

Implementación de programas informáticos aplicados a la eficiencia energética y al etiquetado de edificios

Fabrizio Battaglini¹, Mariela Lescano², Daniel Quattrini², Daniel M. Pasquevich^{2,3}

Resumen

Las fuentes de energía más utilizadas en el mundo provienen de recursos no renovables como el carbón, el gas y el petróleo. Además, la obtención de estos recursos y uso implican problemas medioambientales producidos por diversos contaminantes. Por otra parte, en términos de eficiencia energética, en ocasiones se produce un uso ineficiente de energía, ya sea por malos hábitos en el consumo o, por no disponer de los recursos necesarios para optimizar el mismo. Este trabajo utiliza la Norma IRAM 11900:2009 "Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios", para el desarrollo de herramientas informáticas destinadas a analizar y simular modelos de estructuras edilicias con fines educativos y de divulgación en el cálculo de envolventes térmicas y su empleo en etiquetado.

Palabras clave: eficiencia energética; envolvente térmica; etiquetado de edificios; simulación.

Implementation of software applied to energy efficiency and labeling of buildings

Abstract

Energy sources most used in the world comes from nonrenewable resources such as coal, gas and oil. In addition, obtaining and using these resources involve environmental problems caused by various pollutants. In terms of energy efficiency, inefficient use of energy is due to bad habits in consumption or by not having the necessary resources to optimize their usage. This article uses the standard IRAM 11900:2009 "label energy efficiency of heating for buildings" for the development of tools to analyze and simulate models of building structures for education and outreach in the calculation of thermal envelopes and their labeling.

Keywords: energy efficiency; thermal envelope; buildings labeling; simulation.

¹ Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable. Centro Atómico Bariloche. Comisión Nacional de Energía Atómica Av. Bustillo 9500, S.C. de Bariloche, Río Negro battaglini.fabrizio@gmail.com Beca cofinanciada UTN/CNEA

² Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable. Centro Atómico Bariloche. Comisión Nacional de Energía Atómica Av. Bustillo 9500, S.C. de Bariloche, Río Negro

³ Investigador Ppal. CONICET

Introducción

Los sistemas informáticos son en la actualidad herramientas que bien implementadas, permiten a los usuarios simplificar tareas y ahorrar tiempo en gestión de procesos. Actualmente en Argentina, son escasos los programas nacionales que se pueden adquirir para el estudio de la eficiencia energética. Con la colaboración de profesionales de distintas disciplinas se están realizando investigaciones con la finalidad de desarrollar un sistema capaz de procesar el ingreso de datos de construcciones civiles, teniendo en cuenta los distintos factores que pueden influir en el resultado de su etiquetado.

El etiquetado energético en cuanto a la calefacción para edificios permitiría obtener información sobre el nivel aislamiento térmico del mismo, ya que un edificio correctamente aislado permite obtener un ahorro importante de energía. El ahorro producido en viviendas o edificios públicos correctamente aislados, permitiría derivar ese excedente a fines productivos. Por lo tanto, implementación de medidas de eficiencia energética, involucra beneficios tanto económicos como ambientales. En ese sentido, la Agencia Internacional de Energía (IEA) plantea que un uso final de la energía más eficiente produciría un ahorro del 44% en las emisiones dentro de un escenario "ACT Map" y de un 36% en un escenario "BLUE Map" (IEA, 2008). Un estudio realizado en la ciudad de La Plata indica que no se aplica la ley de eficiencia energética en cuanto al modelo de construcción usual en la ciudad y que "se puede ver que el impacto de ahorro potencial en la demanda de energía anual para calefacción, si se comienza a implementar la Ley de Eficiencia Energética sería de un 46%" (Vagge, Czajkowski, 2012).

Con el objeto de verificar aproximaciones de cálculo, se presentan en este trabajo una serie de esquemas simples, sencillos de estructuras teóricas. Dentro de los mismos, se pretende validar los sistemas desarrollados aplicándolos al análisis de edificios. En una primera instancia, se ha tomado como ejemplo, la estructura de una "Passivhaus" o Casa Pasiva situada en el Parque Fotovoltaico del Grupo Assyce en la localidad de Moraleda de Zafayona, en la provincia de Granada (España).

