

# Vivienda bioclimática como dispositivo habitable

Pablo M. La Roche, Francisco Mustieles, Ignacio De Oteiza

## RESUMEN

Se presentan los conceptos que respaldan la propuesta "Habitar el dispositivo", premiada en el Concurso Internacional "25 Viviendas Bioclimáticas" promovido por el Instituto Tecnológico de Energías Renovables de Tenerife, organizado por el Colegio de Arquitectos de Canarias y homologado por la Unión Internacional de Arquitectos, en noviembre de 1995. Al contrario de la solución tradicional de añadir dispositivos a un proyecto de arquitectura, la propuesta integra conceptos bioclimáticos y arquitectónicos en un dispositivo habitable. Un modelo digital de la edificación, permitió estudiar su volumetría y asoleamiento en diferentes periodos del año, mientras que su comportamiento térmico se analizó con un programa de simulación en régimen dinámico. El promedio de personas satisfechas en días típicos de verano e invierno fue de 89,75%.

## ABSTRACT

### Bioclimatical house as a living device

This paper explains the main concepts supporting the project "Habitar el Dispositivo" which was awarded a prize in the International Competition "25 Bioclimatical Houses" promoted by the "Instituto Tecnológico de Energías Renovables of Tenerife", organized by the "Colegio de Arquitectos de Canarias" and sponsored by the International Union of Architects, in November 1995. As opposed to traditional bioclimatical houses which are generally designed adding bioclimatical devices to an architectural project; the integration of bioclimatical and architectural concepts in a livable device is proposed. A digital model of the project was built to analyze sunlight and shadow behavior and computer simulations permitted to determine thermal performance. Average thermal satisfaction was 89.5% during typical summer and winter 24 hour periods.

## DESCRIPTORES:

Arquitectura bioclimática  
Concurso de arquitectura  
Diseño arquitectónico  
Sistemas pasivos  
Vivienda

## INTRODUCCIÓN

Existen muchos principios de diseño bioclimático establecidos y de aceptación general, generalmente evaluados y comprobados a través de modelos experimentales o validaciones computacionales, que se pueden incorporar en el diseño de una vivienda bioclimática ubicada en lugares con tipos climáticos diferentes. Sin embargo, la determinación precisa de las características de estos sistemas (materiales, dimensiones, ubicación, etc.), requiere de su evaluación dentro de una propuesta arquitectónica a escala 1:1 tal y como se hará al estar construida esta propuesta.

Por otra parte, los conceptos de diseño arquitectónico y los conceptos de diseño bioclimático, frecuentemente son tratados por aparte, ocasionando que el arquitecto produzca una vivienda compuesta por una sumatoria de dispositivos antes que una obra de arquitectura, lo cual debería ser su objetivo principal.

En este trabajo se replantea el diálogo entre la arquitectura y el acondicionamiento ambiental. Se propone un modelo de vivienda que pretende ser "integral" por conjugar las tecnologías de acondicionamiento bioclimático con la arquitectura. Como principio de base para este reencuentro se asumió el *habitar los dispositivos bioclimáticos*, esto es, hacerlos formar parte del espacio del hombre.

Para explicar esta integración, el trabajo se presenta en tres partes: la primera parte explica los conceptos arquitectónicos que contribuyeron a conformar la creación del proyecto, luego se explica el proceso de diseño bioclimático y los principios y sistemas que se integran a la propuesta arquitectónica, y por último los conceptos tecnológicos que sirven de soporte al dispositivo arquitecturizado.

## A. LA ARQUITECTURA

### 1. La geografía y el territorio: fuego, mar y viento

En el sitio del ITER el compromiso de la edificación no es obviamente urbano sino geográfico. Ubicar una pieza arquitectónica en un territorio desprovisto de referencias construidas, nos ha obligado a posicionarnos en relación con los puntos cardinales y en relación con las naturalezas existentes en el lugar. Un doble juego, "cardinal" y geográfico, ha comandado pues la génesis del proyecto.

#### 1.1 El juego "cardinal"

Las referencias cardinales, como en el urbanismo romano del *cardus* y del *decumanus*, permiten posicionarse en cualquier geografía: es quizás el primer paso en la comprensión del territorio.

La vivienda propuesta, en el cuerpo de un rectángulo primario, dio ese primer paso mirando al norte. Después, vino la geografía...

#### 1.2 El juego geográfico: fuego, mar y viento

El Teide, el Atlántico y el viento son quizás las grandes geo-referencias del sitio: las tres naturalezas. (ver figura 1).

Si el cuerpo del rectángulo primario -el muro y la planta alta- mira al Teide y al mar, el alma del mismo -la "gran chimenea" triangular y la planta baja- acogen al viento mirando al noreste. Con dos rectángulos cruzados, un muro y una chimenea se responde a esa geografía.

El fuego, el mar y el viento conviven pues bajo un mismo techo. En el interior, el hombre se ubica en relación con esas tres naturalezas.

### 2. Arquitectura y acondicionamiento ambiental: habitar los dispositivos

La recomendada búsqueda de "sensaciones ambientales" en las exigencias del concurso, llevó a replantear el diálogo entre la arquitectura y el acondicionamiento ambiental, frecuentemente tratados por aparte. Se concibió un proyecto que pretende ser "integral" por conjugar arquitectura y acondicionamiento ambiental; como principio de base para este reencuentro se asumió el *habitar los dispositivos bioclimáticos*, esto es, hacerlos formar parte del espacio del hombre.

Es así que surge la *chimenea triangular habitada*, que orientada hacia el noreste, recoge los vientos y los pone a circular en el interior de la vivienda a través de un espacio habitado (ver figura 2).

Como segundo principio de base se buscó integrar los *dispositivos en un dispositivo arquitecturizado*, esto es, definitorios del espacio del hombre. Es así que

FIGURA 1  
GEO-REFERENCIAS QUE DETERMINAN LA FORMA

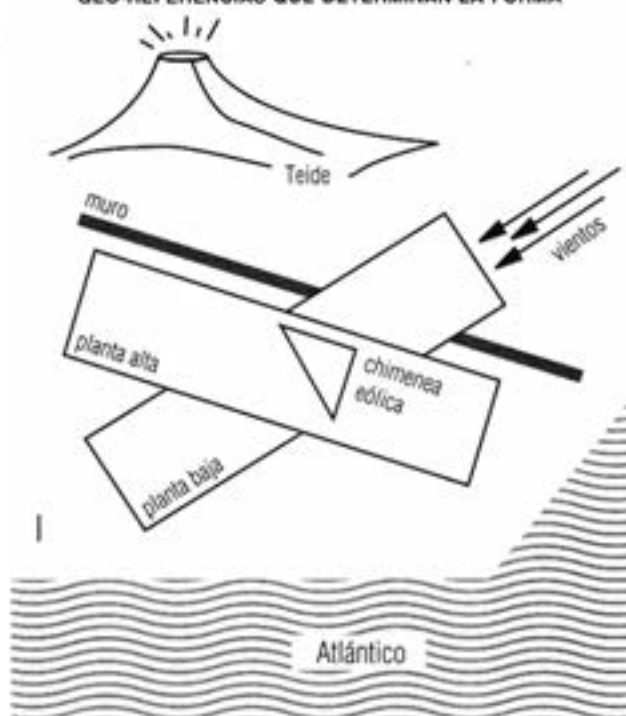
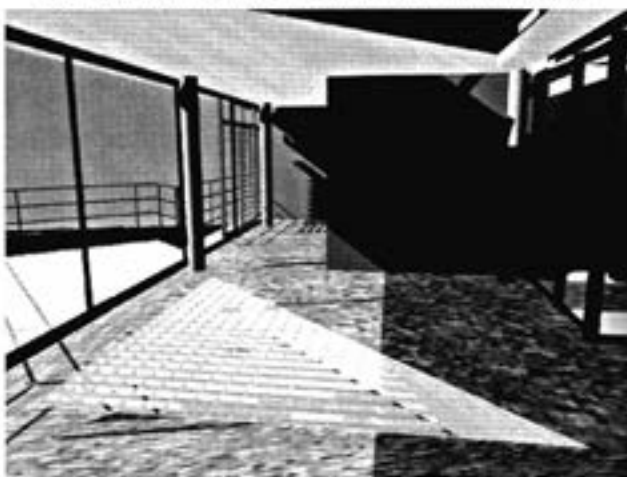


