

# PROYECTO ECOVILLA: ACONDICIONAMIENTO ENERGETICO DEL CONJUNTO HABITACIONAL

Alejandro L. Oliva, Alfredo Esteves, Daniel Gelardi  
Instituto para el Estudio del Medio Ambiente (IEMA)  
Universidad de Mendoza

Arístides Villanueva 773 - 5500 Mendoza - FAX: 061-392939

## RESUMEN

El emprendimiento ECOVILLA, significa crear un ambiente para un asentamiento humano capaz de autosostenerse energética, social y económicamente, con un impacto mínimo sobre el medio ambiente, de modo que el mismo pueda ser mantenido en el tiempo. De este modo constituye un modelo para asentamientos futuros en lugares rurales y éste constituye particularmente un ejemplo para la zona semiárida.

Para lograr la autosuficiencia, se necesita contar con un conjunto habitacional con una reducción de energía importante, en cada uno de los aspectos del consumo: calefacción de espacios y enfriamiento de edificios, calentamiento de agua, cocción de alimentos, iluminación interior y alumbrado público.

En el presente trabajo se indican los sistemas utilizados para lograr reducir el consumo en cada sector. El valor total de la energía consumida anualmente alcanza los 896630 KWh, de los que el 36,4% se utiliza en calefacción, el 12,7% en calentar agua, el 20,0 % para cocción de alimentos y el 30,9 % para iluminación y uso de artefactos eléctricos. El 52,1 % del total se consume en los meses de invierno.

## INTRODUCCIÓN

La implementación del proyecto ECOVILLA contempla como hecho fundamental la construcción de un conjunto habitacional energético-eficiente con utilización racional de los recursos naturales y las fuentes energéticas.

Se pretende reducir el consumo de energía del conjunto habitacional de modo que sea factible su funcionamiento con los recursos disponibles en el lugar: energía solar y energía a partir del biogas producido de los efluentes de la agroindustria y del mismo conjunto habitacional. A continuación se indica las estrategias planificadas e incorporadas al proyecto de modo de lograr la reducción de la energía insumida por el conjunto en forma global.

## UBICACION GEOGRAFICA Y CLIMA

La Ecovilla se ubica geográficamente a 32° 45' de Latitud Sur y 68° 05' de Longitud Oeste y 600 msnm. La ubicación política de la misma es en el distrito de Costa de Araujo, Departamento de Lavalle, Provincia de Mendoza en la República Argentina.

La estación meteorológica más cercana con datos representativos, es la correspondiente al Aeropuerto El Plumerillo de la Ciudad de Mendoza, distante 33 Km. Si bien esta distancia no resulta excesiva, esta estación se encuentra dentro del Oasis Norte, mientras que el terreno disponible para construir la Ecovilla lo hace en una zona de transición desde el oasis norte hacia el desierto mendocino. Esta situación hace que resulten diferencias en las variables psicrométricas del aire en ambos lugares. Se propone por lo tanto, utilizar el método del baricentro del triángulo (1), para la determinación de las temperaturas (máximas medias, mínimas medias y promedio diario) para cada mes del año y la humedad relativa.

La radiación solar ha tenido un tratamiento diferente. Los datos registrados en la estación El Plumerillo, son más confiables que los registrados por las otras dos estaciones. Por esta razón se utilizan los valores de la estación El Plumerillo como valores de radiación solar y heliofanía relativa. En efecto, al existir sólo una distancia de 33 Km entre las estaciones y de acuerdo a Grossi Gallegos et al (2), es posible extrapolar los valores de radiación solar hasta 170 Km dentro de esta cota manteniendo un nivel de confianza del 90 % sin exceder el error del instrumental para valores mensuales del recurso.

Para la velocidad y dirección del viento se adoptan los valores registrados en la Estación de El Plumerillo puesto que no existen datos en el lugar y además, no es fácil determinar los valores a partir de las Estaciones alejadas de El Encón y La Paz. Los datos se indican en la Tabla I.

La radiación solar difusa, la radiación solar de cielo claro y los grados día de calefacción y enfriamiento se han obtenido de la misma forma que se indica en Esteves (3).

Se ha determinado de acuerdo a Max Sherman (4) que la temperatura y humedad relativa mínima es  $16^{\circ}\text{C}$  y 20 % respectivamente, mientras que los valores máximos  $27^{\circ}\text{C}$  y 80 %, teniendo en cuenta un nivel de vestimenta de 0,8 a 1,2 cló y nivel de actividad de 1 a 1,3 cló.

