



Envolvente y diacronicidad en normativas de evaluación energética residencial

Envelope and diachronicity in residential energy assessment regulations

MARÍA CELINA MICHAUX
Universidad Nacional de San Juan, Argentina
celinamichaux@fauud.unsj.edu.ar

GRACIELA MELISA VIEGAS
Universidad Nacional de La Plata, Argentina
gachiviegas@yahoo.com.ar

IRENE ALICIA BLASCO-LUCAS
Universidad Nacional de San Juan, Argentina
iblasco@fauud.unsj.edu.ar

RESUMEN A nivel global, el parque construido residencial acusa distintos niveles de obsolescencia y elevados consumos de energía. Por tanto, resulta imperativo propiciar el ahorro energético mediante medidas de mejora de la eficiencia edilicia en la rehabilitación y remodelación de las unidades de vivienda. Por esto, el objetivo del trabajo es analizar las diversas maneras de evaluar la eficiencia energética a través de la diacronicidad de las reformas introducidas durante su uso, con énfasis en las variaciones de la envolvente. El método utilizado es un estudio teórico-cualitativo, estructurado en dos etapas que permiten abordar el contexto normativo vigente en 31 países. Se concluye que los métodos de evaluación examinados aplican un criterio sincrónico, sin considerar la dinámica de los procesos de cambios de las viviendas. Conjuntamente, se rescatan por su relevancia, potencialidad y la particular modalidad de abordaje de la envolvente, las normativas de Brasil, Austria, Bélgica, Alemania y Chipre.

ABSTRACT Globally, the residential building stock shows different levels of obsolescence and high energy consumption. Therefore, it is imperative to promote energy savings through measures to improve building efficiency in the rehabilitation and remodeling of housing units. The objective of this work is to analyze the different ways of evaluating energy efficiency through the diachronicity of the renovations introduced during their use, with emphasis on the variations of the building envelope. The method used is a theoretical-qualitative study, structured in two stages that allow addressing the regulatory context in force in 31 countries. It is concluded that the evaluation methods examined apply a synchronic criterion, without considering the dynamics of housing change processes. Together, the regulations of Brazil, Austria, Belgium, Germany, and Cyprus are highlighted for their relevance, potential and approach to the envelope.

Received: 22/07/2023
Revised: 06/12/2023
Accepted: 08/01/2024
Published: 31/01/2024

PALABRAS CLAVE análisis diacrónico, envolvente residencial, estudio normativo, métodos de evaluación, eficiencia energética.

KEYWORDS diachronic analysis, residential envelope, regulatory study, evaluation methods, energy efficiency.



Cómo citar este artículo/How to cite this article: Michaux, M. C., Viegas, G. M. y Blasco-Lucas, I. A. (2024). Envlovente y diacronicidad en normativas de evaluación energética residencial. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 13(25), pp. 69 - 82. <https://doi.org/10.18537/estv013.n025.a04>

1. Introducción

El incremento de consumos en el planeta ha generado dificultades en el abastecimiento de los recursos energéticos, que sumado a la creciente preocupación por el cambio climático y la sostenibilidad medioambiental han impulsado el aumento de iniciativas de incorporación de Eficiencia Energética (EE) en los edificios (Tushar et al., 2020). Mundialmente se combaten los progresivos consumos eléctricos y de combustibles fósiles, al trabajar en mejorar la EE de los edificios, la cual representa el medio más económico para satisfacer la demanda de servicios energéticos nuevos.

Mejorar la EE en las edificaciones es la forma más viable en el corto y mediano plazo de reducir los costos energéticos y aportar al aumento del crecimiento económico en los países (Wu et al., 2019). Sin embargo, sigue subutilizada, a pesar de haber comprobado su potencial para compensar la creciente demanda energética global (Castro-Alvarez et al., 2018).

Al momento, la mayor parte de los países disponen de regulaciones que promueven la EE. En algunos casos, desde finales de siglo XX consideran a la EE como una fuente energética limpia, económica y accesible. Según Belenguer et al. (2019), el etiquetado energético y las normativas de EE para viviendas representan la medida más eficaz para la reducción de los crecientes consumos energéticos.

En esta línea, la Unión Europea ha convertido este instrumento en una herramienta elemental para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y reducir la dependencia energética del exterior. Mayormente, las políticas de ahorro energético se han centrado en la mejora térmica de la envolvente, la optimización de sistemas de aire acondicionado, de iluminación y electrodomésticos.

A partir de 2010 la implementación de normativas de EE se ha intensificado, con casi el 75% de todas las medidas implementadas desde entonces. Con base en este momento, la mayoría de los países tienen una ley y un programa de EE, donde aproximadamente un tercio de todas ellas se dirigen al sector residencial, aunque solo la mitad presentan objetivos cuantitativos detallados y un seguimiento real de su impacto (Lapillonne y Sudries, 2023).

En la actualidad el 80% de los países mencionan al sector construido en sus planes de acción referidos a la EE, frente al 69% del año 2020 y aproximadamente el 40% de los países a escala mundial tienen reglamentos o códigos de rendimiento energético de edificios. Esto indica que cada vez más gobiernos reconocen y se comprometen con el protagonismo de los edificios en sus medidas de descarbonización (UNEP, 2022).

Según el World Energy Council (2016), las regulaciones son los instrumentos políticos más efectivos en el sector residencial junto con las normativas de etiquetado de

EE, la inclusión de los códigos de edificación para construcciones existentes, la obligatoriedad de las auditorías energéticas, entre otros.

Por otra parte, este trabajo, que toma como ámbito de aplicación a la arquitectura residencial, considera a la vivienda como un proceso en permanente cambio donde, durante el tiempo que dura la fase de operación y uso, la misma se transforma y modifica de forma constante (Michaux et al., 2021); por lo cual, la mirada diacrónica debe incorporarse en las evaluaciones de la vivienda.

En este contexto, el objetivo del trabajo es analizar las diversas maneras de evaluar la EE de construcciones residenciales con foco en antecedentes de diacronicidad de viviendas ampliadas y en la manera de valoración de la envolvente. Se pretende dar respuesta a las preguntas, ¿qué rol cumple la envolvente en las normativas de EE residenciales?, ¿los métodos de evaluación de la EE incorporan la mirada diacrónica?

2. Método

Para alcanzar el objetivo planteado se desarrolla un método de carácter cualitativo, donde se busca, organiza y selecciona la literatura de libre acceso para su análisis. En este proceso no se aplicaron restricciones temporales o geográficas. Sin embargo, la investigación debe delimitarse, por la extensión de la temática; se seleccionaron como fuente de evidencia las normativas más completas, detalladas y que permitieran su traducción. Por tal razón, el universo de análisis se compone por 73 normativas pertenecientes a 31 países y a la Unión Europea (Figura 1). La recopilación y análisis se realizó en planillas Excel para automatizar el procedimiento de fichaje y comparación de los datos.

El trabajo se estructuró en dos etapas de carácter exploratorio-descriptivo. En primer lugar, se analizan aquellas normativas donde se pondera la evaluación de la envolvente, principalmente cuando adoptan la Pirámide de Kioto para el ahorro energético edilicio y donde la envolvente cumple un rol protagónico en los métodos de evaluación de la EE residencial; esto es, cuando el estudio de la envolvente se desarrolla en detalle (es decir, se describe de forma minuciosa el contenido relacionado a la envolvente) y se evidencia un mayor hincapié en esta, comparado con otras estrategias de ahorro energético.