FIGURA 2  
IMAGEN INTERNA DE LA CHIMENEA TRIANGULAR  
HABITADA EN LA PLANTA ALTA.  
Simulación realizada el 21 de Diciembre a las 12:00 horas.



surge el *muro "fortran"* y *las zanjas de servicios*.

El *muro fortran* o *muro tarjeta*, acumula un sinnúmero de dispositivos en un gran muro con responsabilidades solares, de masa térmica y edíca. Estos dispositivos pasivos, en su mayoría de tecnología de baja gama, hospedados en el muro de lava, recuerdan la tecnología, hoy de baja gama, de la tarjetas perforadas de computación.

Circulaciones diversas se anclan al muro del lado interno e incluso alguna de ellas lo perfora contribuyendo a su vivencia; además ciertos nichos han sido previstos en la superficie del muro para acoger ciertas

FIGURA 3  
PLANTA BAJA



FIGURA 4  
PLANTA ALTA

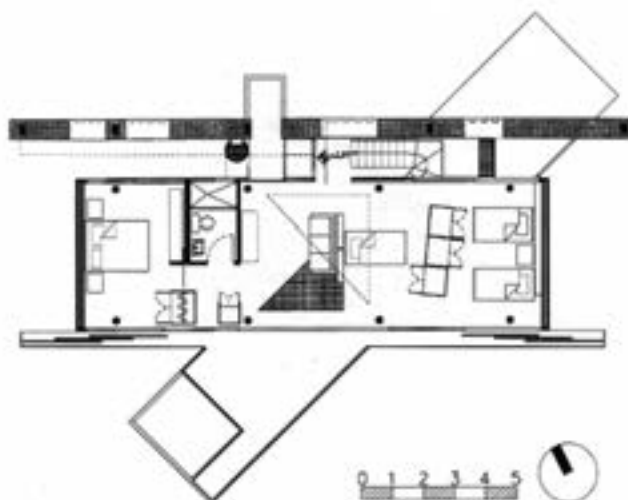


FIGURA 5  
FACHADA AL MAR VISTA DESDE EL SUR

Simulación el 21 de Septiembre y 21 de Marzo a las 12:00 horas.



aves locales. El espacio entre el muro "fortran" y la vivienda es aprovechado como fuente de penetración de iluminación natural hasta el corazón de la vivienda.

En las *zanjas de servicios*, nacidas para dar a luz al muro tarjeta, se alojan infraestructuras y servicios diversos. Dos zanjas fueron cavadas: en la *zanja azul*, zanja de lo sirviente, al pie del muro tarjeta, se instalan los acumuladores eléctricos (baterías), trastero (bicicletas, herramientas, jardinería, etc.), y el tanque de agua potable fría; en la *zanja negra*, zanja de lo servido, se instalan la tanquilla de aguas negras y los contenedores de desechos reciclables; en la intersección de ambas zanjas se ubica el compost a ser utilizado en el huerto doméstico.

### 3. Vivienda dual a repetición

Las dos plantas cruzadas de la vivienda juegan roles distintos: la planta baja se incorpora al suelo volcánico, y la planta alta se incorpora al territorio. Primera dualidad...

En la planta baja, en un espacio común conviven la sala de estar, el comedor y la cocina: un muro de entrada, un desnivel en el piso, una escalera y una franja de luz zenital son los elementos utilizados como divisorios en ese espacio. Los límites de borde se definen por razones climáticas y de privacidad cara al acceso (ver figura 3).

La planta alta también ha sido concebida como un espacio único en el cual se califican las habitaciones a través de objetos. En ese gran espacio, y aunque los científicos que la habitarán la ocuparán con carácter temporal, se ha diferenciado el espacio de la pareja -composición conocida-, del espacio de los hijos -composición desconocida-. El primero ha sido concebido como *inmutable*, y el segundo como *mutable*. Segunda dualidad... El espacio *inmutable* ha sido definido con el objeto-baño y con objetos-armarios inamovibles; el espacio *mutable* puede modificarse con los objetos muebles desplazables que lo dividen (estanterías, armarios, etc.). (ver figura 4).

La planta alta consta tan sólo de dos "fachadas": la fachada al Teide y la fachada al mar, la fachada pesada y la fachada ligera, la opacidad y la transparencia, la fachada del mirar puntual -al Teide-, la fachada del mirar horizontal -al mar-. Tercera dualidad... (ver figura 5).

La fachada al Teide ha sido extraída del propio fuego, de la lava: un muro espeso de 60 centímetros en tierra volcánica. La mirada al Teide es puntual como él: un balcón blanco, atravesando el espesor, permite otearlo en la lejanía. (ver figura 6).

La fachada al mar se viste y desviste a voluntad: se cubre con celosías en verano (fachada corrediza de celosías), se desviste en invierno (fachada acristalada corrediza).

Las habitaciones conviven pues entre esas naturalezas: el fuego en el muro espeso, y el mar en el horizonte.

## B. LO BIOCLIMÁTICO

### 1. Análisis climatológico

Se promediaron los valores de las tablas meteorológicas de 1993 y 1994, y se graficaron en la carta psicrométrica, según el método de Givoni (1976), permitiendo examinar su relación con la zona de bienestar térmico y las diferentes estrategias de diseño. Entre los meses de noviembre a mayo, los valores en la madrugada están principalmente ubicados en la zona de requerimientos de *calentamiento pasivo* del edificio, y al mediodía, en la zona de *bienestar térmico*. Entre los meses de Junio y Noviembre, los valores se ubican en la zona de *bienestar térmico* en las horas de la madrugada, y en la zona de *ventilación de bienestar* cerca del mediodía. (ver figura 7).

Utilizando el método de Fanger (1984), se calculó el bienestar térmico y los porcentajes de satisfechos con los valores de temperatura de bulbo seco (TBS) y humedad relativa (HR) externos y diferentes velocidades del aire y temperatura media radiante (TMR). Se combinaron los valores de temperatura promedio máximos con los de humedad a las 13 horas, y los valores de temperatura promedio mínimos con los de humedad a las 6 horas. Se efectuó el análisis seis veces con valores de 0,8 CLO para la ropa, 1,2 MET para el nivel de actividad, y  $TBS = TMR$  y con diferentes velocidades de aire: las velocidades promedio exteriores indicadas en las tablas (el valor con TBS mínima se asume como mínimo nocturno y el valor con TBS máxima se asume como máximo diurno) con velocidad del aire de 2 m/s; con velocidad del aire de 0,50 m/s; con velocidad del aire de 0,15 m/s. Luego se realizó otro análisis con velocidad del aire de 0,15 m/s; modificando la vestimenta a 1,5 CLO y con TMR un  $1^{\circ}\text{C}$  superior a la TBS, simulando calentamiento de las paredes internas mediante algún sistema solar pasivo. (ver figura 8).

