

APLICACIÓN DE PROGRAMAS DE EVALUACION DE CARACTERISTICAS TERMICAS EN OBRAS DE MAESTROS DE LA ARQUITECTURA COMO HERRAMIENTA DIDACTICA EN EL DICTADO DE LA MATERIA ENERGIA EN EDIFICIOS.

Gabriela A. Casabianca¹, John Martin Evans*, Arqs.

Centro de Investigación Hábitat y Energía – SI –

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria, Pabellón 3, 4º Piso, CP (1428) – Ciudad de Buenos Aires, Argentina

54 11 4789 6274 – gacasabianca@yahoo.com.ar

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de la aplicación de programas de computación como herramienta didáctica para evaluar características térmicas de edificios, en la materia Energía en Edificios, de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. La propuesta didáctica incluye el análisis de edificios proyectados por maestros de la arquitectura; como ejemplo, se presentan como ejemplo tres casos estudiados y se describen las distintas etapas de análisis y la aplicación de planillas elaboradas con el programa EXCEL, para evaluar el comportamiento energético del edificio.

El *Evaluador energético* permite analizar el comportamiento térmico global y las pérdidas de energía por los cerramientos; con la planilla *E-Temp* se pueden analizar temperaturas internas y evaluar problemas de sobrecalentamiento en verano. Estas planillas permiten cambiar materiales, aislaciones, proponer mejoras y verificar fácilmente los resultados de los cambios realizados. El análisis de edificios proyectados por reconocidos maestros de la arquitectura propone una aproximación distinta a sus obras, considerando criterios de uso racional de energía, y los resultados muestran que estas técnicas pueden ser aplicadas en ciertos edificios patrimoniales, como una herramienta más para su análisis y evaluación.

ABSTRACT

This paper presents the results of the application of computer programs to evaluate thermal characteristics of buildings, used as a didactical tool in the course Energy in Buildings, in the Faculty of Architecture, Design and Urbanism of the University of Buenos Aires. The didactical proposal includes the analysis of buildings projected by masters of the architecture; like example, three cases of study are described: the Farnsworth House, the Ozenfant House and the House in La Falda. The different analysis stages include the application of programs in EXCEL, to evaluate the energy behaviour of the building. The Energy Evaluator allows to analyze the global thermal behaviour and the losses of energy by walls and roof; the E-Temp can be used to analyze internal temperatures and to evaluate overheat problems in summer. The programs allow the change of materials or insulations and verify easily the results of those changes. The analysis of buildings projected by recognized masterful of the architecture proposes a different approach to their works, and the results shows that these techniques can be applied in certain patrimonial buildings, like a tool for the analysis and evaluation considering criteria of rational use of energy.

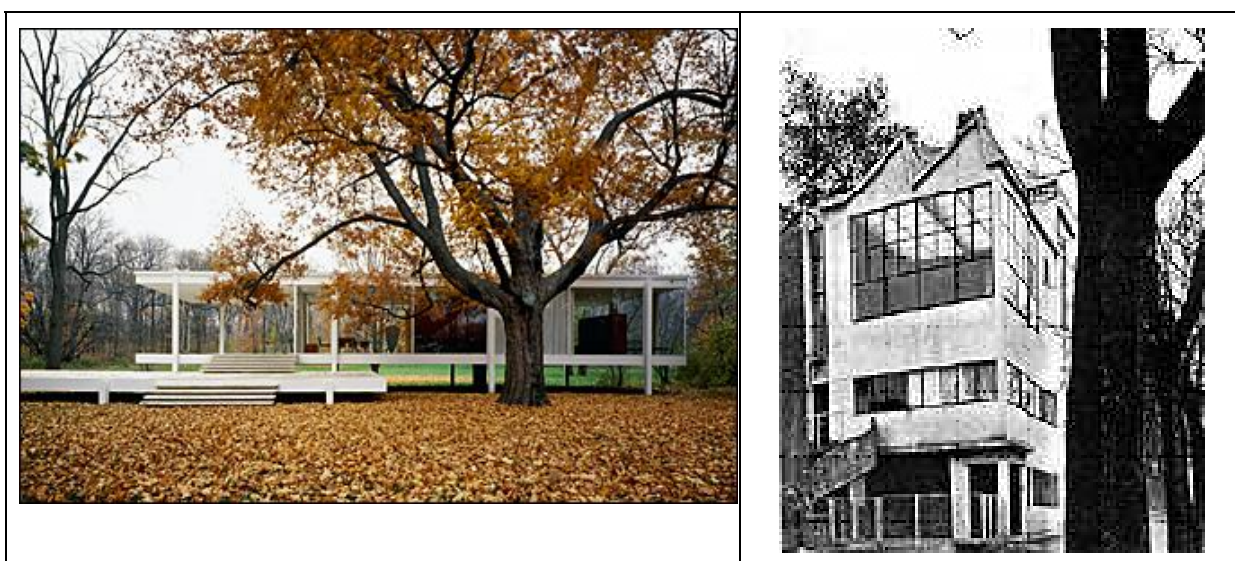
1. INTRODUCCION

La materia electiva Energía en Edificios (EVANS et al., 1996), se dicta cuatrimestralmente como parte de la Carrera de Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires y tiene como principal objetivo promover un enfoque integral del diseño arquitectónico que disminuya el uso de energía proveniente de fuentes no renovables, integrando técnicas de acondicionamiento natural térmico y lumínico, buscando incorporar criterios de eficiencia energética en la práctica proyectual.