Seguidamente, se puntualiza en las normativas que adoptan criterios de diacronicidad y que consideran los cambios experimentados en las viviendas durante su fase de uso, durante su evaluación. Se entiende a la diacronicidad en la evaluación de EE en viviendas a aquellas pautas que consideran a la vivienda como algo dinámico y flexible. Por último, en el apartado de discusión y conclusiones se integran los aspectos y conceptos que prevalecen en el trabajo a modo de generar una síntesis conclusiva de los temas abordados. En la Figura 2 se esquematiza la estructura metodológica del trabajo.

NORMATIVAS	
América	Argentina Norma IRAM 11.900 Prestaciones Energéticas en Viviendas
	Brasil Ley de EE N° 10.295, Reglamento de Evaluación de la EE para Edificios, Programa Brasileño de Etiquetado
	Chile Plan de acción de EE 2012-2020, Calificación Energética de Viviendas en Chile, Ley N° 21305 de EE
	México NAMA'S vivienda sustentable, NOM-020-ENER-2011 EE. Envolve para uso habitacional
	EU International Energy Conservation Code, ENERGY STAR - CSE, Home Energy Score, Normas ASHRAE 90
Canadá EnerGuide	
Asia	China Estándar de diseño para la EE de edificios residenciales - zonas frías y calurosas, Estándar de evaluación para edificios ecológicos
	Japón Ley del Uso Racional de la Energía, Directrices sobre la racionalización del uso de energía para Viviendas, Criterios para Clientes sobre Racionalización del Uso de Energía para Viviendas
	India Eco-Niwás Samhita Conservación de energía - sector residencial, Programa Etiqueta de EE para edificios residenciales
Europa	Alemania Normativa EnEV 2014, Normativa Building Energy Act (BEA)
	Austria Certificado de eficiencia energética general (CEEG), Normativa del Instituto de Ingeniería de la Construcción
	Bélgica Certificado PEB, Manual de certificación del rendimiento energético de vivienda
	Bulgaria Ley de EE del 19/02/2004, Ordenanza para la conservación de la energía y la calefacción en los edificios, Ordenanza N°7 sobre EE en edificios
	Chipre Guía de Aislamiento térmico de los edificios, Metodología de cálculo del rendimiento energético de edificios
	Dinamarca Código de la Construcción, Normativa SBI 213: Demanda Energética de los Edificios, Implementación de EPBD en ampliaciones o remodelaciones
	Eslovaquia Decreto N° 311/2009, Ley N° 555/2005 Rendimiento energético de los edificios
	Eslovenia Normativa N°77/2009 metodología de producción y emisión de CEE para edificios, Normativa N° 52/2010 Uso eficiente de la energía en edificios. Lev de EE N° 158/20
	España Código Técnico de la Edificación Española, Documento básico de ahorro energético
	Estonia Requerimientos mínimos para el comportamiento energético, Regulación metodológica para calcular el rendimiento energético de un edificio, Regulación de requisitos para el etiquetado y marco energético, Regulación de requisitos mínimos para el rendimiento energético de edificios
	Finlandia Ley N° 18/01/2013/50 de Certificado Energético de Edificio, Decreto 1010/2017 de EE en edificios, Guía de EE estructural en construcciones de renovación
	Francia Diagnostic de Performance Energétique, Reglamento Térmico de los edificios
	Grecia Ley 4122/2003 Reglamento de EE de Edificios KENAK
	Holanda Energielabel
	Irlanda Procedimiento de Evaluación Energética de la Vivienda DEAP
	Italia Ley N° 10, Manual de Certificación energética de los edificios
	Noruega Manual para la planificación de viviendas pasivas y de bajo consumo energético
	PB Decreto de rendimiento energético de los edificios, Reglamento de rendimiento energético de los edificios
	Portugal Ley N° 118/2013, Ley N° 101-D/2020, Orden N° 15793-E/2013
	RU Standard Assessment Procedure (SAP) 2012, Energy Performance Certificate
RC Decreto N°264/2020	
Suecia Normas de Construcción de la Agencia de la Vivienda	
Unión Europea	ODYSSEE-MURE 2020, Normativa 2010/31/UE, Normativa 2002/91/EC Energy Performance Building Directive, Normativa ISO 13790 Energy performance of Building, Normativa ISO 52000 EE y Rendimiento energético de edificios, Normativa EN 15217 Energy performance of Building, Normativa EN 15603 Energy Performance of Building

EU: Estados Unidos - PB: Países Bajos - RC: República Checa - RU: reino Unido

Figura 1: Normativas de análisis

2.1. Método de la Pirámide de Kioto

Este enfoque fue desarrollado en Noruega, por el instituto de investigación Norwegian Sintef, en afiliación con el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas, a finales de la década de los 90. El objetivo es resumir los tres aspectos fundamentales para el ahorro energético en las construcciones y utilizar las técnicas disponibles para conseguir que el edificio necesite la mínima cantidad de energía externa para funcionar adecuadamente (Sánchez González, 2016).

La pirámide, que debe leerse de abajo hacia arriba, muestra la manera eficiente de estructurar el diseño de edificios de bajo consumo energético y busca, en primer lugar, reducir, luego optimizar y finalmente producir (Landgren, 2018) (Figura 3). La principal ventaja de este método radica en hacer hincapié en la reducción de la energía necesaria para calefacción, refrigeración, iluminación, etc., antes de añadir sistemas de suministro de energía. De esta manera se promueven soluciones

que impliquen la menor carga ambiental posible (Milovanović y Bagarić, 2020).

Al aplicar estas estrategias, disminuirá la demanda de energía y mejorará la comprensión de una vida sostenible. Esto, debido a que los edificios basados en el uso extenso de tecnología de generación energética en el sitio suelen descuidar la eficiencia de la envolvente. Tal estrategia da como resultado un costo alto de la misma, junto con inversiones grandes en tecnologías renovables, o la necesidad de agregar combustibles fósiles para compensar las demandas elevadas (Chee, 2017).

El enfoque se compone de cinco pasos: cuatro pasos para la demanda y un paso para el suministro de energía. Los mismos se especifican en Tabla 1.

