

# Análisis del impacto de diferentes tecnologías y materiales constructivos en la eficiencia energética.

## Analysis of the impact of different technologies and building materials on energy efficiency.

Presentación: 17/10/2023

### **Oliva Francisco**

Universidad Tecnológica Nacional FRSE  
[foliva@frsf.utn.edu.ar](mailto:foliva@frsf.utn.edu.ar)

### **Vetcher Paula**

Universidad Tecnológica Nacional FRSE  
[pvetcher@frsf.utn.edu.ar](mailto:pvetcher@frsf.utn.edu.ar)

### **Aguado Franco**

Universidad Tecnológica Nacional FRSE  
[faguado@frsf.utn.edu.ar](mailto:faguado@frsf.utn.edu.ar)

## **Resumen**

En el presente trabajo se busca evaluar la sensibilidad del software de etiquetado de viviendas, establecido por la Provincia de Santa Fe a través de la Ley de Eficiencia Energética (13.903/19), para lograr esto se presentaron distintas variables las cuales fueron utilizadas para afectar la designación de la etiqueta. Con un modelo definido se variaron tanto posiciones geográficas como los distintos muros que se suelen utilizar para construir en nuestra localidad, siendo estos los muros compuestos por ladrillos cerámicos, macizos y huecos y bloques de hormigón celular curado en autoclave, trazando así la variabilidad de la etiqueta según los distintos cambios realizados, esto nos provee de la información suficiente para notar la importancia de una buena implantación en el terreno y la incorporación de nuevas formas de construcción como lo son los muros dobles, creando una nuevas preguntas a la hora de diseñar una vivienda.

**Palabras clave:** Eficiencia Energética – Etiquetado Energético – Ley de Etiquetado.

## **Abstract**

This paper seeks to evaluate the sensitivity of housing labeling software, established by the Province of Santa Fe through the Energy Efficiency Law (13.903/19), to achieve this, different variables were presented which were used to affect the label designation. With a defined model we varied both geographical positions and the different walls that are usually used to build in our town, being these walls composed of ceramic bricks, solid and hollow and cellular concrete blocks autoclaved, thus tracing the variability of the label according to the different changes made, this provides us with sufficient information to note the importance of a good implementation in the field and the incorporation of new forms of construction such as double walls, creating new questions when designing a home.

**Keywords:** Energy Efficiency – Energy Labeling – Labeling Law.

## Introducción

El uso de energía eficiente como concepto se instaura mundialmente en 1973, debido al impacto económico del petróleo a nivel global por conflictos bélicos. Por este motivo, surgen investigaciones orientadas a reducir el consumo de energía provenientes de recursos fósiles, optimizando el uso de materiales y aplicando nuevas formas de obtención de energías renovables (Baragatti, 2019).

La eficiencia energética tiene como objetivo utilizar los mínimos recursos energéticos para lograr el nivel de confort deseado, apoyándose de la arquitectura bioclimática y el diseño pasivo de edificios. El diseño pasivo de edificios se define como aquel para conseguir un clima interior confortable sin un dispositivo calefacción activa, siendo capaces de alcanzar los requisitos energéticos más bajos mediante un equilibrio entre las pérdidas de calor y las ganancias de calor con respecto a las condiciones climáticas particulares del edificio del edificio. Una práctica adecuada del diseño pasivo implica varios aspectos del diseño del edificio, como la orientación de las fachadas principales y ventanas, grosor de las paredes, aislamiento térmico aislamiento térmico, detalles de las ventanas solar pasiva, dispositivos de sombreado, etc. (Omran and Marsono, 2016).

A nivel global, aproximadamente entre el 30% y el 40% de la energía primaria se destina al funcionamiento de edificaciones privadas, siendo estas responsables de alrededor del 40% al 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Si bien el consumo de energía está ligado a una mejora del nivel de vida del usuario, el panorama energético mundial conlleva a que el sector de la construcción logre una evolución sustentable en la sociedad, minimizando su impacto ambiental y a la vez generando notables ventajas económicas y sociales. Para alcanzar estos propósitos de sustentabilidad, se requiere adoptar un enfoque multidisciplinario que abarque diversos aspectos tales como la eficiencia energética, la optimización del uso de materiales, incluyendo el agua, la reutilización y reciclaje de materiales, y el control de emisiones. Si bien el uso de energías renovables se incrementa, el uso de combustibles fósiles también aumenta (Sulaiman et al. 2019).