Los alumnos aprenden a utilizar diversas técnicas de análisis y métodos de optimización especialmente desarrollados para las condiciones de Argentina, basados en las Normas IRAM y en los resultados de las investigaciones desarrolladas en el Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE). Se van incorporando así criterios de uso racional y eficiencia energética a partir del análisis del edificio, identificándose propuestas arquitectónicas y constructivas que optimicen el uso de energía destinado a su acondicionamiento. La materia proporciona técnicas de evaluación y optimización del uso eficiente y racional de energía en el diseño, (EVANS et al, 1997), incluyendo simulaciones físicas y numéricas. Se considera fundamental la capacidad del alumno de comprender la necesidad de considerar el bienestar de los ocupantes, la eficiencia energética del hábitat y el control de los impactos ambientales perjudiciales desde el planteo del proyecto.

La propuesta didáctica y metodológica de la materia abarca tres aspectos: la transferencia al grado de los conocimientos y avances obtenidos en el campo de investigación, actualizando permanentemente la información ofrecida al alumno; la adaptación de los contenidos a una propuesta didáctica que analice problemática energética en edificios existentes conocidos por los alumnos y la aplicación de técnicas de evaluación con el objetivo que los alumnos tomen conciencia del impacto de las decisiones de diseño, constructivas y de la elección de materiales en el comportamiento energético del edificio y sus condiciones de habitabilidad.

Como parte de la propuesta se realiza un análisis en función de dichos criterios de edificios proyectados por maestros reconocidos de la arquitectura mundial. Se tomaron como referencia edificios históricos de Maestros de la Arquitectura, que ya forman parte del patrimonio arquitectónico mundial y/o latinoamericano, y se estudiaron las posibilidades de realizar sobre ellos una evaluación desde un enfoque distinto al que realizan habitualmente los alumnos de la Carrera. Como ejemplo de este análisis se presenta el desarrollo parcial de tres casos de estudio: la Casa Farnsworth de Mies van der Rohe, ubicada en Illinois, Estados Unidos; la Casa Ozenfant de Le Corbusier ubicada en la ciudad de París, Francia y la Casa en la ciudad de La Falda, del arquitecto Wladimiro Acosta, en la provincia de Córdoba, Argentina.



Fotos 1 y 2: Casa Farnsworth de Mies van der Rohe y Casa Ozenfant de Le Corbusier

2. OBJETIVOS

El objetivo del ejercicio propuesto es introducir al alumno de grado el conocimiento sobre la problemática del uso racional de la energía en edificios, partiendo del análisis de edificios construidos que además forman parte del patrimonio arquitectónico global, con el fin concientizarlos sobre la necesidad del uso racional y sostenible de los recursos no renovables destinados a obtener adecuadas condiciones de confort en los edificios. El tema del ejercicio principal es el análisis y diagnóstico de distintos aspectos relacionados con las pérdidas y las ganancias de energía en un edificio, preferiblemente destinado a vivienda, que haya sido proyectado por algún reconocido “maestro” de la arquitectura mundial o latinoamericana del siglo XX, con el fin de desarrollar un análisis de la obra arquitectónica distinto al que realizan habitualmente.

3. ETAPAS DE ANALISIS

Las distintas etapas de análisis de la obra elegida son:

