

## **DOCENCIA EN ARQUITECTURA SUSTENTABLE. CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA LA ECONOMÍA DE RECURSOS.**

Alfredo Esteves y Daniel Gelardi  
DICYT – Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas  
Universidad de Mendoza  
Aristides Villanueva 773 – 5500 Mendoza – Argentina  
Tel.: 54 (0)261 4202017  
e-mail: [Alfredo.esteves@um.edu.ar](mailto:Alfredo.esteves@um.edu.ar)

### **RESUMEN**

La docencia en arquitectura sustentable, se ha incorporado en los últimos tiempos a la educación de grado y postgrado. En el caso de la Universidad de Mendoza, se viene trabajando desde el año 1999. La generación de conocimientos para hacerlos más amigables para poder adquirirlos y producir un aumento del material proyectual, es un objetivo que se ha trazado el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad. En este trabajo se presentan las consideraciones del costo asociado con el uso de materiales en la envolvente energéticamente eficiente. Se lo vincula con la economía de recursos como un factor fundamental para lograr la sustentabilidad en los edificios y de este modo en la arquitectura. Se concluye con que los edificios tienen costos importantes, fundamentalmente en sus planos verticales y que son los que a su vez, se puede tener más variaciones en la tecnología. Se presentan dos estudios de caso.

### **INTRODUCCIÓN**

Durante la existencia de un edificio, se afecta el medio ambiente local y global a través de una serie de actividades humanas interconectadas con procesos naturales. Durante la construcción se influyen las características ecológicas originales del terreno y se genera un impacto que aunque es temporal, la afluencia del material y del personal de construcción sobre el terreno de implantación y el proceso de la construcción en sí mismo modifican la ecología local. La fabricación de materiales necesarios para su construcción, afectan el ambiente global. Una vez que el edificio está construido, las operaciones para mantenerlo operativo, generan un impacto que se extiende durante toda su vida. Por ejemplo, la energía y el agua utilizados producirán gases tóxicos y aguas residuales; el proceso de extraer, de refinar, y de transportar todos los recursos usados en la operación y el mantenimiento del edificio produce numerosos efectos en el medio ambiente.

Si el edificio fue proyectado considerando el debido respeto por el medio ambiente y si en la utilización de materiales se ha tenido en cuenta su uso racional, entonces el impacto negativo del mismo sobre el medio ambiente y sobre sus ocupantes será mínimo. Estaremos entonces transitando los caminos hacia la sustentabilidad en la arquitectura.

Se proponen tres principios para la docencia en sustentabilidad en arquitectura (Kim J. et al., 1998):

- **La economía de recursos** se refiere a considerar la reducción, la reutilización, y/o el reciclaje de los recursos naturales que ingresan al edificio.
- **Diseño del ciclo de vida** proporciona una metodología para analizar el proceso del edificio y su impacto en el ambiente.
- **Diseño humano** se centra en tener en cuenta a los seres humanos.

La aplicación de estos principios implica tener un amplio conocimiento de las consecuencias para el medio ambiente, ya sean locales o globales, del hecho arquitectónico.

Las decisiones arquitectónicas respecto a la economía de recursos materiales y energía demandada durante la construcción (a través de los materiales utilizados) y posteriormente durante toda la vida útil del edificio, son un conjunto de decisiones que deben tomarse durante la etapa de proyecto del edificio. La idea sustentada aquí es que tales conocimientos deben ser material para el proceso proyectual, de manera que el diseño del edificio reúna desde el principio los elementos suficientes para ser materializados durante la etapa de construcción del mismo.

La economía es una ciencia exacta y como tal, los conceptos para ser aplicados en arquitectura deben adaptarse para su mejor comprensión. Se indican en este trabajo el manejo de estos conceptos para hacerlos más adaptable a la docencia de grado en Arquitectura.

### **ECONOMÍA DE RECURSOS**

La economía de los recursos utilizados, tanto en la construcción del edificio como en las tareas de operatividad de los mismos, deben ser tales de minimizar el impacto del mismo durante todo el tiempo.