En la República Argentina, aproximadamente el 60 % de la generación de energía eléctrica es térmica, lo cual implica la combustión de combustibles fósiles y el consecuente impacto ambiental (CMMESA). Alrededor del año 2007 surge el Decreto Nacional 0140/2007, el cual declara de interés el uso racional y eficiente de la energía. En 2015, por Decreto Nacional 0231/2015 se crea la Subsecretaría de Eficiencia Energética otorgando de esta manera jerarquía institucional a la problemática. A nivel local, la Provincia de Santa Fe aparece como pionera al promulgar la primera Ley de Eficiencia Energética, la N° 13.903/19, que establece un procedimiento de “Etiquetado de Eficiencia Energética” para inmuebles destinados a vivienda, y otorgando una clase según el consumo de energía primaria. Esta categorización se realiza por medio de un escalafón con actualizaciones periódicas basado en el “IPE”: Índice de Prestaciones Energéticas. En el boletín oficial del “Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas”, esta variable se define como un valor característico de cierto inmueble que representa una estimación de la energía primaria que demandaría la normal utilización de dicho inmueble durante un año y por metro cuadrado de superficie útil para satisfacer las necesidades asociadas a calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación; y se expresa en kWh/m<sup>2</sup> año.

En etapas anteriores del proyecto se realizaron ensayos para determinar las características térmicas de distintos elementos constructivos y los paquetes que estos conforman. En una primera etapa, se seleccionaron distintos materiales que caracterizan la construcción tradicional de la zona, se realizaron probetas de los mismos, se ensayaron con la utilización el equipo de flujo continuo (medidor de flujo de calor modelo HFM 446 Lambda Médium de la firma Netzsch) y se obtuvieron los coeficientes de transmitancia térmica ( $\lambda$ ) de los mismos. Este coeficiente caracteriza la capacidad de un material para permitir el paso del calor a través de él. Posteriormente, los valores obtenidos de los ensayos fueron comparados con los estipulados por la norma IRAM 11605-05 y los definidos en el software de Etiquetado, obteniendo como resultado discrepancias del orden de 35%. En una segunda etapa, se definieron distintos paquetes constructivos, siguiendo las mismas pautas propuestas para la selección de materiales y que, a su vez, utilicen como mampuestos estos últimos. Estos paquetes elegidos fueron objeto de estudio higrotérmico, donde se definió analíticamente, y según lo estipulado en la norma IRAM 11603-05, la temperatura superficial de los mismos. Para este cálculo se utilizaron los distintos coeficientes de transmitancia térmica ( $\lambda$ ) disponibles. Mediante el uso de la cámara termográfica Testo 872, se obtuvieron valores de temperaturas superficiales interiores correspondientes a los paquetes estudiados. Luego, se cotejaron las mediciones con los valores analíticos, obteniendo nuevas discrepancias del orden de 23% (De Nardo et al. 2022).

De este proceso, se adquiere una base de información que ratifica, o no, la veracidad de los valores analíticos proporcionados por la norma con la cual se rige el Software de Etiquetado Energético Provincial, y se procede al análisis de este como tercera etapa y motivo de estudio de este trabajo.

## Objetivos

A partir de la definición de un caso de estudio se define:

- Analizar como condiciona las determinaciones realizadas en la normativa y métodos de cálculo de etiquetado de edificios.
- Analizar la variabilidad del IPE en función al uso de distintos tipos de sistema de construcción.
- Estudiar la influencia de cada sistema constructivo en relación al espesor y la variación del IPE.
- Determinar el impacto generado por la optimización de equipos de refrigeración y calefacción de ambientes habitables.