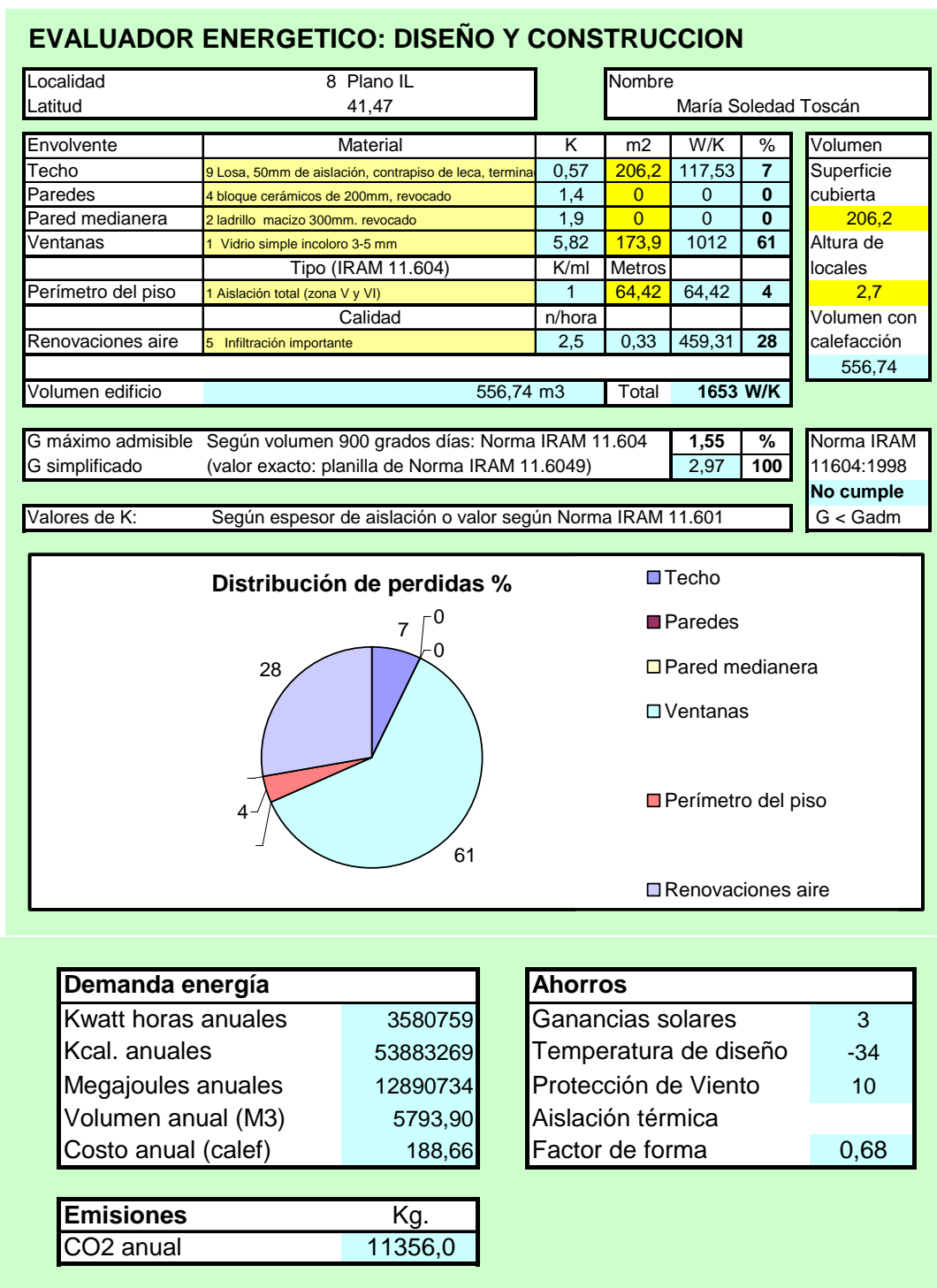
- Descripción de la obra elegida y su contexto histórico – geográfico: se describen y analizan las características generales de la obra arquitectónica, su emplazamiento, características constructivas y se incluye la presentación de toda información relevante para el desarrollo del estudio.
- Análisis de las ganancias energéticas del edificio: se realiza el cálculo de las ganancias solares e internas del ejemplo elegido, de acuerdo a las determinadas condiciones de ocupación (viviendas destinadas a 4 ó 6 ocupantes).
- Análisis de las características térmicas del edificio: se describen y analizan las características térmicas de los materiales constructivos, y las pérdidas energéticas, utilizando la planilla desarrollada bajo el programa EXCEL denominada *Evaluador Energético* (EVANS, DE SCHILLER, 2001).
- Análisis de las estrategias de diseño para mejorar el acondicionamiento natural en verano: se describen, analizan y evalúan las estrategias previstas para evitar ganancias de energía en verano y se realizan propuestas de modificaciones o estrategias alternativas o complementarias para mejorar las condiciones de confort en épocas cálidas. Con este fin se utiliza la planilla de EXCEL denominada *E-Temp*, en la que se verifica la influencia de las decisiones de diseño tomadas.
- Cálculo de las temperaturas horarias en el interior de un local representativo en invierno y verano: considerando las condiciones climáticas de Buenos Aires, se evalúa el comportamiento térmico mediante las planillas electrónicas y se analizan y comentan los resultados obtenidos.

Posteriormente se proponen alternativas de diseño y constructivas que permitan mejorar las condiciones de confort en invierno y verano, incluyendo además conclusiones y comentarios sobre las propuestas y se analizan las condiciones de asoleamiento con maquetas de estudio en el heliodón del Laboratorio de Estudios Bioambientales, estudiándose el barrido de sombras, la penetración de los rayos solares en el interior del edificio y la protección solar en las distintas épocas del año para finalmente establecer las conclusiones generales del desarrollo del trabajo, incluyendo una evaluación general sobre el comportamiento y la eficiencia energética del edificio estudiado.

3.1 Aplicación de los programas

Para llevar a cabo la mayor parte el análisis se utilizan dos programas desarrollados como planillas del programa Excel que se denominan *Evaluador energético* y *E-Temp*. Con el *Evaluador energético* se analizan las características térmicas de los materiales, el comportamiento térmico global del edificio y las pérdidas de energía por los distintos cerramientos. Se ingresan los datos climáticos del sitio de emplazamiento de la obra, datos de exposición a la radiación solar y vientos predominantes, los materiales que constituyen los cerramientos, condiciones de ocupación y ganancias internas (reales o supuestas por el alumno según el diseño de la vivienda). El programa calcula la demanda de energía

