



# EVALUACIÓN DE LA ECOEFICIENCIA CONSTRUCTIVA DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA DESARROLLADO PARA EL CLIMA TROPICAL CÁLIDO DE VENEZUELA

alumno: LAURA CAROLINA RAMÍREZ DE SEGRETO

tutor: RICARDO HUETE FUENTES

año: 2007\_08

palabras clave: CONSTRUCCIÓN + ECOEFICIENTE + RECURSOS + RESIDUOS + TÓXICOS

## 1. Introducción

Es objeto del presente estudio es verificar si la solución arquitectónica y constructiva aplicada como aproximación bioclimática a la construcción de una vivienda en el clima tropical cálido húmedo, son suficientes para minimizar la afección ambiental de ésta edificación, y si debe ser complementada con criterios y parámetros ecoeficientes de construcción.

El análisis se circunscribe en una primera aproximación a la evaluación de la ecoeficiencia constructiva respecto al consumo de recursos materiales, la estimación de residuos producidos, y los elementos tóxicos presentes en la solución constructiva aplicada, según las metodologías desarrolladas en la Universidad de Sevilla por el equipo de investigación TEP-125 del Dto. Construcciones Arquitectónicas I.

## 2. Objetivos

Evaluar la ecoeficiencia constructiva de un Prototipo de Vivienda Bioclimática desarrollada para el clima tropical cálido húmedo y aproximarnos al conocimiento requerido para un modelo constructivo ecoeficiente en el entorno venezolano.

## 3. Metodología

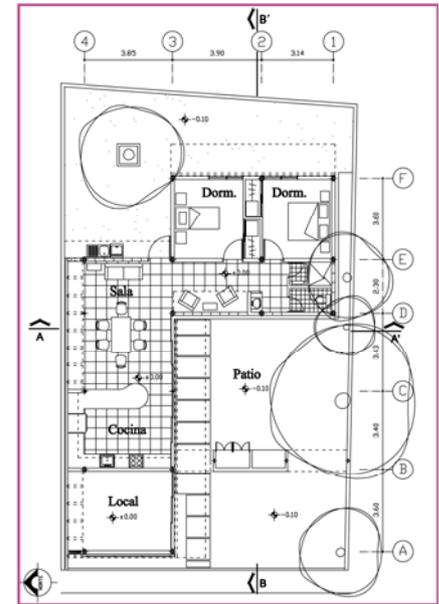
En el presente estudio se realiza dos aproximaciones distintas, evaluación ambiental y evaluación constructiva, ambos bajo criterios ecoeficientes. La metodología a seguir es la siguiente:

- Análisis y estudio del modelo constructivo aplicado para realizar el Prototipo de Vivienda Bioclimática VBP-1.
- Aplicación de herramienta de evaluación ambiental.
- Evaluación Exhaustiva: del consumo de recursos materiales, gestión de residuos, y productos tóxicos utilizados.
- Análisis del comportamiento ecoeficiente.
- Conclusiones del estudio.

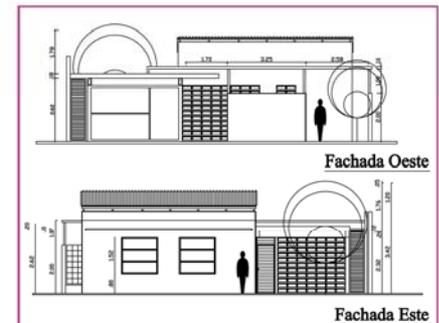
## 4. Resultados

### 4.1 Aplicación de la Herramienta de evaluación ambiental.

Para este estudio se ha seleccionado una herramienta del tipo 'checking list', la LEED: Leadership in Energy and Environmental Design, desarrollada en Estados Unidos por el U.S. Green Building Council (USGB). Específicamente el sistema LEED for Homes (Enero 2008) que se basa en la obtención de "créditos" según las medidas de sostenibilidad que se incluyan en



Planta de Prototipo de Vivienda Bioclimática VBP-1  
Realización propia



Fachadas de Prototipo de Vivienda Bioclimática VBP-1  
Realización propia



Vista VBP-1 fachada exterior.  
Realización propia



Fachada al patio interno VBP-1.  
Cedida por Dr. Arq. Eduardo González Cruz



Fachada posterior de la VBP-1.  
Cedida por Dr. Arq. Eduardo González Cruz

el diseño o construcción de la edificación.

