



## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CASA BIOCLIMÁTICA EN CLIMA CÁLIDO SECO, EN LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

### **DESIGN AND CONSTRUCTION OF A BIOCLIMATIC HOUSE IN DRY WARM CLIMATE, IN LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SOUTH, MEXICO**

#### **RESÉNDIZ PACHECO, Oscar**

Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)  
Departamento Académico de Ingeniería en Pesquerías  
Carretera al sur km 5.5, La Paz, Baja California Sur. C.P. 23080. México  
E-mail: [resendiz@uabcs.mx](mailto:resendiz@uabcs.mx)  
Teléfono: +52 (612) 1238800 extensión 6210 y 4614

#### **MORILLÓN GÁLVEZ, David**

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)  
Instituto de Ingeniería  
Circuito Escolar S/N. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, CDMX. C.P. 04510. México  
E-mail: [dmg@pumas.iingen.unam.mx](mailto:dmg@pumas.iingen.unam.mx)  
Teléfono: +52 (55) 56228138

#### **ROMERO, Ramona Alicia**

Universidad Autónoma de Baja California (UABC)  
Posgrado e Investigación, Facultad de Arquitectura y Diseño  
Calle de la Normal e Ignacio López Rayón S/N, 3er Piso, Colonia Insurgentes Este. Unidad Mexicali, Mexicali, Baja California, C.P. 21900. México  
E-mail: [ramonaaliciaromero@yahoo.com.mx](mailto:ramonaaliciaromero@yahoo.com.mx)  
Teléfono: +52 (686) 5-66-42-50

#### **GALINDO DE LA CRUZ, Madelein**

Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)  
Departamento Académico de Ingeniería en Pesquerías  
Carretera al sur km 5.5, La Paz, Baja California Sur. C.P. 23080. México  
E-mail: [mgalindo@uabcs.mx](mailto:mgalindo@uabcs.mx)  
Teléfono: +52 (612) 1238800 extensión 6210 y 4614

#### **POUJOL, Federico**

Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)  
Departamento Académico de Ingeniería en Pesquerías  
Carretera al sur km 5.5, La Paz, Baja California Sur. C.P. 23080. México  
E-mail: [ftpoujol@uabcs.mx](mailto:ftpoujol@uabcs.mx)  
Teléfono: +52 (612) 1238800 extensión 6210 y 4614

#### **CHÁVEZ MARTÍNEZ, Elizabeth**

Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)  
Departamento Académico de Ingeniería en Pesquerías  
Carretera al sur km 5.5, La Paz, Baja California Sur. C.P. 23080. México  
E-mail: [echavez@uabcs.mx](mailto:echavez@uabcs.mx)  
Teléfono: +52 (612) 1238800 extensión 6210 y 4614

**Palabras Clave:** Vivienda económica; confort térmico; ahorro de energía

**Key Words:** Affordable housing; thermal comfort; save energy



## Resumen

A través de un proyecto multiinstitucional de CONAVI se realizó un estudio térmico y energético para el análisis y obtención de un prototipo de vivienda en clima cálido seco en la ciudad de La Paz, B.C.S., en el que se abordan estrategias ahorradoras de energía y confort térmico, así como de diseño para poder ofrecer una alternativa a la problemática actual en la vivienda económica.

## Abstract

Through a multi-agency Project CONAVI thermal and energy study for analysis and obtaining a house prototype in warm dry weather in the city of La Paz, BCS, where saving energy strategies and comfort are addressed performed thermal and design to offer an alternative to the current problems in afford housing. They showed considerable benefits in terms of energy performance and thermal comfort due to the proposed changes in the housing design.

## 1. Introducción

Si bien la industrialización puede construir grandes cantidades de casas en serie en poco tiempo y a costos razonables, una gran mayoría de gente no puede pagarla, ni el estado tiene los suficientes recursos financieros para este fin, dando como resultado que se construyan casas muy pequeñas de acuerdo al salario del trabajador y no de acuerdo a sus necesidades como debe ser, resultando también que en muchas ocasiones los proyectos se elaboran sin tener en cuenta las características de la zona en donde se van a construir, lo que da como resultado casas con características de incomodidad térmica y de baja calidad, haciéndolas altamente dependientes de la energía convencional.

