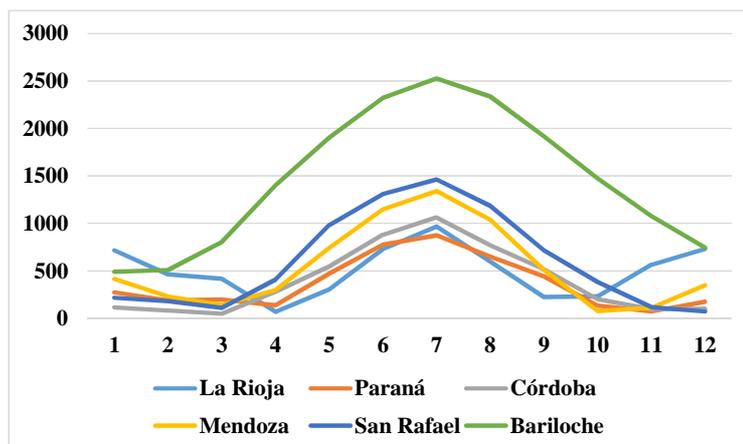


Figura 3: Requerimiento energético mensual, en [kWh/mes] para el acondicionamiento térmico de la vivienda, ubicada en las diferentes ciudades seleccionadas mostradas en la Tabla 3. Etiquetado energético y Parámetros de cálculo.

Utilizando el método descrito en el apartado de *Eficiencia térmica de la envolvente y clase de eficiencia energética*, se determinó la clase energética de la vivienda, utilizando los parámetros de la Tabla 4, tomados de las correspondientes normas IRAM 11.900 y 11.603.

Ciudad/Parámetro	La Rioja	Paraná	Córdoba	Mendoza	San Rafael	Bariloche
T_{int} [°C]	20,00					
$TMND$ [°C] (*)	-2,50	-1,00	-4,30	-3,90	-5,60	-11,40
Δt [°C]	22,50	21,00	24,30	23,90	25,60	31,40
Δt_{techos} [°C]	30,5	29,00	32,30	31,90	33,60	39,40
R_{Si} $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$	0,13					

Tabla 4: Parámetros de cálculo derivados de las normas IRAM 11.900 y 11.603. (*) Temperatura Exterior de diseño invierno.

- a) Situación Base. Tomando los parámetros de las Tablas 1 y 3, se calculó la variación media ponderada de temperatura, usando la expresión (1) para la SB, es decir el modelo Saucó con la envolvente original provista en el plan Procrear.

DESCRIPCIÓN DEL CERRAMIENTO		
Cerramiento	Situación Base	Situación Propuesta
A	Paredes lad. cerámico 20 cm + rev.int. + rewear	Paredes Airblock 20 cm + yeso int. + rev. ext.
B	Paredes lad. cerámico 15 cm + rev.int. + rewear	Paredes Airblock 15 cm + yeso int. + rev. ext.
C	Cubierta: carpeta + H° con cascotes + 8cm poliestireno exp. + losa H°A° + 20cm cámara de aire + placa de roca de yeso	Cubierta: carpeta + H° con cascotes + 10cm poliestireno exp. + losa H°A° + 20cm cámara de aire + placa de roca de yeso
D	Ventanas con carpintería de aluminio y vidrio simple + cortina int.	DVH 2 vidrios comunes incol. de 3 mm + cama de aire de 6 mm
E	Ventanas vidrio simple + persiana madera	Ventana con carpintería de aluminio y DVH (2 vidrios comunes incol. de 3 mm + cama de aire de 6mm)
F	Puerta exterior madera	Puerta exterior madera

Tabla 5: Descripción del cerramiento para las SB y SP.

La descripción de los cerramientos (D. C.) está definida en la Tabla 5 para las SB y SP. Tomando los valores correspondientes de la transmitancia térmica de dichos cerramientos, las Tablas 6 y 7 conducen a la clasificación energética inicial para la vivienda modelo en cada ciudad.