Para el verano, si bien el nivel de actividad puede mantenerse, el nivel de vestimenta cambia y se consideran 0,6 cló. Para estas nuevas condiciones y teniendo en cuenta (7) y (5), los valores de temperatura y humedad relativa de confort mínima son  $20^{\circ}\text{C}$  y 20 % y máximos de  $29^{\circ}\text{C}$  y 80 % de humedad.

Con estos límites puede obtenerse los diagramas bioclimáticos de confort y determinar los sistemas más apropiados para cada una de las estaciones. Estos resultan ser: sistemas solares pasivos - calefacción auxiliar en invierno y alta inercia térmica. En los meses de verano, se deberá utilizar junto con la alta inercia térmica, sistemas de enfriamiento convectivo nocturno y ventilación de confort (5).

## **CALCULO DE LA NECESIDAD DE CALEFACCIÓN Y REFRESCAMIENTO**

Al plantear un edificio bioclimático es importante tener en cuenta que como las áreas colectoras de energía se encuentran en la fachada norte, en las épocas en que no funcionan como tales es necesario sombrearlas ya sea temporal o permanentemente para evitar ganancias de calor innecesarias.

Tomando en consideración la situación térmica del clima de la región, podemos obtener

la época en que es necesario el sombreado temporal y permanente. Tomando en consideración la metodología propuesta por Mahoney (6), puede calcularse la cantidad de horas de confort, de calefacción y de refrescamiento de la vivienda en ese clima. Esto resulta:

En confort.....	19 % de horas del año
Calefacción.....	64 % de horas del año
Refrescamiento.....	17 % de horas del año

## CANTIDAD NECESARIA DE VIVIENDAS

La determinación de la cantidad de viviendas, su tamaño y las preferencias de los futuros ocupantes, ha sido una etapa importante tenida en cuenta. Muchas veces, el éxito de la transferencia depende de que se manejen bien estas variables.

Mediante una encuesta pudo evaluarse la cantidad de personas por familia, sexo, sector de la empresa donde trabajaban y preferencias respecto de la futura vivienda. Como resultado de esta encuesta se ha otorgado al proyecto características particulares. El mismo contempla el crecimiento hasta conformar unidades habitacionales de cuatro dormitorios. Sin embargo, dada la cantidad variable de personas por familia (entre 1 y 9) se determinó que la cantidad de viviendas necesarias a construir son: 139, 54 y 27 viviendas de dos, tres y cuatro dormitorios respectivamente, alcanzando un total de 220 viviendas en las que se contempla ya un crecimiento futuro del 20 % .

## ARQUITECTURA DE LA VIVIENDA

Es prioritario en el diseño, que la vivienda se resuelva bajo un sistema evolutivo, que contemple un crecimiento paulatino, económico y racional en el sentido estricto del aprovechamiento del espacio. Se resolvió un módulo básico de dos dormitorios, con el núcleo húmedo o unidad de servicios. Este módulo básico contiene la caja de escaleras, que cumple a su vez de torre captadora de brisas y se ubican en su parte superior los paneles del calefón solar. La segunda etapa es la ampliación de un dormitorio en planta alta, y la siguiente es ampliar la planta alta a un tercer dormitorio de modo que queda con 5 dormitorios o bien construir un baño más, o bien ampliar el estar comedor, eliminando uno de los dormitorios de Planta Baja y quedando con cuatro dormitorios, uno en Planta Baja y tres en Planta Alta.

## ACONDICIONAMIENTO TERMICO

Se pretende realizar el acondicionamiento térmico bioclimático, es decir, proveer la energía que necesita la vivienda en su gran parte mediante los recursos climáticos del lugar. Se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) Orientación apropiada (la normal a la fachada norte queda desplazada del Norte  $5,5^\circ$  hacia el Oeste)
- 2) Uso de estrategias de conservación de energía.
- 2a) **Techo:** está constituido por cúpulas de fibra de vidrio huecas cuyo interior se encuentra relleno de poliestireno expandido, de modo de, lograr un espesor efectivo de 0,10 m del aislante. Esto implica una resistencia térmica para este elemento de

2,6 m<sup>2</sup>.C/W. Para poder comparar, un techo usual, construido en forma tradicional, tiene una resistencia térmica de 1,4 m<sup>2</sup>.C/W. Este aumento de la resistencia térmica beneficia tanto en invierno (evitar las pérdidas de calor que en el techo son máximas debido a la estratificación del aire caliente en la parte superior) como en verano, cuando se tiene necesidad de evitar que la elevada radiación solar incidente sobre este elemento constructivo se transmita al interior de la vivienda.