Creemos que la economía de recursos pasa por dos caminos:

- a) Influencia de la forma de la planta, en la cantidad de materiales utilizados, y por tanto del costo del edificio. Estos elementos contribuyen luego al control de las superficies de pérdidas térmicas. El edificio está limitado por su

envolvente, ya que a través de la misma intercambia energía, luz, aire, etc. La superficie de la envolvente obedece a diversos motivos, entre los cuales, podemos citar: estética, funcionalidad, comodidad, eficiencia, costos, etc. En cualquiera de los diversos casos que puedan ocurrir y en la gran mayoría de las situaciones, la economía es un elemento que pesa sobremanera, sobretodo en países en vías de desarrollo, donde los recursos materiales son más escasos. En los países desarrollados, el gran costo de los materiales revestimientos, también hace necesario contar con superficies controladas para evitar el costo excesivo. Para esto es indicativo la utilización del Factor de Area Envolvente/Piso (FAEP), o el Factor de Forma (FF) (Goulding et al, 1994), el índice de compacidad (IC) (Mascaró, ...) pero tomando en consideración que el FF, para edificios con techos inclinados no da una evaluación satisfactoria. En estos casos debería utilizarse el FAEP o el IC.

- b) Los costos relativos de cada elemento del edificio, que tenerlos en consideración al momento de efectuar un proyecto, para no cargar demasiado en elementos que sean cada vez más caros.

## **COSTOS DE LOS ELEMENTOS**

### **Costos de las cubiertas**

Los costos de las cubiertas varían en función de los materiales utilizados y también conforme a la estructura de soporte.

Tres casos son los más frecuentes en el Centro-Oeste de Argentina:

- 1) Losa alivianada conformada por viguetas y losetas cerámicas huecas, con capa de compresión, película hidrófuga, aislamiento térmico y mortero alivianado para dar pendiente necesaria para evacuar el agua de lluvia. Costo: \$ 146.3.0 (incluyendo el chicoteado, aplicado de yeso por debajo y aislaciones térmicas e hidrófugas por encima).
- 2) Losa de hormigón armado, llenada in situ, luego los mismos materiales que la losa alivianada. Costo \$ 190/m<sup>2</sup> (incluyendo aislaciones térmicas e hidrófugas y yeso aplicado por el interior).
- 3) Techo de madera, correas y machimbre, lámina hidrófuga, aislamiento térmico con listones, terminación con tejas cerámicas (ésta podría ser, francesa, española o portuguesa, plana metálica, etc.) se considera la teja francesa por ser la más utilizada. Costo: \$ 128.66.
- 4) Techo de madera, correas y machimbre, lámina hidrófuga, aislamiento térmico con listones, mortero hormigón alivianado y chapa trapezoidal de acero. Costo: 115.95.-

El costo de las losas intermedias en un edificio es de: \$ 111.3

En general, podemos indicar que el costo del techo es de \$ 145/m<sup>2</sup>

### **Costo de los cerramientos verticales**

Las paredes más comunes en edificaciones residenciales son ejecutadas, con ladrillos macizos (tipo ladrillón mendocino), dado su menor costo, sin embargo, podemos tomar en cuenta otros cerramiento posibles en la zona, bloques de hormigón, ladrillos cerámicos o de bloques de hormigón celular.

Mampostería de ladrillón:	\$ 74.7/ m <sup>2</sup>
Mampostería de bloques:	\$ 64.1/ m <sup>2</sup>
Mampostería de 0.10:	\$ 54.9/ m <sup>2</sup>
Tabique durlock: 10 cm c/placa 12.5 mm	\$ 34.3/ m <sup>2</sup>

Tomando en cuenta la incorporación de aislamiento térmico sobre el exterior, el costo total de los muros estará: \$ 95.3/m<sup>2</sup>. para el muro de ladrillón y \$ 84.7 para la mampostería de bloques, con lo cual, podemos concluir que el costo del cerramiento vertical exterior es de \$ 90/m<sup>2</sup>.

Estos elementos aislados cuando los reunimos en un caso típico, vemos que las figuras no son tan como aparecen aquí. Veamos a continuación dos ejemplos típicos de viviendas mínimas.

## **ESTUDIO DE CASO – VIVIENDAS UNIFAMILIARES MÍNIMAS**

### **Caso 1**

Vivienda en una planta de 54 m<sup>2</sup> de superficie cubierta (9m x 6m) y 2.5 m de altura. El FAEP resultante es de 2.33 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.  
Superficie de techos: 54 m<sup>2</sup>; tecnología losa alivianada aislada térmicamente con 5 cm de poliestireno expandido y hormigón alivianado para darle pendiente.  
Superficie de muros de envolvente: 75 m<sup>2</sup>; de ladrillón aislado térmicamente con 5 cm de poliestireno expandido y revoque grueso y fino de protección.  
Superficie de muros intermedios interiores: 64.8 m<sup>2</sup> de ladrillón con junta tomada.  
La superficie de ventanas es del 12% (s/código de construcción), lo que resulta: 7 m<sup>2</sup> y se consideran de chapa de acero BWG 18, plegada y vidrios de 3.2 mm de espesor.