Metodología

La etiqueta de eficiencia energética especificada en la Norma IRAM 11900:2009 "Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios", tiene por objeto informar al consumidor sobre la eficiencia térmica de la envolvente de los edificios, de acuerdo con los parámetros y valores especificados en la norma.

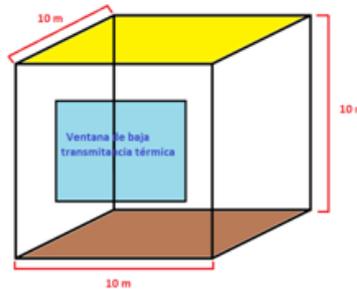
Mediante la etiqueta se califica la eficiencia a través de un sistema comparativo, compuesto por ocho clases de eficiencia energética identificadas por las letras A, B, C, D, E, F, G y H, donde la letra A se adjudica a las envolventes de los edificios más eficientes y la H a las menos eficientes. La fórmula principal que propone la norma para el etiquetado de calefacción para edificios es:

$$\tau_m = \frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i \cdot S_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (1)$$

Donde τ_m es la variación media ponderada de la temperatura, entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño, en grados Celsius. El subíndice i de la variable τ_i hace referencia a cada una de las componentes constructivas de la estructura estudiada. S_i representa la superficie de cada una de las componentes de la envolvente, en metros cuadrados.

Para estudiar los cálculos propuestos por la Norma anterior se desarrolló un programa que permite hacer simulaciones en base a estructuras cúbicas teóricas (Figura 1).

Figura 1: Ejemplo conceptual de estructura cúbica modelada

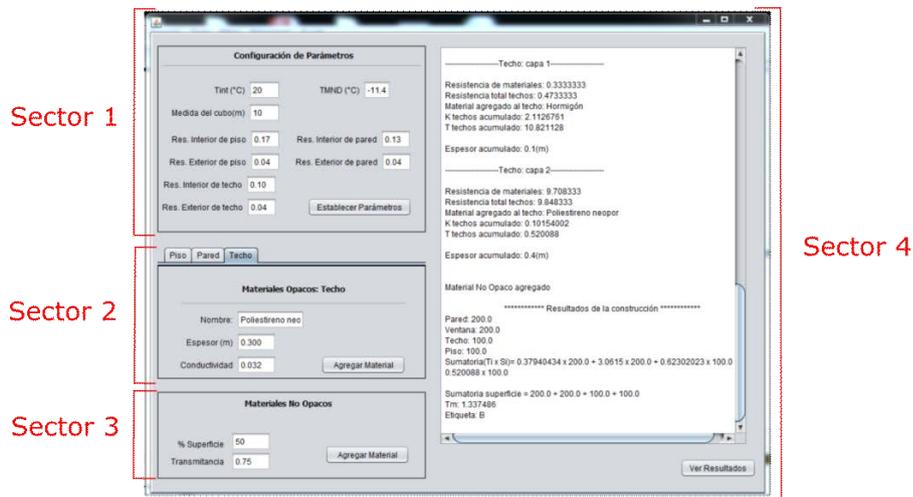


Fuente: Imagen realizada por los autores

El programa brinda la posibilidad de agregar varias capas de distintos materiales con sus espesores correspondientes a las caras inferiores, laterales y superiores de un cubo, simulando una estructura edilicia simplificada, con su respectivo piso, muro y techo. Además, también se pueden agregar superficies vidriadas sobre los muros.

La Figura 2 muestra una imagen con la interfaz de usuario para el ingreso de datos. El sistema está compuesto por cuatro sectores:

Figura 2: Interfaz de usuario del programa para estructuras complejas.



Fuente: Imagen tomada por los autores

En el *Sector 1* se deben completar los siguientes parámetros: temperaturas de diseño interior y exterior (grados Celsius), medida de uno de los lados del cubo (metros) y las resistencias de los cerramientos según la Norma IRAM 11601 “Aislamiento térmico de edificios, métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario”. Para facilitar esta tarea, el sistema por defecto completa estos parámetros permitiéndole al usuario la posibilidad de modificar los valores.

En el *Sector 2*, se ingresan los materiales opacos que componen los pisos, muros y techos. Además se debe indicar su espesor (metros) y su conductividad (Watt por metro y Kelvin).