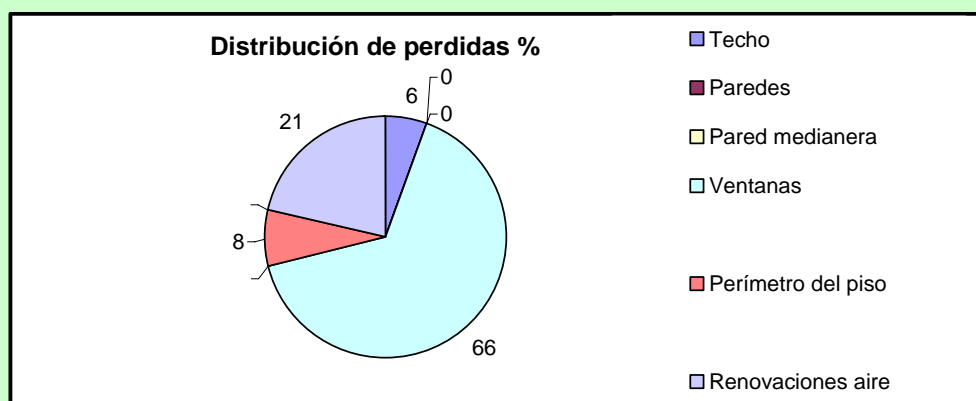
necesaria para compensar las pérdidas globales y los costos corresponden a los valores vigentes para la Argentina, aunque pueden ser modificados en la base de la planilla; con el fin de facilitar la comparación de los distintos ejemplos analizados con fines didácticos, se mantienen dichos valores aunque las obras se encuentren en otros países del mundo.



Planilla 1: Resultados del Evaluador Energético - Casa Farnsworth – Illinois, Caso base

EVALUADOR ENERGETICO: DISEÑO Y CONSTRUCCION

Localidad	8 Plano IL		Nombre		María Soledad Toscán	
Latitud	41,47					
Envolvente	Material	K	m2	W/K	%	Volumen
Techo	11 Losa, 150mm de aislación, contrapiso de leca, termi	0,23	206,2	47,415	6	Superficie cubierta
Paredes	1 ladrillo macizo 150mm. Revocado	2,91	0	0	0	206,2
Pared medianera	2 ladrillo macizo 300mm. revocado	1,9	0	0	0	Altura de locales
Ventanas	2 Vidrio doble, cámara aire, hermética, DVH, 3+6+3	3,23	173,9	561,7	66	2,7
Tipo (IRAM 11.604)		K/ml	Metros			Volumen con calefacción
Perímetro del piso	1 Aislación total (zona V y VI)	1	64,42	64,42	8	556,74
Calidad		n/hora				
Renovaciones aire	2 Buena calidad	1	0,33	183,72	21	
Volumen edificio		556,74 m3		Total	857 W/K	
G máximo admisible	Según volumen 900 grados días: Norma IRAM 11.604			1,55	%	Norma IRAM 11604:1998
G simplificado	(valor exacto: planilla de Norma IRAM 11.6049)			1,54	100	Cumple
Valores de K:	Según espesor de aislación o valor según Norma IRAM 11.601					G < Gadm



Demanda energía	
Kwatt horas anuales	1430071
Kcal. anuales	21519706
Megajoules anuales	5148255
Volumen anual (M3)	2313,95
Costo anual (calef)	95,11

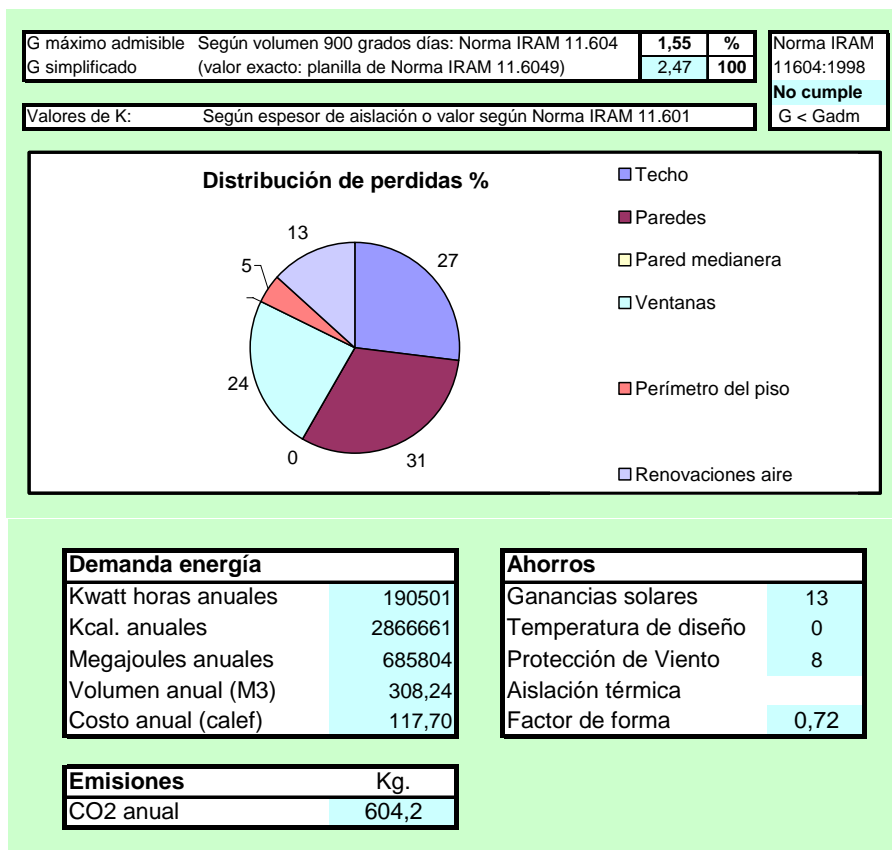
Ahorros	
Ganancias solares	5
Temperatura de diseño	-34
Protección de Viento	-1
Aislación térmica	
Factor de forma	0,68