En México las investigaciones en eficiencia energética señalan que una casa bien diseñada puede tener consumos 40 % menores de electricidad en comparación con una casa construida con los materiales convencionales en la actualidad (Zeller, 2004).

## 2. Metodología

La metodología que se empleó para el desarrollo de la presente investigación fue consensada mediante discusiones en talleres. La investigación se llevó a cabo mediante la aplicación de encuestas a usuarios de las viviendas económicas de los fraccionamientos previamente identificados como estas características, con el objetivo de caracterizar este tipo de vivienda. Para cubrir este objetivo la encuesta fue diseñada en nueve partes.

La información de las encuestas fue capturada y procesada con base en un formato único, el cual fue establecido para todo el proyecto a nivel nacional. La mencionada información fue capturada en una hoja de cálculo (Excel), de la cual se importó la información al programa estadístico SPSS.

Para la ciudad de La Paz, la muestra representativa de la población se diseñó a partir de la población total de viviendas con las características antes mencionadas reportada por el INFONAVIT, en la que se consideran los fraccionamientos y cantidad de vivienda existentes



hasta finales del 2005. La muestra representativa de 200 viviendas, con una confiabilidad del 95% y precisión de estimadores del 5%. Los periodos de aplicación de encuestas para la Ciudad de La Paz fueron los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

Se aplicó una encuesta a los usuarios de la vivienda económica, en las cuales se midieron las condiciones ambientales de la casa. La mencionada encuesta fue diseñada tomando en cuenta las normas ISSO 7730 e ISSO 10551.

### 3. Resultados

De esta investigación, los resultados nos ayudaron a identificar de manera general las características físicas de la vivienda económica en la ciudad de La Paz, el perfil de los usuarios que habitan en esta casa y la percepción de la vivienda.

El área en que la universidad otorgó el terreno para la construcción de la obra, está ubicada detrás del laboratorio de Ingeniería en Sistemas Termodinámicos, por el hecho de haber cubierto los siguientes requisitos:

- La zona está casi en su totalidad libre de árboles y edificios de altura, permitiendo así una mejor recepción de luz solar para el estudio de la construcción en este proyecto.
- La orientación de esta propuesta es *Norte-Sur* por las características del terreno mencionadas anteriormente. Y por ser la fachada sur con más incidencia solar del día, fue aplicada en esta propuesta; por lo que se busca mejorar el prototipo con base a revisiones para obtener una vivienda confortable aun en las condiciones extremas de esta entidad.

En el caso de la distribución de las áreas, se buscó proteger las zonas de mayor estadía en la vivienda; y que conjuntamente con el uso adecuado de elementos bioclimáticos pasivos se logre un mayor confort en el interior de la casa - habitación (Figura 1).

En el área de *Sala Comedor*: con el eje rector en orientación norte sur, estas zonas se encuentran protegidas por el área de servicios. Se proyecta una ventana al sur y otra al norte, para tener un efecto de ventilación cruzada, las que permiten el constante paso de los vientos provenientes del sur (Figura 2).

Figura 1. Casa - habitación



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Paso de los vientos del sur



Fuente: Elaboración propia



Las *recámaras*: Ubicadas en el extremo derecho del terreno y orientadas al norte y al sur; quedando protegidas por el área de estancia y por elementos arquitectónicos en sus respectivas fachadas. Con ventanas en los muros norte – sur (respectivamente a la ubicación de cada recámara) y un domo en el vestíbulo de acceso a ambas con ventilación para permitir el flujo de aire que será controlado según el clima (Figura 3).

El *baño* se encuentra ubicado en el noroeste de la casa habitación y con su eje más largo en dirección norte-sur brinda protección a las áreas de estancia durante el transcurso del sol desde que este empieza a inclinarse hacia su lado poniente.