SITUACIÓN BASE														
			La Rioja		Paraná		Córdoba		Mendoza		San Rafael		Bariloche	
DC	S_i	K_i	τ_i	$\tau_i \cdot S_i$	τ_i	$\tau_i \cdot S_i$	τ_i	$\tau_i \cdot S_i$						
A	46,9	1,6	4,7	222,1	4,4	207,3	5,1	239,9	5,0	235,9	5,4	252,7	6,6	309,9
B	29,5	2,1	6,1	180,2	5,7	168,2	6,6	194,6	6,5	191,4	7,0	205,0	8,5	251,5
C	68,4	0,4	1,5	105,8	1,5	100,6	1,6	112,0	1,6	110,6	1,7	116,5	2,0	136,6
D	6,8	5,0	14,6	99,7	13,7	93,1	15,8	107,7	15,5	105,9	16,6	113,5	20,4	139,2
E	8,3	2,8	8,2	68,0	7,6	63,4	8,8	73,4	8,7	72,2	9,3	77,3	11,4	94,9
F	2,1	2,3	6,8	13,9	6,3	12,9	7,3	15,0	7,2	14,7	7,7	15,8	9,4	19,3
Tot.	161,9		41,9	689,6	39,2	645,5	45,3	742,6	44,5	730,8	47,7	780,8	58,4	951,5
τ_m				4,3		4,0		4,6		4,5		4,8		5,9
CLASIF. ENERGÉTICA BASE				H		H		H		H		H		H

Tabla 6: Clasificación energética inicial para la vivienda Sauco en la SB, dispuesta en cada ciudad elegida como representativa de las zonas bioclimáticas según la Norma IRAM 11603.

SITUACIÓN PROPUESTA														
			La Rioja		Paraná		Córdoba		Mendoza		San Rafael		Bariloche	
DC	S_i	K_i	τ_i	$\tau_i \cdot S_i$	τ_i	$\tau_i \cdot S_i$	τ_i	$\tau_i \cdot S_i$						
A	46,9	0,7	2,0	94,6	1,9	88,3	2,2	102,2	2,1	100,5	2,3	107,6	2,8	132,0
B	29,5	0,9	2,5	75,0	2,4	70,0	2,7	81,0	2,7	79,7	2,9	85,4	3,6	104,7
C	68,4	0,3	0,9	60,0	0,8	56,0	0,9	64,8	0,9	63,7	1,0	68,3	1,2	83,8
D	6,8	3,2	9,4	64,4	8,8	60,1	10,2	69,6	10,0	68,4	10,7	73,3	13,2	89,9
E	8,3	2,2	6,3	52,4	5,9	48,9	6,8	56,6	6,7	55,6	7,2	59,6	8,8	73,1
F	2,1	2,3	6,8	13,9	6,3	12,9	7,3	15,0	7,2	14,7	7,7	15,8	9,4	19,3
Tot.	161,9		27,9	360,3	26,1	336,3	30,2	389,1	29,7	382,7	31,8	409,9	39,0	502,8
τ_m				2,2		2,1		2,4		2,4		2,5		3,1
CLASIF. ENERGÉTICA MEJORADA				D		D		D		D		E		F
$\Delta(\tau_{mSB} - \tau_{mSP})$				2,0		1,9		2,2		2,2		2,3		2,8

Tabla 7: Clasificación energética alcanzada por la vivienda Sauco en la SP, dispuesta en cada ciudad elegida como representativa de las zonas bioclimáticas según la Norma IRAM 11603.

Se puede observar del resultado de las clasificaciones energéticas de la SB en la Tabla 6, que las mismas se encuentran en el primer escalón (H) de las clases establecidas en la Tabla 1, resultando no obstante con mejor performance la zona II: cálida, representada por la ciudad de Paraná.