- 2b) **Muros:** se conforma de mampostería de ladrillón macizo, de 0,18 m de espesor, con un revoque interior de 0,02 m. Por el exterior, se incorpora aislación térmica de poliestireno expandido (0,07 m de espesor) y metal desplegado como soporte de un revoque protector de la aislación. La resistencia térmica total alcanza 2,16 m<sup>2</sup>.C/W. El muro de mampostería que habitualmente se construye tiene una resistencia térmica de 0,48 m<sup>2</sup>.C/W, con lo que puede observarse, que la misma se incrementa de modo de mejorar tanto en el invierno, disminuyendo pérdidas de calor, como en verano, evitando las ganancias de calor, sobretudo en las fachadas Este y Oeste, que son las que mayor radiación solar colectan en la época estival.
- 2c) **Fundaciones:** Normalmente, en una vivienda construida en forma tradicional, las pérdidas de calor por fundaciones no son significativas pero cuando implantamos estrategias de conservación en techos y muros, comienzan a ser significativas las pérdidas de calor por los basamentos y fundaciones. Se debe notar, que no son las pérdidas por el piso, sino por un área perimetral de la vivienda. Para disminuirlas se colocará poliestireno expandido en planchas de un espesor de 0,07 m por el lado exterior de la fundación constituyendo una franja de 0,8 m de ancho a lo largo de todo el perímetro.
- 2d) **Ventanas:** Se incorporan ventanas con marcos de chapa plegada, de doble contacto y doble vidrio, con postigones exteriores, haciendo las veces de aislación térmica móvil, que contribuirán en invierno, aumentando la resistencia térmica de las mismas de 0,31 W/m<sup>2</sup>.C a 0,38 W/m<sup>2</sup>.C y en verano y épocas intermedias, con la sombra temporal necesaria durante las horas de alta radiación solar, cerca del mediodía.
- 2e) **Puerta Trampa:** Para el ingreso/egreso desde el exterior, se ha proyectado una puerta trampa de modo de evitar el intercambio de aire elevado al entrar o salir de la vivienda. Esto mantiene por más tiempo las condiciones alcanzadas por la vivienda durante el día y contribuye a disminuir la carga térmica por infiltración.

Estas medidas contribuyen a reducir el nivel global de pérdidas de 3,2 W/m<sup>3</sup>.C a 1 W/m<sup>3</sup>.C .

## SISTEMAS SOLARES PASIVOS DE CALEFACCION

El sistema solar está constituido por ganancia directa de radiación solar a través de las ventanas que se encuentran sobre la fachada norte y corresponden a los ambientes principales (estar-comedor y dormitorios). Este aventanamiento se combina con las medidas de conservación de energía y con la alta masa interior, de manera de proveer un alto porcentaje de las necesidades energéticas con la energía solar colectada.

Para dimensionar el sistema se ha utilizado el SIMEDIF (7). Mediante el ingreso de las variables geométricas y termofísicas de la vivienda y tomando como base el 15 de agosto, se determina que ese día deben conseguirse condiciones medias mínimas de confort en los ambientes principales de la vivienda. La ilustración N° 1 indica el promedio ponderado por

el volumen de la temperatura alcanzada en el interior de los locales.

En este caso, el área colectora resulta moderada (14,5 % del área de piso). Sin embargo, dado el bajo nivel de pérdidas alcanzado, la FAS resulta del 70,2 %, es decir, tomando como base la vivienda conservativa. Si tomamos como base la vivienda tradicional, el consumo anual resultante de 1091,8 KWh/año, representa el 89 % de ahorro. Los cálculos energéticos han sido calculados con el método desarrollado por el LANL (8), sobre períodos mensuales.

Pero además se ha realizado una simulación de una secuencia de días de distinto tipo. Se han simulado tres días medios, seguidos de dos días con condiciones de cielo claro, tres días con cielo cubierto y dos con cielo claro nuevamente esta simulación no es caprichosa, sino que vincula por ejemplo la situación más desfavorable, sin ningún aporte de calor auxiliar, indica, lo que ocurre durante el día medio o soleado, luego de 3 días cubiertos en que, en la madrugada del cuarto día, se despeja y se alcanzan temperaturas muy bajas. Consecuentemente estas condiciones de gran amplitud térmica que ocurren en el día claro, le corresponden la mayor radiación solar, es decir, la radiación solar de cielo claro. La ilustración 2, se indican los valores alcanzados para el mes de Junio.