Esta zona al encontrarse en una orientación donde recibe mucha incidencia solar se propuso materiales que amortigüen las temperaturas. Así como una ventilación cruzada con sus dos ventanas al N - S que mantengan fresco el lugar (Figura 4).

Figura 3. Flujo de aire controlado



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Ventilación cruzada



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la *cocina* al replantearse la orientación de esta zona, la cocina tiene su eje rector al N-S para aprovechar la circulación de vientos, así como su recubrimiento con materiales térmicos y elementos arquitectónicos que son parte del sistema bioclimático pasivo propuesto en este modelo de casa habitación (Figura 5).

Figura 5. Eje rector de la cocina



Fuente: Elaboración propia



El *patio de servicio* al encontrarse fuera de la vivienda no disminuye su importancia, debido a que la función de esta zona es de proteger a sus áreas conjuntas.

Puede que por el uso servicial para la casa y ubicarse al frente de esta, muchos lo verían como algo no recomendable, pero al analizar sus funciones, la perspectiva sería otra. Además de contar con elementos pasivos que aparte de realizar su función bioclimática dan vista a la fachada de la casa.

### 3.1 *Materiales propuestos*

El tabique de adobe se utilizó en las zonas (cocina, baño y patio de servicio) que se encargan de proteger a las demás de la incidencia del sol y absorber mayormente el impacto de las altas temperaturas de la entidad, pero también protegiéndose ellas mismas al ser de este material térmico natural que se encargará de amortiguar las temperaturas interiores de estas áreas.

El muro de block hueco recubierto con mortero cemento arena se propone con fin economizador. Pero se ayuda con el acabado rugoso y de color blanco permitiendo que la textura impida el impacto del sol en la totalidad del área y evite calentar más superficie del muro y con el color blanco se lograra reflejar efectivamente los rayos del sol que inevitablemente alcanzan a los muros expuestos.

### 3.2 *Procedimiento constructivo*

El procedimiento llevado a cabo en esta propuesta de casa es el común que se ha estado utilizando últimamente en este tipo de viviendas con la diferencia la aplicación de materiales según la función de las áreas (Figura 6).

Figura 6. **Materiales según la función de las áreas**



Fuente: Elaboración propia

**Cimientos:** los basamentos de la casa se proponen de losa de cimentación armada.

**Pisos:** el piso general de la casa se propone de la losa de cimentación recubierta con loseta cerámica para un mejor acabado. El piso exterior se propone de adoquín o adobe debido a que es más afectado por el sol y este material retiene menos calor (Figura 6).

**Muros:** los muros son de dos tipos; los de block hueco de 12 x 20 x 40 recubierto con mortero cemento arena y con acabado texturizado rugoso de color blanco. Muros de adoblock de 20 x 20 x 40 acabado aparente.



**Techos:** la losa principal de la casa habitación es vigueta y bovedilla de poliestireno, recubierta por una delgada capa de yeso y terminada con tirol al interior de la casa. Por fuera una capa de compresión de 5 cm de concreto. Losa maciza de 5 cm de espesor para recibir teja, esto en el área de acceso principal.

**Recubrimientos:** en las losas de azotea se propone un impermeabilizante térmico reflejante de color blanco. Mientras que en los muros de tabique un sellador para protegerlos contra las inclemencias del clima (Figura 7).

Figura 7. Azotea y sellador en los muros



Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Sistemas pasivos aplicados

Para comenzar a describir el sistema pasivo debemos retomar la orientación de la casa en base al terreno antes mencionado, la cual es Norte-Sur con la fachada principal al Sur. Por lo que esta recibirá la incidencia del sol durante todo su transcurso en el día. Debido a esto se implementó lo siguiente. Su orientación sobre ese eje causa que impacten no solo la mayoría de rayos solares sino también los vientos dominantes que vienen del sur, los que se aprovechan para mantener una circulación constante mediante ventanas ubicadas en ambas direcciones y mantener fresco el interior de la casa también el mantener este eje rector de toda la casa es evitar que ella do más largo de la casa sea afectado por la trayectoria del sol durante todo el día.