Esta situación acarrea notables consecuencias, ya que, como expuso el Dr. S. Gil en el *Proyecto de Ley Aprovechamiento de la Energía Solar Térmica en Argentina* ante el Senado de la Nación (Gil, 2017), el consumo residencial de gas natural destinado a calefacción corresponde a un porcentaje superior al 50% del total del sector. A su vez este sector consume el 27% del total del consumo de gas en Argentina, con lo cual podríamos considerar que aproximadamente el 14% del total de gas natural consumido en Argentina y destinado a calefacción, podría estar despilfarrándose en viviendas de baja

calidad constructiva. Esta conjetura nos conduce a proponer mejoras en la SB, encaminadas a optimizar las condiciones de confort térmico interior, consumiendo menor cantidad de energía. Es decir, que en la SP tendríamos una mejora en la eficiencia energética de la vivienda, que debemos cuantificar, así como también la inversión necesaria para este avance.

b) Situación Propuesta. Tomando los parámetros de la Tabla 4, se calculó la variación media ponderada de temperatura para la SP, es decir el modelo Sauco con la envolvente transparente y opaca mejorada. La Tabla 6 muestra la clasificación energética alcanzada por la vivienda en cada ciudad.

Las nuevas clasificaciones energéticas (D, E, F) en la SP se encuentran de 2 a 4 escalones más arriba que en la SB. Las zonas V: fría y VI: muy fría, donde están las ciudades de San Rafael y Bariloche, alcanzan los valores E y F, respectivamente. Este resultado podría indicar que para estas zonas, la mejora propuesta es menos efectiva que para las demás ya que el resto de las ciudades alcanza la clasificación D. No obstante, el análisis de la última fila de la Tabla 7 indica que la diferencia entre variación media ponderada de temperatura entre la SB y la SP es mayor para las zonas V y VI respecto a las demás, lo que muestra que es precisamente en estas zonas donde se obtuvo el mayor impacto de la mejora en la envolvente.

A modo ilustrativo se muestran en las Figuras 4 y 5, las etiquetas de eficiencia energética alcanzadas al ubicar las SB y SP en la ciudad de Córdoba.

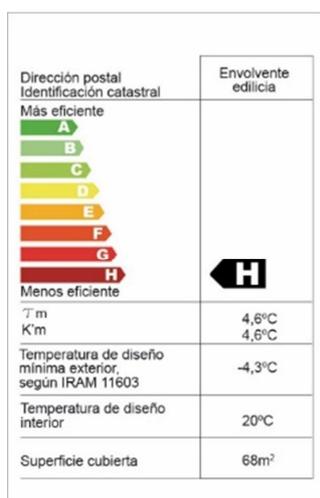


Figura 4: Etiquetas de eficiencia energética alcanzada al ubicar la SB en la ciudad de Córdoba.

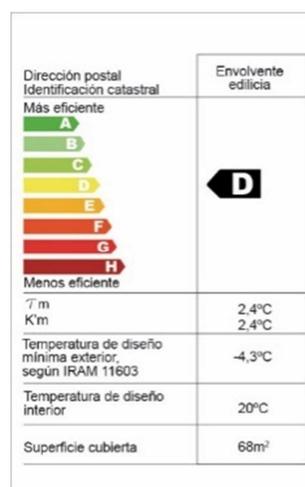


Figura 5: Etiqueta de eficiencia energética alcanzada al ubicar la SP en la ciudad de Córdoba.

Con el propósito de cuantificar el ahorro energético que se lograría en la climatización de la vivienda comparando entre la SB y la SP, se muestran en la Tabla 8 los valores anuales de calefacción, refrigeración y totales expresados en [kWh] para una orientación SUR de la fachada posterior.