El comportamiento climático del sitio se puede dividir en dos periodos: "Invierno", diciembre a mayo, similar a la primavera de un país de mayor latitud, y "Verano" desde julio hasta octubre.

A partir del análisis climatológico y de bienestar se determinaron requerimientos de ventilación y asoleamiento. En algunas oportunidades como al mediodía de verano, es necesario contar con movimiento de aire (0,50-2m/s) para lograr el bienestar térmico incrementando la rata de evaporación de sudor de la piel y el enfriamiento evaporativo. Pero en otras oportunidades como en las noches invernales, se debe reducir al

FIGURA 6  
FACHADA AL TEIDE VISTA DESDE EL NOR ESTE.  
Simulación el 21 de Junio a las 8 AM

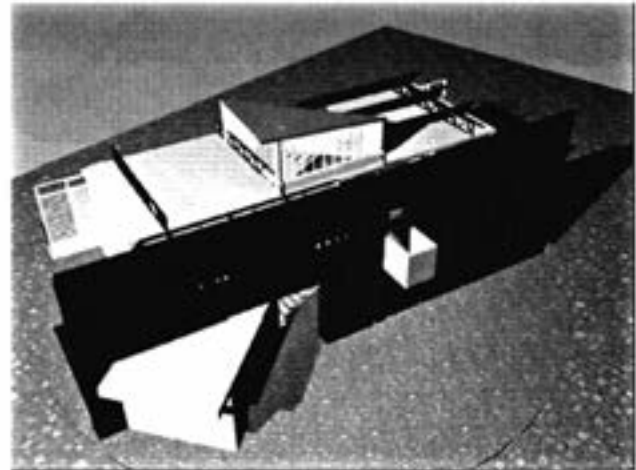
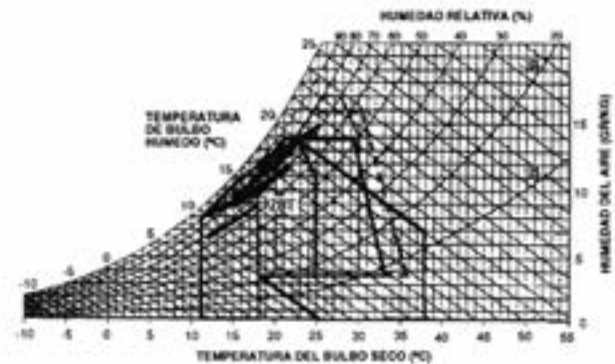


FIGURA 7  
VALORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA MÁXIMO Y MÍNIMO PROMEDIO MENSUALES.



mínimo su velocidad (0,10 m/s), para evitar la disminución de la temperatura aparente. (ver figura 9).

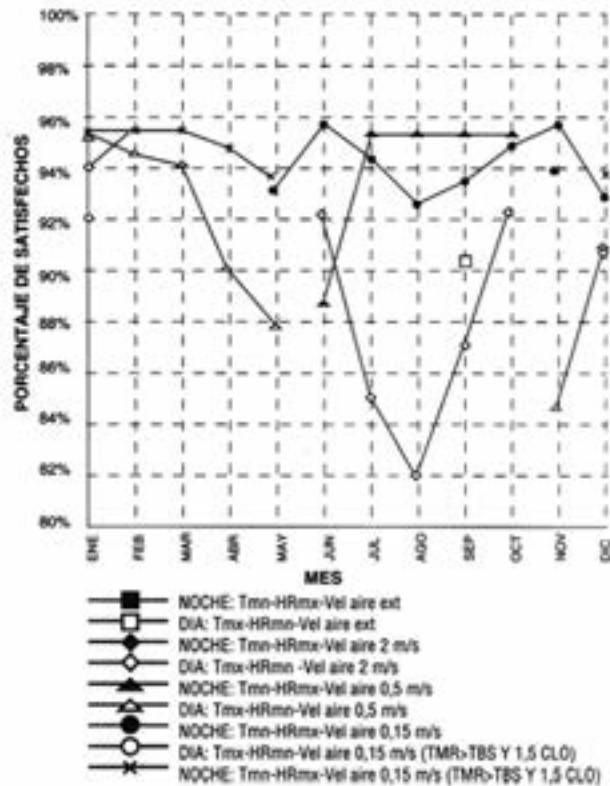
Con respecto al sol, también es necesario un uso selectivo, ya que en invierno la radiación solar es necesaria, pero en verano es perjudicial y se debe evitar la ganancia de calor al interior, ya que al elevar las Temperaturas Superficiales Internas (TSI) se elevará la TBS interna, alejándonos de la zona de bienestar térmico (ZBT).

### 2. Estrategias de diseño

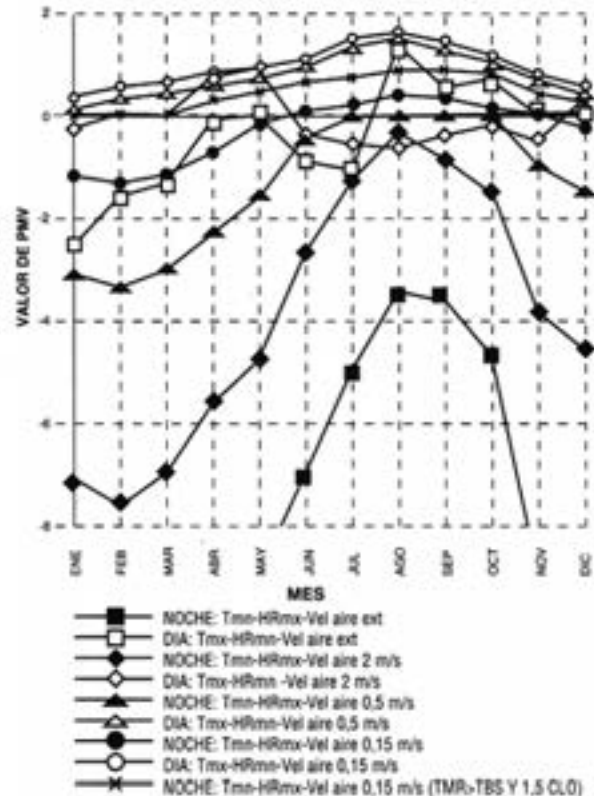
Se buscó diseñar un edificio flexible en cuanto al manejo del sol y el viento, permitiendo la regulación independiente según los requerimientos. Se han diseñado dos sistemas para el control de estos elementos: Sistema Regulador Solar (SRS) y Sistema Regulador Eólico (SRE). Además se propone el Sistema Regulador Masa (SRM) para controlar las oscilaciones extremas producidas por excesos de estos sistemas. En cada uno de estos sistemas reguladores se utilizan diversas técnicas bioclimáticas y sistemas pasivos de enfriamiento o calentamiento.

Las técnicas bioclimáticas permiten disminuir las ganancias de calor por conducción, radiación y convec-

**FIGURA 8**  
MEJORES ÍNDICES DE SATISFACCIÓN DETERMINADOS SEGÚN HR, TBS Y VELOCIDADES DE AIRE EXTERIORES CON ALTERNATIVAS DE TMR INTERIORES.