Por otro lado, se busca ubicar las zonas de la casa según el transcurso del sol quedando así las recamaras en el lado este recibiendo el sol de la mañana, el baño y la cocina el sol de la tarde, para lo que estas últimas están protegidas contra esa insolación mediante elementos bioclimáticos pasivos (Figura 8).

Figura 8. Distribución recámaras y baño

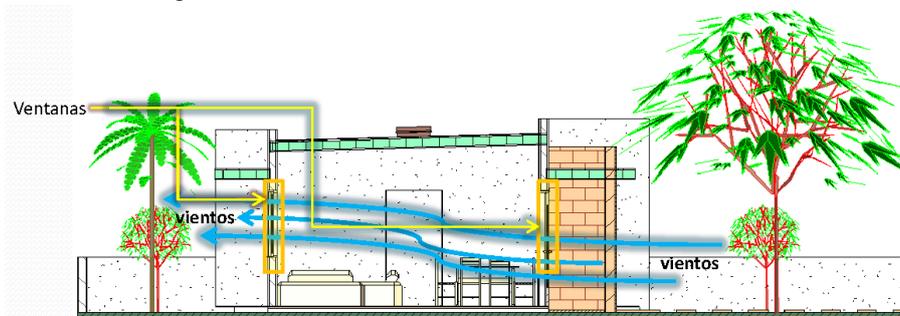


Fuente: Elaboración propia



El posicionamiento de las ventanas en las fachadas norte y sur a una altura estándar permite la circulación del aire a través de toda la vivienda refrescando así en todo momento el interior de esta. Así como el empuje del aire caliente acumulado en lecho inferior de la losa hacia el exterior por medio de la “ventila”, que en este caso es un domo (Figura 9).

Figura 9. Vientos a través de ventanas norte - sur

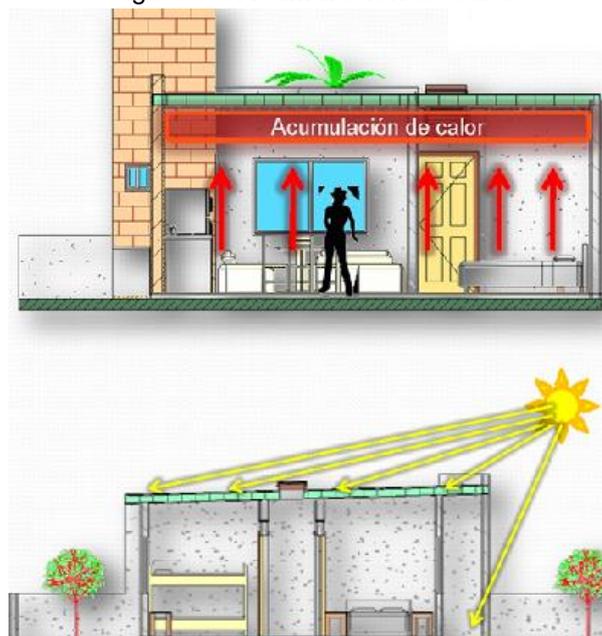


Fuente: Elaboración propia

El juego con las alturas interiores en la vivienda es importante ya que se busca que en su interior no sean tan bajas para evitar que el calor impacte aún más lo que lo hará, pero tampoco sobrepasar las medidas estándares pues hacer las más altas no es costeable para una empresa constructora.

Otra de las aplicaciones pasivas de este proyecto es la inclinación de las losas en sentido contrario de la de los rayos del sol ya que estos tienden a hacer su trayectoria por el lado sur, es por esto que las losas están inclinadas hacia el norte para tener un menor impacto solar. Esto se derivó de la idea de los paneles solares, pues estos están orientados al sur para obtener un mayor aprovechamiento de la luz solar, caso contrario a esto fue el resultado de la pendiente de las losas en esta propuesta, que también servirá de pendiente para el escurrimiento de aguas de lluvia (Figura 10).