Ciudad	Situación Base			Situación Propuesta			Ahorro %
	Calef.	Ref.	TOTAL	Calef.	Ref.	TOTAL	
La Rioja	2885	3133	6019	1265	2363	3628	40
Paraná	3489	901	4389	1559	720	2279	48
Córdoba	4319	387	4706	2131	334	2465	48
Mendoza	5179	1213	6392	2375	999	3374	47
San Rafael	6705	438	7143	3160	375	3535	51
Bariloche	17505	0	17505	9099	0	9099	48

Tabla 8: Valores anuales de calefacción, refrigeración y totales expresados en [kWh], para la climatización de la vivienda comparando entre la SB y la SP.

La última columna de la Tabla 8 indica el porcentaje de ahorro energético para la climatización completa en la comparación. Estos altos porcentajes evidencian que con acciones simples en la envolvente, es posible reducir notoriamente la energía en climatización. La Figura 6 esquematiza esta comparación de requerimiento anual de energía entre la SB y la SP.

La vivienda ubicada en San Rafael alcanza el mayor ahorro en su versión SP, de acuerdo a los resultados de la simulación demandaría un 51% menos energía que su respectivo SB, mientras que la ubicada en la Rioja presenta el menor ahorro que es del 40%. El resto de las ciudades presentarían una disminución de demanda energética de entre el 40 al 48% y el promedio es 47%.

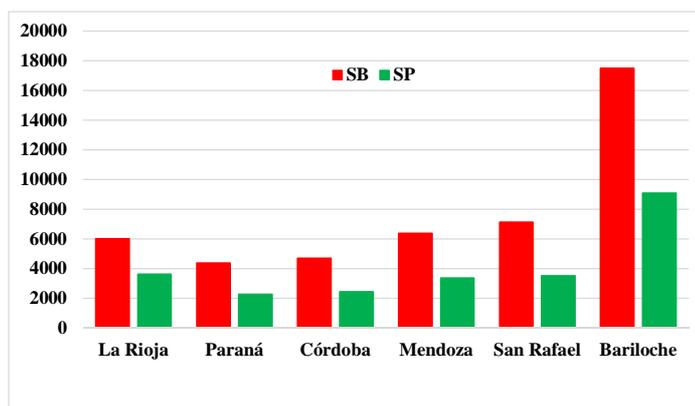


Figura 6: Comparación de requerimiento anual de energía entre la SB y la SP.

A modo de dimensionar estos valores, supongamos que el ahorro propuesto alcanzara a todas las edificaciones del país, es decir podría ahorrarse aproximadamente el 50% del total de gas natural disponible para calefacción. Esto es un porcentaje aproximado al 7% del total de Gas Natural (GN) usado, que es lo que en el país se consume como GNC para el transporte o bien la mitad del GN importado de Bolivia.

Efecto de la orientación.

Para considerar el efecto de las demás orientaciones cardinales de la fachada (Este, Oeste y Norte), se tomó solamente el caso de la ubicación de la vivienda en la SP para la ciudad de Córdoba obteniendo la Situación Propuesta Orientada (SPO). Los resultados se muestran en la Tabla 8.

Ciudad	Orientación	Situación Propuesta			Dif. Con Sur	Ahorro %
		Calef.	Refrig.	TOTAL		
Córdoba	Sur	2375,00	333,99	2465,29	0,00	48
	Situación Propuesta Orientada					
	Este	2129,17	406,30	2535,47	-70,18	46
	Oeste	2114,32	408,88	2523,20	-57,90	46
	Norte	2121,28	334,85	2456,13	9,17	48

Tabla 9 - Consideración del efecto de todas las orientaciones cardinales en el consumo de climatización para la ciudad de Córdoba en [kWh]. El porcentaje de ahorro se compara con la SB y la Diferencia de las orientaciones Este, Oeste y Norte, con la orientación Sur.

El resultado de la Tabla 9 indica el efecto de las orientaciones: Este y Oeste representan un porcentaje de ahorro de 46% y Norte y Sur de 48%, todas respecto de la SB orientada al Sur. Estos resultados indican que no hay un marcado efecto al disponer la fachada en las distintas orientaciones (ahorros del 2%), en comparación con el obtenido al mejorar la performance de la envolvente (superiores al 40%). Este porcentaje de variación en la orientación coincide con el encontrado por Flores et. al. (Flores, 2007).

Escenarios de evaluación económico-financiera.

A fin de realizar este análisis mencionado en la metodología, se compara la diferencia de inversión existente entre la construcción de la vivienda designada como “SB” y la designada como “SP”. En este sentido, separaremos la inversión en la envolvente opaca y transparente.

- a) Envolvente Opaca: está constituida por las paredes de ladrillos de HCCA (Hormigón Celular Curado en Autoclave) *Airblock* y sus revestimientos (Airblock, 2018; El Portal de la Construcción, 2016). En relación a las características constructivas que componen los costos, deben considerarse las siguientes características que conducen a ahorros:
- Menores tiempos de ejecución, logística y mano de obra;
 - No requiere revoque grueso, solamente yeso interior monocapa.
 - El pegamento entre unidades se realiza con mortero adhesivo, no con mezcla.
 - Menos desperdicios y necesidad de su gestión.

Tales características junto a la consulta de precios (Cifras, 2017), permiten concluir que la mejora en la envolvente opaca no conduce a sobrecostos, ya que este tipo de construcción permite una significativa reducción de costos en revoque, mano de obra y tiempo. Esta conclusión arribada, en principio pareciera ser contraria a la opinión colectiva y es por ello que se continúa trabajando con los métodos tradicionales, sin haber realizado una evaluación cuantitativa como la que aquí se esboza.

- b) Envolvente transparente: está constituida por las ventanas DVH con 2 vidrios comunes incoloros de 3 mm + cama de aire de 6 mm, sustituyendo a las ventanas originales de vidrio simple. En este caso el sobrecosto se estima en 20%. De este modo el valor que usaremos como diferencia de costo de inversión, aludirá a este ítem y asciende \$ 22.200.

En el análisis se llevan los parámetros a moneda constante (valor dólar) y se considera la diferencia del costo de inversión entre SB y SP señalada en el párrafo anterior, determinando como beneficio el ahorro en costos de energía de climatización. Se supone además que la calefacción está satisfecha con Gas Natural (GN) y la refrigeración con Electricidad con tarifas de 0,49 [\$/kWh] y 3,03 [\$/kWh], respectivamente. Por otra parte se asume una eficiencia de 50% para los equipos de calefacción y 67% para los de refrigeración, a los efectos de contemplar un escenario desfavorable. Con estas consideraciones, actuando sobre los valores anuales de calefacción y refrigeración de la Tabla 8, se obtienen los valores de la Tabla 10.

Ciudad	Costos SB [\$]			Costos SP [\$]			Ahorro [\$]		
	Calef.	Ref.	TOT.	Calef.	Ref.	TOT.	Calef.	Ref.	TOT.
La Rioja	2828	12659	15487	1240	9547	10786	1588	3112	4700
Paraná	3419	3638	7057	1528	2909	4437	1891	729	2621
Córdoba	4232	1565	5798	2089	1349	3438	2144	216	2360
Mendoza	5075	4901	9977	2327	4034	6362	2748	867	3615
San Rafael	6571	1770	8341	3097	1515	4612	3474	255	3729
Bariloche	17155	0	17155	8917	0	8917	8238	0	8238

Tabla 10: Costos de Calefacción, Refrigeración y Totales y Ahorro para la SB y SP.

Tomando como referencia el caso de la vivienda ubicada en la ciudad de Córdoba, de la Tabla 10 observamos una diferencia anual de \$ 2.360. Para considerar diferentes escenarios, se realiza la evaluación a 10, 15 o 30 años, según consideremos cual es el tiempo adecuado en que deberíamos amortizar la diferencia de inversión, pudiendo utilizar tasas de descuento (T.D.) o tasas internas de retorno (T.I.R) que representen la visión de cada uno en cuanto a traer los beneficios futuros a valores actuales para comparar con la diferencia de inversión aludida. Esas tasas podrán representar las usadas en el mundo, en Argentina, etc.

