

Comunicaciones al I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable

## **Observaciones sobre la Incorporación de Conceptos de Eficiencia Energética y Construcción Sustentable en Alumnos de Arquitectura.**

*Gabriela A. Casabianca<sup>1</sup>, María V. Snof<sup>2</sup>, Luján V. Palacios*

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo es presentar una serie de observaciones acerca de los resultados de la incorporación de conceptos de eficiencia energética y construcción sustentable en la formación de alumnos de grado de la carrera de arquitectura. A partir de la experiencia desarrollada, se han detectado y diferenciado distintas situaciones con respecto a la comprensión y fijación de los aspectos relacionados con el uso racional y eficiente de la energía y la sustentabilidad edilicia. El trabajo presenta, sistemática y detalladamente para cada uno de los temas desarrollados, la evaluación sobre el grado de comprensión, la facilidad de asimilación para su traslado al proceso de diseño arquitectónico y las barreras provenientes de la formación previa que lo dificultan. La información resultante de esta evaluación apunta a mejorar los contenidos impartidos y aspectos didácticos con el fin de facilitar la incorporación de los mencionados conceptos en la formación de futuros profesionales de la arquitectura.

**Palabras clave:** eficiencia energética, construcción sustentable, estudiantes de grado.

## **Observations about the Incorporation of Concepts of Energy Efficiency and Sustainable Construction in Students of Architecture.**

### **Abstract**

The aim of this paper is to present an assessment about how concepts of energy efficiency and sustainable construction could be included in the training of undergraduate students of architecture. From the experience gained, it was possible to detect and differentiate different situations with regard to understanding, and fixing the issues related to rational and efficient use of energy and sustainable building. The paper presents in detail for each topic, the evaluation about the degree of understanding, ease of assimilation and transfer to the architectural design process, and barriers from the previous training that hinder. The information resulting from this evaluation aims to improve course content and educational aspects in order to facilitate the incorporation of those concepts in the training of future professionals in architecture.

**Keywords:** energy efficiency, sustainable construction, undergraduates.

---

<sup>1y2</sup> Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE), FADU, UBA, CABA, Argentina. e-mail: [cihe@fadu.uba.ar](mailto:cihe@fadu.uba.ar)

## Introducción

En los últimos años, los problemas vinculados al uso de la energía han ido creciendo en importancia, debido al notorio incremento de la demanda de energía generada por el crecimiento de las economías emergentes, con una alta dependencia de combustibles fósiles y con desafíos urgentes impuestos por el cambio climático, ya que el consumo energético es la principal causa de emisiones de gases efecto invernadero. En la Argentina, se han producido importantes cambios en relación con los escenarios energéticos: han aparecido nuevos mecanismos de regulación, aumento de las importaciones de combustibles y la necesidad urgente de reducir los subsidios al consumo como una forma de contribuir a equilibrar la balanza comercial del país, además de la toma de conciencia sobre los riesgos de la dependencia de la energía importada desde el punto de vista de la seguridad energética y económica nacional.

En este contexto, la formación de profesionales de la arquitectura no ha incorporado de manera integral las problemáticas sobre sustentabilidad y eficiencia energética como un factor importante en el proceso de diseño y construcción del hábitat edilicio y urbano: el eje de la formación del arquitecto sigue pasando casi exclusivamente por los aspectos epistemológicos y formales del diseño, y los aspectos vinculados al uso racional y eficiente de la energía en edificios no han sido integrados plenamente en el quehacer profesional.

## Objetivos

El objetivo de la materia optativa cuatrimestral Energía en Edificios, dictada en la Facultad de Arquitectura de la UBA, es promover un enfoque integral del diseño arquitectónico que minimice el uso de energías provenientes de fuentes no renovables, disminuyendo su impacto ambiental negativo, favoreciendo al mismo tiempo la calidad de vida de los habitantes a través del diseño edilicio y constructivo, con la integración de estrategias de acondicionamiento térmico y lumínico natural; con este fin se utilizan técnicas de análisis y métodos de optimización, basados en Normas IRAM y en los resultados de investigaciones realizadas en el centro de investigación del cual depende el dictado de la materia. Se busca así incorporar criterios de uso racional y eficiencia energética en la práctica proyectual partiendo del análisis del edificio, identificando los aspectos que forman parte de propuestas arquitectónicas y constructivas y que, respondiendo a su entorno climático y ambiental, permitan optimizar el uso de energía destinado a su acondicionamiento.