### Costos de los elementos

Techo:	\$ 7900.1
Muros de envolvente:	\$ 6480.4
Muros intermedios:	\$ 4810.0-
Ventanas	\$ 1372.0
Total cerramientos	\$20562.5

Relación costo total superficies verticales/costo total cerramientos =	61.6 %
Relación costo superficie horizontal/costo total cerramientos =	38.4 %
Relación costo superficie muros interiores/muros totales=	42.6 %
Relación costo superficie muros envolvente aislada/muros totales=	57.4 %

### Caso 2

Vivienda en dos plantas de 68 m<sup>2</sup> de superficie cubierta (5.8m x 5.8m) y 2.5 m de altura. El FAEP resultante es de 2.35 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.

Superficie de techos: 34 m<sup>2</sup>; tecnología losa alivianada aislada térmicamente con 5 cm de poliestireno expandido y hormigón alivianado para darle pendiente. Entrepiso de losa alivianada con carpeta y cerámico.

Superficie de muros de envolvente: 125.95 m<sup>2</sup>; de ladrillón aislado térmicamente con 5 cm de poliestireno expandido y revoque grueso y fino de protección.

Superficie de muros intermedios interiores: 60.7 m<sup>2</sup> de ladrillón con junta tomada.

La superficie de ventanas es del 12% (s/código de construcción), lo que resulta: 8 m<sup>2</sup> y se consideran de chapa de acero BWG 18, plegada y vidrios de 3.2 mm de espesor.

### Costos de los elementos

Techo:	\$ 4974.0-
Entrepiso:	\$ 3784.0
Muros de envolvente:	\$ 11240.0-
Muros intermedios:	\$ 4491.8-
Ventanas	\$ 1520.0
Total cerramientos	\$ 26010.8-

Relación costo total superficies verticales/costo total cerramientos =	66.3 %
Relación costo superficie horizontal/costo total cerramientos =	33.7 %
Relación costo superficie muros interiores/muros totales=	28.6 %
Relación costo superficie muros envolvente/muros totales=	71.4 %

Esto muestra que los planos verticales son más caros que los planos horizontales, cosa que también acevera (Mascaró, 1998), y además tenemos más variedad de soluciones tecnológicas para abordarlos. Tomando en cuenta el costo de los elementos verticales interiores su participación en el total, resulta de 42.6% respecto del total de muros en el caso de vivienda en un nivel y 28.6% en el caso de viviendas en dos niveles. Esto nos llama la atención sobre el control de la cantidad de muros de envolvente, que son, los que participan con mayor costo económico, esto tomando el caso de viviendas de relativamente bajo FAEP, contrario sería a un edificio cuyo FAEP crezca a causa de una superficie de muros excesiva.

### CONCLUSIONES

Cuando se quiere construir un edificio sustentable, se debe minimizar el impacto ocasionado por el mismo hacia el medio ambiente. En el diseño del edificio se deben elegir materiales que contribuyan a minimizar la relación energía utilizada para su construcción/vida útil del mismo. Pero también los proyectos deben ser racionales en cuanto a la forma, ya que la misma producirá una mayor utilización de materiales si para la misma superficie cubierta estamos utilizando mayor cantidad de superficies de envolvente. Se presenta la utilización del FAEP como herramienta para generar superficies controladas y además se presenta también su relación con los costos de los elementos de la envolvente, con lo cual, nos permite concluir con que para minimizar los costos de una vivienda sustentable, deberemos trabajar, cuidando la superficie total de envolvente, con preeminencia de los planos verticales, que son los más costosos.

### REFERENCIAS

- Jong-Jin Kim, Brenda Rigdon. 1998. Introduction to Sustainable Design. College of Architecture and Urban Planning. University of Michigan. *Published by*  
National Pollution Prevention Center for Higher Education.
- Mascaró Juan Luis. 1999. El costo de las decisiones arquitectónicas. Ed. Universidad Federal de Porto Alegre.
- Chandías M.E., Ramos J.M. 2006. Computos y Presupuestos. Ed. Alsina. Bs. As. Argentina. ISBN 950-553-119-2.
- Macchia J.L. 2005. Cómputos, costos y presupuestos. Ed. Nobuko. Bs. As. Argentina. ISBN 987-554-016-5.