Figura 10. Acumulación de calor

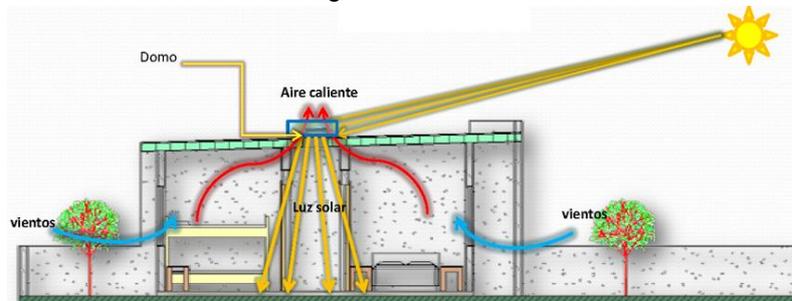


Fuente: Elaboración propia



La aplicación de un domo ayuda en gran manera debido a que es un elemento que siempre irradia luz solar y a la vez permite la ventilación y por ende la evacuación del aire caliente que se genera en el lecho inferior de la losa por medio de la circulación del aire que se introduce por las ventanas (Figura 11).

Figura 11. Domo



Fuente: Elaboración propia

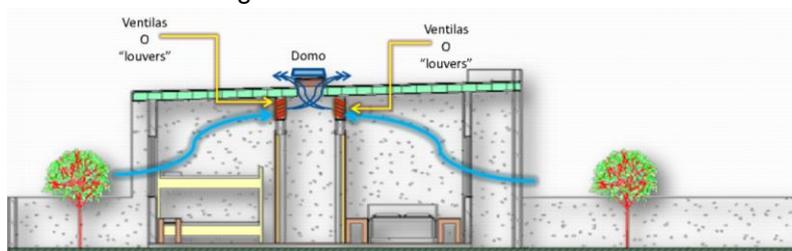
El domo se complementa con otro sistema aplicado en esta vivienda. Las cuales son ventilas a modo de persianas horizontales o "louvers" las cuales permiten el flujo de aire por las recámaras hacia el vestíbulo donde se encuentra el domo en la parte superior de la losa, y así complementar el ciclo de circulación del aire; entrando aire fresco por las ventanas y evacuando el aire caliente por las ventilas y luego por el domo.

Este sistema puede ser controlado para fines de cortar el flujo de aire cuando este sea muy frío. Esto se realiza mediante el cierre de estas persianas para cerrar el paso al aire, cortando así la continuidad del aire y mantener las recámaras reteniendo el calor en épocas de invierno.

En el detalle se muestra como los louvers marcados en azul se encuentran por encima de las puertas de las recámaras. Estas ventilas permitirán la circulación del aire y complementándose con el domo también marcado en azul, el aire continuará su recorrido a lo largo de las recámaras y así mantenga fresco el interior.

Se puede observar también como el domo permite el acceso de luz indirecta ya que por lo regular los domos acrílicos no son totalmente transparentes, pero permiten el paso de la resolana y por consecuencia es una iluminación natural (Figura 12).

Figura 12. Ventilias o "louvers"



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los elementos arquitectónicos pasivos aplicados en exterior de la casa encontramos la losa inclinada para recibir teja para la protección contra los rayos solares en el porche de la casa y en la ventana que se encuentra en este acceso creando así propia sombra en su espacio y evitando que la luz entre de manera directa.



También podemos observar el elemento que sobresale con un nicho en forma de arco el cual se proyecta para evitar que la inclinación del sol no impacte directamente con el muro de esta habitación en los meses más calurosos, no así en los más fríos ya que el volado permite que en esos meses el muro reciba la luz solar. Esto también sucede en el porche de la casa permitiendo así el paso del sol cuando más sea requerido en épocas de invierno (Figura 13).

Figura 13. Detalle del porche



Fuente: Elaboración propia

En el detalle de asoleamiento en verano, un día caluroso de agosto a las 3 pm se observa como el elemento en fachada con nicho en forma de arco impide que los rayos solares entren de forma directa a la recámara (Figura 14); mientras que, en el invierno, un día frío de febrero a las 3 pm caso contrario al anterior; en esta época el elemento no es impedimento para que el sol entre a calentar las recámaras y genere calor interno (Figura 15).