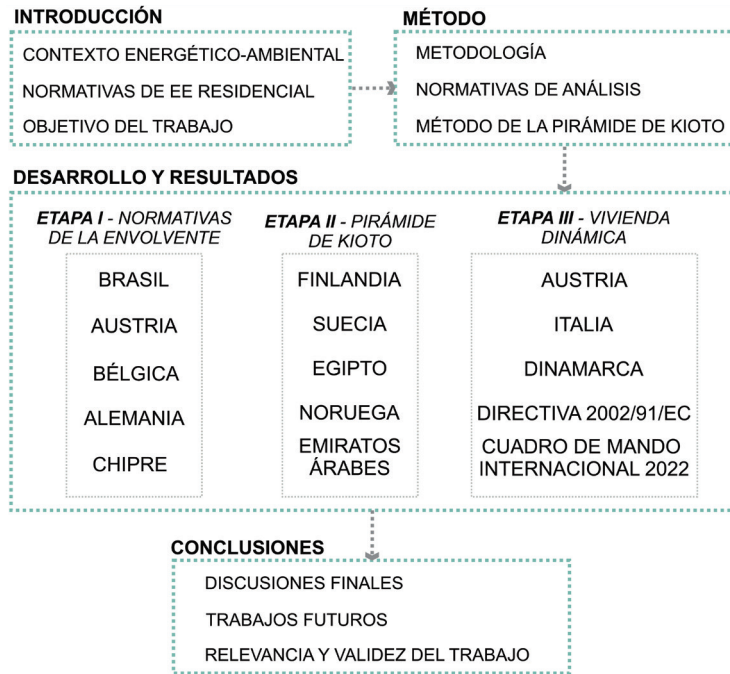


Figura 2: Esquema metodológico del trabajo

Etapa	Descripción
Reducción de pérdidas de calor (base de la pirámide)	Reducción de las pérdidas de calor minimiza la demanda de calefacción. Para esto, considera una envolvente aislada y hermética, donde se disminuyan los puentes térmicos y las fugas de aire. Además, recomienda utilizar la ventilación de recuperación de calor efectiva y modificar la geometría del edificio para obtener un consumo de energía reducido. Conjuntamente, establece que se ubiquen las ventanas en una orientación óptima para que se aproveche la luz diurna y se obtengan condiciones térmicas interiores adecuadas.
Reducción de la demanda eléctrica	Reducción de la demanda energética de Agua Caliente Sanitaria, minimiza el consumo de agua y mejora el aislamiento de depósitos y cañerías, además de utilizar equipamiento de bajo consumo. Reducción del consumo de electricidad mediante el aprovechamiento de la luz solar, utilizar dispositivos eléctricos energéticamente eficientes, como luces, bombas y ventiladores. También, promueve un uso óptimo de la calefacción solar pasiva, la iluminación natural, la ventilación natural y el enfriamiento nocturno.
Utilización de energía solar	Aplicación de paneles solares, energía geotérmica, almacenamiento de aguas subterráneas, biomasa, entre otras. Asimismo, sugiere hacer uso de la orientación solar pasiva del edificio para aprovechar el calor y la luz solar.
Regulación del consumo energético	Control del uso de energía mediante dispositivos de tecnologías inteligentes. Por ejemplo, reloj de energía para mostrar la correlación entre el uso de electricidad y el estilo de vida de los usuarios, programas de perfiles diferentes para controlar la demanda de calefacción, sistema de ventilación, iluminación y equipo eléctrico.
Suministro de energía (punta de la pirámide)	Selección del tipo de fuente de energía según las condiciones locales de su región. Si requiere de energía auxiliar, recomienda utilizar los combustibles fósiles menos contaminantes de forma eficiente. También sugiere utilizar un control inteligente del sistema de demanda de calefacción, ventilación, iluminación y equipos.

Tabla 1: Pasos del enfoque de la Pirámide de Kioto. Autoras (2023) basada en Divakaran et al. (2013), Chee (2017) y Georgiou et al. (2015)



Tabla 1: Pasos del enfoque de la Pirámide de Kioto. Autoras (2023) basada en Divakaran et al. (2013), Chee (2017) y Georgiou et al. (2015)

3. Resultados

3.1. Etapa I. Importancia de la envolvente en los métodos de evaluación de la EE en viviendas

Si bien todas las normativas analizadas, en algún punto, hacen referencia a la envolvente y su calidad constructiva para aportar a la EE, se destacan cinco donde la envolvente cumple el rol principal en el método de evaluación. Los criterios tomados para hacer esta selección consideran; 1- la forma preponderante de análisis de la envolvente frente a otras estrategias activas, 2- por su estudio detallado y descriptivo y 3- por su manera de análisis innovador. Asimismo, se mencionan y destacan aspectos técnicos, administrativos y operativos que se consideran aportes a las particularidades de cada legislación.

Brasil

En el Reglamento de Evaluación de la EE para Edificios (Ministério do desenvolvimento, 2013), la clasificación de la eficiencia de los edificios se divide en cuatro sistemas: 1- envolvente, 2- aire acondicionado, 3- iluminación y 4- calentamiento de agua. En base a esto, la etiqueta puede obtenerse solo para la envolvente o para la envolvente y algún sistema técnico. Por ejemplo, solo la envolvente, la envolvente y aire acondicionado, la envolvente e iluminación o la envolvente y calentamiento del agua. Además, la normativa detalla el procedimiento para determinar la escala y la clase de eficiencia de la envolvente del edificio, la cual se evalúa en condición real o de referencia. Se hace hincapié en los componentes transparentes y sus características.

Austria

A diferencia de otros países, se evalúa el rendimiento energético del edificio solo en base a la calidad térmica de la envolvente, sin incluir la demanda de refrigeración, iluminación y ventilación, ya que se considera que dichos factores son secundarios en la configuración

del certificado y no influyen en el cálculo de la clase energética. El cálculo del Certificado de EE General (CEEG) se basa en la valoración de aspectos de la envolvente, tales como su calidad térmica (pérdidas de calor por transmisión), su geometría (relación área-volumen) y las ganancias solares.

En Figura 4 (izq.), se observan ejemplos de un mismo volumen bruto calefaccionado para diferentes superficies de envolvente. Cuanto menor sea este cociente, más compacto y energéticamente eficiente será el edificio. En Figura 4 (der.) se muestran diferentes tipos de vivienda con el mismo estándar de envolvente térmica, en función de la superficie, la cantidad de pisos y la relación área-volumen. El CEEG se ha convertido en una herramienta fundamental para el progreso y mejoramiento de los edificios existentes, el mismo se aplica a las operaciones del mercado inmobiliario y posee una validez de 10 años (Altmann-Mavaddat et al, 2016; BMVBS, 2010).

La Normativa del Instituto de Ingeniería de la Construcción, Ahorro de energía y protección térmica, define que una renovación es sustancial si los costos de la renovación superan el 25% del valor del edificio, si el 25% de la envolvente del edificio ha sido modificada o si se reemplazan alguno de los componentes principales de un edificio, las ventanas, la fachada, cubierta de techo o los sistemas de calefacción. Para los edificios ampliados se utiliza el mismo método que los edificios nuevos, pero con menores requisitos. En particular, se reduce el valor de referencia para la demanda de calor y para los requisitos térmicos de la envolvente (BMVBS, 2010).

Bélgica

El rendimiento energético de la vivienda depende de la envolvente y las instalaciones técnicas, conforme lo indica el Manual de certificación del rendimiento energético de vivienda individual (desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente y Edificios Sostenibles). En el mismo, se analiza la cantidad de superficie

expuesta al exterior y el carácter másico de los elementos constructivos, ligero, poco pesado o pesado. Además, se estudia la resistencia térmica de los componentes, el coeficiente de transmitancia térmica (K), el aislamiento, superficies vidriadas, protección solar en ventanas, orientación, inclinación, etc. (Bruxelles Environnement, 2023b).

Cuando una vivienda mayor a 18 m² se encuentra en venta o alquiler debe contar con un certificado, el cual ofrece información objetiva para que posibles compradores o inquilinos puedan visualizar el rendimiento energético del inmueble y compararlo con el de otras propiedades del mismo uso. El certificado tiene una validez de 10 años siempre que no se modifiquen las características energéticas de la construcción.

El Manual se divide en tres secciones: I- Generalidades, II- Envoltura y III- Instalaciones Técnicas. Por las características de esta investigación se analizaron las dos primeras. Se destaca que el certificado de la vivienda va a depender de si la vivienda se encuentra aislada de otras edificaciones, si cuenta con tres fachadas expuestas al exterior o con dos fachadas expuestas (Figura 5, izq.). Sin embargo, no solo se focaliza en esto, también se analiza la masa térmica de los elementos constructivos en función del carácter másico o liviano de estos; el certificador asigna a la vivienda uno de los siguientes tipos de masa térmica: ligero, poco pesado y pesado (Figura 5, der.) (Bruxelles Environnement, 2023a).