DATOS		
MONEDA	Pesos [\$]	Dólares [USD]
Cotización U\$S	30	
Valor de la Inversión	22.200	740
Beneficio Anual	2.360	79
T.I.R. Ideal	15%	
T.I.R. Mercado Argentino	10%	
T.I.R. Mercado Mundial	4%	

Tabla 11: Datos para el análisis Económico-Financiero.

En este caso, observamos que los beneficios directos a tasas de uso en la Argentina de alrededor del 10% anual en dólares, amortizan la diferencia de inversión entre los 15 y 30 años. En la Tabla 11 se muestran los datos necesarios para el análisis y en la Tabla 12 los resultados del mismo considerando o no la diferencia de inversión inicial en el flujo de caja.

V.A.N.		Con Inversión			Sin Inversión		
TIEMPO [años]		10	15	30	10	15	30
T.I.R.	4%	-109	144	664	684	937	1.457
	8%	-227	-72	156	565	721	949
	10%	-275	-152	2	518	641	794
	12%	-317	-219	-114	476	574	679
	15%	-370	-300	-240	423	493	553

Tabla 12: Resultados del análisis Económico-Financiero considerando o no la diferencia de inversión inicial en el flujo de caja.

Beneficios Directos e Indirectos a través del mejoramiento energético.

Las conclusiones a las que se arriba respecto de los “beneficios directos” de la aplicación de la eficiencia energética, que surgen de comparar económica y financieramente los valores de los beneficios que arroja realizar una inversión adicional para obtener menores consumos energéticos, donde hemos visto que podemos utilizar métodos de anualidades como el del valor actual neto (V.A.N.) enunciados, deben ser complementados con otros análisis que permitan evaluar también los “beneficios indirectos” de esta aplicación técnica.

La referencia de beneficios indirectos estará representada por el ahorro que tendrá “El Estado Nacional” cuando decida año a año incorporar infraestructura para atender el crecimiento demográfico natural que implica mayores consumos de energía, como así también las necesidades de mayor uso de energía por el propio crecimiento de las tecnologías que empujan a la sociedad a consumir más, y finalmente para atender el crecimiento industrial que nuestro país necesita desarrollar para mejorar el equilibrio de su balanza y regular la dependencia e intercambio con el resto de los países del mundo.

El crecimiento de la infraestructura antes mencionado, no será menor al cinco por ciento (5%) anual de la capacidad instalada para un año de análisis (KPMG Argentina, 2017), y si una parte de ese crecimiento puede ser reemplazado por el ahorro de energía por parte de los sectores Residencial, Industrial, Comercial, etc., significará evitar al país invertir millones de dólares por la infraestructura que no instalará, o lo que es lo mismo, evitar abonar a quienes vayan a proveer esa energía miles de dólares diarios, ya que será necesario proveer menos cantidad de energía y consecuentes emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Ponderar estas cantidades en su justa medida debería ser evaluada por “El Estado Nacional” para establecer acciones de fomento que justifiquen a los usuarios de estas viviendas, para el caso que los beneficios directos no fueran suficientes para tomar decisiones que coadyuven a promocionar acciones de eficiencia.

CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó la comparación del desempeño energético de la vivienda SAUCO del plan Pro.cre.ar de 68 m² de superficie, evaluando la eficiencia térmica de la envolvente utilizando dos tipos de cerramiento que condujeron a una Situación Base (SB) y una mejora llamada Situación Propuesta (SP). Se ubicó la vivienda en las ciudades: La Rioja, Paraná, Córdoba, Mendoza, San Rafael y Bariloche, representativas de las 6 zonas bioclimáticas de Argentina, definidas en la norma IRAM 11.603 y con ayuda del software Ecotect® se modelaron los valores de demanda mensuales y anuales de calefacción, refrigeración y totales expresados en [kWh], lo que arrojó como resultados mejoras indicadas en la Tabla 7 que van del 40 al 51%, dependiendo de la zona.