## Metodología

Se propone, con el fin de caracterizar el consumo energético de una vivienda tipo de la ciudad de Santa Fe, la utilización de un modelo teórico que permita su implantación en un terreno existente. Se da, de esta forma, la posibilidad de realizar variaciones tanto, en los paquetes constructivos, decisiones arquitectónicas, orientación y aberturas como en equipos de refrigeración; que permitan estudiar los objetivos planteados.

El prototipo de estudio corresponde al modelo de vivienda Metropolitana VII del plan PROCREAR II, lanzado por el ministerio de Desarrollo Territorial y Hábitat. El terreno elegido se encuentra emplazado entre medianeras en la calle Tacuarí 5700, esquina Delfín Huergo y Ruperto Godoy, con orientación Noroeste, un área de 436 m<sup>2</sup> y un ancho de frente de 10 m. La vivienda cuenta con 60 m<sup>2</sup>, conformada por una cocina-comedor integrada a un estar, un baño y dos dormitorios. Con la ayuda de los planos, se trabajó sobre la planilla de relevamiento que brinda el programa nacional de etiquetado de vivienda. En resumen, se relevó la siguiente información:

<b>Datos generales de relevamiento</b>		
<b>Ubicación</b>	Tacuarí 5700, Santa Fe, Santa Fe	
<b>Datos del propietario</b>	(Modelo Teórico)	
<b>Datos grales. de la vivienda</b>	Vivienda unifamiliar, adosada en una sola planta.	
<b>Características de la vivienda</b>	Suelo Arcilloso-Limoso, Ventilación cruzada, Altura inferior a 20. Grado de exposición a la intemperie: Medio.	
<b>Ambientes</b>		
	<b>Ambientes Climatizados</b>	<b>Ambientes No Climatizados</b>
<b>Tipo de ambiente</b>	Destacados en color Azul en la planimetría (Fig. X)	Destacados en color Rojo en la planimetría (Fig. X)
<b>Altura</b>	2,60 m	2,54 m
<b>Área</b>	Variable según local.	3,64 m <sup>2</sup>
<b>Terminación predominante de piso</b>	Tipo micro cemento	Tipo micro cemento
<b>Terminación predominante de pared</b>	Revoque interior con fino, pintura tipo látex color blanco.	Revoque interior con fino, pintura tipo látex color blanco.
<b>Potencia de iluminación instalada</b>	100/70 [W]	70
<b>Sistema de control</b>	Manual	Manual
<b>Envoltentes</b>		
<b>Paredes</b>		
Dimensiones, Solución Constructiva, Adyacente a y Orientación		
<b>Puertas y Ventanas</b>		
Tipo de accionamiento, Vano, Área transparente, Longitud total de juntas, Estado y Protección Móvil		
<b>Obstáculos (sombras)</b>		
Obstáculo externo, Tipo de obstáculo y Datos del obstáculo (Altura, ancho y distancia)		
<b>Solados</b>		
<b>Área</b>	60 m <sup>2</sup>	
<b>Solución Constructiva</b>	Contrapiso de 15 cm, Carpeta hidrófuga 2 cm y Piso micro cemento	
<b>Adyacente a</b>	Terreno Natural	
<b>Cubiertas</b>		
<b>Área</b>	68 m <sup>2</sup>	
<b>Solución Constructiva</b>	Chapa ondulada 24, Aislante 10 mm, Cámara de Aire 48,5 cm y Cielorraso 9 mm Durlock	
<b>Adyacente a</b>	Exterior, Inclinación 7°, Orientación NE	
<b>Elementos Internos</b>		
<b>Paredes</b>		
Dimensiones, Solución Constructiva y área de vanos		
<b>Instalaciones</b>		
<b>Uso</b>	<b>Calefacción</b>	<b>Refrigeración</b>
<b>Etiqueta (Clasificación y Año)</b>	A, 2022	A, 2022
<b>Vector Energético</b>	Gas distribuido por redes	Electricidad
<b>Capacidad Kcal/h/KW</b>	2000 y 3500	2236
<b>Energías Renovables</b>		
<b>Instalación fotovoltaica</b>		
<b>Instalación Solar Térmica</b>		

Tabla 1 – Planilla relevamiento.

Una vez relevados los datos de la planilla, se cargaron en el software de etiquetado. Para realizar la carga de los datos se debió, en una primera instancia, diferenciar los distintos ambientes térmicos que conforman la vivienda a analizar; estos se clasifican como ambientes: climatizados, no climatizados y no habitables. Una vez definidas las zonas térmicas se procedió a nombrar, con el fin de su identificación, cada muro, diferenciando interiores de exteriores, cada abertura, diferenciando entre vanos, puertas, ventanas o puertas ventanas; así como cada soldado y cubierta. A su vez, debieron identificarse y nombrarse todos aquellos aleros, pérgolas o cualquier objeto que resulte en sombra para con el edificio analizado. A cada una de estas envolventes se le dio el espesor, orientación y paquete constructivo que se referencia en la tabla de relevamiento. Luego, se definieron teóricamente los artefactos a utilizar tanto en refrigeración y calefacción como en la producción de agua caliente. Para ello se trabajó con el criterio adoptado a lo largo de todo el trabajo, el cual consiste en seleccionar aquellos artefactos más representativos de la zona, es decir aquellos que resulten más comunes, a modo de abarcar la mayor cantidad de casos posibles. Como resultado, se obtuvo la etiqueta de eficiencia energética, la cual expone no solamente un índice de ponderación energética, sino que diferencia el consumo energético primario requerido por la vivienda en cada ambiente, y a su vez, según cada sector energético estudiado. Para el fin de este trabajo resulta sumamente importante la energía primaria requerida para calefaccionar/refrigerar la vivienda debido a las envolventes.

Inicialmente, se evaluó la sensibilidad del software de etiquetado respecto a modificaciones tanto en las envolventes, como en la utilización de energías renovables, en la arquitectura y en los equipos de acondicionamiento térmico. De esta forma, se observó el cambio en la etiqueta de la vivienda asociado a dichas variaciones. A continuación, se describen los distintos modelos que se definieron:

- LCM 01: es el correspondiente al modelo de estudio elegido, con muros simples de ladrillo cerámico macizo y revoque, con calefacción distribuida por gas y refrigeración por electricidad. No posee energías renovables.
- LCM 02: el modelo de estudio es equipado con un panel fotovoltaico (PFV) de 2,25 kWp, colocado con una orientación hacia el norte con una inclinación de 30°.
- LCM 03: posee las mismas características que la intervención anterior con la suma de una instalación de termo tanque solar de tubo de vacío (TTS), el cual cuenta con un tanque de 200 litros.
- HCCA 01: se utiliza de base el modelo original cambiando el mampuesto cerámico por bloques de hormigón celular (HCCA) de espesor de 17,5 cm.
- HCCA 02: se realiza la instalación de un PFV de 2,25 kWp con una orientación al norte y una inclinación de 30°
- HCCA 03: posee las mismas características que HCCA 02, se le incorpora la instalación de un TTS, con una capacidad de tanque de 200 litros.
- MD 01: en base al modelo original se cambiaron los muros simples por un muro doble de ladrillo cerámico por una capa de ladrillo cerámico macizo, un azotado impermeable, pintura asfáltica, una cámara de aire de 4 cm y una segunda capa de ladrillo cerámico macizo.
- MD 02: se toma como base el modelo anterior con muro doble y se realizan distintos cambios arquitectónicos para aprovechar la posición del sol, para lograr esto se eliminaron aberturas con vista al sur y se espejo la planta de manera tal que aproveche la energía solar la mayor cantidad de tiempo posible.
- MD 03: el modelo se ve modificado en sus muros esta vez cambiándolos por un muro compuesto por bloques HCCA una cámara de aire de 4 cm y una placa de yeso.
- MD 04: se mantienen los muros del caso anterior y para finalizar se cambiaron los equipos de calefacción/refrigeración por split frío/calor en busca de ver la variabilidad en el consumo.