**FIGURA 9**  
VALORES DE PMV (MÉTODO DE FANGER) CON HR, TBS Y VELOCIDADES DE AIRE EXTERIORES CON VARIACIONES DE TMR Y CLO.



ción a través de muros y ventanas en verano, y disminuir las pérdidas de calor desde el interior al exterior en invierno. Son una condición necesaria para poder aplicar eficientemente sistemas pasivos de enfriamiento o calentamiento y se pueden aplicar a diversas escalas.

Los sistemas pasivos de enfriamiento transfieren la energía incidente hasta depósitos energéticos naturales, como el aire, la atmósfera superior, el agua y la tierra. Aplicando estos sistemas podemos disminuir la temperatura promedio del aire en el interior de la vivienda en verano, por debajo de la temperatura externa. Los sistemas pasivos de calentamiento se refieren a sistemas que almacenan y distribuyen energía solar sin necesidad de ayuda de controladores complejos para su distribución.

**2.1. Orientación**

Afecta a todos los sistemas. La orientación del edificio responde al sol y al viento. La planta alta está orientada con su eje principal en sentido este-oeste, respondiendo a la orientación solar. La planta baja está orientada a 45 grados con respecto a la planta alta respondiendo a los vientos dominantes del noreste. En la intersección de los dos volúmenes y orientados hacia el noreste se ubica la chimenea eólica triangular.

Ambos volúmenes se han rotado 17.5 grados como compromiso de los dos sistemas para poder aprove-

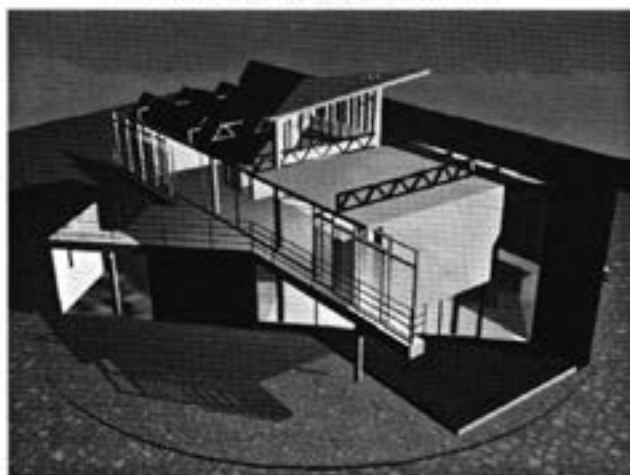
char mejor el sol y el viento. La rotación permite mayores aportes en las tardes de invierno en las fachadas transparentes, funcionando mejor como colector de energía térmica para la noche y logra un mejor efecto protector del muro tapial (muro tarjeta) en las mañanas de verano sobre el volumen principal y sobre el área de servicio en las tardes. La rotación también permite un mejor aprovechamiento de los vientos a través del muro tapial y de los vientos dominantes del este en verano a través de la chimenea eólica. Igualmente el muro protege de los vientos fríos de invierno. (ver figura 10).

**2.2. Sistema Regulador Solar (SRS)**

El SRS es el encargado de manipular los componentes que modifican el comportamiento de la radiación solar:

1. En la fachada sur de las habitaciones de planta alta se proponen celosías externas de madera operable sobre rieles, cristales corredizos y cortinas aislantes nocturnas.
2. En la sala de planta baja: vidrio con cortinas aislantes internas. El volumen superior funciona como protección solar en verano.
3. El **muro tarjeta** funciona como protección solar. Dentro del SRS actúa el sistema pasivo de calentamiento **ganancia solar directa** y la técnica bioclimática de **protección solar de las aberturas en verano**.

FIGURA 10  
VISTA SURESTE.  
Simulación el 21 de Junio al las 8:00 horas



### 2.2.1. Ganancia solar directa

Permite aportes de energía al interior del edificio durante el día, que se almacenan para ser utilizados durante la noche. Los ventanales permiten la entrada de radiación en días de invierno, con paneles corredizos de celosías que se utilizan para evitar sobrecalentamiento. En la noche se baja la cortina térmica, para evitar pérdidas de energía por radiación nocturna desde hacia el exterior a través del ventanal.

La caja acristalada de la escalera proporciona iluminación zenital a la cocina; en verano se protege con un elemento basculante de entramado metálico industrial (*grating*), externo a la caja, y anclado al muro tarjeta; además, se ventila a través de aberturas laterales y las existentes en el muro tarjeta, las cuales pueden ser cerradas con ventanas basculantes de vidrio cuando así se requiera.

### 2.2.2. Protección solar de aberturas en verano

Todas las aberturas, a excepción de la ventana de la fachada suroeste de la sala, la cual recibe un rayo de sol que penetra toda la planta baja en el atardecer del solsticio de invierno, están adecuadamente protegidas en verano. La planta alta tiene un mecanismo operable de celosías permeables al viento e impermeables a la luz, que permiten regular la entrada de radiación a los dormitorios, evitando sobrecalentamiento.

### 2.3. Sistema Regulador Eólico (SRE)

El SRE es el encargado de modificar las condiciones del ambiente internas por transferencias de energía desde el edificio hacia el aire. Todos los componentes del sistema regulador eólico se pueden cerrar y abrir por completo.

Está compuesto por los siguientes dispositivos:

1. Chimenea eólica: orientada hacia el noreste para aprovechar los vientos dominantes que proceden de este primer cuadrante. El proyecto se concibe como

un dispositivo habitable, por lo tanto la chimenea no es un espacio adicional del edificio, y lo penetra en el punto de intersección de los dos volúmenes, siendo el espacio debajo de la chimenea eólica habitable, con una abertura en el forjado, cubierta de entramado metálico industrial (*grating*), el cual permite el paso del aire a través de él, distribuyéndose por difusores en la planta baja.

2. Aberturas en las fachadas de los volúmenes: en forma de ventanas de piso a techo operables en los volúmenes de planta baja y planta alta.

3. Aberturas en el muro solar eólico: orientado NNE, permitiendo aprovechar los vientos del norte y parcialmente los del este.

4. Dispositivos para enfriamiento evaporativo: Debajo de la entrada de aire de la chimenea eólica y en las aberturas principales del muro tapial existen envases con agua circulante, los cuales permiten disminuir la temperatura del aire por enfriamiento evaporativo del aire.

En este sistema actúan los siguientes sistemas pasivos de enfriamiento:

#### 2.3.1. Enfriamiento convectivo nocturno

La ventilación nocturna enfría la masa interna presente en pisos, paredes y muro tapial del edificio durante la noche, disminuyendo su TSI acercándose a la TBS externa y por lo tanto disminuyendo la TBS interna. Cuando se utiliza enfriamiento convectivo nocturno la ventilación durante el día generalmente no es deseable ya que la masa interna se calienta a temperaturas superiores a la del aire, sin embargo es posible la aplicación de enfriamiento convectivo nocturno combinado con ventilación de bienestar cuando las temperaturas exteriores en verano no superen los 30 grados, que es el caso de la mayor parte de los días de verano en el lugar. En este caso la TSI durante el día por el enfriamiento convectivo nocturno y de la sombra producida durante toda la mañana por el muro tapial, permitirá mantener la TBS cercana a los valores de bienestar.

#### 2.3.2. Ventilación de bienestar

Provee ventilación directa para incrementar el bienestar humano. Se aprovechan las altas velocidades de aire para extender la zona de bienestar térmico hasta los valores de bienestar con mayor velocidad del aire. Todos los espacios están dotados de aberturas para entrada de aire y para salida de aire, siendo el elemento dominante la chimenea eólica.

#### 2.3.3. Enfriamiento evaporativo directo

Disminución de la temperatura interna por humidificación del aire. Este sistema pasivo de enfriamiento es aplicable en zonas áridas con poca humedad. Las aberturas del muro tapial y de la chimenea eólica presentan envases con agua circulante, los cuales se

pueden activar para disminuir la temperatura del aire sobre ellos por enfriamiento evaporativo, disminuyendo la temperatura del aire que penetra en el interior del edificio, manteniendo la TSI de la masa térmica y por lo tanto la TBS interna con valores aceptables durante periodos de tiempo mayores.

#### 2.4. Sistema Regulador Masa (SRM)

Contribuye a regular las oscilaciones extremas producidas por aportes o pérdidas en los SRE y SRS. Comprende las técnicas bioclimáticas que se especifican a continuación y donde el componente más importante es la adecuada ubicación de masa térmica y el material aislante.

##### 2.4.1. Masa térmica

Se utiliza masa térmica en el interior del edificio para almacenar calor en los días de invierno y frío en las noches de verano. Se utiliza aislante térmico en el exterior de esta masa, para evitar pérdidas de calor inconvenientes desde el interior al exterior en invierno y ganancias desde el exterior al interior en verano.

Se utiliza masa térmica en:

1. La placa de hormigón con recubrimiento de terrazo gris y base de piedras basálticas del sitio en el pavimento de la planta baja del piso de la sala.
2. En el muro solar eólico.
3. En las fachadas más angostas del volumen de habitaciones (este y oeste).
4. En entepiso: forjado de hormigón con recubrimiento de terrazo gris.

##### 2.4.2. Aislantes térmicos

La envolvente está aislada para evitar las ganancias de calor por conducción en verano y las pérdidas por conducción en invierno. Los valores de las paredes y techos superan ampliamente los valores mínimos de las normas NBE CT-79 establecidos para las Islas Canarias, las cuales aunque son para edificios que permanecerán cerrados, el cual no es el caso de la propuesta, sirven como referencia para evaluar efectividad. Por ejemplo, el valor del coeficiente de transmisión térmica propuesto para la cubierta es de  $0,20 \text{ m}^2/\text{°C W}$ , muy inferior al valor máximo de  $1,40 \text{ m}^2/\text{°C W}$  exigido por la norma. Se ha utilizado en muchos lugares materiales y técnicas del sitio, tanto para los aislantes como para los sistemas constructivos.

##### 2.4.3. Colores claros externos

El color externo de las fachadas es blanco con absorptividad de 0.21, lo cual disminuye la ganancia de calor por conducción, lo cual es necesario en verano. En invierno la ganancia de calor hacia el interior se realiza por radiación a través de las aberturas vidriadas.

##### 2.4.4. Elementos de sombra

La superposición de volúmenes cruzados genera áreas sombreadas exteriores que disminuyen las ga-

nancias internas en el verano y generan TBS externas inferiores cercanas al edificio: el edificio deviene árbol, y no necesita riego...

El muro tapial sirve también como gran elemento de protección solar para el edificio, especialmente en las mañanas de verano. Las fachadas al este y oeste están bien aisladas en la planta alta y protegidas por ésta en la planta baja.

##### 2.4.5. Protección contra el viento en invierno

El muro tapial sirve como regulador de las condiciones externas hacia el interior. Protege de los vientos fríos en invierno pero presenta aberturas con ventanas operables que permiten la ventilación de bienestar en verano; el espesor del muro actúa como protección solar, evitando la entrada de radiación directa por estas aberturas.

Las ventanas de celosías externas además de funcionar como protección solar, se pueden cerrar en las noches de invierno para proteger a la fachada acristalada de las pérdidas por convección y del aumento de las pérdidas por conducción debido al aumento del coeficiente de película superficial del vidrio.

### 3. Dispositivos generadores de calor y electricidad

#### 3.1. Calentamiento solar del agua

Se ha escogido un sistema calentador solar con regulador y circulador. La inclinación de los colectores de agua caliente es  $55^\circ$ , con una superficie total de  $8\text{m}^2$ , los cuales permiten un aporte continuo durante todo el año, especialmente durante el invierno, cuando la TBS exterior será inferior. Ellos se ubican en el tope del muro tarjeta.

Un tanque de almacenamiento de agua caliente para uso doméstico con capacidad para 1500 litros está ubicado en la parte alta del muro tarjeta conectado a los colectores solares.

#### 3.2. Generación de electricidad

Se decidió utilizar celdas fotovoltaicas para la generación de electricidad en la vivienda, disminuyendo los costos de un sistema híbrido. Se ubican en la parte oeste de la cubierta de la vivienda, orientadas al sur, sin ser afectadas por la sombra de la chimenea edílica y por el muro tarjeta. En la vivienda se proponen los artefactos eléctricos con 12 voltios para eliminar la necesidad de instalar un inversor de corriente, ahorrando costo y pérdidas de energía. Se utilizan 17 módulos MSX-120 o similares, c.c.: capacidad de  $120 \text{ W c/u}$  (superficie  $22\text{m}^2$ ), conectados en serie con una potencia pico de 2040 vatios. La inclinación de las celdas es de  $55$  grados, proporcionando los valores máximos promedio diarios durante todo el año, entre  $5$  y  $6 \text{ kWh/m}^2$  y la máxima eficiencia en cuanto a  $\text{Amp}\cdot\text{hr}/\text{día}$ . Tres baterías indus-

triales tipo SEC T11-19 con un peso total de 207 kg. y carga de 4485 Amp-hr, conectadas en paralelo y con capacidad de almacenamiento para 7,30 días. La relación carga por energía solar y descarga por equipo es cercana a 1.25 durante todo el año.

#### 4. Conceptos eco-bioclimáticos

Se trata de buscar un concepto bioclimático ecológico integral, por lo que se han introducido en el proyecto otros conceptos que contribuyan a preservar el medio ambiente.

##### 4.1. Clasificación de basura

Se propone un sistema de clasificación de basura, ubicado en la zanja negra, con clasificación de desechos inorgánicos (papel y cartón, aluminio y vidrio), y orgánicos (generador de compost).

##### 4.2. Recirculación de agua jabonosa

Recirculación de agua jabonosa para el W.C. y para el riego, e instalación de dispositivos ahorradores de agua en la ducha y en el inodoro.

##### 4.3. Cultivo de hortalizas

En la zona norte de la parcela y conectada funcionalmente con el área de servicios se propone un área para cultivo de hortalizas, aprovechando el generador de compost y la recirculación de agua. En la zona al sur de la vivienda se utiliza el verde como recurso bioclimático para disminuir la temperatura del aire. El muro tarjeta también se utiliza como recurso recubierto de vegetación en las superficies próximas a las habitaciones.

#### 5. Simulación informatizada

Para el análisis de la propuesta se utilizó el programa de simulación informatizada de comportamiento térmico de edificaciones en régimen dinámico "CODY-BA", (Brau, Roux, Depecker, 1987), diseñado por el INSA de Lyon, Francia. Se utilizaron los datos meteorológicos del aeropuerto Reina Sofía y se realizaron dos simulaciones: una para un día típico de verano, el 15 de julio, y otra para un día típico de invierno, el 15 de enero. Los datos fueron obtenidos después de un periodo de inicialización de tres días. El porcentaje de satisfechos con las condiciones internas fue calculado con el método Predicted Mean Vote (PMV) de Fanger, el cual ya es una referencia internacional para ambientes térmicos moderados. Para el análisis se simula con un individuo de sexo masculino, 75 kg. de peso, altura 1,70 mts, sentado y realizando una actividad moderada 81 W/m<sup>2</sup>. En invierno se asumió ropa abrigada con 1.2 CLO y velocidad del aire de 0,10 m/s. En verano se asumió ropa de primavera con 0,80 CLO y velocidad del aire de 1,50 m/s. Para determinar las modificaciones de temperatura interna por enfriamiento evaporativo, se utilizaron las ecuaciones propuestas por (Givoni, 1994, p 171).

También se utilizó el programa ASICLIMA (La Roche, 1995) para determinar la trayectoria solar en diferentes días del año, Transmitancia térmica, y flujos de calor a través de planos de fachada.

##### 5.1. Comportamiento térmico de la edificación en invierno: horas diurnas.

El sistema pasivo de calentamiento por *Ganancia solar directa* complementado con las técnicas bioclimáticas: *orientación adecuada, masa térmica y aislamiento térmico* producen temperaturas promedio diurnas de 21,2 °C en la planta alta y 21,6°C en la planta baja, en comparación al promedio externo diurno de 19,6 °C. El porcentaje de satisfechos promedio durante el día tipo de invierno es de 87% y 86% respectivamente. (ver figura 11).

##### 5.2. Comportamiento térmico de la edificación en invierno: horas nocturnas.

El sistema pasivo de calentamiento por *ganancia solar directa* complementado con las técnicas bioclimáticas *orientación adecuada, masa térmica, aislamiento térmico y protección contra el viento*, generan temperaturas promedio diurnas de 21,1 °C en la planta alta y 20,7°C en la planta baja en comparación al promedio externo diurno de 17,5 °C. El porcentaje de satisfechos promedio es de 90% y 87% respectivamente. (ver figuras 12, 13 y 14).

##### 5.3. Comportamiento térmico de la edificación en verano: horas diurnas.

Los sistemas pasivos de enfriamiento: *ventilación de bienestar y enfriamiento evaporativo* complementado con las técnicas bioclimáticas *orientación adecuada, masa térmica, aislamiento térmico, colores claros externos, protección solar de las aberturas, elementos de sombra y adecuado trabajo exterior*, generan temperaturas promedio diurnas internas resultantes de 24,9 °C en la planta alta y 24,8 °C en la planta baja en comparación al promedio externo diurno de 25,1 °C. El porcentaje de satisfechos promedio es de 91% y 89% respectivamente. (ver figura 15).

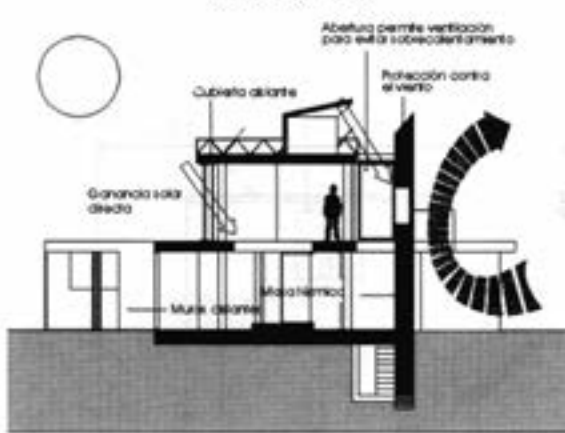
##### 5.4. Comportamiento térmico de la edificación en verano: horas nocturnas.

Los sistemas pasivos de enfriamiento: *ventilación de bienestar y enfriamiento convectivo nocturno* de la masa térmica complementado con las técnicas bioclimáticas: *orientación adecuada, masa térmica, aislamiento térmico*, generan temperaturas promedio diurnas de 24,1 °C en la planta alta y 24,5 °C en la planta baja en comparación al promedio externo diurno de 22,8 °C. El porcentaje de satisfechos promedio es de 94% en ambos casos. (ver figuras 16, 17 y 18).

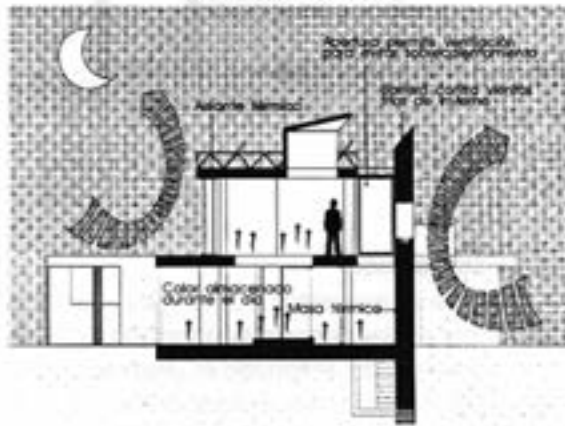
Los resultados de las simulaciones realizadas a la propuesta presentada, indican un promedio de 89,75% de personas satisfechas durante todo el año.



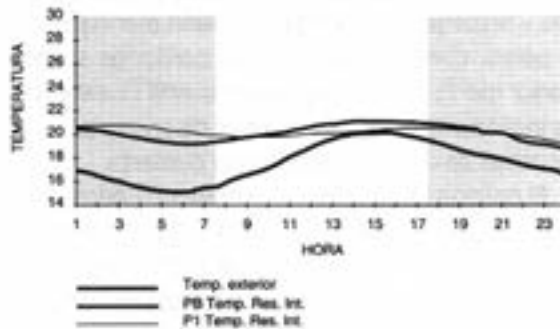
**FIGURA 11**  
SISTEMAS Y DISPOSITIVOS QUE ACTÚAN EN INVIERNO:  
HORAS DIURNAS



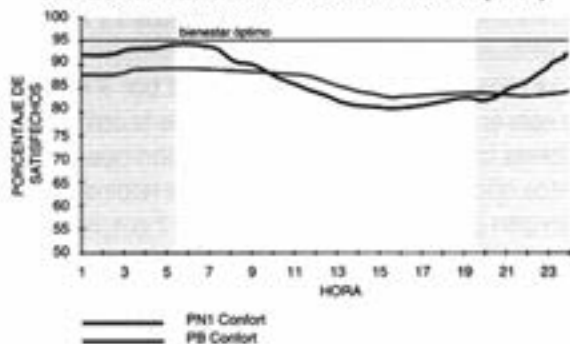
**FIGURA 12**  
SISTEMAS Y DISPOSITIVOS QUE ACTÚAN EN INVIERNO:  
HORAS NOCTURNAS



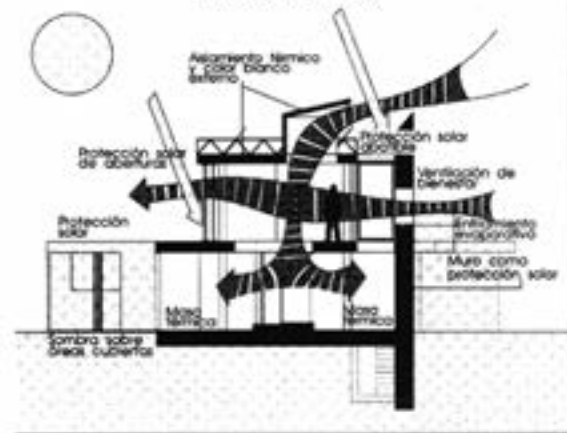
**FIGURA 13**  
TEMPERATURAS INTERNAS EN INVIERNO (15/01).



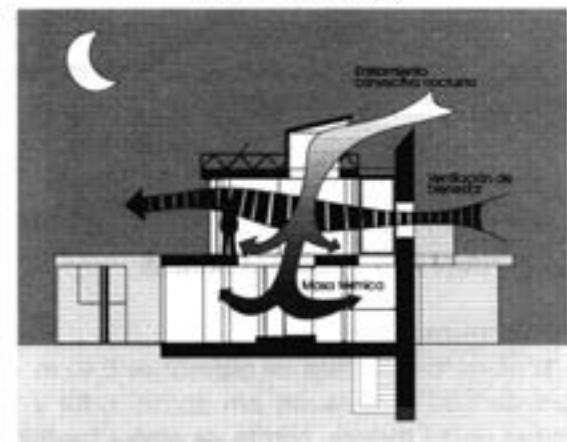
**FIGURA 14**  
BIENESTAR TÉRMICO EN INVIERNO (15/01).



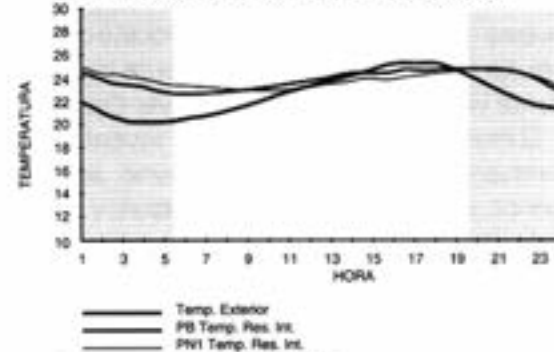
**FIGURA 15**  
SISTEMAS Y DISPOSITIVOS QUE ACTÚAN EN VERANO:  
HORAS DIURNAS



**FIGURA 16**  
SISTEMAS Y DISPOSITIVOS QUE ACTÚAN EN VERANO:  
HORAS NOCTURNAS



**FIGURA 17**  
TEMPERATURAS INTERNAS EN VERANO (15/07)



**FIGURA 18**  
BIENESTAR TÉRMICO EN VERANO (15/07)

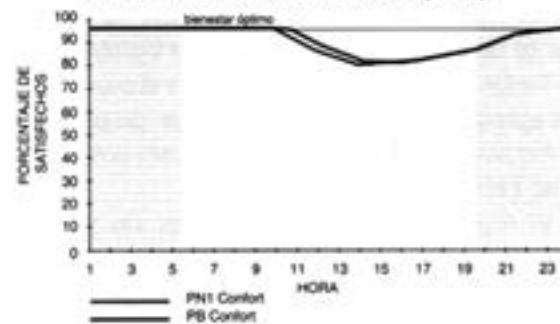
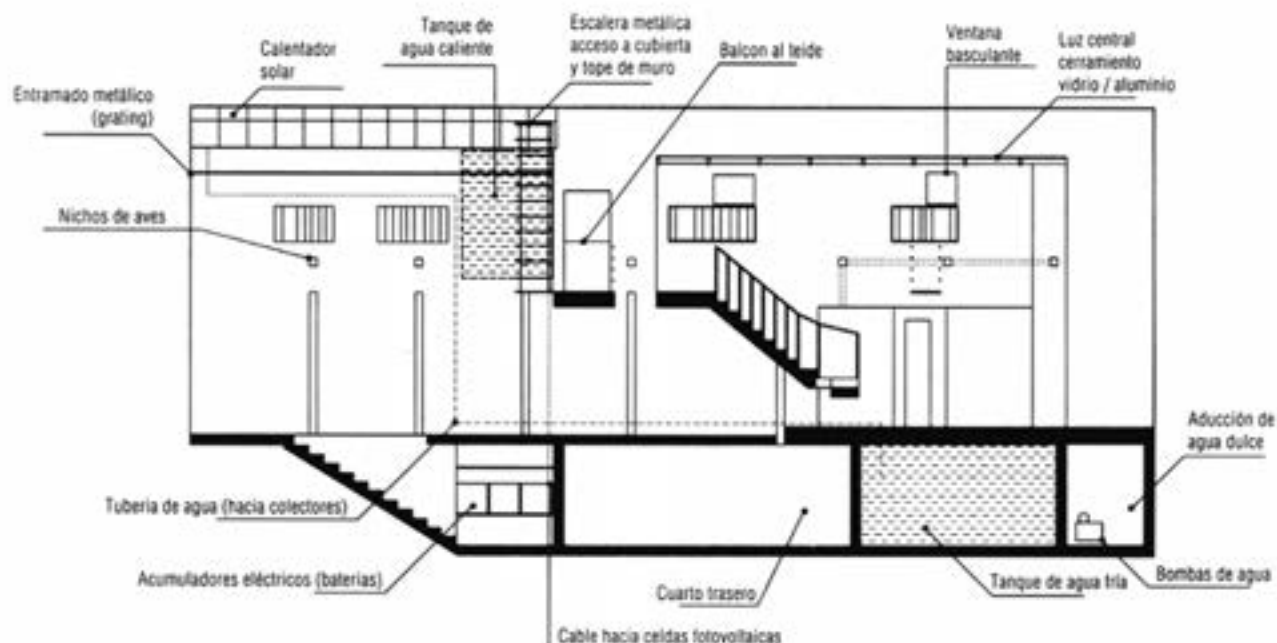


FIGURA 19  
DISPOSITIVOS INCORPORADOS EN EL MURO TAPIAL



## C. LA ESTRUCTURA Y LOS MATERIALES

### 1. El muro tapial

El muro fortran tiene un espesor de 0,60 m, una altura de 6.50 m (relación e/h aprox. 1/10) y una longitud de 19 metros; consta de piedra basáltica y tierra compactada, con aglomerante a base de cal muerta con una pequeña proporción de puzolanas y cemento en caso de requerirse. El proceso constructivo es del tipo tradicional utilizado en las Islas Canarias durante varios siglos (S.XVI - S.XIX). (ver figura 19).

El muro tiene perforaciones de acuerdo a los requerimientos de ventilación; así mismo, en su parte superior, se ubican los colectores solares, y un tanque de almacenamiento de agua caliente (incluido en el espesor del muro) con una capacidad de 1.500 litros; en su parte inferior, se ubican los acumuladores de electricidad (baterías), y otros dispositivos de ventilación y extracción de aire. Anexo al muro existe una zanja (2x1,20 m) donde se ubican el tanque de almacenamiento de agua fría y los equipos de bombeo.

De los materiales requeridos para el muro, la tierra y los agregados de piedra se obtendrán del propio sitio: del movimiento de tierra necesario para la nivelación y de las zanjas.

El muro contiene en su interior un pórtico en hormigón armado que se realiza a medida que se levanta el tapial y cuya función es rigidizar y sostener los dispositivos ubicados en el mismo.

### 2. La edificación

Estructura en esqueleto, conformada por cimientos, columnas y vigas de hormigón armado incluidas en el espesor del forjado. El forjado es unidireccional con viguetas prefabricadas de hormigón armado y bloques huecos porosos del mismo material.

Las luces entre columnas y vigas es de 4 metros. La cubierta está sostenida con celosías de acero galvanizado y protegidas contra la corrosión marina y erosión del polvo, conformadas por los cordones superior e inferior (perfil T) y las diagonales (perfil L); éstas tienen una inclinación de 55° para servir de apoyo a las celdas fotovoltaicas que se ubican en la cubierta.

El cordón inferior de la celosías nos permite colocar una cubierta ligera con cámara de aire, colocando internamente un entramado de tubos rectangulares para sostener en la parte inferior placas de cartón yeso y en la parte superior un tabique tipo sandwich de dos láminas de fibro-cemento (5 mm. de espesor) y alma de poliestireno; la lámina se impermeabilizará y se pintará con pintura reflectante aluminizada.

La chimenea eólica está sostenida por 3 columnas que sobrepasan la cubierta; la placa de la chimenea es de forma triangular y con una inclinación que capta los vientos dominantes del N y NE; es una lámina plana de hormigón armado con un espesor de 7 cm. recubierta con poliuretano y protegida con la impermeabilización y la pintura.

### 3. Los materiales de construcción

Además de los materiales con los que se realiza la estructura en la vivienda, se propone predominantemente el uso de aquellos materiales que se produzcan en la isla.

- Paredes exteriores: muros de doble tabique de bloque hueco de hormigón (e=10cm) con cámara de aire (5 cm.); enlucido de yeso la parte interna y revoco de arena-cemento con pintura blanca en la parte externa.
- Paredes interiores: se reducen a los espacios de las salas sanitarias; pared en bloque hueco de hormigón (e=10cm) con enlucido de yeso.
- Fachadas acristaladas en planta alta: vidrio de suelo a techo con carpintería de aluminio; la fachada sur está protegida con celosías de madera moduladas (persiana mallorquina), que permiten replegarse en los extremos por medio de rieles.
- Entramado metálico industrial (grating): se usa como respiradero en el entrepiso apoyado en el forjado. Pasillo de servicio en la cara sur del muro tarjeta (50 cm.) para mantenimiento de los dispositivos; se sostiene en ménsulas de hormigón armado, empotradas en el muro y en una viga horizontal del pórtico interno.
- Escalera: en hormigón armado apoyada en el forjado y en la planta baja.
- Divisiones interiores: como objetos móviles o no, se disponen los armarios en la planta alta realizados con tableros cartón-yeso sobre estructura de perfiles en chapa metálica.

El costo estimado de la propuesta es de 16.000.000 pesetas o aproximadamente 130.000 dólares.

### 4. Conclusión

Es posible aplicar los conceptos de diseño bioclimático a una obra de arquitectura evitando que las técnicas y sistemas utilizados se comporten como una sumatoria de dispositivos a una vivienda. Esto permitirá mayores posibilidades de incorporar los dispositivos de diseño bioclimático a nuevas propuestas arquitectónicas, las cuales tendrán un mayor grado de aceptación por parte de sus usuarios y de la comunidad arquitectónica internacional.

Una simulación preliminar del comportamiento térmico de la vivienda ha generado resultados aceptables, con un porcentaje de satisfacción del usuario cercano al 90%. Esto indica una adecuada aplicación de las diferentes técnicas bioclimáticas y sistemas pasivos en el diseño. Sin embargo, el monitoreo de las condiciones térmicas dentro de la vivienda, conjuntamente con la evaluación de la obra por sus usuarios (investigadores en alquiler temporal) permitirá evaluar con mayor precisión el comportamiento de la propuesta como dispositivo habitable.

#### Agradecimientos

A las estudiantes Claudia Urdaneta y María Verónica Machado, integrantes del equipo durante la elaboración de la propuesta; a los arquitectos José Luis Angarita, Zamira Quintana, Yuri Faneite, Alberto Stanford, Nervinson Soles y Leonardo Casado colaboradores en la elaboración del modelo digital de la propuesta; a la Facultad de Arquitectura de la Universidad del Zulia, especialmente a la División de Postgrado por facilitarnos el espacio físico y el equipo de computación necesario para realizar la propuesta; y a la arquitecto Pilar De Oteiza por enviarnos valioso material desde España.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAU J., ROUX J.J., DEPECKER, P., Micro-informatique et comportement thermique des bâtiments en régime dynamique: CODYBA, *Génie Climatique*, 11, 15-23 (1987).

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines, *Energy and Buildings*, 18, N 1, 11-23, (1992).

GIVONI, B., *Man Climate and Architecture*, 2nd edn. Applied Science Publishers, London (1976).

GIVONI, B. *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*. Van Nostrand Reinhold, 263 p. New York (1994).

LA ROCHE, P. *Herramienta automatizada para el diseño bioclimático de edificaciones: ASICLIMA*. Tecnología y Construcción, 11, 19-29 (1995)

Norma Básica de la Edificación. Condiciones Térmicas de los edificios. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. CT-79. Octava reimpression. Madrid España. (1994).

Tablas climáticas Aeropuerto Reina Sofía/Tenerife Sur, Islas Canarias. Latitud 28° 2' 34" N, Long 16° 34' 14" W. Altura 64 mts. Periodo 1961-90.

# TECNOLOGIA Y CONSTRUCCION EN EL WORLD WIDE WEB

La Revista Tecnología y Construcción participa la creación de su página de presentación o *Home Page*, en el World Wide Web, la cual es accesible en:

<http://www.Luz.ve/Arq/TyC.New/tycindi.htm>

En esta Página de Presentación se incluye:

- Información institucional sobre los editores y coeditores: la Universidad Central de Venezuela y La Universidad del Zulia.
- El campo del conocimiento en el cual se inscribe la revista
- Información a interesados en

suscripción y canjes

- Normas para publicación en la revista
- Índice acumulado de todas las ediciones con autores y títulos
- Resúmenes y abstracts de la última edición.
- También incluye patrocinantes de las revistas, autoridades universitarias, reseñas y créditos de la versión.

Todo esto en un ambiente gráfico fácil

de utilizar. Para recibir de forma gratuita avances de próximas ediciones de la revista Tecnología y Construcción envíe por correo electrónico un mensaje con su nombre, cargo, empresa, dirección postal y dirección de correo electrónico a [revista\\_TyC@luz.ve](mailto:revista_TyC@luz.ve) o a "Revista Tecnología y Construcción" por Fax (58-61) 520063.

The Journal Tecnología y Construcción announces the creation of its Home Page in the World Wide Web, which is reachable at:

<http://www.Luz.ve/Arq/TyC.New/tycindi.htm>

This Home Page includes:

- Institutional information about the editors and coeditors: Universidad Central de Venezuela in Caracas, and Universidad del Zulia in Maracaibo.
- The field of knowledge which is of interest to the journal.
- Information for subscriptions or library exchanges.
- Publishing instructions for authors.
- Accumulated author and title index of all previous editions.
- Abstracts of last edition.
- Also included are sponsors, chairmen of the universities and version credits.

All this in an easy to use graphic environment. To receive free of charge advances of forthcoming issues of Tecnología y Construcción send an email message with your name, position, organization address and email to [revista\\_TyC@luz.ve](mailto:revista_TyC@luz.ve) or fax it to "Revista Tecnología y Construcción" Fax (58-61) 52.00.63.