Se obtuvo además la clasificación energética de la vivienda para ambas situaciones acorde a la norma IRAM 11.900, en cada una de las ciudades y se observó que en la SB las clasificaciones iniciales estuvieron en el primer escalón H. Las nuevas clasificaciones (D, E, F) en la SP se encuentran de 2 a 4 escalones más arriba que en la SB. Las zonas V: fría y VI: muy fría, donde están las ciudades de San Rafael y Bariloche, alcanzan los valores E y F, respectivamente. Este resultado podría haber indicado que para estas zonas, la mejora propuesta es menos efectiva que para las demás ya que el resto de las ciudades alcanzó la clasificación D. No obstante, el análisis de la última fila de la Tabla 7 indicó que la diferencia entre variación media ponderada de temperatura entre la SB y la SP es mayor para las zonas V y VI respecto a las demás, lo que mostró que es precisamente en estas zonas donde se obtuvo el mayor impacto de la mejora en la envolvente.

En la Tabla 8 se mostró el efecto de las diferentes orientaciones cardinales dando como resultado que: Este y Oeste representan un porcentaje de ahorro de 46% y Norte y Sur de 48%, todas respecto de la SB orientada al Sur. Los valores indicaron que no hay un marcado efecto al disponer la fachada en las distintas orientaciones (2%), en comparación con el obtenido al mejorar la performance de la envolvente opaca y transparente (superiores al 40%).

Finalmente se realizó el análisis de diversos escenarios de evaluación económico-financiera comparando la diferencia de inversión existente entre la construcción de la vivienda en la SB y la SP, separando la inversión en envolventes opaca y transparente. Tomando como referencia el caso de la vivienda ubicada en la ciudad de Córdoba, en la Tabla 9 se observó un ahorro anual de \$ 2.360 para climatización. Para considerar diferentes escenarios, se realizó la evaluación a 10, 15 o 30 años, a fin de imaginar el tiempo adecuado para amortizar la diferencia de inversión utilizando tasas internas de retorno (T.I.R) de 4%, 8%, 10%, 12% y 15% que representaron distintas visiones en cuanto a traer los beneficios futuros a valores actuales para comparar con la diferencia de inversión aludida y se observó que los beneficios directos a tasas de uso en la Argentina de alrededor del 10% anual en dólares, amortizan la diferencia de inversión entre los 15 y 30 años.

Los altos porcentajes de ahorro energético evidencian que con acciones simples en la envolvente, es posible reducir notoriamente la energía en climatización generando beneficios directos e indirectos representados por el ahorro que tendría “El Estado Nacional” al reducir la infraestructura energética necesaria para atender el crecimiento en los consumos de energía.

Sería provechoso para un trabajo futuro realizar el estudio del ciclo de vida, es decir: diseño, simulación, construcción, medición, desarmado y disposición final de una edificación con consumo de energía muy bajo o nulo, con un enfoque integrado del diseño, compatible con los conceptos de Casa Pasiva y las exigencias de las leyes de Generación Distribuida y Uso Racional y Eficiente de la Energía”.

ABSTRACT

The energy performance of the SAUCO housing of the Pro.cre.ar plan is compared, using two types of enclosures that lead to Base Situations (SB) and Proposal (SP). The house was located in La Rioja, Paraná, Córdoba, Mendoza, San Rafael and Bariloche, representative of the 6 bioclimatic zones of Argentina and the Ecotect® software modeled the demand for air conditioning, resulting improvements between 40 and 51%, depending on the area. The East and West cardinal orientations represent a 46% saving and North and South 48%, with respect to the SB oriented to the South in

Córdoba. We analyzed economic-financial scenarios that compare the investment difference between the construction of housing in the SB and the SP. For Córdoba, there was an annual saving of \$ 2,360 for air conditioning and the benefits at 10% annual rates in dollars, amortize the investment difference between 15 and 30 years.