En el *Sector 3*, se ingresan los materiales no opacos como ventanas, puertas, etc. Los parámetros a completar son el porcentaje de superficie total de material no opaco sobre los muros y la

transmitancia térmica del material en Watt por metro cuadrado y kelvin, en base a la norma IRAM 11507-4 "Acondicionamiento térmico de edificios. Carpintería de obra y fachada integrales livianas".

En el *Sector 4*, presionando el botón "Ver Resultados", el sistema muestra un historial de las configuraciones, dimensiones del cubo, materiales agregados, resultados parciales de la transmitancia y espesor acumulado, la variación media ponderada de la temperatura y la etiqueta correspondiente a la Norma IRAM 11900. Además, también se detallan los cálculos realizados para obtener los resultados parciales y finales.

El programa ha sido desarrollado íntegramente en el lenguaje de programación *Java*. La elección de este lenguaje se debe a que el mismo permite crear sistemas altamente fiables, es de propósito general, y funciona en distintos entornos como dispositivos móviles, sistemas embebidos, aplicaciones web y de escritorio. Además el código generado por el compilador *Java* es independiente de su arquitectura, es decir, puede ejecutarse en un entorno UNIX, Mac o Windows.

Por otro lado, el entorno de desarrollo utilizado fue *NetBeans*. El mismo cuenta con la disponibilidad de módulos o "plugins" que permiten extender su funcionalidad. Es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso.

Resultados parciales

Aunque la Norma IRAM 11900 plantea sus estudios sobre edificios, en este caso se utilizó, como una primera aproximación, el programa para crear estructuras cúbicas complejas (con múltiples capas) para el cálculo de la envolvente térmica de una casa pasiva, ubicada en la ciudad de Granada (España). (Passive House Institute, s.f).

En la Tabla 1 se detallan los materiales utilizados con sus respectivos espesores (metros) y conductividades (Watt por metro y Kelvin):

Tabla 1. Materiales utilizados en la casa pasiva de Granada, España

Envolvente Térmica			
	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)
Piso	Hormigón	0,160	1,740 ^(a)
	Poliestireno neopor	0,200	0,032
Muro	Enlucido de yeso	0,015	0,400
	Lana de roca	0,040	0,034
	Poliestireno neopor	0,300	0,032
Techo	Hormigón	0,100	0,300 ^(a)
	Poliestireno neopor	0,300	0,032

Fuente: Información tomada de Passive House Institute, s.f. (a) Los valores de conductividad térmica del Hormigón no se encontraban disponibles. Para los cálculos se utilizó el valor de la Norma IRAM 11601 que mejor se adapta al resultado de la transmitancia térmica de cada cerramiento de la casa pasiva.

En la Figura 3 se observa una fotografía de la estructura bajo estudio. La misma es una vivienda unifamiliar construida en el año 2009 y el piso tratado cuenta con una superficie de 99 m². La superficie vidriada es de 50% y se compone de ventanas con triple panel de 4 mm y 12 mm de espacio, rellenos de argón (4/12/4/12/4 mm). La transmitancia de las ventanas es 0,75 W/m²K. (Passive House Institute, s.f).

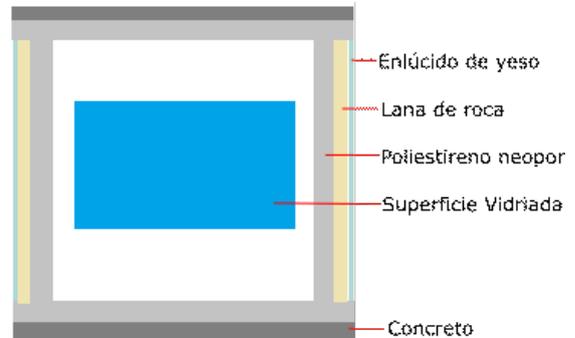
En la Figura 4 se presenta un modelo conceptual de la casa, adaptado al sistema de estructuras cúbicas. La superficie de la cara inferior y superior es 100 m², y de las laterales 400 m². Se agregó 50 % de superficie vidriada con las características de la casa pasiva con la salvedad de que se aplica únicamente sobre las caras laterales del cubo.