## SISTEMAS PASIVOS DE REFRESCAMIENTO

En verano, en general, no se consume energía para mejorar la situación térmica del interior de las mismas.

El enfriamiento convectivo nocturno que nos permite extraer la energía acumulada en la masa interior durante el día, teniendo en cuenta la alta amplitud térmica existente en el lugar, está constituido por dos sistemas, el captador de brisas (wind catcher) y los orificios de ventilación. Con ellos se aprovechan la baja temperatura exteriores nocturna para hacer circular el aire del ambiente exterior por el interior "barriando el aire caliente" y enfriando convectivamente la masa. Bajo condiciones de velocidad de aire moderadas, la ventilación cruzada que puede lograrse con los aventanamientos simples, no asegura una buena eficiencia en el enfriamiento nocturno de la masa interior del edificio. Se ha pensado por lo tanto en incrementar el efecto de ventilación nocturna utilizando dos estrategias combinadas: el captador de brisas y los orificios de ventilación superior (9, 10).

El "Captador de Brisas" (Wind Catcher) es una estructura diseñada especialmente para proveer una circulación natural de aire a través del edificio. Como su nombre lo indica, es una torre cuya abertura superior se orienta hacia la dirección predominante de los vientos, la parte inferior de la misma está constituida por la misma vivienda. La operación de este sistema es la siguiente: en la operación nocturna y cuando no hay brisas, durante la noche, la torre actúa como una chimenea. El aire interior a una temperatura mayor que el exterior asciende por la torre y sale por la abertura superior generando un vacío dentro de la vivienda que provoca el ingreso de aire fresco por las ventanas, directamente hacia los ambientes interiores de la vivienda. Esto además de proveer refrescamiento a los ambientes, va enfriando la masa interior de la vivienda y el proceso sigue durante toda la noche (o hasta que se igualan las temperatura interior y exterior).

Cuando hay brisa, la disposición de la abertura superior hace que el viento se canalice por la torre e impulse al aire exterior a atravesar la vivienda refrescando los ambientes y enfriando a su paso la masa interior de la misma.

En el diseño comentado aquí y por razones de simplicidad constructiva y costo, los muros de la torre donde se encuentra ubicado el captador, se construirán de un material liviano. Por lo tanto, durante el día y para evitar el ingreso de aire cálido desde el exterior, se prevee, mantener cerrada la vivienda (incluso la abertura de la torre), dejando que la misma inercia del edificio se ocupe de mantener las condiciones apropiadas del aire. Si esto no alcanzara, la ventilación de confort (ventilación interior con ventiladores de techo) se utilizará para aumentar la velocidad del aire interior y alcanzar las condiciones interiores apropiadas.

## 2- Utilización de cúpulas con linternas de ventilación

Cuando la linterna se ubica en el ápice de la cúpula, la baja presión creada por la brisa en este punto contribuye a favorecer la extracción de aire del interior. Además, al ubicarse en el punto superior, la estratificación contribuye a la circulación natural en el caso de no sople viento.

Estas son un medio de reforzar el trabajo realizado por el "Wind Catcher" sobretodo en los momentos de calma de vientos.

## CALENTAMIENTO DE AGUA

Se pretende proveer de equipos solares para calentamiento de agua, de modo que se ha realizado el cálculo de las necesidades energéticas, teniendo en cuenta la curva de rendimiento del colector, una temperatura de utilización de 45 °C y una demanda media de 50 lts/persona.día. Con el sistema planteado, el ahorro energético en este rubro alcanza al 80 % .

## COCCIÓN DE ALIMENTOS

La cocción de alimentos se caracteriza por la ineficiencia energética de los artefactos, ya que se dispone de hornallas.

La optimización del proceso puede realizarse mejorando el dispositivo para efectuar el calentamiento del alimento de modo de derrochar menos energía en el proceso y además usar técnicas de conservación de energía en el proceso de cocción.

Se ha considerado la utilización de un horno de microondas, el que energéticamente es mucho más eficiente que el horno de gas. La ventaja evidente del horno de gas es la facilidad de uso y mayor capacidad, pero la comida demora menos en el horno de microondas.

Cabe destacar la necesidad de educación e instrucción tanto para aprender a operar eficientemente el horno microondas como a utilizar dispositivos del tipo de ollas brujas (11).

El sistema de cocción se compone entonces, de una cocina con tres hornallas de 1 KW de potencia cada uno y un horno de microondas de 1 KW de potencia.