Referido a los puentes térmicos, el Manual especifica que se detallen las diferentes composiciones de los muros según el aislamiento, cámara de aire y composición estructural. Además, menciona que se deben identificar los diferentes tipos de marcos de ventanas, puertas y acristalamiento. Adicionalmente es requerida una descripción de las áreas de fuga en cubierta, fachada y piso, y la especificación de su

entorno de contacto, orientación, inclinación y estado. Por otro lado, establece que se definan los valores de K y resistencia térmica de los componentes, la protección solar en superficies acristaladas y la orientación.

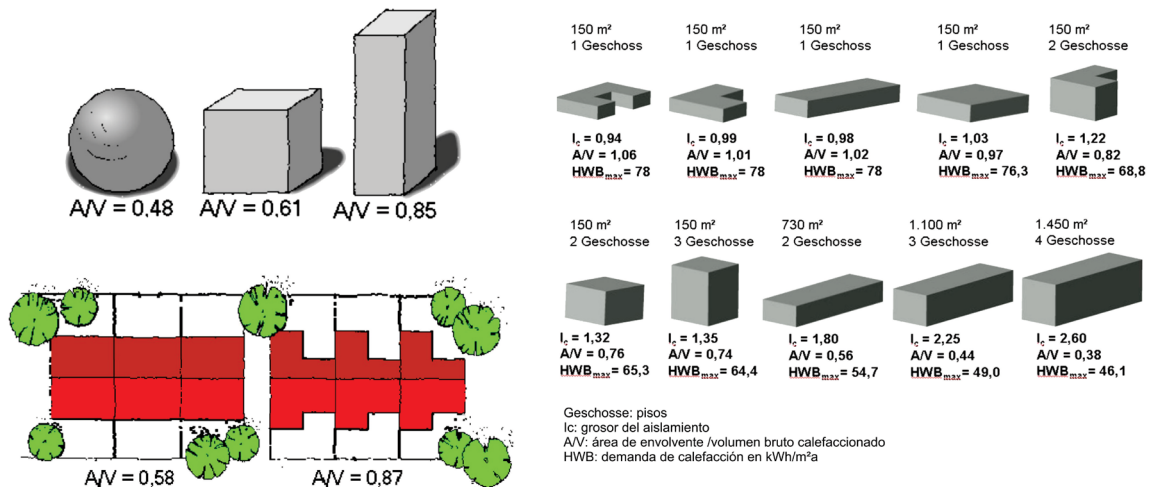
Alemania

La normativa Building Energy Act, vigente a partir de 2020, integra las principales legislaciones en la temática; la Ordenanza de Ahorro de Energía, la Ley de Ahorro de Energía y la Ley de Calor de Energías Renovables. Esta regulación determina que deben especificarse los valores de aislamiento térmico de los elementos de la envoltura y que estos valores cambian si el edificio se encuentra adosado en sus lados o si es un edificio aislado, de manera similar a lo descrito en Bélgica.

Asimismo, hace referencia a la compacidad del edificio en relación con el perímetro del área del piso calefaccionado, y establece que cada espacio calefaccionado debe cumplir con el siguiente requisito: el cuadrado del perímetro no debe exceder 20 veces la superficie de un suelo radiante. Además, para que el aislamiento térmico (de verano) pueda considerarse suficiente sin un cálculo de prueba, se exige que en el espacio con mayor radiación de calor en verano la proporción del área de la ventana no debe superar el 35% del espacio del piso de esta habitación.

Respecto a las carpinterías, todas las ventanas que dan al este, sur u oeste requieren dispositivos de protección solar y, el área de ventanas con orientación norte no debe ser mayor al valor medio del área de las ventanas en otras orientaciones. La proporción de superficie de ventanas en el edificio, como máximo, corresponderá al 35% del área total de la fachada del edificio en el caso de edificios adosados en dos lados, y no más del 30% en todos los demás edificios.

Figura4: La envoltura en normativas de Austria. Autoras (2023) basada en BMVBS (2010)



Conjuntamente, el área total de todas las puertas exteriores no superará el 2,7% de la envolvente, o en su defecto, el 1,5% del área del piso con calefacción. El área de las puertas balcón en toda la fachada no debe exceder el 4,5% para construcciones aisladas y en edificios adosados a un lado y el 5,5% para los edificios adosados a ambos lados. Por último, las superficies vidriadas en el área del techo representarán, como máximo, el 6% del área de estos (Steinmeier et al., 2020).

Chipre

La Guía de Aislamiento térmico de los edificios (GATE) (Hadjinicolaou, 2020) y el Manual del Método para el cálculo del rendimiento energético de edificios, son obligatorios para calcular el rendimiento energético de viviendas, mediante el programa SBEMcy aprobado por el Servicio de Energía (Hadjinicolaou, 2018). La implementación de CEE para los edificios residenciales nuevos y existentes desde 2010 es obligatoria y el certificado, que tiene una validez de 10 años, brinda información del rendimiento energético acumulativo del edificio y sobre las emisiones de CO₂ resultantes del consumo energético (Xichilos y Hadjinicolaou, 2011). El método de cálculo se basa en las dos normativas ya nombradas, donde se detalla la importancia de la envolvente en base al comportamiento térmico de los materiales que la constituyen (Galano Garrigós, 2013).

La GATE, publicada en 2007 y reformulada en 2012, pretende orientar y aconsejar en el cálculo de la K y en los parámetros relacionados con la masa térmica, además de informar sobre las diferentes técnicas de aislamiento. Por su parte, el método para el cálculo del rendimiento energético de edificios detalla el cálculo del rendimiento energético, el cual se basa en la comparación del edificio a evaluar con uno de referencia, creado a partir de datos estadísticos sobre el uso de los edificios existentes, su tamaño y sus características energéticas como el aislamiento y los sistemas técnicos (Hadjinicolaou, 2020).

3.2. Etapa II. Método de la Pirámide de Kioto en normativas internacionales

Luego del análisis de las normativas de Figura 1, se destacan cinco países que le brindan tal importancia a la envolvente que la anteponen al resto de estrategias activas. Esto, mediante la incorporación del método de la Pirámide de Kioto (PK) en sus reglamentaciones, estos países son:

Figura 5: La vivienda y su superficie expuesta (izq.) y tipos de masa térmica para envolvente (der.). Autoras (2023) basada en Bruxelles Environnement (2023a)

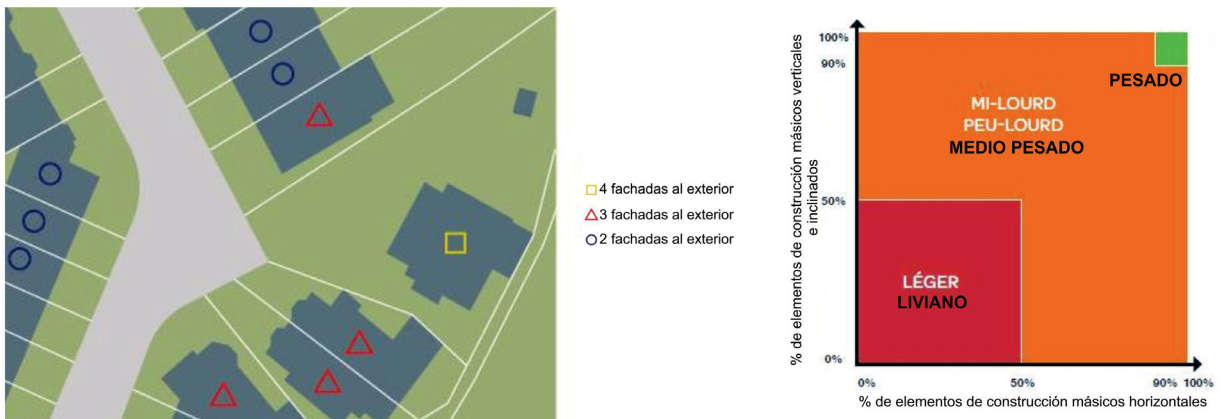




Figura 6: La Pirámide de Kioto en normativas de Finlandia (izq.) y Suecia (der). Autoras (2023) basada en Ojanen et al. (2017) y ROCKWOOLAB (s.f.)