Emisiones	Kg.
CO2 anual	4535,3

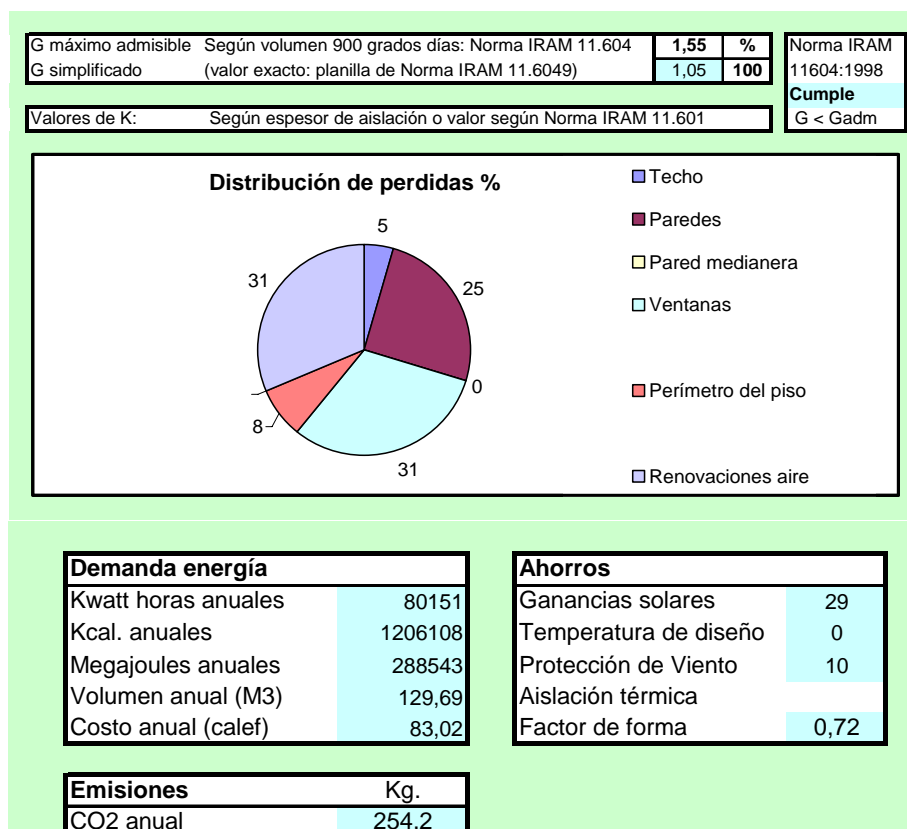
Planilla 2: Resultados del Evaluador Energético - Casa Farnsworth – Illinois, Caso base + aislación.

El ejemplo de la Casa Farnsworth es un caso particular, ya que el exceso de superficies vidriadas hace difícil mejorar las condiciones de confort interiores y evitar las pérdidas de energía. Los cambios propuestos por la alumna en desarrollo del ejercicio se centraron en la mejora de las aislaciones y el agregado de un doble vidriado hermético, sin reducir mayormente las superficies vidriadas tan características de esta obra.

El caso de la Casa en La Falda, del Arquitecto Wladimiro Acosta, es un ejemplo interesante debido a que la obra fue diseñada teniendo en cuenta la influencia del sol (utilizando el sistema HELIOS, aplicado por el Arq. Acosta en varias de sus obras): siendo una obra concebida de acuerdo a pautas de diseño bioclimático, la vivienda resulta energéticamente sustentable.

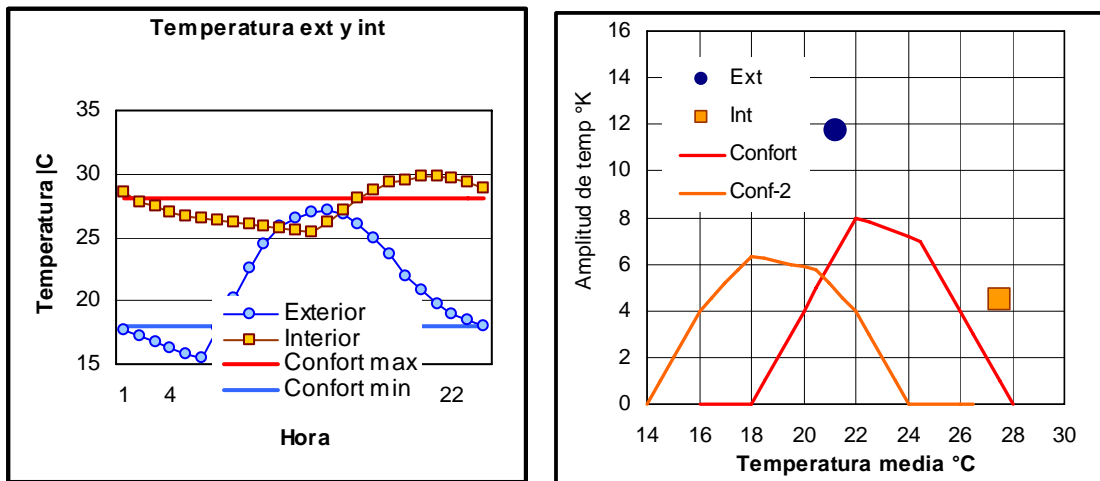


Planilla 3: Casa en La Falda – Resultados del evaluador energético – Coeficiente de pérdidas globales, distribución de pérdidas por los cerramientos y demanda de energía. – Caso original.