Figura 14. Sol directo en recámara en verano



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Asoleamiento de recámara en invierno



Fuente: Elaboración propia



En fachada podemos observar el otro elemento que hace contraste con lo blanco de la casa, el cual se trata de un muro que hace función de protección contra el sol y por lo mismo se le puede observar que está proyectado con el material térmico propuesto.

Este muro contiene pequeños nichos que permiten la entrada de aire hacia la ventana de la cocina y por consiguiente pueda atravesar toda la casa (el aire por si solo busca camino). También hace la función de sostener las pérgolas que sobresalen desde el muro interior de la cocina creando así en conjunto un complemento para la fachada de la vivienda (Figura 16).

Figura 16.



Fuente: Elaboración propia

Las pérgolas mencionadas anteriormente son las que nacen desde el muro de la cocina y atraviesan el muro protector de fachada. Estas provocan un desvío de la luz solar y evitan que esta impacte de lleno en este muro, disminuyendo entonces el calentamiento del interior.

En esta perspectiva se puede apreciar como las áreas de servicios que se encuentran mirando hacia el lado oeste están proyectadas con adoblock, que por sus propiedades térmicas ayudaran a la reducción del calor interno (Figura 17).

Figura 17.



Fuente: Elaboración propia



En la fachada posterior (norte) también se protegen las áreas mediante otro sistema de pérgolas para impedir que el sol impacte de lleno en el muro lateral de la recámara dos, como se muestra en el detalle las sombras que provocan sobre el muro protegido.

Los elementos resaltados en azul nos muestran como son efectivos en su función de crear sombras y proteger de las inclemencias del sol a las áreas de mayor importancia antes mencionadas.

Desde esta perspectiva se aprecian los distintos elementos bioclimáticos pasivos que componen la protección de esta casa contra el clima caluroso de esta región, así como la variación de materiales que también realizan su trabajo dentro del sistema proyectado en esta propuesta.

Otro punto de importancia es la vegetación que se maneja en esta propuesta, al ubicar árboles de buen tamaño en la fachada sur para que generen sombra y una gran reducción de calor en la vivienda en general.

Cabe mencionar que se proponen árboles de hoja caducifolia que permitan el paso de la luz solar en invierno y la protección en épocas calurosas.

No menos importante son las demás plantas que se proponen, aunque no protejan directamente del sol crean un microclima que ayuda en las temperaturas del terreno, lo que beneficia en gran manera al confort y estadía de esta propuesta bioclimática de casa habitación.

#### 4. Conclusiones

En base a los desarrollos anteriores se extraen las siguientes conclusiones respecto del diseño, en cuanto a sus materiales, a la disposición de los recintos y a la orientación de éstos.

Es importante procurar que la altura de los techos sea de un mínimo de 3 m.

Asimismo, elegir plantas propias de la región, las cuales otorguen sombra y sean de bajo consumo de agua.

Es fundamental elegir la mejor orientación de la casa.

Se deben disponer las ventanas en la parte superior de los muros, así como sombreadores en el caso de requerirse.

Los nuevos proyectos de vivienda deben incorporar además estrategias para disminuir el ingreso energético, y reducir de esta manera los gastos de climatización artificial, y deben incluir instalaciones auxiliares que permitan satisfacer las necesidades de los usuarios con menor impacto al ambiente y ser atractivas financieramente.



## Bibliografía

INFONAVIT. *Programa Nacional de Vivienda Económica*. México. 2001. Disponible en: <http://www.infonavit.org.mx>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. *ISO7730: 2005 (E) Ergonomics of the thermal environment – analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort of the PPD indices and local thermal comfort criteria*. Ginebra, Autor. 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. *ISO7726: 1998 (E) Ergonomics of the thermal environment – instruments for measuring physical quantities*. Ginebra, Autor. 1988.

ZELLER, F. *Desafíos internacionales en la competitividad de la eficiencia energética en la edificación*. En: Foro Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación. 2004.