Finlandia

El país plasma en La guía de EE estructural en construcciones de renovación (Ojanen et al., 2017) su posición de priorizar la envolvente energéticamente eficiente, ya que la considera esencial para la funcionalidad de todos los sistemas en el edificio. Basándose en la PK (Figura 6, izq.), la normativa profesa que mantener un ambiente interior confortable es una tarea básica del edificio, para lo cual el aislamiento térmico representa un pilar sustancial en el desarrollo de los cambios destinados a reducir las pérdidas de calor. Además, establece que la base para la EE se obtiene al invertir, en primer lugar, en la reducción de las pérdidas de calor, para lo cual es necesario mejorar con aislamiento adicional la envolvente y la estructura.

Una envolvente técnicamente funcional, con una adecuada hermeticidad y aislación, es una condición previa primordial para la EE durante todo el ciclo de vida de un edificio. Esto permite la interoperabilidad con los sistemas de servicios de edificios nuevos y existentes, y se obtienen, como resultado, temperaturas uniformes en las superficies interiores, lo que mejora el confort térmico. En particular, al considerar que la vida útil de los muros exteriores es mayor a 50 años, una envolvente bien aislada es más adecuada, como base para varios sistemas de servicios de construcción futuros, que una menos aislada. Además, la normativa destaca por proporcionar recomendaciones para mejorar el rendimiento energético de la construcción.

Suecia

De modo similar, la Norma de Construcción de la Agencia de la Vivienda, toma la PK (Figura 6, der) como estrategia para implementar medidas de ahorro y

reducción energética en las viviendas (ROCKWOOLAB, s.f.). La legislación describe un sistema de planificación eficiente, el cual comienza con la disminución de las necesidades de energía del edificio para luego elegir una fuente de suministro. Se considera que, al proyectar un edificio, se debe comenzar por el extremo correcto (la base de la pirámide) para que todos los componentes puedan dimensionarse y adaptarse entre sí.

Primeramente, se deben tomar medidas destinadas a reducir las pérdidas de calor del edificio, en muros, ventanas y puertas. Seguidamente, es necesario reducir el consumo de electricidad y luego se investigan las oportunidades de utilizar energía solar. Este uso de fuentes renovables debe poder medirse y controlarse para que cada parte pueda evaluarse y, si es posible, mejorar su eficiencia. La normativa detalla los aspectos que inciden positivamente en el uso energético del edificio: forma compacta con pocas salientes, elementos de la envolvente con bajos valores de K, construcciones aisladas, puentes térmicos escasos, una cuidada proporción de elementos vidriados, orientación de ventanas hacia el sur y el oeste, equilibrada ventilación, entre otros.

Emiratos Árabes

También incorpora la PK (Figura 7, izq.) en su normativa Sistema Pearl Rating para Estidama - Clasificación de edificios para Diseño y Construcción (Abu Dhabi Urban Planning Council, 2010), donde establece que las técnicas para conservar recursos en la etapa de diseño y construcción del edificio tienen un impacto significativo en la reducción del consumo total de energía durante la fase de uso y operación. La normativa hace énfasis en reducir la demanda mediante el diseño ambiental pasivo, la selección adecuada de equipos mecánicos y eléctricos altamente eficientes, y la posible instalación

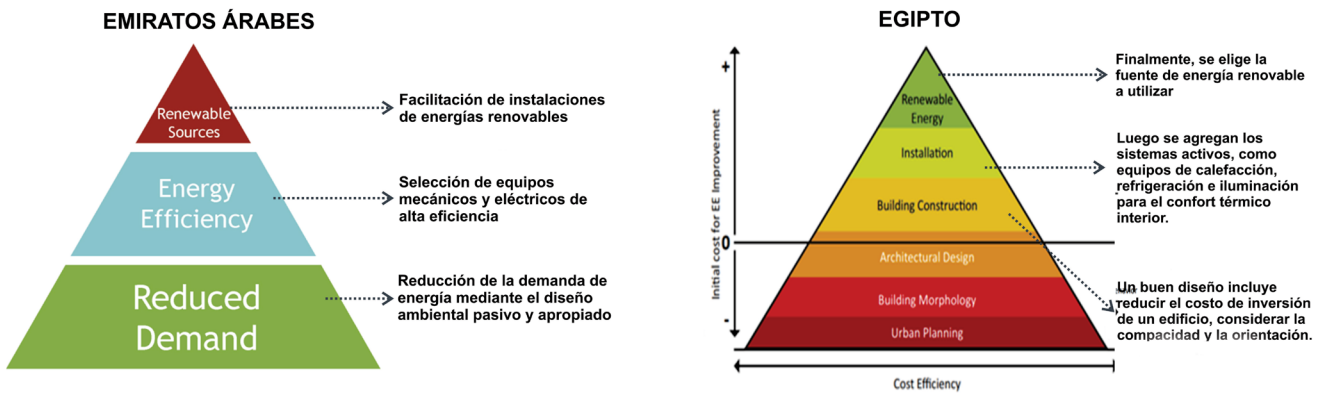


Figura 7: La Pirámide de Kioto en normativas de Emiratos Árabes (izq.) y Egipto (der.). Autoras (2023) basada en Abu Dhabi Urban Planning Council (2010) y Visse y Yeretizian (2013)

de sistemas de energía no convencional. Particularmente, expresa que se deben incorporar medidas de diseño pasivo en el edificio para reducir la ganancia de calor externa, entre ellas la orientación, dispositivos fijos de sombreado, mejoras en la estructura del edificio, estanqueidad al aire, proporción de acristalamiento (tanto ventanas verticales como tragaluces), coeficientes de ganancia de calor solar de superficies vidriadas, sombreado exterior, tasa de fuga de aire del edificio, entre otras.

Egipto

El Energy Efficient Building Guideline for MENA Region (Visse y Yeretizian, 2013) vigente desde 2013, se basa en la PK (Figura 7, der.). La normativa considera base el enfoque de diseño pasivo, el cual consiste en diferentes estrategias sensibles al clima, para evitar la transferencia de calor a través de la envolvente del edificio.

Entre ellas, 1- la orientación para reducir la radiación solar sobre la envolvente, 2- la ventilación para liberar el calor y la humedad mediante las corrientes de aire, 3- la zonificación térmica para asignar funciones relacionadas con el tiempo de uso y la ganancia solar, 4- la forma y tipología del edificio para reducir la radiación solar en la envolvente y optimizar el acceso de luz natural, 5- el diseño, tamaño y ubicación de ventanas para asegurar la entrada de luz natural mínima requerida y la ganancia de calor mínima, 6- selección de materiales para reducir la transferencia de calor al espacio interior y, por último, 7- paisajismo para proporcionar sombra al edificio, reducir la ganancia de calor y crear un espacio exterior agradable.