En una segunda parte, se evaluó el coeficiente de intercambio térmico de las envolventes respecto a los espesores de muro y de los materiales que lo conforman. De esta forma, se logró una comparación entre los coeficientes y la influencia de estos sobre el valor final del IPE. Para el análisis, se utilizaron los datos de la zona climatizada 1, ya que posee una mayor área cubierta, y se estudió para los 3 tipos de envoltente más empleados en la construcción tradicional: ladrillos cerámicos macizos (15, 20 y 30 centímetros de espesor), ladrillos cerámicos huecos (15 y 20 centímetros) y los bloques de hormigón celular curado en autoclave (12, 15, 20, 25 y 30 centímetros). Para este análisis, se utilizaron las mejores condiciones que obtuvimos a partir de la etapa anterior por lo cual utilizaremos el posicionamiento arquitectónico que favorece al uso de energía, también se utilizaran equipos Split frío/calor para lograr el confort térmico en todos los ambientes climatizados.

## Resultados y discusión

En la Tabla 2, se plasman las distintas clases de etiqueta en correspondencia al modelo de estudio y sus intervenciones, presentando los distintos consumos de energía en calefacción, agua caliente sanitaria (ACS), refrigeración e iluminación.

Intervenciones	Consumos energéticos [kW/m <sup>2</sup> año]					IPE	Letra
	Calefacción	ACS	Refrigeración	Iluminación	Energías renovables		
LCM 01	190	20	59	24	0	293	G
LCM 02	190	20	59	24	222	71	C
LCM 03	190	20	59	24	230	63	B
HCCA 01	133	20	59	24	0	236	F
HCCA 02	133	20	59	24	222	14	A
HCCA 03	133	20	59	24	236	0	A
MD 01	184	20	45	24	0	273	G
MD 02	104	20	42	24	0	190	E
MD 03	64	20	41	24	0	149	D
MD 04	33	20	41	24	0	118	D

Tabla 2 – Clasificación de modelos.

Para los casos de estudio con muro simple de LCM y HCCA, los consumos de calefacción y refrigeración no registran variaciones, por lo que el cambio en la etiqueta es debido al aporte de las energías renovables. En el caso del modelo MD 01, se observa que su mejoría respecto a las ganancias y pérdidas de calor es poco significativa, manteniéndose en la categoría G pese a tener un mejor tratamiento térmico y el doble de insumos.

A partir del prototipo MD 03 en adelante, se registra una gran mejoría en cuanto la reducción del consumo de calefacción por la estrategia de espejar la vivienda y mejorar la orientación en general. Además, se advierte menor consumo invernal con la incorporación del equipo de calefacción con vector de energía eléctrica en reemplazo el equipo de calefacción de gas distribuido.

En la Tabla 3, se distinguen los tipos de envolvente más empleados en la construcción tradicional, su espesor y su influencia respecto intercambio térmico y el IPE.

Tipo de muro	Espesor	R [m <sup>2</sup> K/W]	Htr	IPE	Clasificación	% Mejora Htr	% Mejora IPE
Ladrillo cerámico macizo	15	0,81	197	360	G	-	-
	20	0,81	180	328	G	9%	9%
	30	0,81	151	278	G	23%	23%
Ladrillo cerámico Hueco	15	0,36	146	278	G	-	-
	20	0,41	124	242	F	15%	13%
	12	0,16	110	223	F	-	-
HCCA	15	0,16	104	213	F	5%	4%
	20	0,16	95	201	E	14%	10%
	25	0,16	89	195	E	19%	13%
	30	0,16	84	191	E	24%	14%

Tabla 3 – Coeficiente de intercambio térmico de envolvente.

A mayor espesor, podemos ver como mejora el coeficiente de intercambio térmico (Htr) y la clasificación IPE, al comparar estas mejoras podemos ver que la mejora en el coeficiente térmico no se ve reflejada al en su totalidad en cuanto logremos escalar en la clasificación que marca la ley; se denota en mayor medida en la utilización de bloques HCCA.

## Conclusiones

Observando los resultados obtenidos en esta etapa se concluye que, en primera instancia, el etiquetado premia la utilización de fuentes de energías renovables para la sustentación de la vivienda, promoviendo así el uso de nuevas tecnologías “limpias” por sobre un diseño eficiente. Se entiende por diseño eficiente la adecuada orientación del modelo respecto al sol que promueve ganancias solares. Se observa que el mismo conlleva mayores ganancias en estación invernal, mientras que estas son menores en estación estival. La importancia de esta buena elección radica en menor consumo de energía tanto para calefacción como para refrigeración. De no realizarse este tipo de diseño, la vivienda sigue consumiendo la misma cantidad de energía, lo que varía de una clasificación mayor a otra menor es la fuente de la misma. Si bien se encuentra contemplada la orientación, sombra, paquetes constructivos de envolventes y sus respectivos coeficientes de transmitancia térmica, y demás matices de un diseño térmico eficiente, la ponderación de los mismos es sumamente menor a la utilización de fuentes renovables de energía.

De la misma forma, el software de etiquetado promueve el reemplazo de los equipos que utilicen energías primarias de manera ineficiente, es decir con una etiqueta de clasificación energética menor a “A”, por aquellos equipos que posean mayor rendimiento y sean más eficientes energéticamente; lo que se traduce en ahorro de dinero y sustentabilidad ambiental.

Por otro lado, se observa que el coeficiente de intercambio térmico de envolvente no presenta una mejoría porcentual igualitaria en cada nivel de la clasificación del IPE. Esto se debe a que el escalafón en el que se basa la clasificación se encuentra en constante cambio, asignando la mayor clasificación al mejor prospecto cargado hasta el momento. De esta forma las distintas categorías no tienen iguales dimensiones, pudiendo haber variaciones mínimas que lleven de una categoría a la otra, así como grandes cambios en la energía primaria obtenida por el software que no se vean reflejados en la categoría asignada.

Para finalizar se concluye que, debido al método de evaluación utilizado actualmente, la importancia de la aplicación de nuevos materiales, así como la implementación de muros dobles que impidan grandes transmisiones o pérdidas de calor al interior de la vivienda y logren la eficiencia y el confort térmico deseado, disminuyendo significativamente la utilización de energías de calefacción y refrigeración, no se ve reflejada en la normativa ni en su respectiva etiqueta.

## Referencias bibliográficas

- Baragatti, A. M. (2019) “¿Sabías que el concepto de EFICIENCIA ENERGÉTICA surgió por la crisis mundial del petróleo?”. Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Comisión Nacional de Energía Atómica, (2019). Disponible en [https://www.cnea.gov.ar/nuclea/bitstream/handle/10665/1247/cnea\\_mdidact\\_ieds\\_sabias-que\\_04.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.cnea.gov.ar/nuclea/bitstream/handle/10665/1247/cnea_mdidact_ieds_sabias-que_04.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Omrany H., Marsono A.K. (2016). “Optimization of Building Energy Performance through Passive Design Strategies”. *British Journal of Applied Science & Technology*, 13(6), 1-16.
- Sulaiman, H, Sánchez Amono, M.P., Martínez, L.O. (2019). “Evaluación térmico-energética de un prototipo de vivienda sustentable con materiales reciclados”, Actas del 3º Encuentro Latinoamericano y Europeo sobre Edificaciones y Comunidades Sostenibles, Santa Fe y Paraná, Argentina, 22 al 25 de mayo, 248-261.
- Informes mensuales CAMMESA, Argentina, 2023.
- Norma IRAM 11601 - Tercera Edición 2002 -10-10.
- Norma IRAM 11603 - Tercera edición 2012-08-17.
- Norma IRAM 11605 - diciembre 1996.
- Ley Provincial N°13903 de etiquetado energético de viviendas - Santa Fe.
- Ordenanza Municipal de la ciudad de Rosario N° 8757/11.
- Curso de etiquetado de viviendas (CEV) - certificadores modalidad virtual 2020
- Decreto Nacional 0140/2007 “Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía”
- De Nardo, M.V., Fassi, I.F., Vetcher, P., Martínez, F. (2022). “Normativa de aislamiento térmico, la validez de parámetros utilizados”, Actas de la ° Jornada Jóvenes Investigadores Tecnológicos, Reconquista, Argentina, 3 y 4 de noviembre.