Figura 3: casa pasiva ubicada en Granada (España)



Fuente: Imagen tomada-Passive House Intitute, s.f

Figura 4: modelo conceptual simulado



Fuente: Imagen realizada por los autores

La temperatura de interior de diseño utilizada en la simulación fue 20 ° C (como lo establece la Norma IRAM 11900) y la temperatura de diseño mínima para condiciones de invierno fue -11,4 °C que corresponde a la ciudad de San Carlos de Bariloche, Río Negro (Argentina); según Norma IRAM 11603 E1:2011 "Clasificación bioambiental de la República Argentina".

El resultado de la variación media ponderada de temperatura obtenido por el simulador es $\tau_m = 1,337$ (correspondiendo a una etiqueta B).

El sistema permite visualizar en detalle los cálculos realizados para obtener mayor transparencia en cuando a los resultados, los mismos se pueden observar en las siguientes expresiones:

$$\tau_m = \frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i \cdot S_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} = \frac{\tau_{muro} \cdot S_{muro} + \tau_{ventana} \cdot S_{ventana} + \tau_{piso} \cdot S_{piso} + \tau_{techo} \cdot S_{techo}}{S_{muro} + S_{ventana} + S_{piso} + S_{techo}} \quad (2)$$

$$\tau_m = \frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i \cdot S_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} = \frac{0.379 \times 200.0 + 3.061 \times 200.0 + 0.623 \times 100.0 + 0.520 \times 100.0}{200.0 + 200.0 + 100.0 + 100.0} \quad (3)$$

Además, los valores de la transmitancia calculados por el programa (para los muros y el techo) coinciden con los que se brindan en el sitio web, siendo 0,090 y 0,100 W/m²K respectivamente (Passive House Institute, s.f). Para la transmitancia del piso, el valor calculado fue 0,153 W/m²K , existiendo una diferencia de 0,032 W/m²K menor al valor de referencia.

El software desarrollado se podría utilizar principalmente con fines didácticos. Se puede apreciar la simplicidad que existe al usar un simulador en vez de utilizar planillas de cálculo en donde no solo demanda mayor tiempo el ingreso de datos sino que también aumenta la posibilidad de que el usuario cometa algún error en las operaciones. A futuro se podría ampliar las funcionalidades del mismo para ser utilizado en un entorno profesional. Entre las mejoras se puede incorporar la posibilidad de simular estructuras de mayor complejidad que se asemejen a la realidad. Se contempla la idea de incorporar bases de datos embebidas en el sistema facilitándole a los usuarios la tarea de obtener datos en forma manual. También se pueden generar listados o informes que contengan información de los cálculos realizados para la obtención de la clasificación, la etiqueta, los materiales utilizados en cada cerramiento, etc.

Por otro lado, el programa podría combinar la Norma IRAM 11900 con otras relacionadas al aislamiento térmico en edificios y al ahorro de energía.

Referencias y Bibliografía

IEA (2008) *Energy Technology Perspectives 2008. Scenarios y Strategies to 2050*. París: OECD/IAE.

Norma IRAM 11507-4:2010. *Acondicionamiento térmico de edificios. Carpintería de obra y fachada integrales livianas*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.

Norma IRAM 11601:2002. *Aislamiento térmico de edificios, métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.

Norma IRAM 11603 E1:2011. *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.

Norma IRAM 11900:2009. *Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.

Passive House Institute, (Sin Fecha). Recuperado el 15 de Marzo de 2016 de http://www.passivhausprojekte.de/#d_1690

Vagge C.S., Czajkowki J.D. (2012). Impacto de la aplicación de la Ley 13059 de Eficiencia Energética en relación a la nueva Ordenanza de Usos del piso de la ciudad de La Plata y la Norma IRAM 11900 de Etiquetado de Edificios. *Ambiente Construido, Porto Alegre 12 [2]*, 23-35.

Autores

Fabrizio Battaglini es Ingeniero en Sistemas de Información, Becario de la Universidad Tecnológica Nacional y la Comisión Nacional de Energía Atómica. battaglini.fabrizio@gmail.com

Mariela Lescano es Ingeniera Química, Trabajadora de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable. lescanomariela8@gmail.com

Daniel Quattrini es Licenciado en Química, Trabajador de la Comisión Nacional de Energía Atómica Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable. quattrin@cab.cnea.gov.ar

Daniel Pasquevich es Doctor. en Físicoquímica, Investigador de CONICET y Trabajador de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable. pasquev@cab.cnea.gov.ar