Noruega

El Manual para la planificación de viviendas pasivas y de bajo consumo energético (Tor Helge et al., 2012),

adopta la PK en su desarrollo de conceptos energéticos rentables (Figura 8). Para un diseño pasivo sugiere, como primer paso, reducir la pérdida de calor, mediante el diseño de viviendas compactas, con aislamiento adicional, cuidando los puentes térmicos y aislación en carpinterías. Seguidamente, propone reducir el consumo eléctrico mediante el uso de electrodomésticos e iluminación eficiente.

Seguidamente plantea la utilización de energía solar renovable mediante el diseño, ubicación y orientación de la vivienda. Con posterioridad indica que se debe elegir un sistema de vivienda inteligente, que le brinde a los usuarios comentarios simples sobre su consumo de energía y patrones de uso. Finalmente, sugiere elegir la fuente de energía y el sistema de calefacción correcto, en función de la infraestructura existente y la disponibilidad local. También enfatiza en soluciones que proporcionen buen confort térmico y calidad del aire y

3.3. Etapa III. Diacronicidad en la evaluación de la EE en la vivienda

que todas las instalaciones sean fáciles de utilizar.

Esta etapa parte de la idea que la vida útil de una vivienda comienza con su construcción, pero no finaliza en ella, sino que, por el contrario, marca el inicio de un largo proceso en permanente cambio. En este sentido, se busca detectar antecedentes de diacronicidad en los métodos de evaluación de la EE estudiadas en la Figura 1.

Luego del análisis es posible determinar que ninguna incorpora esta visión para evaluar. Sin embargo, se detectaron algunas iniciativas que comprenden la vivienda como un organismo en proceso de constante cambio. Entre ellas, la Directiva 2002/91/EC Energy Performance Building, vigente desde 2002, exige a

NORUEGA

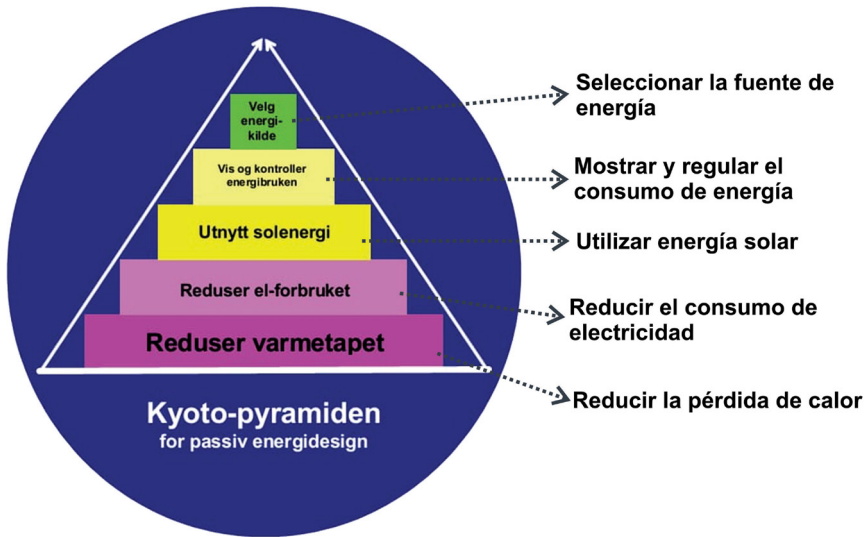


Figura 8: La Pirámide de Kioto en normativas de Noruega. Autoras (2023) basada en Tor Helge et al. (2012)

País	Evaluación de la EE en viviendas ampliadas			
	Mismo método que viviendas nuevas	Mismo método que viviendas nuevas, pero con menores requisitos	Método propio	Sin método, pero con recomendaciones de ampliación
Austria		•		
Bélgica	•		•	
República Checa	•			
Dinamarca		•		
Francia		•		
Alemania		•		
Gran Bretaña			•	
Luxemburgo	•			
Países Bajos		•		
Suecia				•

Tabla 2: Métodos de evaluación de la EE en viviendas ampliadas. Autoras (2023) basada en BMVBS (2010)

los estados de la Unión Europea emitir un certificado de EE donde cada país debe elegir cómo evaluar las viviendas ampliadas (Tabla 2). República Checa y Luxemburgo evalúan las viviendas ampliadas con el mismo método que las viviendas nuevas.

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

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

En Austria, la Normativa OIB Ahorro de energía y protección térmica define que una

ampliación es sustancial si el 25% de la envolvente del edificio ha sido modificada o si se ha reemplazado alguno de sus componentes principales. Para evaluar las viviendas ampliadas se utiliza el mismo método que para viviendas nuevas, pero con menores requisitos, por ejemplo, se reduce el valor de referencia para la demanda de calor y para los componentes de la envolvente (BMVBS, 2010).

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

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

Como aproximación, en Argentina, Tomadoni y Díaz Varela (2017) vinculan el concepto de sustentabilidad y eficiencia con los procesos de crecimiento en la

vivienda al construir un método de evaluación de la sustentabilidad con indicadores posibles de aplicar a viviendas sociales, entre los que se encuentra la posibilidad de crecimiento. Además, el país cuenta con el Manual de Vivienda Sustentable (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019), donde se aborda el concepto de flexibilidad y crecimiento como una pauta de sustentabilidad en el proceso de uso de la vivienda.

Conjuntamente, la Norma IRAM 11900, Prestaciones energéticas en viviendas (IRAM, 2017), detalla el Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética para viviendas. Asimismo, en la serie de Normas IRAM 11600 (11603, 11604, 11605) se analiza el acondicionamiento térmico de los edificios. No obstante, no se han encontrado iniciativas similares a las mencionadas anteriormente. Con esto se hace referencia a la evaluación diacrónica de la vivienda desde la mirada del ahorro energético.

4. Discusión y conclusiones

A nivel global, una elevada proporción del parque construido residencial acusa distintos niveles de obsolescencia y elevados consumos de energía, por lo que es imperativo para el ahorro de energía y para elevar los niveles de EE en viviendas adoptar medidas de mejora de la eficiencia durante las ampliaciones y modernizaciones en el sector residencial.

Las normativas estudiadas en esta investigación muestran que cada vez más países incorporan, dentro de sus normativas, requisitos de mejora energética en viviendas en busca de disminuir esta demanda del sector construido. Se observa un constante crecimiento y surgimiento de diferentes avances en términos de leyes, normativas, métodos, técnicas, software e instrumentos para el conocimiento, evaluación y determinación de la EE residencial. Y, si bien contar con un marco legal no es garantía de éxito, estas iniciativas contribuyen de forma significativa al objetivo global de reducir el rendimiento energético.