La materia introduce a los estudiantes en el manejo de técnicas de evaluación y optimización del uso eficiente y racional de la energía en el diseño a escala constructiva, arquitectónica y urbana, considerando la eficiencia energética del hábitat y el control de impactos ambientales negativos, sin dejar de lado el bienestar del usuario. Los objetivos de la asignatura son: promover un enfoque integral del diseño arquitectónico que minimice el uso de energías provenientes de fuentes no renovables y mejore la calidad de vida de los habitantes a través del diseño edilicio y constructivo, integrando estrategias de acondicionamiento térmico y lumínico natural; identificar variables que inciden en el comportamiento energético del edificio; introducir al alumno en el uso de técnicas de análisis y distintos métodos de optimización del comportamiento energético edilicio, proporcionando técnicas de evaluación y optimización del uso eficiente y racional de la energía en el diseño a escala constructiva, arquitectónica y urbana; incorporar criterios de uso racional y eficiencia energética en la práctica proyectual partiendo del análisis edilicio, identificando propuestas arquitectónicas y constructivas optimicen el uso de energía destinado a su acondicionamiento.

## Metodología de trabajo

A partir del dictado de clases teórico-expositivas, se desarrollan trabajos prácticos de aplicación de los temas expuestos, realizando la ejercitación sobre proyectos arquitectónicos elegidos por los alumnos, correspondientes en muchos casos a sus propias viviendas o proyectos desarrollados en la carrera. El primer trabajo práctico consiste en una auditoría energética en vivienda unifamiliar y el objetivo del ejercicio es el estudio de la demanda de energía en una vivienda, el análisis de los resultados, sus variaciones anuales y estacionales, a fin de detectar la relación entre el consumo de energía y el diseño arquitectónico, las instalaciones, las costumbres de los usuarios y el confort obtenido.

El segundo trabajo práctico consiste en el análisis y la evaluación de los distintos aspectos relacionados con el uso racional de la energía y la eficiencia energética en un edificio destinado a vivienda, tipo de uso elegido para facilitar la comprensión de los aspectos involucrados por ser edificios relativamente sencillos de analizar. El objetivo del ejercicio es el análisis de los distintos aspectos de diseño y constructivos que se relacionan con el comportamiento energético de un edificio, en este caso destinado a uso residencial. Sobre estos proyectos se aplican métodos de cálculo y programas de simulación, además de realizar ejercicios de medición *in-situ* utilizando instrumental específico como *dataloggers* HOBO y luxómetros. Además se realizan ensayos en el Laboratorio de Estudios Bioambientales sobre maquetas en escala de los ejemplos estudiados.

## Observaciones sobre la comprensión temas, fijación de los conceptos impartidos y relación con su traslado al proceso de diseño.

A partir de la experiencia desarrollada durante más de 15 años en el dictado de la materia, se presentan observaciones acerca de la respuesta de los alumnos con respecto a la comprensión de cada tema desarrollado; con el fin de facilitar la exposición, se presentan dichas observaciones en relación con cada tema en particular.

- *Relación entre consumo de energía, confort térmico y características térmicas de la envolvente de los edificios:* los alumnos llegan a la materia sólo con algunas nociones sobre el uso de la energía en edificios. Es una "novedad" la relación entre el consumo de energía para acondicionamiento y las condiciones estacionales, evidenciadas a partir del análisis del consumo de energía en su propia vivienda. El ejercicio resulta una buena herramienta para abordar el tema y concientizar a los alumnos sobre el uso de la energía en los edificios, ya que la fijación del conocimiento surge a partir del análisis, un poco intuitivo, de sus propias vivencias, que luego irá siendo asociado a los conocimientos teóricos que recibe durante el cursado de la materia.
- *Análisis de las variables de diseño que inciden en el comportamiento energético de edificios:* un 75 % de los alumnos tiene alguna referencia respecto al rol de estas estrategias en el diseño arquitectónico aunque, excepto algunas ideas sobre asoleamiento y protección solar, no poseen conocimiento suficiente para implementarlas y verificarlas en el proceso de diseño. En este punto, les resulta complejo visualizar la posibilidad de incorporar las estrategias en el proceso de diseño, ya que consideran que son factores limitantes e incompatibles con las exigencias de un diseño arquitectónico contemporáneo.
- *Las ganancias internas y solares y su influencia en diseño; orientación de edificios y captación de energía solar:* el 90 % de los alumnos desconoce la influencia en el diseño de la elección de las

orientaciones, la relación con respecto a la posición del sol en el cielo y la cantidad de radiación y luz natural que reciben las aberturas y cómo llegan e influyen en las condiciones térmicas y visuales del espacio interior. Los alumnos analizan las características del asoleamiento recibido en invierno, equinoccios y verano utilizando maquetas de estudio en el heliodón, estudiando la factibilidad de captar adecuados niveles de radiación en invierno y de disminuir la exposición de las aberturas al sol en verano. La posibilidad de visualizar estos conceptos a partir de los ensayos con maquetas facilita el proceso, obteniéndose buenos resultados con respecto a la comprensión del tema.

- *Conservación de energía y optimización de aislación térmica, y su aplicación en diseño: conceptos fundamentales, características de materiales aislantes y cálculo de transmitancia térmica:* este tema es uno de los más críticos de asimilar en virtud de la falta de conocimientos sobre las propiedades y características térmicas y del ciclo de vida de los materiales de construcción en relación con la energía. La propuesta de la materia simplifica las condiciones de cálculo mediante el uso de planillas desarrolladas en EXCEL, poniendo énfasis en la necesidad de conocer las características de los materiales y su comportamiento energético, y cómo ejercen su influencia cuando son elegidos para materializar la envolvente edilicia. En sus propuestas, los alumnos mantienen materiales y formas constructivas tradicionales, resultando difícil para ellos resolver detalles constructivos incorporando distintos materiales o aislantes en un muro compuesto. Con respecto a la inercia térmica y su integración en la envolvente edilicia, existe desconocimiento sobre su comportamiento y su influencia en el espacio interior; si bien han visto ejemplos de construcción con tierra, desconocen las posibilidades térmicas y arquitectónicas de materiales con inercia, y cómo inciden en el comportamiento térmico del edificio.

- *Comportamiento térmico de la envolvente edilicia. Cálculo del coeficiente G de pérdidas globales.* Los alumnos realizan el cálculo del coeficiente G utilizando una planilla desarrollada en EXCEL que les permite analizar alternativas de materiales de envolvente y ventilación. En general, tienen dificultad para realizar propuestas equilibradas; tienden a exagerar o aumentar de manera poco coherente las aislaciones en lugar de replantear el diseño y cambiar el porcentaje (a veces excesivo) de superficies vidriadas. Existe también dificultad para comprender que el coeficiente G es un parámetro de pérdidas volumétricas (global), y que las condiciones de un local en particular pueden no ser confortables si no hay un tratamiento homogéneo de la envolvente, dependiendo de la orientación y el tipo de protecciones de las aberturas en las diferentes épocas del año.

- *Comportamiento térmico edilicio en verano: estrategias y alternativas. Cálculo del coeficiente G de refrigeración:* los alumnos tienen algunas nociones básicas respecto al funcionamiento de sistemas de protección solar, aunque no saben calcularlos ni proponer alternativas. En relación con otras estrategias como ventilación o refrescamiento, no tienen conocimientos previos, resultando estrategias inicialmente difíciles de asimilar para implementar en el proyecto. En esta instancia se realiza también el cálculo del G de refrigeración (Norma IRAM 11659), y se verifica la influencia de las estrategias en el cálculo de las temperaturas internas; en este ejercicio se observa nuevamente la dificultad de implementar y verificar la influencia de diferentes alternativas de protección solar y ventilación aplicadas simultáneamente en el ejemplo analizado.

- *La iluminación natural y su rol en la eficiencia energética en edificios:* si bien en función del tiempo disponible se brindan nociones básicas, se ha verificado que no existen conocimientos previos, excepto el del cálculo de la superficie de abertura como proporción respecto a la superficie de un local, y que el enfoque en relación con la cantidad y calidad de la luz recibida es un aporte nuevo, y

complejo Es importante mencionar la dificultad para diferenciar los conceptos de asoleamiento e iluminación natural (radiación en forma de calor y luz), ya que en los consideran sinónimos.

- *Selección de alternativas de proyecto y decisiones de diseño adoptadas:* en la fase final del cursado, los alumnos incorporan todos los conocimientos impartidos en la propuesta de alternativas, variantes, cambios o correcciones de diseño que mejoren los aspectos evaluados negativamente en el ejemplo analizado, tomando en cuenta su comportamiento energético. En general, les resulta difícil proponer alternativas distintas al diseño original, y la mayoría de las propuestas pasa por cambios en la materialidad de la envolvente, mientras que el diseño permanece sin intervenciones.

## **Conclusiones**

A partir del análisis de confort de sus propias viviendas vinculado al consumo energético, los alumnos aprenden a detectar problemas y a proponer soluciones de diseño y materiales de envolventes que mejoran o no el desempeño energético del edificio. El ejercicio inicial de auditoría conduce a propuestas de mejoras de la envolvente y de diseño y la experiencia en el Laboratorio de Estudios Bioambientales permite visualizar cómo optimizar la eficiencia energética de un proyecto utilizando recursos como la captación o protección del sol. El desarrollo del segundo trabajo práctico facilita comprender que la base de la eficiencia energética de toda obra de arquitectura es consistente con una adecuada implantación, orientación y con un diseño de la envolvente en función del destino de la obra, que permita la aplicación de estrategias de acondicionamiento pasivo.

Si bien los alumnos realizan cálculos de transmitancia térmica y balances térmicos en la materia instalaciones, no resulta fácil articular los conocimientos y aplicarlos con un enfoque integrado al diseño. Aparecen dificultades en la comprensión del significado de los resultados y cómo actuar en consecuencia, desde las opciones en el proyecto hasta la selección de materiales, sistemas constructivos o el diseño de los elementos que componen la envolvente, implicando la falta de "visualización" de esos resultados en el proyecto.

Otro punto importante es que no hay suficiente conocimiento de los aspectos y sistemas constructivos: hay confusiones entre aislación térmica e hidrófuga, respecto a soluciones y espesores habituales en la construcción y en el orden de las capas de los elementos constructivos de la envolvente. Por otra parte, los alumnos muestran una fuerte influencia de modas en el diseño y la expresión arquitectónica, presentando para el análisis proyectos con cajas vidriadas, grandes espacios y dobles alturas, aberturas totalmente expuestas, sin protecciones, todo esto sin otra justificación más que aspectos formales/estéticos de diseño.

La propuesta temática y didáctica de la materia apunta principalmente a desarrollar conciencia sobre el tema energético en los futuros profesionales, mejorando las características térmicas y constructivas de sus futuros proyectos mediante un adecuado diseño de la envolvente edilicia como un paso fundamental para mejorar el comportamiento energético de la arquitectura, con el fin de promover desde la producción del hábitat el uso racional y sustentable de los recursos energéticos, aportando desde el rol de formadores de nuevos profesionales a las condiciones globales de sustentabilidad ambiental y cuidado de los recursos del planeta.

## **Comentario adicional**

En consideración a las observaciones recibidas por parte de algunos miembros del Comité Evaluador, se juzga importante aclarar si bien muchos contenidos son impartidos en otras facultades, no hay materias con estructura similar y, por su antigüedad de dictado, ha sido pionera en el país. Por otra parte, ante la observación de presentar resultados de encuestas de calidad educativa a alumnos y docentes, se aclara que este tipo de encuestas no forman parte de las evaluaciones usuales de la FADU, UBA y menos aún en el caso de una materia optativa, aunque la matrícula anual (200 alumnos) es importante para este tipo de materias.

## **Bibliografía**

Casabianca Gabriela, *et al* (2013) *Introducción a la comprensión de las variables vinculadas a la eficiencia energética en arquitectura en la enseñanza de grado*. Actas del Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía. Editorial Croquis SRL, ISBN:978-987-1527-71-1

Snoj María Verónica, *et al* (2012) *Comprender para integrar el conocimiento. Aporte de las experiencias didácticas en la enseñanza de la materia energía en edificios*. VIII Encuentro Regional de Investigación y XXVI Jornadas de Investigación FADU – UBA. Proyecto y ambiente – si+amb, Compiladora: Ileana Miñaqui, Editorial Aulas y andamios, Buenos Aires. ISBN 978-987-1597-22-2

Evans John, *et al.* (2007) *Energía en edificios: evaluación de la propuesta didáctica de la materia*. Revista AVERMA – Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Págs. 10.07/10.08. Volumen 11, ISSN 0329-5184.

IRAM (1998) Norma IRAM 11.604, Acondicionamiento térmico de edificios: Coeficiente volumétrico de pérdida de calor, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

IRAM (1970), Norma IRAM 11.659 1 y 2: Acondicionamiento térmico de edificios: Ahorro de energía en refrigeración, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

## **Autores**

Gabriela A. Casabianca es Arquitecta y Magister, Investigadora adjunta del CIHE, SI, FADU, UBA, adjunta a cargo de la materia Energía en Edificios, FADU, UBA. e-mail: gacasabianca@yahoo.com.ar

María V. Snoj es Arquitecta, Investigadora del CIHE y JTP de la materia Energía en Edificios, FADU, UBA. e-mail: mv\_snoj@yahoo.com

Luján V. Palacios es Arquitecta, docente de la materia Energía en Edificios, FADU, UBA.