## CONSUMO ELÉCTRICO

El consumo eléctrico se compone de alumbrado público y consumo interior en las viviendas.

Para el alumbrado público se ha contemplado la alternativa de utilizar luminarias relativamente bajas, del tipo utilizado en parquización, brindaría a la ECOVILLA una apariencia más humana y agradable. Para el alumbrado se ha pensado en utilizar laminarias de 39 W de alta eficiencia. Esta situación equivale a un consumo aproximado de 1,4 KW/m, lo que implica una luminaria por lote. La potencia instalada para el alumbrado público es de 7.299 KW.

El consumo de energía eléctrica en el interior de la vivienda, se ha calculado sobre la base del consumo de una heladera familiar, televisor a transistores, 5 lámparas de 16 W (bajo consumo), eventualmente la plancha, un secador de cabellos, un lavarropas y un equipo de música. El consumo medio considerado ha resultado ser 0,1206 KW/persona para la época intermedia, primavera y otoño. El consumo en invierno alcanza a 0,134 KW/persona y en verano, 0,1072 KW/persona.

El consumo de energía total [en KWh] de ECOVILLA, se indica en la Tabla siguiente:

SECTOR	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	TOTAL
Calefacción	25300	0	40400	260400	326100 (36.4%)
Agua Caliente	4300	0	22730	86700	113730 (12.7%)
Cocción	45000	45000	45000	45000	180000 (20.0%)
Iluminación y Artefactos	69400	61000	69400	77000	276800 (30.9%)
TOTAL	144000	106000	177530	469100	896630

## CONCLUSIONES

Los sistemas utilizados en si, no implican una complicación para el proyecto y obedecen a técnicas constructivas sencillas. Hay si, consideraciones en cuanto a la operatividad de tales sistemas que deben tenerse en cuenta para el uso eficiente.

Para concluir el presente trabajo, podemos mencionar que la cantidad de energía anual calculada (896630 KWh), implica sólo un 19 % de la energía que consumiría una comunidad de similares características, a la que no se le hubieran incorporado estrategias de conservación de energía y uso de energías renovables. Sin embargo, mucho queda por hacerse al respecto y el paso realizado, constituye un aporte más al necesario para lograr la difusión y la implementación masiva de los recursos energéticos renovables.

En este sentido, la UNESCO (15) indica al respecto: "El autosostenimiento energético es el reto presente. Esto significa que cada comunidad debe hacer uso de la energía con la máxima eficiencia, y debe aprovechar las energías renovables a su alcance. Hay que introducir y generalizar tecnologías y hábitos de conducta que hagan más autocontrolables los sistemas sociales, con el fin de que no dependan de las fuentes de energía no renovables.."

## REFERENCIAS

- (1) A.de Fina y F.S.Stillo (1970). "Método para calcular temperaturas medias diarias de localidades sin registro termométrico". Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA, Bs.As. Serie 3. Clima y Suelo. Vol. 4, 1970, pp. 133-143.
- (2) J.A.Duffie and Beckman. (1991). "Solar Energy of Thermal Processes". J.Wiley, N.Y. 3ª Ed.
- (3) Esteves A. (1987). "Evaluación y procesamiento de datos climáticos para ser utilizados en construcciones bioclimáticos". Actas de XII ASADES, Bs. As. Argentina.
- (4) Sherman M. (1985). "A Simple Model of Thermal Comfort". Energy and buildings, Vol N° 8, pp.37-50.
- (5) Givoni B. (1992). "Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines". Energy and Buildings. Vol. N° 18, pp. 11-23.
- (6) Koenisberger, Ingersoll. "Viviendas para Climas Tropicales".
- (7) Casermeiro M, Saravia L., (1984). "Simulación Térmica de Edificios". Actas de la 9ª Reunión de Trabajo de ASADES. San Juan, Argentina.
- (8) Los Alamos National Laboratory. (1982). "Passive solar Design Handbook - Vol. III". Ed. Robert Jones, 1982.
- (9) Bahadori M.N. (1985). "Passive Space Cooling in hot region in Developing Countries by employing domed roof and reducing the temperature of internal surfaces". Building and Environment, 20, 103-113.
- (10) Bahadori M.N. (1985). "An Improved Design of Wind Towers for Natural Ventilation and Passive Cooling". Solar Energy Journal 35, 119-129.
- (11) Serrano P. (1990). "Energía Solar para Todos". Centro El Canello de Nos. Santiago. Chile.
- (12) UNESCO (1994). "Cuadernos de Educación Ambiental: Energías Renovables". Centro UNESCO de Cataluña. España.