En el gráfico N° 1 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación realizada, y como fue el desempeño de la VBP-1 en cada una de las ocho categorías que analiza el sistema LEED for Homes. En el caso de la Vivienda Bioclimática VBP-1 que obtuvo 40 puntos, la herramienta de evaluación ambiental LEED for Homes determina que su comportamiento no llega a obtener la certificación ambiental, para lo cual debe superar los 45 puntos.

#### 4.1 Análisis de los Recursos Materiales Consumidos en la VBP-1.

Se identifica y cuantifican los recursos materiales empleados durante la construcción de la VBP-1. según la metodología desarrollada en el TEP-125 y se obtienen la relación porcentual de los recursos materiales consumidos, tanto para la vivienda completa, como para cada uno de sus Sub-sistemas constructivos (imagen N° 6 y 7).

Se puede reconocer que los materiales de mayor proporción son los requeridos para producir hormigón y mortero, que en conjunto representan el 90% de los materiales empleados en la VBP-1, ya que éstos están presentes en las fundaciones, estructura, cerramientos y revestimientos de la vivienda.

Se aprecia que en el 75% de los recursos consumidos, se utiliza materiales provenientes de canteras, trabajos que producen erosión del suelo, contaminación y pérdida del hábitat. Notamos que hasta un máximo de 67% de los materiales consumidos (arena y piedra picada) pueden llegar a ser sustituida por materiales reciclados o residuos de construcción tratados, al igual que parte del cemento empleado pudiera remplazarse por puzolanas provenientes de productos agrícolas, derivando en un menor consumo de materia prima y favorecer así su respuesta ecoeficiente.

A pesar que el 93% de los materiales empleados serian posibles de reciclar, solamente el 0,82% es efectivamente posible de reusar. Esta respuesta tan baja obedece a que la solución constructiva se basa en uniones vaciadas que no favorece la “desconstrucción”.

#### 4.2 Análisis de los Productos Tóxicos en la VBP-1

Se analiza la toxicidad más allá que la referente al “usuario” y considerando todo el ciclo de vida del producto, ya que existen materiales inofensivos para el que habita la edificación, pero altamente dañinos para el operario que los fabrica u el obrero de construcción que los coloca en obra. Contando también con el deterioro ambiental del alto consumo energético y el incremento del efecto invernadero producto de la fabricación de algunos materiales, podemos apreciar en el gráfico N° 2 que únicamente el 10% de los materiales utilizados en la VBP-1 tienen gran posibilidad de contener elementos que consideramos tóxicos.

#### 4.3 Análisis Residuos de la VBP-1

Siguiendo la metodología presentada por la Dra. Carmen Llata Oliver (Llatas, 2000), se realiza la estimación de los residuos generados en la VBP-1 en tres tipologías: envases, restos y tierras. En la imagen N° 8 y los gráficos N° 3 y 4 podemos apreciar los resultados. Estos

Categoría	Máximos	Obtenido
Total LEED Ubicación y vínculos:	10	8
Total LEED Ubicación sostenible:	22	11
Total LEED Eficiencia en uso del agua:	15	0
Total LEED Energía y atmosfera:	38	4
Total LEED Materiales y recursos:	16	1
Total LEED Calidad del aire interior:	21	9
Total LEED Educación ambiental:	3	2
<b>Total:</b>	<b>136</b>	<b>40</b>