DINAMARCA







					
New buildings	Change of use	Extensions	Conversions and other alterations	Replacements of building elements and installations	Repairs*
Energy requirements §§ 250-258 §§ 259-266	Energy requirements §§ 250-258 §§ 267-270	Energy requirements §§ 250-258 §§ 271-273	Energy requirements (cost-effective) §§ 250-258 §§ 274-279	Energy requirements §§ 250-258 §§ 274-279	No energy requirements Instructional text about energy consumption item 4.0

Figura 9: Categorías de evaluación de ampliaciones para viviendas en Dinamarca. Autoras (2023) basada en Danish Knowledge Centre for Energy Savings in Buildings (2018)

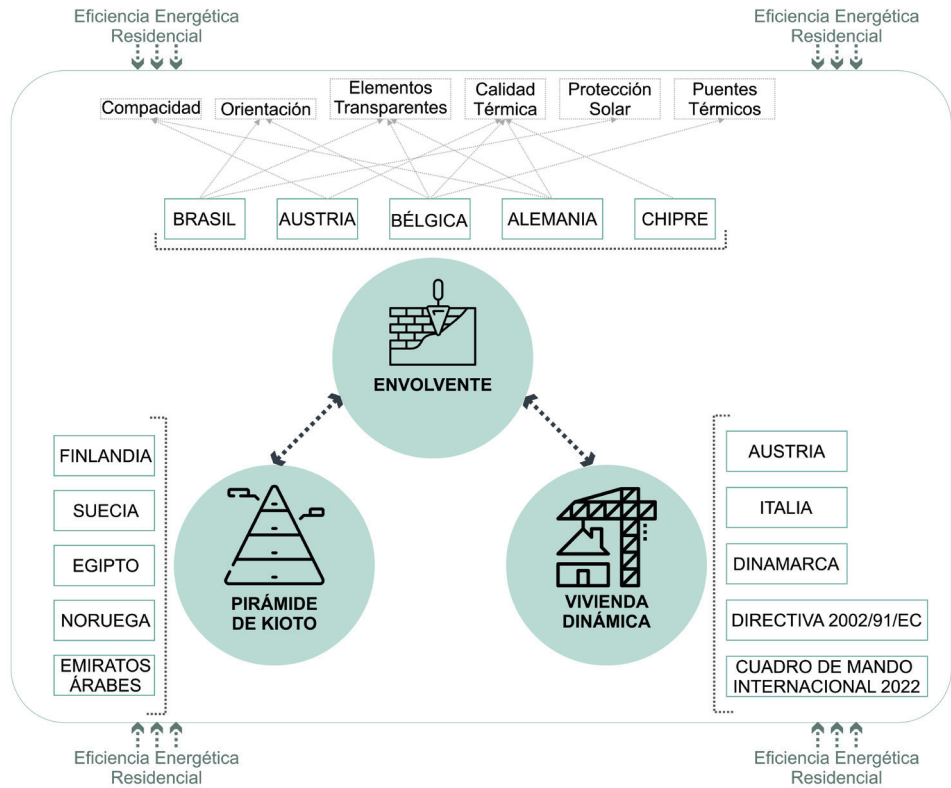


Figura 10: Síntesis del trabajo realizado.

De los antecedentes analizados se entiende el concepto desde el cual han sido generados los métodos de evaluación de la EE y, donde la información lo permite, se ha podido analizar el procedimiento y el método que utilizan. Se observa que no existe una normativa única o una ley modelo de EE, ya que las mismas son elaboradas según las restricciones y características (climáticas, energéticas, tecnológicas, etc.) propias de cada país.

En respuesta a las preguntas de investigación planteadas, se concluye que el análisis de la envolvente cumple un rol fundamental en los marcos normativos. En particular, se destaca que las legislaciones priorizan el análisis, cálculo y especificación de las propiedades térmicas de los elementos que constituyen la envolvente.

Se distingue Alemania y Bélgica, donde el aislamiento térmico varía según la cantidad de superficie expuesta al exterior, y Finlandia, que incorpora en su normativa recomendaciones para mejorar el rendimiento energético de las ampliaciones residenciales. Asimismo, Finlandia, Suecia, Egipto, Emiratos Árabes y Noruega validan la importancia de la envolvente, incluso frente a otras estrategias de ahorro energético, mediante la aplicación y reinterpretación en cada país, del método de la PK (Figura 10).

Las normativas de la Etapa I presentan como denominador común la calidad térmica de la envolvente, dada su importancia en el rendimiento energético del

edificio. Como dato particular, se considera que factores como la inercia y amortiguamiento son esenciales en el rol de la envolvente como sistema pasivo que aporta al ahorro energético. La misma debería estar compuesta principalmente de materiales con valores de conductividad térmica bajos (Thermtest, 2022), los cuales se consideran térmicamente favorables.

Argentina, dado la variedad de zonas climáticas, se basa en la Norma IRAM N°11603 (2012), que especifica la clasificación bioambiental del país, y en la Norma IRAM 11605 (2002), que detalla los valores máximos de transmitancia térmica en los cerramientos de la envolvente.

En cuanto a la respuesta al interrogante, ¿los métodos de EE incorporan la mirada diacrónica en sus evaluaciones? Se considera que, salvo las intenciones mencionadas, que reconocen a la vivienda como un organismo en constante cambio, los modos de evaluación de EE analizados son realizados desde una visión sincrónica. No se ha observado ninguna iniciativa precisa que evalúe el proceso de crecimiento, o evaluaciones energéticas del proceso de transformación de la vivienda evalúan el "antes" y el "después". Sin embargo, la condición de validez temporal en los certificados de EE residencial, que en la mayoría de los casos son de 10 años, o hasta que haya modificaciones sustanciales en la vivienda, de algún modo acreditan el dinamismo en la vivienda.

Se pretende que este trabajo constituya un aporte referencial para investigaciones relacionadas, como guía en futuras profundizaciones sobre la importancia de la envolvente residencial para el ahorro energético. Asimismo, se espera continuar el desarrollo de este análisis con el objetivo de proponer un método de evaluación diacrónica de la EE residencial, acorde a los procesos de cambio de las viviendas, principalmente de su envolvente.

En este marco, el trabajo presenta relevancia como un primer acercamiento a beneficiarse del proceso de crecimiento de las viviendas en pos de aportar a la EE residencial. Se espera que, a futuro, los resultados de la investigación sean factibles de integrarse en planes de mejoramiento energético residencial o proyectos de planificación energética.

Asimismo, es viable la posibilidad de transferencia a entes gubernamentales encargados del desarrollo y planificación del parque edilicio. Igualmente, los aportes resultan un insumo para futuros planes de rehabilitación o renovación urbana del parque de viviendas existentes, donde se necesite conocer el proceso de crecimiento de la vivienda.

5. Agradecimientos

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

Conflict of Interests. The authors declare no conflict of interests.

© **Copyright:** María Celina Michaux, Graciela Melisa Viegas y Irene Alicia Blasco-Lucas, 2024.

© **Copyright de la edición:** *Estoa*, 2024.