Keywords: energy improvement, investment cost, energy classification.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (SECyT-UNC), Córdoba, Argentina.

REFERENCIAS

- Airblock, [webwww.airblock.com.ar](http://www.airblock.com.ar) (revisado: agosto de 2018)
- Autodesk® Ecotect® Analysis, <https://www.autodesk.com/education/free-software/ecotect-analysis> (revisado: agosto de 2018)
- Cifras Online. AIRBLOCK, el nuevo sistema constructivo de hormigón celular hecho en Argentina (2016). Disponible en: <http://www.cifrasonline.com.ar/cifras/index.php/content/view/full/34559>
- Flores L (2007), Flores Larsen S. Filippín C. “COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE INVIERNO Y VERANO DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL EN LA PROVINCIA DE SALTA”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 11, 2007. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184
- Gil, S. (2014). “Eficiencia energética: un camino sustentable hacia el autoabastecimiento”. Universidad Nacional de San Martín. Ente Nacional Regulador del Gas. Disponible en: http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/2014/jornada_ef_energ_edif_pub_oct/presentaciones/gil.pdf
- Gil, S. (2017) “Proyecto de Ley Aprovechamiento de la Energía Solar Térmica en Argentina”. Universidad Nacional de San Martín. Disponible en: <http://www.senado.gov.ar/upload/25346.pdf>
- Hábitat para la Humanidad. Argentina. (2018) Disponible en: <http://hpha.org.ar/es/>
- INDEC. Censo 2010.
- Instituto de Desarrollo Industrial, Tecnológico y de Servicios (IDITS). “Informe final: sector construcción. Parte 1”. Disponible en: <http://www.actualizarmiweb.com/sites/sectorconstruccion-com-ar/publico/files/informeconstruccion.pdf>
- KPMG Argentina (2017). “Inversiones en fuentes de generación en el sector eléctrico nacional”. Disponible en: <http://www.cader.org.ar/informe-completo-el-detalle-de-las-inversiones-electricas-segun-tecnologias/>
- Revista Cifras 255 (Junio 2017). Disponible en: https://issuu.com/cifrasonline/docs/cifras_255_portal
- Roitman, M.S., Mestrallet, A.G., Mazzocco, P., Lascano, E., P., Lavroff, N., Tarquino, M., Correa P.G., Filippin, C. y Rodríguez, C. R. (2017). Valoración del perfil energético de una vivienda del plan PROCREAR, según distintas aplicaciones del UREE, en las diferentes zonas bioclimáticas de Argentina. IV Jornadas del Departamento de Física F. de C. E., F. y N., U. N. C., Córdoba, Argentina, 23 y 24 de Noviembre de 2017.
- Ruggirello (2011) El Sector de la Construcción en perspectiva Internacionalización e impacto en el mercado de trabajo. Publicación electrónica.
- Satulovsky, M. (2015) “Viviendas y alquiler”. Departamento de Investigaciones de la Fundación de Estudios para Desarrollos Inmobiliarios (FEDI). Disponible en: <https://www.cia.org.ar/sectorial.php>
- Unión Industrial Argentina (2018). “Evolución del Costo de la Energía en el Mercado Spot vs. Precio Sancionado (enero 2000- mayo 2018)”. Disponible en: <http://www.uia.org.ar/noticia/3261>
- Volantino, V. L., Bilbao, P. A., Azqueta, P. E., Bittner, P. U., Englebert, A. y Schopfloch, M. (2007). Ahorro energético en el consumo de gas residencial mediante aislamiento térmico en la construcción. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 11, 2007. ISSN 0329-5184.