Resultados en la aplicación de LEED for Home a VBP-1.  
Realización propia

resultados son mayores al general para edificaciones de 4 o 5 plantas que tienen valores entre los 0,40m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> a 0,50m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

## 5. Conclusiones

La aplicación del LEED for Homes nos ha permitido tener una primera aproximación del comportamiento ambiental de éste prototipo, en el cual resalta:

- Que el mayor puntaje es por el equipo de profesionales que la desarrolla, la educación realizada al usuario y su ubicación, condiciones no propiamente del diseño de la vivienda.
- No tener una gestión eficiente del agua y el bajo puntaje obtenido el apartado de materiales y recursos, que nos dan una primera idea del comportamiento ecoeficiente de éste prototipo.

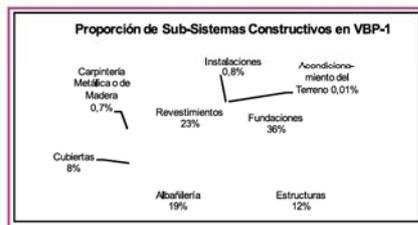
Lamentablemente por el tipo de construcción presente en ésta vivienda, donde abunda el hormigón armado, el mortero para realizar uniones y recubrimientos en la mampostería, y la falta de uniones mecánicas entre sus elementos constructivos, enfatizan imposibilidad de desconstrucción que existe, la poca oportunidad de reuso de componentes empleados y la baja probabilidad de reciclaje de sus materiales en el entorno donde se encuentra.

Hemos encontrado un mínimo de elementos tóxicos presentes en su construcción. Al tratarse de materiales con compuestos dañinos para el hombre o su entorno, la postura ecoeficiente es eliminarlas por completo y decantarse por materiales de construcción que replacen los elementos nocivos que contienen.

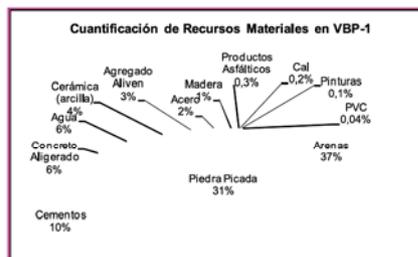
En los resultados de la generación de residuos de construcción resalta una incidencia muy alta en las tierras sobrantes, producto de ser ésta vivienda una edificación de nueva planta y de una sola planta. Por lo que la decisión de diseñar edificaciones en altura puede bajar la proporción de m<sup>3</sup> generados por m<sup>2</sup> construido.

Hemos podido comprobar que es en la albañilería donde se producen mayor cantidad de empaques desechados en la construcción de la VBP-1. La mayor cantidad de restos son generados por las canalizaciones empotradas de las instalaciones sanitarias, eléctricas, gas y teléfono. Situación que nos obliga a repensarnos soluciones efectivas que puedan evitar crear éste desecho.

Estamos de acuerdo en que ante todo, la respuesta a la demanda social de viviendas debe ser económica y sobre todo segura, sin menoscabar la aproximación bioclimática de su diseño, pero la resolución constructiva debe responder con criterio ecoeficiente al cuidado en el consumo de recursos, no empleo de productos tóxicos y mínima generación de residuos. Teniendo siempre presentes éstas premisas al seleccionar un material o una técnica constructiva, podremos mejorar las afecciones ambientales de la actividad de construcción.



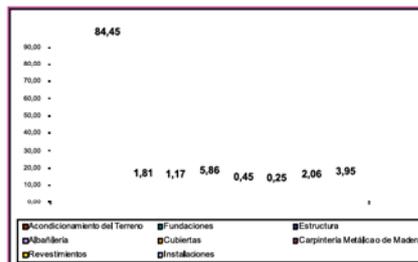
Consumo de materiales según los Sub-sistemas Constructivos en la VBP-1. Realización propia