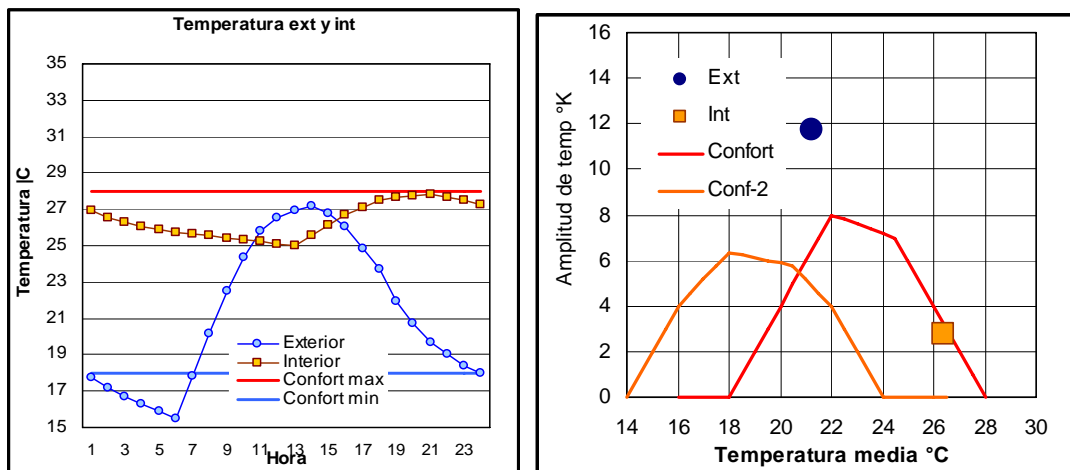


Planilla 4: Casa en La Falda – Resultados del evaluador energético – Coeficiente de pérdidas globales, distribución de pérdidas por los cerramientos y demanda de energía. – Propuesta de mejoras: mayor aislación térmica en cerramientos y doble vidrio.

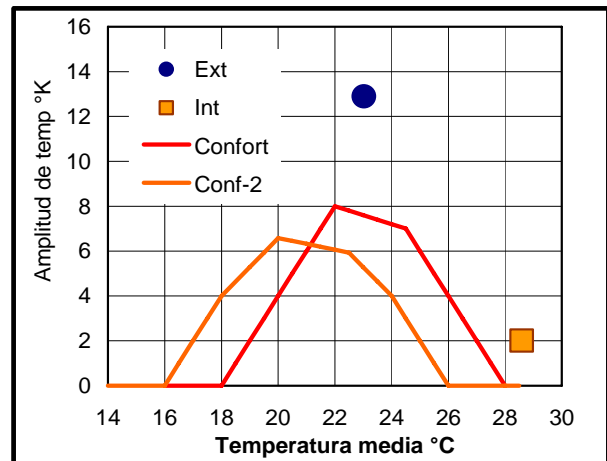
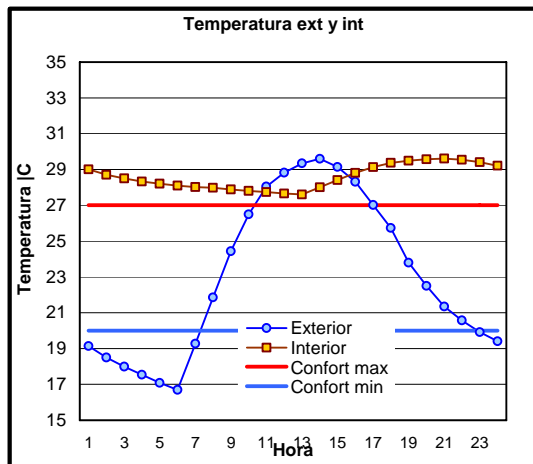
Con la planilla *E-Temp* se puede analizar la variación de la temperatura interna y evaluar las riesgos de sobrecalentamiento en verano, en cada local según su orientación. Los alumnos pueden elegir y cambiar materiales, aislaciones, proponer mejoras y verificar rápidamente la influencia de los cambios realizados en el comportamiento energético del edificio, ya que la planilla permite visualizar rápidamente las condiciones de confort en verano. Los datos a ingresar son: datos del sitio (latitud, claridad atmosférica, temperatura media) dimensiones del local, dimensiones de aberturas, tipo y cantidad de vidrios, materiales de los cerramientos, orientación, ganancias internas, ocupación, tipo de ventilación y cantidad de renovaciones de aire por hora.



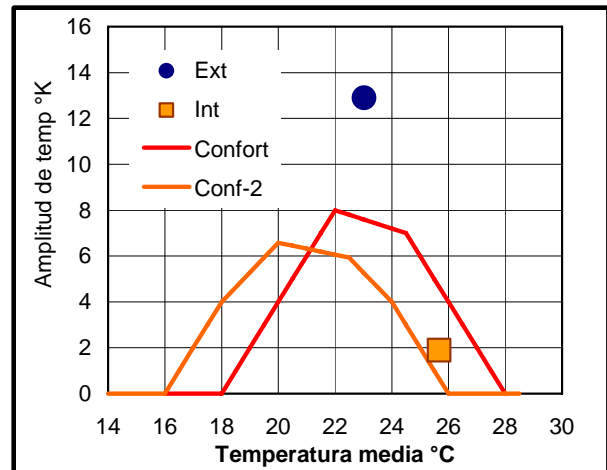
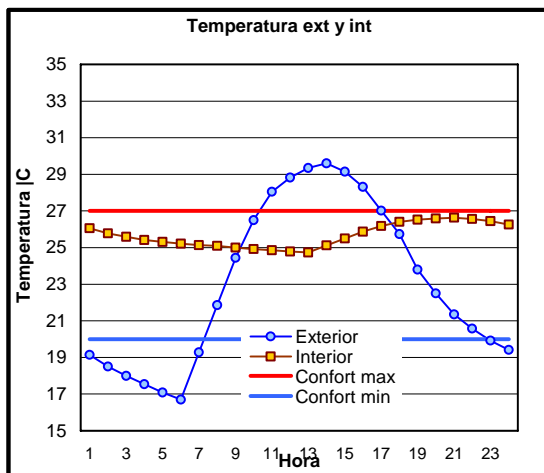
Planilla 5: Casa Farnsworth - Resultados de la planilla *E-Temp* – Verano – Temperaturas exteriores e interiores y diagrama de confort en relación con la amplitud térmica. Vivienda original, sin cambios.



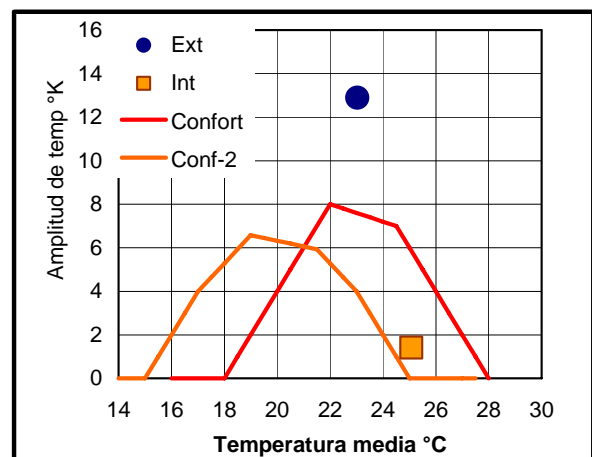
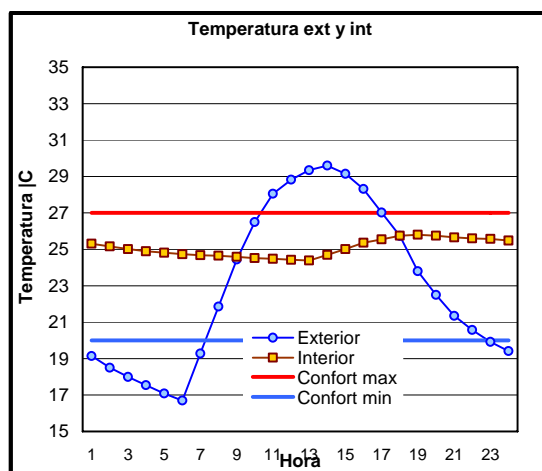
Planilla 6: Casa Farnsworth - Resultados de la planilla *E-Temp* – Verano – Temperaturas exteriores e interiores y diagrama de confort en relación con la amplitud térmica correspondiente a la vivienda adicionando protección solar.



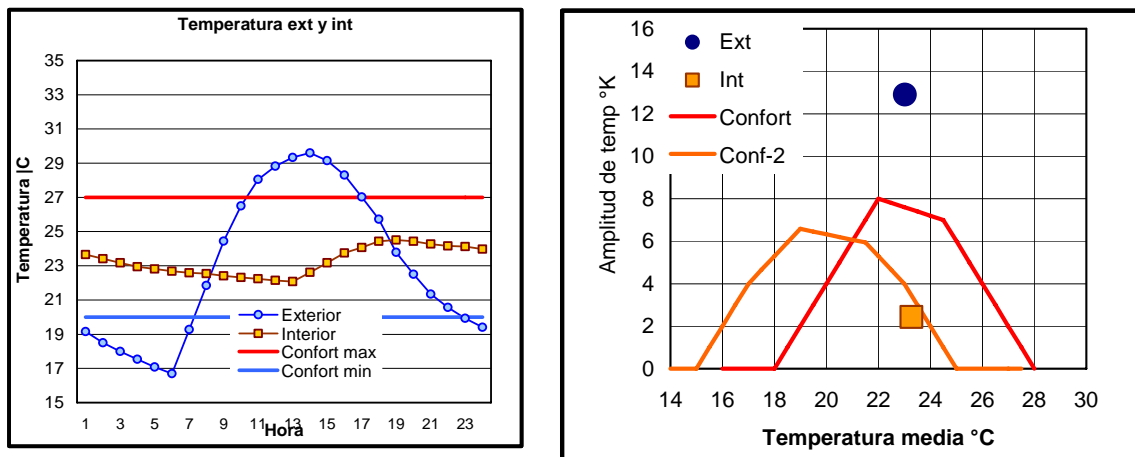
Planilla 7: Casa Ozenfant – Resultados del *E-Temp* – Verano – Vivienda original, sin protección solar y con ventilación reducida.



Planilla 8: Casa Ozenfant – Resultados del *E-Temp* – Verano – Vivienda con cambios: doble vidrio, protección solar y aumento de la ventilación.



Planilla 9: Casa en La Falda- Resultados de la planilla *E-Temp*. – Verano. Local con orientación Este. Caso original: vidrio simple, parasoles exteriores blancos, ventilación mínima (2 renovaciones horarias).



Planilla 10: Casa en La Falda- Resultados de la planilla E-Temp. – Verano. Local con orientación Este. Caso original + doble vidrio y mayor ventilación.

El estudio realizado posibilitó que los futuros profesionales comprendieran los alcances de la problemática energética y su evolución a lo largo del siglo XX. Los distintos métodos de verificación, orientados al análisis de las variables que intervienen en el comportamiento energético del edificio, les permitieron abordar los distintos ejemplos (correspondientes a distintas épocas y lugares geográficos), con una base de comprensión común en función a los problemas de pérdidas y ganancias de energía y sus consecuencias en la habitabilidad edilicia. Durante el análisis se relacionaron permanentemente estas condiciones con los contextos geográfico de localización e histórico de construcción, haciendo referencia a la variación de las condiciones energético–económicas contextuales durante el último siglo.

4. CONCLUSIONES

El trabajo utilizando las planillas de cálculo en edificios conocidos como parte del patrimonio arquitectónico mundial del siglo XX propone a los alumnos una forma distinta de aproximación a las obras de maestros de la arquitectura, promoviendo su estudio según criterios de uso racional de energía. Cada ejemplo presenta distintas características y problemáticas que se analizan utilizando un mismo método. Los resultados de la propuesta muestran la factibilidad de aplicación de estas técnicas en el análisis de edificios existentes, inclusive patrimoniales, como una herramienta útil para su evaluación desde el punto de vista energético.

Durante el desarrollo del trabajo se evidenció el interés de los alumnos en la aplicación de diversas técnicas de evaluación y optimización del uso eficiente y racional de la energía en edificios reconocidos como fuertes referentes de la arquitectura del Siglo XX. Los ejemplos elegidos por los alumnos, incluyeron obras de Alvar Aalto, Frank L. Wright, R. Meier y arquitectos argentinos y latinoamericanos, además de los ejemplos presentados en este artículo.

La comparación entre ejemplos considerando los resultados de las planillas de cálculo y técnicas sencillas de evaluación permite una permanente indagación y prueba de alternativas; cada cambio y sus consecuencias son rápidamente comprendidos y superados con el fin de obtener mejoras significativas en el comportamiento energético del edificio.

A partir del desarrollo de estas planillas de cálculo el equipo docente de la cátedra cuenta con mejores y más manejables herramientas de verificación fáciles de aplicar en las etapas de proyecto. El uso de las planillas electrónicas agiliza el proceso de análisis, permitiendo detectar en cada paso las consecuencias de los cambios realizados e identificando alternativas de diseño que favorezcan las

condiciones de confort y habitabilidad y al mismo tiempo, reduzcan la energía destinada al acondicionamiento edilicio. Como resultado se evidencia en los alumnos una mayor comprensión de la problemática energética y se fortalece su capacidad para implementar estos conocimientos en su práctica profesional futura.

Un paso importante es comprobar si estos programas pueden ser utilizados en edificios históricos o patrimoniales como una herramienta más de análisis, para estudiar su comportamiento energético ya que el uso racional de la energía y el desarrollo sustentable son actualmente pautas importantes para avalar la vigencia y la permanencia de estas obras en un mundo globalizado donde las cuestiones energéticas están fuertemente relacionadas con la preservación del medio ambiente y el cuidado del planeta ante la amenaza del calentamiento global y sus consecuencias sobre la habitabilidad del planeta.

Las planillas se utilizaron para analizar ejemplos de obras de arquitectura realizadas en el siglo XX. Las posibilidades de ser empleadas en el análisis de obras de épocas anteriores son más complejas, ya que es más difícil incorporar todos los factores que intervinieron en su concreción (materiales y técnicas constructivas que hoy ya no se utilizan, por ejemplo) y no resultan comunes para los alumnos. Sin embargo, se contempla como una posibilidad interesante el uso de estos programas para estudios de eficiencia energética y confort en obras de épocas históricas anteriores destinadas a ser restauradas o refuncionalizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- EVANS J., REYES J. EGUÍA S., MARTÍN R. (1996). Energía en Edificios. Cinco años de transferencia. Actas de la XVIII Reunión de Trabajo de ASADES (San Luis), INENCO-UNSa, Tomo 3, 12.7-12.11, Salta, Argentina.
- EVANS J., EGUÍA S., CASABIANCA G. (1997). Energía en Edificios. Evolución de la materia y cambios metodológicos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 1, N° 2, pp. 197-200, Salta, Argentina.
- EVANS J., DE SCHILLER S. (2001) Evaluador Energético: método de verificación del comportamiento energético y ambiental de viviendas. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, ISSN 0329-5184, Vol. 5, No. 2, págs. 7.44-7.49. INENCO-UNSa, Salta, 2001.
- EVANS J., CASABIANCA G., PERSICO M. (2006) Energía en edificios: nueva propuesta metodológica para introducir la temática del uso racional de la energía en arquitectura. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, ISSN 0329-5184, Vol. 10, págs. 10.09-10.23. INENCO-UNSa, Salta, 2006.