6. Referencias bibliográficas

- Abu Dhabi Urban Planning Council. (2010). *The Pearl Rating System for Estidama. Building Rating System Design and Construction. Version 1*. https://www.solarthermalworld.org/sites/default/files/news/file/2015-05-04/estidama_construction_rating_certificate.pdf
- Altmann-Mavaddat, N., Taufraztzofer, G., Trnka, G., Jilek, W., y Simader, G. (diciembre de 2016). *Implementation of the EPBD in Austria*. Energy Performance of Buildings. <https://epbd-ca.eu/ca-outcomes/outcomes-2015-2018/book-2018/countries/austria>
- Belenguer, E., García, N., y Sabater, G. (2019). Assessment of energy efficiency improvement methods in the residential sector through the development of economic experiments. *SN Applied Sciences*, 1(1409). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1439-7>
- BMVBS. (2010). *Monitoring and evaluation of energy certification in practice with focus on central European states*. Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development.
- Bruxelles Environnement. (2023a). *Certification de la performance énergétique des habitations individuelles. Protocole Livre I – Generalites [Manual de certificación del rendimiento energético de viviendas individuales. Libro de protocolo I - Generalidades]*. Sous-Division Energie, Air, Climat et Bâtiments durables — Département Certification PEB.
- Bruxelles Environnement. (2023b). *Certification de la performance énergétique des habitations individuelles. Protocole Livre II - Enveloppe [Manual de certificación del rendimiento energético de viviendas individuales. Libro de protocolo II - Envolvente]*. Sous-Division Energie, Air, Climat et Bâtiments durables— Département Certification PEB.
- Castro Alvarez, F., Vaidyanathan, S., Bastian, H., y King, J. (2018). *The 2018 International Energy Efficiency Scorecard*. American Council for an Energy-Efficient Economy. <https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/i1801.pdf>
- Centre for Energy Savings in Buildings. (2018). *Energy Requirements of BR18. A quick guide for the construction industry on the Danish Building Regulations 2018*. Danish Knowledge Centre for Energy Savings in Building. https://byggeriogenenergi.dk/media/2202/danishbuildingregulations_2018_energy-requirements.pdf
- Chee, J. (2017). *Investigations on Energy Efficient Buildings-the aim to reach zero energy buildings* [Tesis de maestría. Halmstad University]. <https://hh.diva-portal.org/smash/get/diva2:1078427/FULLTEXT01.pdf>
- Denza, A., y Lauria, M. (08 de abril de 2020). *Validità dell' Attestato di Prestazione Energetica*. Validità Dell'APE. Certificato Energético. <https://www.certificato-energetico.it/validita.html>
- Divakaran, P., Kapnopolou, V., McMurtry, E., Seo, M., y Yu, L. (2013). *Towards an integrated framework for coastal eco-cities*. British Library Cataloguing. <https://eprints.soton.ac.uk/359322/>
- Lapillonne, B. y Sudries, L. (2023). *Empowering Sustainable Development through Energy Efficiency. Developing a thorough regional monitoring in Latin America*. Enerdata. <https://www.enerdata.net/publications/executive-briefing/latin-america-energy-efficiency.html>
- Galiano Garrigós, A. (2013). *Análisis comparado de las metodologías de evaluación y certificación del comportamiento energético de los edificios en la Unión Europea* [Tesis doctoral, Universidad de Alicante]. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/tesis_antoniogaliano.pdf

- Georgiou, G., Eftekhari, M., y Lupton, T. (25-27 de agosto de 2015). *Investigating the Effect of Tightening Residential Envelopes in the Mediterranean Region*. 14th International Conference on Sustainable Energy Technologies, Nottingham, Inglaterra.
- Hadjinicolaou, N. (2020). *Implementation of the EPBD in Cyprus. Status in 2020*. Concerted Action EPBD. <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2022/03/Implementation-of-the-EPBD-in-Cyprus.pdf>
- Hadjinicolaou, N. (2018). *EPBD implementation in Cyprus. Status in December 2016*. Concerted Action EPBD. <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/08/CA-EPBD-IV-Cyprus-2018.pdf>
- IRAM. (2002). *Norma IRAM 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*. Instituto argentino de normalización y certificación.
- IRAM. (2017). *Norma IRAM 11900. Prestaciones energéticas en viviendas*. Instituto argentino de normalización y certificación.
- Landgren, M. (2018). *Developing a method for integrated sustainable design* [Tesis doctoral, Technical University of Denmark]. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/178278519/Orbit_398.pdf
- Michaux, M. C., Viegas, G. M., y Blasco Lucas, I. A. (2021). Evolución y crecimiento oficial en viviendas del Instituto Provincial de la Vivienda. *Revista de Arquitectura*, 26(41), 6–15. <https://doi.org/10.5354/0719-5427.2021.65019>
- Milovanović, B., y Bagarić, M. (2020). How to achieve Nearly zero-energy buildings standard. *Gradjevinar*, 72(8), 703–720. <https://doi.org/10.14256/JCE.2923.2020>
- Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior. (2013). *Requisitos de avaliação da conformidade para eficiência energética de edificações*. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-Inmetro. www.inmetro.gov.br
- Ojanen, T., Nykänen, E., y Hemmilä, K. (2017). *Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa [Guía de la eficiencia energética estructural en construcciones renovadas]*. Teknologian tutkimuskeskus VTT.
- ROCKWOOLAB. (s.f.). *Energiforbrug og energikrav. Hvordan kan varmetap og energiforbrug reduceres til et minimum? [Consumo de energía y necesidades energéticas. ¿Cómo minimizar la pérdida de calor y el consumo de energía?]* Rockwool. <https://info.rockwool.no/no/takisolasjonsguiden/energiforskrifter/energiforbrug-og-energikrav/>
- Sánchez González, J. C. (17 de abril de 2016). *Pirámide de Kioto I*. Arquitectura y Energía. Acento. <https://acento.com.do/opinion/piramide-de-kioto-i-8340921.html>
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Manual de Vivienda Sustentable*. Ministerio de interior, obras públicas y vivienda. Secretaría de vivienda. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/vivienda/manual>
- Steinmeier, F. W., Merkel, A., Ltmair, P., y Seehofer, H. (2020). *Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze [Ley para estandarizar el ahorro de energía para edificios y para modificar otras leyes]*. Deutscher Bundestag. <https://dip.bundestag.de/vorgang/gesetz-zur-vereinheitlichung-des-energieeinsparrechts-%C3%BCr-geb-%C3%A4ude-und-zur-%C3%A4nderung/255322>
- Subramanian, S., Bastian, H., Hoffmeister, A., Jennings, B., Tolentino, C., Vaidyanathan, S., y Nadel, S. (2022). *2022 International Energy Efficiency Scorecard*. ACEEE. www.aceee.org/research-report/12201
- Thermtest (10 de febrero de 2022). *Building Envelopes. What they are and how they improve the energy efficiency of a structure*. Thermtest Instruments. <https://thermtest.com/building-envelopes-what-they-are-and-how-they-improve-the-energy-efficiency-of-a-structure>
- Tomadoni, M. M., y Díaz Varela, M. J. (2017). Sustentabilidad en la vivienda de interés social en mar del plata: una metodología para su evaluación a partir de indicadores. *I+A Investigación + Acción*, 20(19), 99–122.
- Tushar, W., Lan, L., Withanage, C., En, H., Sng, K., Yuen, C., Wood, K. L., y Kumar, T. (2020). Exploiting design thinking to improve energy efficiency of buildings. *Energy*, 197, 117–141. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117141>
- UNEP. (2022). *2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>
- Visse, F., y Yeretizian, A. (2013). *Energy Efficient Building Guideline for MENA Region*. MED-ENEC. https://www.climamed.eu/wp-content/uploads/files/Energy-Efficient-Building_Guideline-for-MENA-Region-NOV2014.pdf
- World Energy Council. (2016). *World energy perspectives*. World Energy Council. https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Exec-Summary_EnergyEfficiency-A-straight-path-towards-energy-sustainability.pdf
- Wu, Y., Liu, C., Hung, M., Liu, T., y Masui, T. (2019). Sectoral energy efficiency improvements in Taiwan: Evaluations using a hybrid of top-down and bottom-up models. *Energy Policy*, 132, 1241–1255. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.043>
- Xichilos, C., y Hadjinicolaou, N. (2011). *Implementation of the EPBD in Cyprus. Status in November 2010*. Concerted Action EPBD. <https://docplayer.net/20893588-Implementation-of-the-epbd-in-cyprus-status-in-november-2010-1-introduction-2-certification-cyprus.html>