Cuantificación de materiales consumidos en la VBP-1. Realización propia

Descripción	R (Kg)	Kg/m <sup>2</sup>	%
Cemento	23.188,55	212,74	9,474
Productos Asfálticos	797,98	7,32	0,326
Pinturas	206,5	1,89	0,084
PVC	100,18	0,92	0,041
Pegasy limpiadores	11,5	0,11	0,005
Cables recub. PVC	11,39	0,1	0,005
Poliestireno Exp	7,68	0,07	0,003
<b>total</b>	<b>24.323,78</b>	<b>223,15</b>	<b>9,938</b>

Posibles Materiales Tóxicos presentes en la VBP-1. Realización propia



Proporción Porcentual de los Residuos generados por Sub-sistemas constructivos de la VBP-1. Realización propia

Tipos de Residuos de la VBP-1			
Concepto	Código	m <sup>3</sup>	%
Tierras Meteorizadas	17TA00001	105,1320	84,2432
Otros de Tierras	17TWW00001	0,2628	0,2106
Acero	17RAA00001	0,0050	0,0040
Cobre c/s recub. PVC	17RAC00001	0,0000	0,0000
Asfálticos	17RFS00001	0,0122	0,0097
Áridos	17RHA00001	1,0003	0,8015
Aliven	17RHA00001	0,1105	0,0885
Cerámicos	17RHH00001	0,0567	0,0433
Hormigón	17RHH00001	1,9767	1,5840
Morteros	17RHM00001	0,5404	0,4330
Pláfacil (prefabricado)	17RHM00001	0,0671	0,0592
Bloques de Concreto	17RHM00004	0,7341	0,5923
Cal	17RHM00005	0,0135	0,0108
Cemento	17RHM00006	0,7341	0,5882
Fibrocementos	17RHT00001	0,0078	0,0062
Poliestireno Expandido	17RIS00001	0,0070	0,0056
Poliétileno	17RMP00001	0,0011	0,0009
Tubería PVC	17RMP00002	0,0031	0,0025
Pintura o pega	17RLL00003	0,0035	0,0028
Madera	17RMM00001	2,3317	1,8684
Mezclados	17RRS00001	2,9489	2,3629
Otros Restos	17RWW00001	0,1027	0,0823
Envases de cartón	17ECC00001	2,3973	1,9210
Envases de madera	17EMM00001	4,9520	3,9681
Envases de plástico	17EPP00001	1,0805	0,8658
Envases metálicos	17EPP00001	0,2259	0,1810
Otros Envases	17EWW00001	0,0840	0,0673
Total m <sup>3</sup> :		125	100

Tipos de Residuos Estimados en la VBP-1.  
Realización propia

Residuos Estimados en la VBP-1	Totales m <sup>3</sup>	Envases m <sup>3</sup>	Restos m <sup>3</sup>	Tierras m <sup>3</sup>
	125	9	11	105
%	100	7	9	84
m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> de vivienda	1,14	0,08	0,10	0,96

Residuos Globales Estimados en la VBP-1.  
Realización propia

## 6. Bibliografía

- HUETE FUENTES, Ricardo. Aproximación a un Proyecto de Construcción Ecoeficiente. Mimeo: Dto. Construcciones Arquitectónicas I, ETSA, Universidad de Sevilla, España, 2001.
- HUETE FUERTES, Ricardo; GARCÍA MACHADO, Mercedes. "Recomendaciones de proyecto para una Construcción Ecoeficiente. Informe de proyecto del grupo de investigación TEP-125. Sevilla 2003.
- LLATAS OLIVIER, Carmen. Tesis Doctoral: Residuos generados en la construcción de viviendas. Propuestas y evaluación de procedimientos y prescripciones para su minimización. Tutor: Dr. Ricardo Huete Fuertes. Dto. de Construcciones Arquitectónicas I de la ETSA, Universidad de Sevilla. Sevilla, España, 2000.

## Páginas Web

- Canadian Center for Occupational Health and Safety CCOHS de Canada. <http://www.ccohs.ca>
- Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSHT de España. <http://www.insht.es>
- United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov>