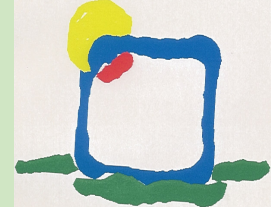




# Os Edifícios Bioclimáticos a Integração das Energias Renováveis e os Sistemas Energéticos

Lisboa  
7 de Outubro de 2008

Helder Gonçalves e Susana Camelo  
(Editores)



**RED IBEROAMERICANA PARA EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES  
Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN VIVIENDAS Y  
EDIFICIOS DE INTERÉS SOCIAL**

---

# **Os Edifícios Bioclimáticos a Integração das Energias Renováveis e os Sistemas**

---

**Livro de Apresentações  
Lisboa / Portugal  
7 Outubro 2008**

Helder Gonçalves e Susana Camelo (Editores)

# Os Edifícios Bioclimáticos, a Integração das Energias Renováveis e os Sistemas

Livro de Apresentações

**Editores:** Helder Gonçalves, Coordenador da Rede CYTED “Red Ibero Americana para el Uso de Energias Renovables y Diseño Bioclimático en Viviendas y Edificios de Interes Social” y Susana Camelo.

INETI – Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação, IP  
Departamento de Energias Renováveis  
Estrada do Paço do Lumiar 1648 038 Lisboa  
helder.goncalves@ineti.pt

Programa CYTED 2008

Preparação: Susana Camelo

Impressão: António Coelho Dias, S. A.

Tiragem: 200 exemplares

ISBN: 978-972-676-210-2  
Depósito Legal N°

## **Nota Legal**

Os autores, o INETI e o CYTED declinam qualquer responsabilidade pela utilização indevida da informação contida neste texto. É proibida a reprodução da totalidade ou parte deste texto, sem autorização do INETI e CYTED.

## ÍNDICE

INTRODUÇÃO	V
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO SOBRE PARÁMETROS DE CONFORT. CASO DE UNA VIVIENDA SOCIAL DEL IPV. REPUBLICA ARGENTINA	1
L. Molas, V. García, A. Iriarte, E. Correa	
HERRAMIENTAS-SOPORTES PARA LA ADECUACIÓN BIOCLIMÁTICO-ENERGÉTICAS DE ESCUELAS Y VIVIENDAS RURALES DE INTERÉS SOCIAL	13
B. Garzón	
DISEÑO PARTICIPATIVO BIOCLIMÁTICO DE CONJUNTOS DE VIVIENDAS SOCIALES EN MENDOZA, ARGENTINA. CASO VISTA FLORES	25
J.A Mitchell, J.L Cortegoso, M. Basso, J. Fernández Llano, C. de Rosa	
CONTRIBUIÇÕES PARA O DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL: O CASO DA CDHU 2008	37
M. Andrade Roméro	
AValiação de conjuntos habitacionais de interesse social em Recife, Brasil	47
Ruskin Freitas, Luana Moraes, Juliana Neves	
COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA SOCIAL EN CHILE, EL CASO DEL CONJUNTO HABITACIONAL LAS PERDICES - SITUACIÓN EXISTENTE Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	55
M. Huenchunir, R. Román	
ESFUERZOS CONJUNTOS PARA LA CREACIÓN DE NORMATIVAS PARA EL AHORRO ENERGÉTICO Y EL PROYECTO DE LA VITRINA TECNOLÓGICA EN EL SALVADOR	69
Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima-- FUNDASAL	
ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN ENERGÉTICAS DE EDIFICIOS DE LA UIE	79
J. A. Ferrer, E. Giancola, S. Soutullo, M. R. Heras	
INTERCAMBIOS DE CALOR EN ESPACIOS CONSTRUCTIVOS, VENTILACIÓN E ILUMINACIÓN NATURAL. UN ENFOQUE TERMODINÁMICO	89
M. Yanez	

GUÍAS PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y APROVECHAMIENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA VIVIENDA DE MÉXICO	<b>99</b>
D. Morillón Gálvez	
VIVIENDA ALTOANDINA HABITABLE”	<b>113</b>
R. Barrionuevo de Machicao, R. Espinoza, G.Saavedra, F. Huaylla, L.Lau	
ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO TÉRMICO EN VIVIENDAS ALTOANDINAS DEL PERÚ	<b>125</b>
R. Espinoza, A. Gutarra, G. Saavedra, F. Huaylla	
PROPOSTAS DE MELHORAMENTO TÉRMICO DA HABITAÇÃO SOCIAL EM PORTUGAL	<b>137</b>
S. Camelo, H. Gonçalves	

## INTRODUÇÃO

A Rede “*Red Ibero Americana para o Uso das Energias Renováveis e Desenho Bioclimático em Edifícios de Interesse Social – 405RT0271*” no seu último ano de actividade realizou, em Lisboa, um Seminário subordinado ao tema “*Os Edifícios Bioclimáticos a integração das Energias Renováveis e os Sistemas Energéticos*” no dia 6 de Outubro e para o qual contou com a participação de diversos oradores de diferentes nacionalidades (Alemanha, Argentina, Espanha, México e Portugal).

A 7 de Outubro teve lugar a Reunião Plenária da Rede onde foram apresentadas contribuições de todos os elementos dos diferentes Países e onde se procurou avaliar em que medida a Rede contribuiu, em cada país, para promover o uso de energias renováveis no projecto de edifícios, de acordo com as técnicas e tipologias construtivas de cada País, com especial atenção aos edifícios bioclimáticos. Na presente publicação encontram-se as contribuições apresentadas na referida Reunião.

A Rede procurou, desde sempre, ser um elemento indutor de discussão pública sobre esta temática em todos os países participantes e um local de encontro e discussão entre as comunidades técnicas e académicas locais e os elementos da Rede. Foi assim em San Martín de los Andes (2005), El Salvador (2006), México e San Luis (2007).

O Seminário em Lisboa e a reunião Plenária em Outubro de 2008, procuraram ser novamente um espaço de discussão tendo, para o efeito, sido convidados os principais grupos que desenvolvem actividade nesta área em Portugal.

Durante os eventos de 2008 foi lançada a ideia da criação de uma Rede temática denominada “Rede de Edifícios Bioclimáticos”, dinamizada pelo Professor Correia Guedes do Instituto Superior Técnico e por mim próprio, como forma de constituir uma plataforma de agregação do conhecimento técnico-científico entre instituições académicas e de investigação, empresas públicas e privadas bem como o público em geral e promover a divulgação desta temática no sentido do seu desenvolvimento e implementação do ambiente construído.

Agradeço a todos os Membros da Rede *Red Ibero Americana para o Uso das Energias Renováveis e Desenho Bioclimático em Edifícios de Interesse Social – 405RT0271* o empenho, interesse e colaboração.

Helder Gonçalves  
Coordenador da Red CYTED (405RT0271)

INETI, 22 de Dezembro de 2008



ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO TERMICO SOBRE PARAMETROS DE  
CONFORT. CASO DE UNA VIVIENDA SOCIAL DEL IPV. REPUBLICA  
ARGENTINA.

L. Molas<sup>1,2</sup>, V. García<sup>2</sup>, A. Iriarte<sup>2,3</sup>, E. Correa<sup>3,4</sup>  
Grupo de Energía Renovable Catamarca (GERCA)  
Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Catamarca  
Avda. Galindez 226 (Capital) Catamarca, Republica Argentina. CP 4700.  
Tel. 54-3833-437995 – e-mail: luciomolas@hotmail.com

**RESUMEN:** Se muestran los resultados del comportamiento térmico de una vivienda social construida masivamente por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV), monitoreada desde el 30 de abril hasta el 05 de junio de 2008. Se localiza en la periferia norte de la capital de Catamarca y su uso es residencial. Está conformada por porch, cocina-comedor, dormitorios y baño con una superficie de 43.04 m<sup>2</sup>. El objetivo principal es conocer el comportamiento térmico en relación a parámetros de confort. Se monitorearon y analizaron tres periodos representativos: 1) 30/04/08 al 06/05/08, 2) 18 al 24/05/08 y 3) 30/05/08 al 05/06/08. Los resultados han demostrado que cuando las condiciones de las temperaturas exteriores son más rigurosas (altas o bajas) la respuesta del diseño de su envolvente es insuficiente para alcanzar los rangos de confort térmico establecidos y como consecuencia de ello demanda mayor cantidad de energía auxiliar para su acondicionamiento.

**Palabras clave:** auditoria energética, vivienda social, confort térmico.

## 1. INTRODUCCIÓN

La vivienda es el primer entorno del hombre: en los países industrializados, actualmente, alrededor del 60% del tiempo lo pasamos en el interior de la vivienda. (Ghauzin Muller, 2006).

---

<sup>1</sup> Subsecretaria de Ciencia y Técnica – Ministerio de Educación Cultura Ciencia y Tecnología.

<sup>2</sup> GERCA, INENCO, CONICET – UNCa

<sup>3</sup> Investigador del CONICET.

<sup>4</sup> LAHV. INCIHUSA. CRICYT – CONICET (Mendoza).

La edificación es responsable de casi la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub>, dominando además la economía energética mundial. Edificios devoradores de energía con diseños que están fuera de un contexto sostenible del desarrollo, serían la causa de gran parte del deterioro ambiental. (Filippin, 2000).

En Argentina el 37% del consumo energético nacional corresponde a edificios, del cual un 53% es para el sector residencial. El 58% de dicho consumo se utiliza para la calefacción de las viviendas, lo cual corresponde al 11.4% del total de los recursos energéticos. Respecto a las emisiones de gases del efecto invernadero en Argentina los edificios contribuyen con un 24% del total emitido. (Evans, 2005).

Estudios vinculados al consumo de gas en Catamarca, han establecido como promedio anual, 1000 m<sup>3</sup> de gas natural, para un hogar de hasta cinco personas. De acuerdo a datos obtenidos del Censo 2001 realizado por el INDEC (330996 habitantes), solamente el 21% de la población tiene acceso al gas natural y existen 54000 hogares que usan gas en garrafas y 10168 hogares que emplean leña o carbón. Además si consideramos que el valor económico del consumo de energía para calefacción, tiene distintos precios, resulta que el servicio de gas envasado en cilindros de 45 kg es ocho veces superior al gas natural y el gas en “garrafa social” es 6 veces más caro que el gas natural. Resultando más gravoso para los sectores de menores recursos que son generalmente los que ocupan una vivienda de interés social. (Comisión de Energía y Combustibles, Expediente 0563-D-06). Por otra parte de acuerdo al informe del sector eléctrico Argentino 2005, de un total 86007 usuarios de energía eléctrica contabilizados en Catamarca, el 87.4 %, corresponde al sector residencial.

El Gobierno de la provincia de Catamarca, para dar respuesta al déficit habitacional, ha construido y entregado 18.986 viviendas sociales desde el año 1948 hasta el 2007 bajo distintos programas administrados por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV), dependiente de la Secretaría de la Vivienda y Desarrollo Urbano (SV y DU). De acuerdo a la población relevada en el año 2001 podemos estimar que el 30% de la población de la provincia habita en ellas. (INDEC, 2001).

Las viviendas, han sido proyectadas y construidas sin un completo estudio climático para diseñar sus componentes. Durante su funcionamiento las temperaturas escapan de los parámetros de confort térmico y los usuarios se ven obligados a utilizar sistemas activos para acondicionarlas, con el consecuente derroche energético e impacto ambiental.

El objetivo específico de la investigación es determinar el área de confort de una vivienda social empleada masivamente por el IPV. Para ello se realizaron mediciones del comportamiento térmico con sensores tipo Hobo durante aproximadamente dos meses. El presente trabajo describe el diseño de una vivienda IPV y muestra los resultados del comportamiento térmico desde el 30 de abril hasta el 5 de junio del año 2008.

## **2. LOCALIZACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**

La vivienda social analizada se ubica en el barrio Los Periodistas, en la localidad Capital de la provincia de Catamarca, entre los 28° 40' de latitud sur y 65° 45' de longitud oeste. Pertenece a la zona bioclimática IIB de la Clasificación Bioambiental de la República Argentina (Norma IRAM, 11603, 1996).

El clima del departamento Capital oscila entre árido y semiárido. Presenta características que resultan de la combinación de factores como latitud, relieve, continentalidad, que

determinan un predominio de aire seco, con altos coeficientes de heliofanía, precipitaciones escasas, de régimen pluvio estival, influenciado por la orientación meridiana que presentan las sierras de Ancasti, Graciana, Fairñango, del Colorado y Ambato que generan un clima local. (Nieva, 1998).

El diagrama de Olgay de la figura 1, combina las temperaturas del bulbo seco y humedades relativas para proporcionar criterios de diseño bioclimático. Su aplicación determinó que el 75 % de los meses del año los parámetros climáticos se encuentran fuera del área de confort (18-24 °C) tomando como parámetro las temperaturas medias mensuales. Se recomienda utilizar en ellos criterios de diseño bioclimático. Por el contrario durante los meses de abril, septiembre y octubre con el 25 % están en el área de bienestar.

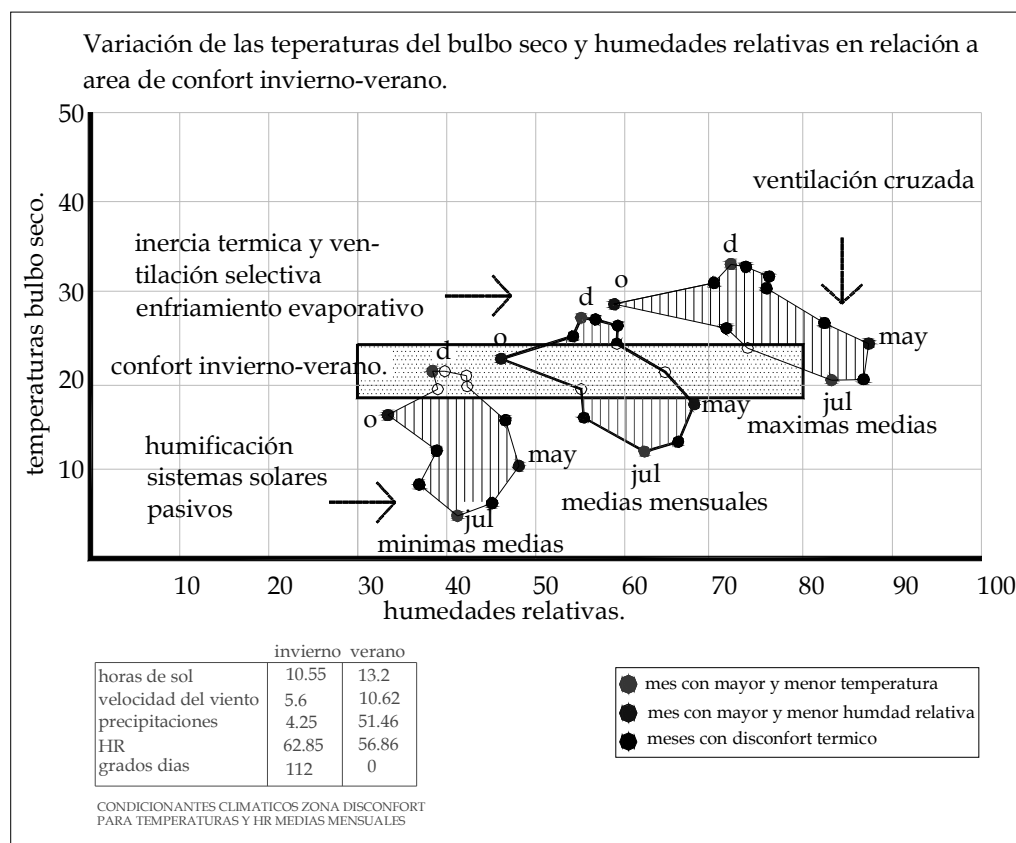


Fig. 1: Variación de las temperaturas del bulbo seco y humedad relativa en relación al área de confort invierno-verano. Condicionantes climáticos de diseño.

Los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo registran las temperaturas medias mensuales más elevadas. Allí se recomienda diseñar utilizando inercia térmica, ventilación selectiva, enfriamiento evaporativo y ventilación cruzada. En este periodo se registran la mayor cantidad de horas de sol: 13.2, velocidades de viento: 10.62 km/h, precipitaciones: 51.46 mm y las menores humedades relativas: 56.86 %.

Los meses de mayo, junio, julio y agosto, presentan las temperaturas medias mensuales más bajas. Se recomienda diseñar utilizando sistemas solares pasivos. En este periodo se registran las mayores humedades relativas medias: 62.85 % y las menores horas de sol: 10.55, velocidad de viento: 5.6 km/h, precipitaciones: 4.25 mm y grados días: 112. No se registran humedades relativas medias fuera del área de confort (30-80 %). (Molas, 2008).

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La figura 2 muestra la vivienda materializada por el Programa Federal de Construcción de Viviendas. Actualmente esta habitada permanente por una familia integrada por 4 usuarios (2 mujeres y 2 varones). Durante el periodo monitoreado se relevaron las actividades frecuentes para determinar su incidencia en las mediciones térmicas. Las mas importantes fueron cocinar, bañarse y manipulación de aberturas para ventilación.

La tipología esta integrada por una cocina - comedor (4.00 x 3.20 m), 2 dormitorios (3.00 x 3.00 m c/u) y un baño (2.15 x 1.40 m) que conforman una planta compacta. La cocina - comedor y el paso permiten ordenarla funcionalmente y brindan la posibilidad de una futura ampliación al sur. Esta vivienda esta “apareada” con otra similar en la medianera este. Su morfología es cúbica con techo a dos aguas y las alturas oscilan de 2.50 a 3.20 m.

Las envolventes verticales son de dos tipos: a) muros medianeros con ladrillos de 18 x 5 x 28.5 cm, b) muros interiores y exteriores con cerámicos portantes de 18 x 19 x 33 cm. La envolvente superior es de losa de H° A° con terminación de teja cerámica.

La vivienda dispone de sistemas activos para acondicionamiento térmico: a) un equipo compacto de aire acondicionado en el dormitorio sur y b) un calentador de agua eléctrico en el baño. Las aberturas son metálicas, sin burletes y con vidrios de 3 mm.

Desde el punto de vista bioclimático la vivienda tiene las siguientes estrategias de diseño: a) verano: ventilación en el dormitorio al norte y cocina-comedor, dispone de cortinas interiores para evitar la radiación directa y reflejada, control del flujo de calor exterior – interior con la inercia de la pared, uso de sistema de refrigeración evaporativa: limpieza del piso, y b) invierno: compacidad, protección de la cocina comedor con la ubicación del baño al sur, orientación de las aberturas de la cocina-comedor y dormitorio al norte y cortinas para evitar las pérdidas de calor.



*Vista principal*



*Vista posterior*



*Vista interior*

*Fig. 2 Tipología de vivienda IPV*

### 4. RESULTADOS Y ANALISIS

El monitoreo térmico de la vivienda se inicio el 30 de abril hasta el 5 de junio de 2008, colocándose sensores tipo Hobo para medir temperatura y humedad en lapsos de 15 minutos. Los rangos de medición de estos sensores están comprendidos son, -20 °C y 70 °C con una precisión de  $\pm 0,35$  °C para la temperatura, y de 5 % - 95 % con una precisión  $\pm 2,5\%$  para la humedad relativa. Dentro de este margen de tiempo se analizaron tres periodos en particular: 1) 30/04/08 al 06/05/08, 2) 18 al 24/05/08 y 3) 30/05/08 al 05/06/08.

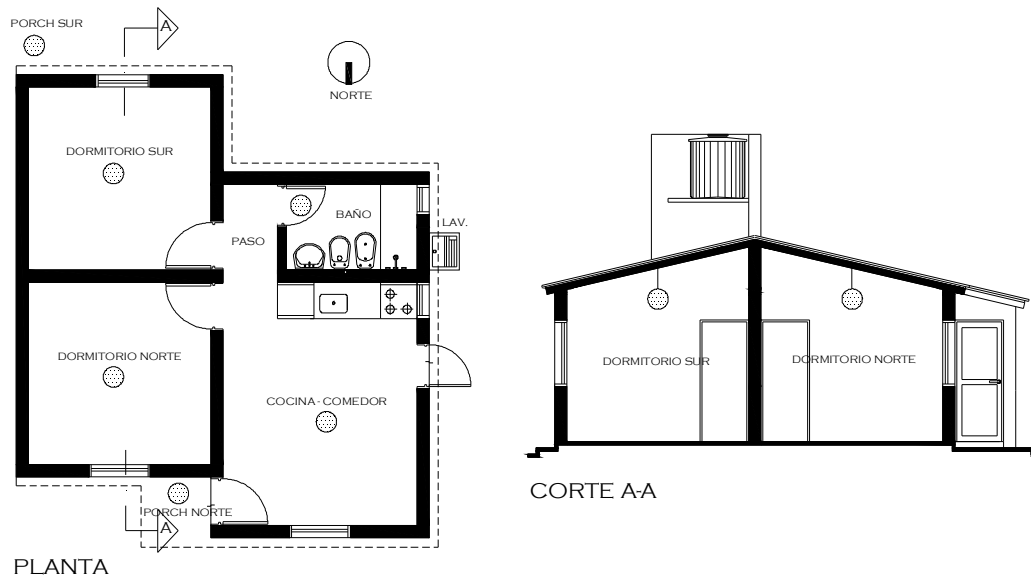
En total se ubicaron 6 sensores en todas las dependencias de la vivienda, (figura 3). En el exterior se situaron en el porch norte y sur y en el interior, en la cocina – comedor, los dos dormitorios y el baño.

En los porch se dispusieron los sensores en dispositivos, diseñados especialmente, que los separaban de la envolvente vertical y superior, 0.30 m. Con el objetivo de no alterar los datos, fueron aislados del calor (por radiación de la envolvente y la luminaria) con un plafón de poliestireno expandido perforado para facilitar la ventilación. Dentro de los mismos se construyó un sistema para la fácil manipulación del aparato (para su extracción y colocación) en el momento de la bajada de registros con una computadora portátil.

En los locales interiores se diseñaron los dispositivos con los mismos criterios que los exteriores. La diferencia radica en que fueron ubicados en el centro de las habitaciones y separados a 0.30 m del techo.

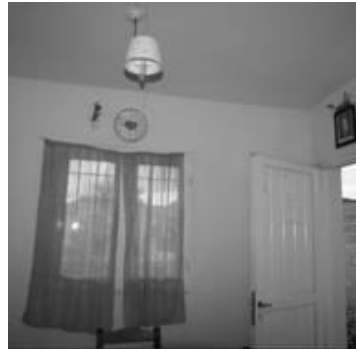
La radiación solar sobre superficie horizontal fue relevada en el Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del INTA, ubicada a 10 km de la vivienda, en la localidad de Sumalao, departamento Valle Viejo.

El confort que ofrezca un ambiente determinado dependerá, en cada caso, de la combinación que presente entre los parámetros objetivos y los factores del usuario. Las condiciones de comodidad térmica dependerán de los factores del usuario: tipo de actividad, vestido, aclimatación, etc., resultando algo ingenuo fijar valores o límites estrictos para la comodidad, aunque se haya hecho así muchas veces. En general, hay que hablar de temperaturas del aire entre 15 y casi 30 ° C, con humedades entre el 40 y el 80% de la de saturación para cada temperatura. (Serra, 1999).

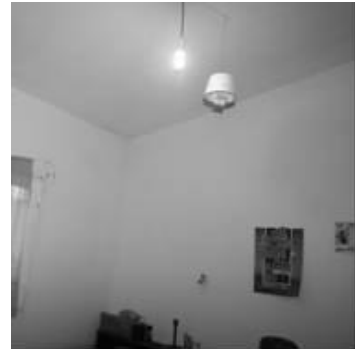




*Porch norte*



*Cocina comedor*



*Dormitorio norte*

*Fig. 3: Ubicación de los sensores.*

Para analizar las temperaturas registradas, hemos definido para la ciudad de Catamarca los parámetros objetivos de confort entre los 18-25 °C y 30 a 60 % de humedad relativa, tomando en cuenta factores culturales de los usuarios.

#### *4.1. PERIODO DEL 30 DE ABRIL AL 6 DE MAYO.*

En la figura 4, se observa el comportamiento térmico de los locales de la vivienda durante este periodo.

En la cocina - comedor el 100% de las mediciones registradas de temperatura media diaria esta dentro de los parámetros de confort (18 – 25°C). El 28.37% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria y el 100% de las mediciones registradas de temperatura máxima diaria esta dentro del área de bienestar.

En el dormitorio norte el 100% de las mediciones registradas de temperatura media diaria esta dentro de los parámetros de confort. El 85.71% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria y el 100% de las mediciones registradas de temperatura máxima diaria esta dentro del área de bienestar.

En el dormitorio sur el 85.71% de las mediciones registradas de temperatura media diaria esta dentro del área de confort. El 14.28% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria y el 100% de las mediciones registradas de temperatura máxima diaria verifica los parámetros de bienestar.

En el baño el 85.71% de las mediciones registradas de temperatura media diaria esta dentro del área de confort. El 14.28% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria y el 100% de las mediciones registradas de temperatura máxima esta dentro del área de bienestar.

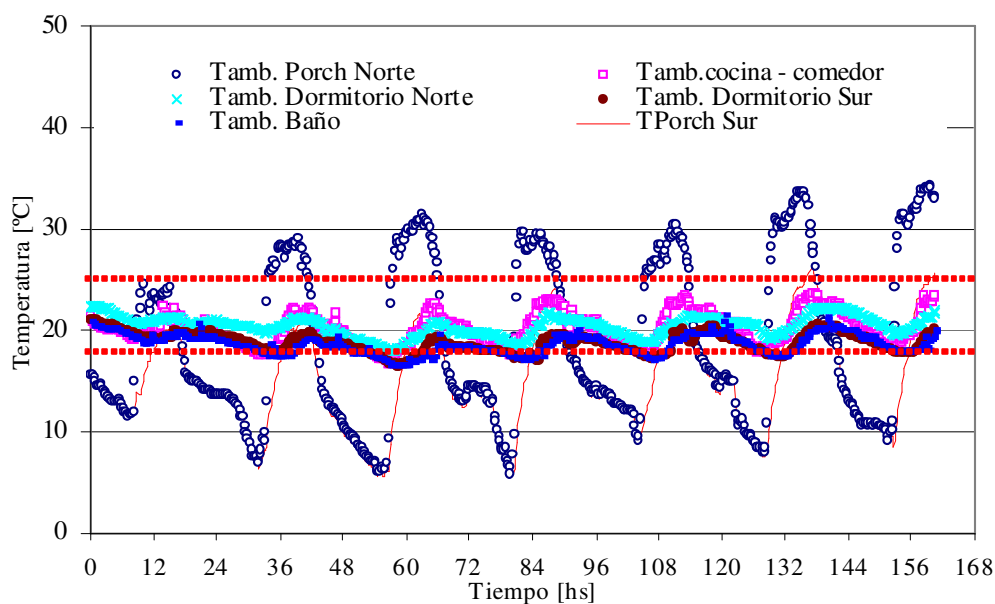


Fig. 4: Comportamiento térmico de los distintos locales del 30 de abril al 6 de mayo

El 100% de las mediciones registradas de temperatura media diaria de la cocina- comedor y del dormitorio norte está dentro de los parámetros de confort debido a la ganancia solar por las aberturas con orientación norte, las propiedades térmicas de la mampostería y la radiación sobre la superficie horizontal. Esto permitió amortiguar una amplitud térmica exterior de 28.30 °C, con una mínima de 5.96°C y una máxima de 34.26°C. En el dormitorio sur y el baño la temperatura media diaria del 2/05/08 (17.95°C), no verifico en la zona de bienestar, porque la combinación entre la ganancia solar y las propiedades térmicas de la envolvente, sumadas a el escaso aislamiento de las aberturas (ausencia de celosías y burletes) no fueron suficientes para amortiguar la temperatura exterior (la mínima media del porch sur en este periodo se registro el 2/05/08 a las 7.30 am con 5.65°C). La humedad relativa registrada oscilo entre 53.10 y 31.93 %, dentro del área de confort.

Los días fueron claros con radiaciones de entre los 626 y 750 W/m<sup>2</sup> y temperaturas medias exteriores de 20.11° C a 15.67 °C .

#### 4.2. PERIODO DEL 18 DE MAYO AL 24 DE MAYO.

En la figura 5, se observa el comportamiento térmico de los locales de la vivienda.

En la cocina - comedor el 28.57% de las mediciones registradas de temperatura media diaria esta entre los parámetros de confort (18-25°C). El 100% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria esta por dentro de los parámetros de bienestar. No hay mediciones registradas de temperatura máxima diaria en el área de confort.

En el dormitorio norte el 28.57% de las mediciones registradas de temperatura media diaria esta dentro del área de confort. El 100% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria esta por dentro de los parámetros de bienestar. No hay mediciones registradas de temperatura máxima diaria en el área de confort.

En el dormitorio sur el 100% de las mediciones registradas de temperatura media diaria esta dentro del área de confort. El 100% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria y el 28.37% de las mediciones registradas de temperatura máxima diaria esta dentro de los parámetros de bienestar.

En el baño el 100% de las mediciones registradas de temperatura media diaria esta dentro del área de confort. El 100% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria esta por dentro de los parámetros de bienestar. No hay mediciones registradas de temperatura máxima diaria en el área de confort.

El 28.57% de las mediciones de temperatura media diaria registradas de la cocina-comedor y el dormitorio norte están dentro del área de confort. Los días confortables fueron el 19/05/08 y el 24/05/08 con una radiación de 588.10 y 284 W/m<sup>2</sup> y una temperatura exterior media de 26.58 a 19.71 °C respectivamente. Con éstas condiciones exteriores, la ganancia solar por las aberturas con orientación norte y las propiedades térmicas (especialmente conductividad térmica) de la mampostería influyeron para dejar fuera del área de confort el 71.43% de las mediciones registradas de temperaturas medias diarias. El dormitorio sur y el baño fueron los locales con el 100% de sus mediciones registradas de temperaturas dentro del área de confort por la ausencia de ganancia solar por aberturas, resultando suficiente las propiedades térmicas de la envolvente vertical para mantener los espacios en condición de confort. La humedad relativa registrada osciló entre 63.80 y 22.21 % (no verifica dentro del área de confort).

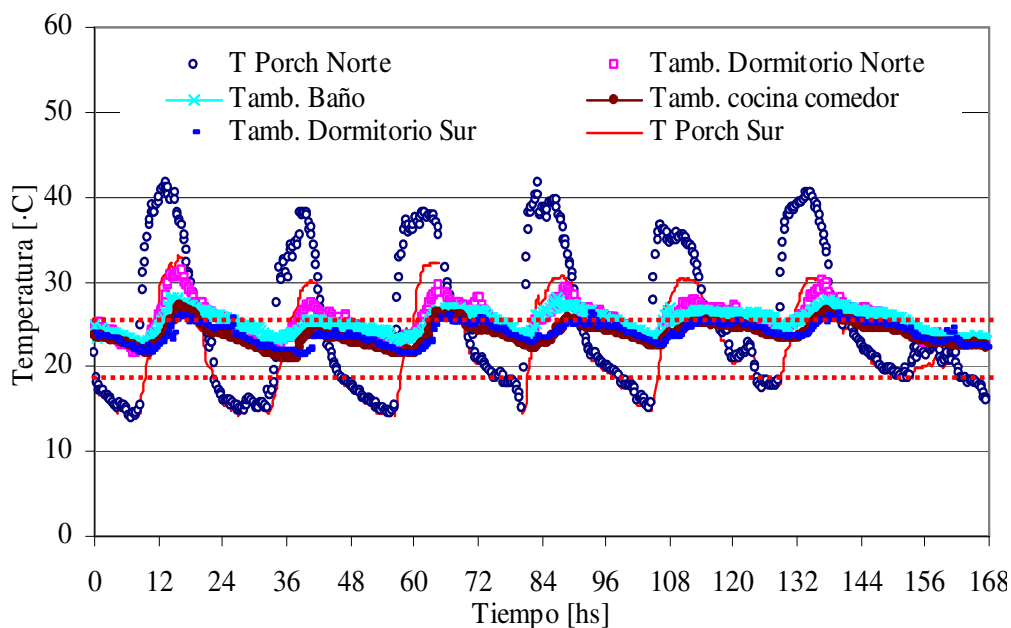


Fig.5: Comportamiento térmico de los distintos locales del 18 al 24 de mayo.

La radiación medida fue entre 638 y 284 W/m<sup>2</sup> con predominancia de días claros y temperaturas medias exteriores de 27.92° C y 23.42°C.

#### 4.3. PERIODO DEL 30 DE MAYO AL 5 DE JUNIO.

En la figura 6, se observa el comportamiento térmico de los locales de la vivienda durante este periodo.

En la cocina - comedor las mediciones registradas de temperatura media diaria están fuera de los parámetros de confort (18-25 °C). El 100% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria y el 71.42 % de la temperatura máxima diaria están por fuera del área de bienestar.

En los dormitorios norte – sur y en el baño las mediciones registradas de temperatura media, mínima y máxima diaria están por fuera de los parámetros de confort.

Las mediciones de temperaturas medias diarias están por debajo del área de confort porque se registro una amplitud térmica exterior de 21.28 a 29.43 °C (porch norte y sur). También estuvieron acompañados de temperaturas exteriores medias de 14.71 y 10.64°C. Esto pone de manifiesto una inadecuada respuesta de la envolvente (vinculada espacialmente a sus propiedades térmicas tanto por su conductividad como por su capacidad de acumulación) y la necesidad de ganancia solar por aberturas (como también su aislamiento). Las fuentes internas de calor no fueron suficientes para mejorar el comportamiento térmico (usuarios, cocción de alimentos, luminarias, etc.). El 05/06/08 se registro las temperaturas medias interiores más altas porque existió un aporte de calor por las envolventes debido al incremento de la temperatura media exterior. Sin embargo la humedad relativa registrada (oscilo de 64.31 a 37.90 %) estuvo dentro del área de confort.

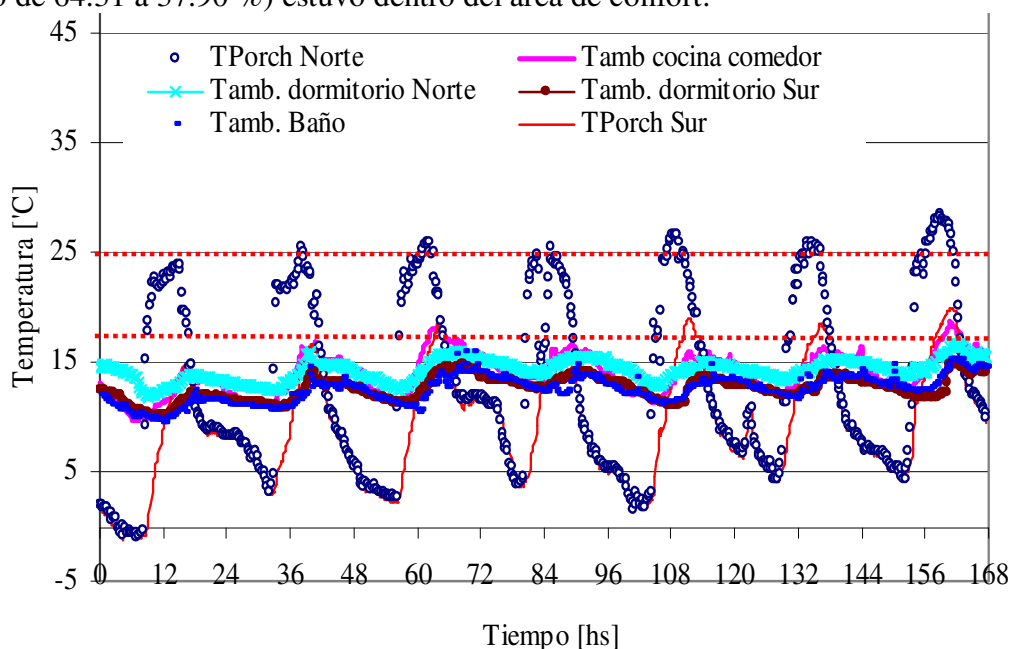


Fig.6: Comportamiento térmico de los distintos locales del 30 de mayo al 5 de junio.

Las mediciones de radiación para este período oscilaron entre 756.90 y los 333.10 W/m<sup>2</sup> y temperaturas medias exteriores de 14.71° C y 10.64°C.

## 5. CONCLUSIONES

El monitoreo de temperatura en la vivienda, en los periodos descriptos, nos permitió cuantificar el comportamiento térmico, tomando como referencia los parámetros del confort entre los 18 y 25 °C. La respuesta de la envolvente vinculada esencialmente a sus

propiedades térmicas, el diseño y manejo de la ganancia solar y las pérdidas por aberturas parecen ser las variables constructivas condicionantes de las condiciones de confort en esta tipología de vivienda social evaluada.

Durante el periodo del 30 de abril al 6 de mayo se registro una radiación de 626-650 W/m<sup>2</sup> y una temperatura exterior media que oscilo entre los 20.11°C y 15.67°C. Esto determinó que los locales orientados al norte (cocina- comedor y dormitorio) fueran confortables con una temperatura media diaria de 20.35-20.21°C. Los locales orientados al sur verificaron, salvo un día, donde se registró la temperatura media exterior mas baja con 14.32°C. Esto puso de manifiesto que las propiedades térmicas de la envolvente no son adecuadas para amortiguar las oscilaciones del ambiente exterior y las perdidas de calor por aberturas. La humedad relativa oscilo dentro del área de confort.

Durante el periodo del 18 al 24 de mayo se registro una radiación de 284-638 W/m<sup>2</sup> y una temperatura exterior media que oscilo entre los 27.92°C y 23.42°C. Aquí los locales orientados al norte no verificaron confort en dos días debido que la combinación entre la conductividad térmica de la envolvente y su capacidad de acumulación, sumada a un control insuficiente de las ganancias de calor por aberturas dan una respuesta inadecuada a las solicitaciones del clima. Los locales orientados al sur fueron confortables debido a un correcto funcionamiento de la envolvente, en ausencia de ganancia solar, existe una diferencia térmica de 4.50°C entre el norte y sur. La humedad relativa esta por debajo del área de confort.

Por ultimo, durante el periodo del 30 de mayo al 5 de junio se registró una radiación de 333-756 W/m<sup>2</sup> y una temperatura exterior media que oscilo entre los 14.71°C y 10.64 °C. La sorpresa fue comprobar que todos los locales no eran confortables. Aquí las envolventes no pudieron amortiguar la diferencia de 3 ° C, por debajo de la zona de confort. Al igual que en los otros periodos la repuesta térmica de las envolventes y el control de las pérdidas de calor por aberturas fueron insuficientes. Las fuentes de calor internas no ayudaron a revertir el defasaje. La humedad relativa verifica dentro del área de confort.

Los datos revelan que cuando las condiciones externas de temperatura son más rigurosas tanto en sentido ascendente (2° periodo) o descendente (3° periodo), la vivienda demuestra no operar adecuadamente de lo que se desprende que es necesario optimizar su diseño con el fin de adecuarlo a los requerimientos del clima. Para corregir las temperaturas fuera de la zona de confort se sugiere aislar la masa térmica y controlar la distribución, tamaño y tipo de protección de las aberturas, a los efectos de bioclimatizarla.

## REFERENCIAS

Comisión de Energía y Combustibles, Expediente 0563-D-06.  
<http://www1.hcdn.gov.ar/dependencias/ceycombust/proyectos/textos/2006/0563-D-06.htm>

Evans, M (2005) Energía en el habitar construido: panorama en Argentina. CYTED, Red Iberoamericana para el uso de energías renovables y diseño bioclimatico en viviendas y edificios de interés social. San Martín de los Andes, 31 de octubre y 1 de noviembre de 2005. Libro de ponencias, pp. 97-104.

Filippin, C (2000) Residencias universitarias solares en la provincia de La Pampa, su comportamiento higrotermico y energético-ambiental. Maestría en energías renovables. Universidad Nacional de Salta, p. 2.

- Filippín, C., Flores Larsen, S., Beascochea, A. (2007) Comportamiento energético de edificios bioclimáticos de uso intermitente y de alta carga interna en la Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 20, pp 17-29.
- Gauzin-Muller, D (2006) 25 casas ecológicas. Editorial Gustavo Gili. P. 18.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Censo Nacional de Población y Viviendas 2001. [www.indec.mecon.gov.ar](http://www.indec.mecon.gov.ar)
- Molas, L (2008) Refuncionalización ambiental. Barrio Hipódromo, Catamarca, Republica Argentina. Editorial Científica Universitaria. ISBN: 978 – 987 – 1341 – 21 -4. p. 76.
- Norma IRAM 11603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la Republica Argentina.
- Nieva, T (1998) Características climáticas del Departamento Capital. Vientos del Norte, Sociedad, Medio Ambiente y Territorio N°1, Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Catamarca. p. 27.
- Serra, R (2000) Arquitectura y climas. Editorial Gustavo Gili. ISBN: 84 – 252 – 1767 – 9. pp. 13 -22.

**ABSTRACT:** This study shows the results of the thermal behavior of a house built by the Provincial Housing Institute examined since April 30<sup>th</sup> until June 5<sup>th</sup> in the year 2008. The house is placed to the North of the Capital city of Catamarca and it is used as dwelling. It includes a porch, dining room and kitchen, bedrooms and bathroom, all comprising a 43.04m<sup>2</sup> covered surface. The main purpose of this work is to know the thermal behavior in relation to comfort parameters. To this end, three representative periods were observed and analysed: 1) April 30<sup>th</sup> to May 6<sup>th</sup>, 2008; 2) May 18<sup>th</sup> to May 24<sup>th</sup>, 2008; and 3) May 30<sup>th</sup> to June 5<sup>th</sup>, 2008. The results have demonstrated that, when the external weather conditions are more severe (high or low), the answer of the enveloping design is insufficient to reach the established thermal comfort ranges; as a consequence, the design demands more auxiliary power for fitting out.



# HERRAMIENTAS-SOPORTES PARA LA ADECUACIÓN BIOCLIMATICO-ENERGÉTICAS DE ESCUELAS Y VIVIENDAS RURALES DE INTERÉS SOCIAL

**Garzón, Beatriz Silvia**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura – Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y CONICET. Av. Roca 1900. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. 4000. 54-381-4364093. e-mail: [bgarzon@gmail.com](mailto:bgarzon@gmail.com)

## 1. RESUMEN

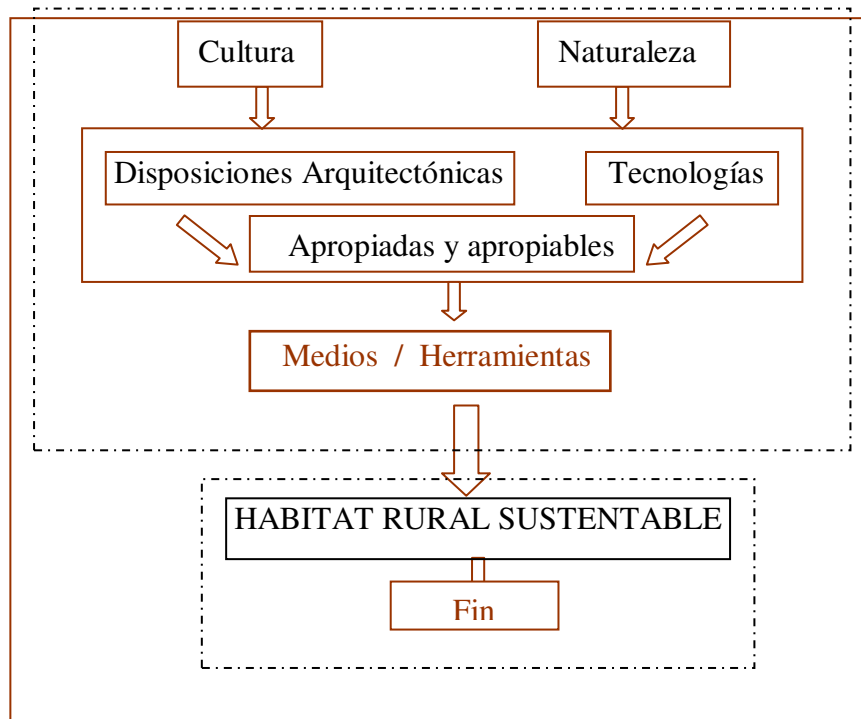
Este trabajo busca: - “mostrar propuestas metodológicas y un conjunto de disposiciones arquitectónicas y tecnologías”, cuyas características sean:

- la fácil aplicación y apropiación
- el aprovechamiento de los elementos del sitio

para alcanzar:

- el diseño y materialización de respuestas integradoras y ajustadas al hábitat rural, tanto doméstico como comunitario, de contextos naturales y culturales distintos
- mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores.

Conceptos que se pueden sintetizar del siguiente modo:



En base a ello, se exponen 2 experiencias que se desarrollan en unidades ambientales y regiones geográficas diferentes, que pertenecen a 2 provincias argentinas distantes entre sí: a) Tucumán (en el Norte) y b) Chubut (en el Sur).

**2. PALABRAS CLAVES:** 1) Adecuación bioclimática-energética; 2) Estrategias, disposiciones arquitectónicas y tecnologías apropiadas y apropiables; 3) Edificios de interés social; 4) Escuelas y viviendas rurales.

### **3. SISTEMA TECNOLÓGICO CON USO RACIONAL DE LA ENERGÍA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN ESCUELAS DE TUCUMÁN, ARGENTINA.**

**Garzón, Beatriz; Fernández Abregú, Luis.**

#### **3.1 Problemática abordada:**

En los sectores de escasos recursos los sistemas de preparación de alimentos en general, y la provisión de agua caliente, en particular, son una necesidad sentida.

Los métodos precarios de calentamiento de agua, generan múltiples problemas como posibles accidentes domésticos por quemaduras, especialmente en los niños, por la probabilidad de vuelco de los recipientes inestablemente soportados sobre leños en combustión o piedras o ladrillos. Además, sabemos que la exposición a altas temperaturas afecta los órganos internos, produciendo daños acumulativos en las personas, deteriorando la salud, afectando sus condiciones de vida, su capacidad de trabajo y de productividad, etc. lo cual se evita con las instalaciones propuestas. A esto se suma, los daños en la salud por la inevitable inhalación del monóxido de carbono, humos y otros gases provenientes de la combustión -según sea el tipo de combustible usado-, especialmente, cuando algunas personas usan materiales plásticos, por desconocimiento.

El riesgo de incendios es una posibilidad cierta de elevada factibilidad. Anualmente, se producen cientos de estos dolorosos siniestros.

Algunas maderas usadas como combustibles tienen productos irritantes que causan mareos, náuseas, irritación en las mucosas respiratorias, de los ojos, etc. La combustión de materiales plásticos, de cauchos y otros rezagos combustibles que se queman en estas situaciones generan humos altamente tóxicos, perjudicando la salud de las personas y el ambiente. Por otro lado, las redes de distribución de gas natural no tienen la expansión necesaria y, si bien algunas familias usan el Gas Licuado de Petróleo Envasado (GLPE) como combustible pero muchas veces no pueden comprarlo. Según los relevamientos efectuados, el 50 % de las familias de los sectores populares usan leña para cubrir sus necesidades de cocción, horneado, higiene y calefacción. Usualmente, recurren a usar leña liviana o carbón. La primera proviene de la muy escasa recolección y madera de cajones, que han sido usados para embalar hortalizas. El carbón se utiliza en menor medida pues resulta, también, de costo elevado. La situación de las escuelas rurales resulta complicada por las distancias. La disponibilidad de GLPE es muy limitada y especialmente por razones económicas, por lo cual el uso de leña es una alternativa conveniente, pero tomando los recaudos para lograr un uso racional, una combustión eficiente y sin afectar la salud de las personas.

No obstante, con el avance de la frontera agrícola (especialmente con la soja) y el desmonte, la disponibilidad de leña es cada vez más difícil, encareciéndose demasiado en algunas zonas. Entonces, es necesario trabajar para que los volúmenes necesarios de este combustible sean lo mínimo posible, por lo cual, debemos optimizar los procesos de combustión y rendimiento termodinámico de las instalaciones inherentes.

En otro sentido, el calentamiento global ha provocado graves consecuencias como los cambios climáticos, soportando tormentas cada vez más violentas, o grandes sequías, por lo que es imprescindible realizar todos los esfuerzos posibles para disminuir el impacto sobre el clima, que significan estos miles de hogares consumiendo leña.

Para dar respuesta a lo antes mencionado, los autores han diseñado y transferido, sistemas alternativos y no convencionales para la preparación de alimentos y el calentamiento de agua, construidos mediante la participación y colaboración de los usuarios, vecinos, etc.

Uno de estos diseños es la “Unidad Integrada Cocina-Horno Eficiente con Calentamiento de Agua –UICHE CCA”- que es el sistema que aquí se propone.

### **3.2. Metodología:**

El trabajo se inscribe en el marco de:

- a) La Investigación-Acción Participativa “como una práctica social de producción de conocimientos que busca la transformación social y que se produce en la propia acción y contribuye a ella.
- b) El Uso Eficiente y Racional de la Energía.

La investigación es aplicada ya que pretende la utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos con el propósito de proporcionar un aporte a la problemática habitacional, educativa y sanitaria que experimentan los sectores de menores recursos y promover los procesos de autogestión y un desarrollo sostenido de estas comunidades

### **3.3. Justificación**

Este proyecto de instalación de este prototipo permite aportar experiencias que contribuirán a mejorar las situaciones actuales de los espacios de preparación de alimentos en establecimientos de escuelas rurales, es decir a nivel comunitario, porque los vecinos participantes servirán como agentes de cambio desde la Escuela al resto de la comunidad y por ende a sus familias e integrantes, es decir a nivel doméstico.

Por otro lado, los miembros de la comunidad a través de su participación en el ámbito escolar y de la inclusión en las actividades de construcción y capacitación, podrán adoptar procesos y productos a aplicar en su medio familiar o comunitario (casa o escuela) con el fin de satisfacer necesidades propias o generar emprendimientos productivos como alternativas para la subsistencia o la generación de ingresos económicos adicionales.

De este modo, se rescatará el aporte de “saberes” de los miembros de la comunidad y reconociendo las disposiciones culturales de los alumnos y su familia, desde el ámbito de la escuela, generando actitudes y habilidades que propician su crecimiento personal y de aportes a la comunidad. Por lo tanto, permitirá acrecentar el capital social en éstas áreas rurales a través de la participación comunitaria y de los valores de cooperación y solidaridad orientados a acciones para alcanzar un objetivo común.

Las instalaciones proyectadas permitirán ser usadas para actividades didácticas y productivas y servirán como herramienta para concienciar sobre el cuidado de la masa vegetal y el medio ambiente.

### **3.4. Objetivo**

- Introducir una innovación en la Unidad Integrada Cocina Horno Eficiente – UICHE, para que además de estas funciones y de calefaccionar el ambiente cumpla con la función de calentar agua para su acumulación y uso en el lavado de ollas y enseres de cocina y para la higiene de alimentos y personas.

### **3.5. Actores participantes**

Este trabajo cuenta con la participación de:

- Proyecto de Investigación-Acción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo y de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (FAU-SeCyT, UNT – CONICET) “Estrategias y Tecnologías para un Hábitat Popular Sostenido y Saludable”, con sus Investigadores-Extensionistas para la Dirección y Asistencia Técnica, Capacitación, Monitoreo y Evaluación de la Propuesta y con la colaboración de alumnos de las Facultades de: Arquitectura, de Bioquímica, Química y Farmacia y de Artes, de la Universidad Nacional de Tucumán.

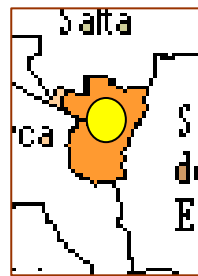
Escuela de Agricultura y Sacarotecnia -EAS-, UNT que aporta personal técnico e instalaciones y equipos de sus Talleres.

- Unidad de Vinculación Tecnológica de la Universidad Nacional de Tucumán – UVT, Une, UNT-, la cual administra los recursos,
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, que aporta los fondos.
- Secretaría de Educación de la Provincia de Tucumán; en cada institución educativa participan su personal directivo, docente y auxiliar, padres de alumnos y pobladores interesados de la comunidad de cada zona.

### 3.6. Área de trabajo

Para determinar el área de trabajo se realizaron gestiones y reuniones con miembros del Ministerio de Educación de la Provincia de Tucumán para preseleccionar las posibles Escuelas con las cuales se coordinaría para trabajar en este Proyecto.

Es de destacar su muy buena recepción y la predisposición de sus autoridades y personal para su desarrollo.



Para seleccionar las escuelas se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- El nivel de necesidad existente en las Escuelas por recibir el aporte de este Proyecto para mejorar sus condiciones de alimentación.
- La cantidad de niños que asisten a la escuela recibiendo el servicio de Comedor
- Las condiciones de “habitabilidad” y “salubridad” del “espacio cocina” disponible.

Las 3 Escuelas elegidas son:

Escuela N° 284 República de México, ubicada en Las Piedritas, Cruz Alta,



- Escuela N° 335, ubicada en Los Pereyra, Cruz Alta,



Escuela N° 243 Provincia de Misiones, ubicada en La Cañada, Lules.



### 3.7. Propuesta tecnológica-termo-energética

La capacidad de generar calor, en las cámaras de combustión del sistema UICHE, posibilita usar la misma para calentar agua simultáneamente con los trabajos de cocción y horneado y calefacción. Por lo cual, se ha diseñado un sistema de calentamiento y acumulación de agua; de este modo, en base a ello, el sistema se ha llamado UICHE CCA.



- **Ventajas:**

Sus siguientes son:

- a) Posee 5 usos simultáneos: cocer, hornear y calentar los alimentos, calefaccionar y calentar agua.
- b) Puede instalarse en el exterior y, también, en el interior; en este último caso, la chimenea debe salir hacia el exterior.
- c) Reduce el tiempo necesario para cocinar y hornear.
- d) Reduce el consumo de leña; aprovecha todo el calor producido y permite que este calor quede acumulado en su interior, en sus paredes, para ser "recuperado", aún cuando no quede leña adentro del hogar.
- e) Reduce los riesgos de salud en las personas que usan la Unidad ya que evita que reciban el calor directo del fuego, que respiren gases venenosos o humo, pues éstos salen por la chimenea.
- f) Reduce los efectos negativos sobre el ambiente. Se genera mínima cantidad de humos, produciendo gases transparentes que salen por la chimenea y disminuye muy significativamente el consumo de leña.
- g) Es de bajo costo, permite la reutilización de materiales -como chapas, ladrillos, etc.- y es de construcción sencilla.

- **Funcionamiento:**

El sistema trabaja por termosifón, de modo que el agua fluye por disminución de su peso específico, desde el sector de calentamiento, hasta los tanques acumuladores ubicados a

mayor nivel. Como recipientes acumuladores se usan recipientes metálicos de 200 litros recuperados, luego de usarse para jugos cítricos. Estos aseguran la inexistencia de residuos tóxicos. Con esta capacidad podemos suministrar agua para lavar ollas y vajilla. El agua ingresa a uno de los tanques, desde donde circula por una tubería hasta ingresar al sector de calentamiento. El nivel de agua es constante, mediante una válvula reguladora a flotante. El agua sale por la parte inferior de esta válvula e ingresa a una tubería cuidadosamente aislada, que baja hasta el calentador. Desde el sector de calentamiento, existe otra tubería hasta el segundo tanque acumulador, donde el agua ingresa descargando a un nivel conveniente, para lograr el mayor rendimiento posible en cuanto a la distribución de temperaturas y circulaciones de agua dentro de los recipientes y lograr el mayor rendimiento en cuanto a las temperaturas alcanzadas. El circuito continúa mediante una tubería flexible, que vincula ambos tanques. Entonces el agua pasa al primer tanque, donde tenemos agua a una temperatura ligeramente inferior. En trabajo normal existe un circuito de agua que se establece desde el tanque con menor temperatura que pasa a través del sistema de calentamiento y retorna al tanque acumulador con temperatura más elevada. Este circuito funciona constantemente, en base a la diferencia de temperaturas entre las zonas inferior y superior de los tanques acumuladores. El agua caliente destinada a consumo se retira del tanque donde tenemos agua a mayor temperatura.

Por otro lado, la UICHE CCA se puede construir en el interior de los espacios “cocina”, pues se puede usar su capacidad de calefaccionar, cocinar, hornear y calentar agua sin generar gases tóxicos.

Asimismo, la disponibilidad de agua caliente contribuirá a mejorar otros problemas sanitarios relacionados a la higiene de los alimentos, de las personas y de los enseres y utensilios usados.

Además, la combustión eficiente de biomasa en la UICHE CCA tiende a disminuir muy significativamente el consumo de leña y los gastos operativos, eliminando prácticamente el uso de GLP.

- **Beneficios:**

De este modo, la disponibilidad de la UICHE CCA posibilita:

- incorporar mejoras en la infraestructura de los establecimientos escolares
- mejorar la calidad de la prestación del comedor, pues los recursos disponibles económicos son exclusivamente para adquisición de alimentos; éstos provienen de subsidios para verduras, pan y carne y se entregan en forma periódica
- solucionar problemas sanitarios
- elaborar de comidas -como panes, carnes, etc.- y productos artesanales para generar ingresos adicionales

que redundarán en beneficios para las actividades y los servicios que se brindan.

- **Componentes:**

- a) **Recipiente de Entrada**

Es un tanque de acero capacidad 200 litros, reciclado, usado previamente para transporte de jugos cítricos o aceites no tóxicos. Puede ser también uno proveniente del transporte de aceites minerales, pero previamente debe ser descontaminado. En el interior del recipiente instalamos una válvula a flotante, de bronce, con salida por la parte inferior. La entrada con su correspondiente válvula se ubica en la parte superior del tanque, para que el sistema trabaje con nivel máximo siempre. Todas las tuberías

usadas en la instalación son de Polipropileno -PP- aptas para agua caliente, de diámetro 19 mm, aisladas membranas con aluminio, más poliestireno expandido y revoque a la cal sobre metal desplegado para protección de los agentes atmosféricos.

#### **b) Recipiente de Acumulación**

Para recibir y acumular el agua caliente necesitamos otro tanque, similar al anterior de entrada, para lo cual proponemos igualmente un tanque de acero capacidad 200 litros, reciclado, usado previamente para transporte de jugos cítricos u otro pero hay que recordar que es necesario proceder a su descontaminación previamente.

Ambos tanques se instalan en paralelo, montados en posición vertical y presentan aislamiento térmico al igual que las tuberías de agua.

#### **c) Sistema de Calefacción**

El sistema funciona por la circulación que se establece desde el tanque Recipiente de Entrada, donde ingresa agua fría por la válvula a flotante y desciende hasta salir por la parte inferior y desciende por un tubo a la base del depósito, continuando hasta el Calentador. El agua pasa por el Calentador y sale por su parte superior, desde donde llega al Recipiente de Acumulación. En este recipiente se decanta nuevamente por diferencia de temperaturas y pasa al recipiente de entrada, donde se tiene un tubo de salida por la parte inferior. El tubo de salida se conecta ahora con la tubería de agua fría, ya descrito precedentemente.

En caso de entrar agua fría, descenderán simultáneamente ambas corrientes y se producirá una mezcla con una temperatura promedio, de modo que al calentador no llegará agua de temperatura extremadamente baja.

#### **d) Calentador**

Para lograr un funcionamiento más eficiente, el calentador está ubicado en la cámara de combustión correspondiente al sector de horneado de la UICHE CCA, embutida en la pared, con una cara expuesta a la corriente de gases calientes.

### **3.8. Propuesta socio-pedagógica**

La propuesta Socio-Pedagógica tiene los siguientes objetivos:

1. Contribuir a dar respuesta a tres de los componentes de las instalaciones complementarias del hábitat comunitario -escuelas rurales-: para la cocción de alimentos, calentamiento de agua y calefacción,
2. Mejorar los procesos de alimentación, higiene y confort de estos espacios,
3. Usar de modo eficiente y racional las energías renovables disminuyendo la demanda de leña,
4. Concienciar sobre la necesidad de no usar combustibles nocivos como estiércol, plásticos, envases de desodorantes y bebidas, etc.,
5. Disminuir el impacto sobre el ambiente, minimizando la emisión de humos, partículas y gases tóxicos, alcanzando óptima combustión en los sistemas de cocción y horneado de alimentos,
6. Elevar la calidad de vida de las personas, en general, y de los sectores de escasos recursos, en particular, disminuyendo la radiación térmica y la contaminación en la zona de trabajo de los usuarios de dichos sistemas,
7. Difundir y mostrar la tecnología, para proyectar su construcción a mayor escala, especialmente en centros rurales, y facilitar su adopción a nivel comunitario y familiar,
8. Realizar la construcción en Escuelas con servicios de comedor para sus alumnos para dejar capacidades instaladas en la misma, en particular, y en la comunidad en general,

9. Posibilitar que se generen ingresos económicos adicionales para el grupo comunitario. La metodología aplicada para alcanzar los objetivos propuestos es el Taller como herramienta didáctica activa para:

1. la “Concienciación sobre el Cuidado del Ambiente” destinados a Alumnos, Padres y vecinos en general, para identificar las personas con interés para trabajar en el proyecto,
2. el “Diagnóstico, Difusión y Capacitación” sobre “las Instalaciones y sistemas existentes para cocinar a nivel escolar y familiar”, para acordar posibles alternativas para el emplazamiento de las Unidades de UICHE CCA en las escuelas o viviendas y para detectar en la zona la existencia de personas con ciertos conocimientos mínimos y destrezas medianamente compatibles para la ejecución de los componentes de la misma,



3. la Preparación del material didáctico para la Transferencia de la UICHE CCA, la capacitación y construcción de los sistemas,
4. Capacitación al personal docente y auxiliar, alumnos, padres y vecinos sobre el uso y funcionamiento de la UICHE CCA,



5. Capacitación para la ejecución de los componentes de las UICHE CCA con: albañiles, herreros, sanitarios, personal docente y auxiliar, padres y alumnos.



## 4. DISPOSICIONES ARQUITECTONICAS Y TECNOLOGIAS PARA EL APROVECHAMIENTO SOLAR EN VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL EN CHUBUT, ARGENTINA.

Mele, Edgardo; De Benito, Liliana; Garzón, Beatriz.

### 4.1 Marco institucional, propósito y objetivos:

Esta experiencia se desarrolla en el marco del “Programa de Mejoramiento del Hábitat y de las Condiciones Productivas para Pobladores Rurales Dispersos y de Pequeñas Comunidades del Chubut”. Tiene como propósito: “mostrar la experiencia interdisciplinaria e intersectorial desarrollada sobre vivienda rural sustentable”. Sus objetivos son: a) lograr la adecuación bioclimática del hábitat doméstico popular rural; b) adoptar tecnologías y disposiciones arquitectónicas apropiadas y apropiables; c) promover acciones para el desarrollo local. Dentro de este encuadre, el Instituto Provincial de la Vivienda -IPVyDU- de Chubut y la Universidad Nacional de Tucumán -UNT-, encaran a partir de vínculos preexistentes (acuerdo mediante la Unidad de Vinculación Tecnológica, UNT con el Proyecto “Estrategias y Tecnologías para un Hábitat Sostenido y Saludable” de la FAU-SeCyT-, UNT -CONICET) desde 2004

### 4.2. Metodología, beneficiarios y condiciones de hábitat:

Se utiliza la Investigación-Acción Participativa, no sólo para conocer una realidad sino para transformarla, fortalecer el protagonismo de los actores involucrados y rescatar el valor del conocimiento y destrezas populares como medios para el cambio. La experiencia es sostenida por una fuerte intervención de los usuarios para: a) desarrollar una vivienda que responda a sus reales necesidades y/o condicionantes ambientales, tecnológicas, funcionales, etc.; b) lograr un proceso sostenido de arraigo y revalorización de su medio. El trabajo integra al Programa Social Agropecuario para el contacto y las acciones con las familias campesinas. Algunas pertenecen a la etnia Tehuelche; se dedican a criar animales de corral -ovejas- y a la agricultura de subsistencia. Sus viviendas eran de mampostería de adobe y bahareque y techos de tierra con cubierta de chapa de zinc; se caracterizaban por su antigüedad, su alto grado de deterioro, precariedad y posibilidades de derrumbe



### 4.3 Área de intervención y clima

El proyecto se desarrolla en el borde de la meseta chubutense, cercana a la precordillera.

El clima es el Tipo de Clima Desértico Patagónico, caracterizado por constantes vientos, bajas temperaturas invernales y nevadas y condiciones de aridez, fuertes y periódicas



#### 4.4. Viviendas de interés social sustentables

##### a) Vivienda 1: Buenos Aires Chico, El Maitén.

- Ubicación geográfica: Latitud: 42°03'.157, Longitud: 71°10'.112, Altitud 734,30m s.n.m.
- Ficha Técnica: - Fecha del proyecto: 1 de Noviembre de 2005; - Estado de construcción: Obra Concluida, Diciembre de 2006.
- Respuesta Arquitectónica: El prototipo corresponde a una vivienda unifamiliar de dos dormitorios. Su superficie cubierta es de 88 m<sup>2</sup> más 8 m<sup>2</sup> de invernáculo (total = 96 m<sup>2</sup>). El partido arquitectónico se sintetiza en una planta con los dormitorios y el invernáculo al Norte -para lograr la mayor captación y colección de radiación solar- y con los locales de servicio al sur como espacios “tapón”.
- Modalidad de construcción: Se empleó el sistema de autoconstrucción y ayuda mutua.



- Envoltente arquitectónica: Se usaron materiales y mano de obra del lugar y algunos industrializados. Se reformularon técnicas constructivas locales. a) Muro: Mampostería de ladrillos macizos de suelo-cemento: exterior de 0,30 m de espesor, interior de 0,15 m; b) Techo: Cielorrasos de Madera machihembrada con aislamiento hidrófugo y térmico (lana de vidrio); Cubierta: Chapa de zinc sobre estructura de madera.
- Sistemas Energéticos y de Acondicionamiento Ambiental:
  - Sistemas solares para:
    - Calefacción pasiva: La ganancia solar es directa a través de: - Aventanamientos con doble vidriado termosellado e invernáculo; - Muros colectores acumuladores (Tipo Trombe-Michel Modificado) al Norte
    - Almacenamiento: La mayor parte de acumulación de calor se realiza en los muros exteriores e interiores de suelo-cemento. La gran inercia térmica de la envoltente y su alta conservación energética amortigua las variaciones diarias de temperatura a efectos de conservar el calor. También, se produce por los muros colectores-acumuladores Tipo Trombe-Michel Modificado
    - Cocción de alimentos: Se ha incorporado una Cocina solar móvil, en el exterior de la vivienda, con un concentrador parabólico y sistema con seguimiento solar manual
    - Agua caliente: El sistema de calentamiento agua sanitaria posee colector comercial de 4 m<sup>2</sup>, con acumulador de agua en un tanque aislado que provee a los artefactos de baño, cocina y lavadero
    - Invernáculo: Se orienta al Norte y al Oeste y permite la producción de verduras y hortalizas; posee una cubierta de policarbonato y aventanamientos de vidriado doble.
    - Refrescamiento: Se produce mediante efecto “chimenea” en muros colectores acumuladores y en invernáculo.
  - Energía Eléctrica: La conexión es a red eléctrica local.
  - Calefacción y Cocción de Alimentos Convencional: Se colocó una cocina de chapa de alto rendimiento -Cocina Ñuque- para cocción de alimentos, calentamiento de agua - que apoya al sistema de calentamiento solar de agua- y calefacción -con sistema de distribución de aire caliente-

Calentamiento convencional de agua: El sistema cuenta con termotanque de alta eficiencia que complementa al sistema de calentamiento solar de agua.

#### **b) Vivienda 2: Pocitos de Quichaura, Tecka.**

- Ubicación geográfica: Latitud 43°27'.085, Longitud 70°15'.325, Altitud 1048, 30 m s.n.m.
- Ficha Técnica: - Fecha de inicio del proyecto: 10 de enero de 2007; - Estado de construcción: En etapa final de construcción.
- Respuesta Arquitectónica: El prototipo responde a una vivienda unifamiliar de una planta. Posee un espacio multifuncional -para dormir y estar-, baño y cocina. Su superficie es de 22.12 m<sup>2</sup> más 11.20 m<sup>2</sup> de invernáculo; un total de 33.32 m<sup>2</sup>. Se orienta al Norte para mayor aprovechamiento solar a través de un invernáculo que se incorpora al desarrollo funcional de la vivienda y se enfrenta a estos espacios, a los cuales desbordan.
- Modalidad de construcción: Por ser el destinatario un adulto mayor se optó por incluir la mano de obra desde el programa para apoyar la autoproducción de la vivienda.



- Envolvente arquitectónica: Se recuperaron técnicas tradicionales de construcción y se emplearon recursos materiales y humanos de la zona y pocos materiales industrializados.
    - Muro: Mampostería de champa (bloque de suelo compacto) de mallín de 0,30 m de espesor exterior y 0,15 m interior; unidades de extracción “in situ”; de: 0,30 m x 0,40 m x 0,12 m o 0,15 m x 0,40 m x 0,12 m asentadas en barro; Terminación superficial de la mampostería: metal desplegado y revoque con azotado de cemento hidrófugo, grueso y fino; Carpintería: Puertas y ventanas de madera; Cimientos: “Platea” de Piedra;
    - Techo: Estructura de madera, cielloraso de madera machihembrada con aislamientos hidrófugo -con papel embreado- y térmico -lana de vidrio- y cubierta de chapas onduladas de zinc.
  - Sistemas Energéticos y de Acondicionamiento Ambiental:
    - Sistemas solares para:
      - Calefacción pasiva: La ganancia solar es directa a través de aventanamientos -con doble vidriado termosellado- y de invernáculo
      - Almacenamiento: La mayor parte de acumulación de calor se realiza en los muros exteriores e interiores de champa de mallín.
      - Agua caliente: El sistema de calentamiento de agua sanitaria cuenta con colector comercial de 1 m<sup>2</sup> y un tanque acumulador aislado de agua 50 lts. que alimenta los artefactos del baño y la cocina.
      - Invernáculo: El sistema permite la producción de verduras y hortalizas; posee un cerramiento inclinado de policarbonato que hace las veces de techo y cerramiento lateral hacia el norte
    - Sistemas eólicos: La obtención de electricidad -12 voltios, corriente continua- se realiza a través de generador eólico 600 w.
- Calefacción convencional y Cocción de alimentos: Se colocó una cocina de chapa de alto rendimiento -Cocina Ñuque- para cocción de alimentos y calefacción

## **5. CONTRIBUCIONES DE AMBAS EXPERIENCIAS**

### **5.1. Adecuación Bioclimática-Energética de Viviendas Rurales:**

- Ha permitido difundir y transferir sus antecedentes, las razones que la fundamentan, su descripción, construcción y funcionamiento para posibilitar su generación y en relación a los requerimientos de los entornos de los beneficiarios en consideración.

### **5.2. Calentamiento de agua mediante la UICHE CCA en Escuelas Rurales:**

- Sirvió para que los pobladores pudieran discernir sobre sus expectativas y capacidades y producir su hábitat por autogestión asistida. Todo ello, a través del aprovechamiento de sus contextos natural y cultural para “reconquistar” la dignidad humana mediante el esfuerzo propio y la ayuda mutua para el sostenido mejoramiento de la calidad de vida.

## **6. ALCANCES DE LAS PROPUESTAS**

Ambas han despertado y se evidencia el interés de las personas en participar y colaborar en las iniciativas. Se observa la aceptación de las características de diseño y funcionamiento del/os sistema/s tecnológico/s propuesto/s. Esto es oportunamente aprovechado para dejar capacidades instaladas en relación a la materialización y eficiencia de los mismos, especialmente, en esta situación de déficit habitacional y de crisis energética de los ambientes en consideración. Las propuestas han posibilitado la satisfacción de necesidades sentidas: a) la generación de situaciones de confort y salubridad; b) la mejora de las condiciones de trabajo; c) la cocción y horneado de alimentos y el calentamiento de agua eficientes; d) el uso no convencional y racional de la energía; e) el rescate de los recursos locales, a partir de la integración de las condicionantes del medio: sociales, ambientales sanitarios, funcionales, tecnológicos, educativos, energéticos, etc. de los sectores de escasos recursos en cuestión, para la elevación de su calidad de vida. Permiten mostrar las instancias: intersectoriales (Comunidad e Instituciones: Gubernamentales y Académico – Científicas), interdisciplinarias y socio-pedagógicas. Son consideradas en las comunidades como un factor importante de cambio debido a la posibilidad de “Crear Bases más Fuertes al Proyecto” y de “Apoyar la Organización y el Desarrollo Local de las Poblaciones” para así “Generar otras Instancias para el Fortalecimiento Comunitario y el Desarrollo Local”.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

- Garzón, B.; Fernández Abregú, L. Calentamiento de Agua con Uso Racional de la Energía: La Unidad Integrada Cocina-Horno Eficiente como Sistema Alternativo para el calentamiento de Agua. ENTAC 2006. Florianópolis, Brasil. 2006.
- Mele, E.; De Benito, L.; Garzón, B. Cocción y horneado solar en viviendas de interés social desde el estado en Chubut, Argentina. Estudios de Arquitectura Bioclimática. Vol. VIII. Editorial LIMUSA. ISBN-13: 978-968-18-6816-8. México D. F. 2006.

### **ABSTRACT**

This work show methodological proposals and a set of architectonic dispositions and technologies, whose characteristics are: the easy application and appropriation and the advantage of the elements of the site, in order to reach: the design and materialization of answers integrating and fit to the habitat rural, domestic as much communitarian, of different natural and cultural contexts and improvement of the quality of life of its settlers. The 2 experiences are developed in environmental units and different geographic regions, which they belong to 2 distant Argentine provinces: Tucumán (in the North) and Chubut (in the South).

## **DISEÑO PARTICIPATIVO BIOCLIMÁTICO DE CONJUNTOS DE VIVIENDAS SOCIALES EN MENDOZA, ARGENTINA. CASO VISTA FLORES**

Mitchell, J.A., Cortegoso, J.L., Basso, M., Fernández Llano, J., de Rosa, C.

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. INCIHUSA, CONICET  
Av. Ruíz Leal S/n Parque General San Martín. Mendoza - Argentina.  
CP 5500. TEL: 54-261-5244054 / Fax: 54-261-5244001  
www:cricyt.edu.ar/lahv - e-mail: [jmitchel@lab.cricyt.edu.ar](mailto:jmitchel@lab.cricyt.edu.ar)

**RESUMEN:** Este artículo describe los procedimientos utilizados en el diseño bioclimático participativo de conjuntos de viviendas sociales en la provincia de Mendoza (Argentina), con la finalidad de incorporar energías renovables en el hábitat social. De este modo se ofrece respuestas concretas a los usuarios que tienen un restringido acceso a la energía, en consecuencia no pueden mitigar el discomfort higrotérmico de viviendas que no cumplen con la función de abrigo y cobijo. El resultado es el diseño mejorado con mínimo sobre costo de conjuntos de viviendas, y la elaboración de la documentación técnica para su construcción. Las herramientas participativas y ambientales fortalecen las capacidades de los distintos actores, para lograr transformaciones sustentables en las actitudes y aptitudes para la definición intersectorial de políticas de hábitat, apropiadas y apropiables, a la cultura y ambiente particular de distintas áreas territoriales.

**PALABRAS CLAVE:** Arquitectura bioclimática, Vivienda Social, Diseño Participativo.

### **INTRODUCCIÓN**

La vivienda de interés social en Argentina y en particular para Mendoza, no siempre responde a las condicionantes del entorno y del clima en particular. Es usual la repetición de un mismo tipo de vivienda en el territorio de la provincia. Este hecho conlleva un perjuicio a sus moradores; en lo económico debido al mayor consumo de energía para lograr mejores condiciones de habitabilidad, y en la calidad de vida de aquellas familias que sólo consumen los energéticos indispensable.

#### ***Marco institucional: proyectos, convenios, antecedentes***

Esta investigación se realiza en el marco institucional del PID 23120 “Diseño de Viviendas Sociales Energéticamente Eficientes para Distintas Localizaciones Geográficas y Condiciones Climáticas de la Provincia de Mendoza” ANPCyT – CONICET.

Cuenta con un convenio de transferencia con el IPV de Mendoza, institución adoptante de los resultados alcanzados. En el mismo, el LAVH (Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda del INCIHUSA) se compromete a transferir un conjunto de tecnologías para el mejoramiento ambiental y de control higrotérmico, aplicándolas en el diseño arquitectónico y planos técnicos para la ejecución seis conjuntos sociales de seis áreas bioclimáticas de Mendoza y de las misma se seleccionarán seis viviendas (como unidades demostrativas) y el IPV, se compromete a aportar los recursos económicos, técnicos y administrativos que permitan su concreción. Se prevé la participación activa de los

Municipios, donde se apliquen procesos de investigación – acción. Los mismos, serán invitados a incorporarse al proceso de diseño, ejecución y evaluación.

A su vez, cuenta con el asesoramiento en metodologías y técnicas participativas de la ex red de CYTED (Ciencia y Tecnología Iberoamericana para el Desarrollo) “Tecnologías Sociales en la producción social del hábitat” XIV.f.

Entre los antecedentes que facilitaron estos convenios están el PID3 009400 “Vivienda de Interés Social. Déficit Habitacional e Higrotérmico”, y la tarea desarrollada entre 1997 y 2004 con las siguientes comunidades: unión vecinal Calle Caballero y unión vecinal Santa María. En ambas comunidades se desarrollaron talleres participativos de diseño bioclimático. Estos casos fueron originarios en la vinculación temática del hábitat social, la bioclimatología edilicia y las herramientas participativas<sup>2</sup>.

El período de desarrollo está programado en tres años. Dicho proceso comenzó en abril del 2007, momento en que se recibe el primer desembolso, y tiene previsto terminar esta etapa en el primer semestre del 2010.

El área geográfica de aplicación son seis zonas bioclimáticas de la provincia de Mendoza con el objeto de generar innovaciones, apropiadas y apropiables, a los distintos contextos. Se presenta en este trabajo el caso de Vista Flores, con la Unión Vecinal Obreros Rurales II.

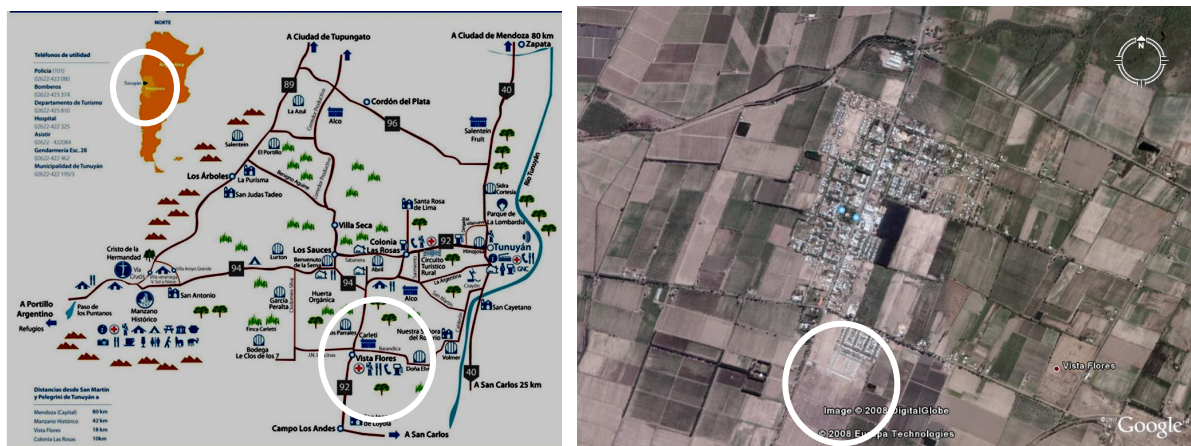


Gráfico 1. Georeferencia del país: Argentina, provincia: Mendoza, Departamento: Tunuyán, Distrito: Vista Flores, Lugar de emplazamiento del Conjunto Bioclimático.

## PROBLEMA

*¿Por qué se necesita re pensar los diseños y forma de implementación de las soluciones habitacionales propuestas, tradicionalmente, por el IPV?*

En general, las soluciones de vivienda para los sectores empobrecidos, tradicionalmente, se realizan desde un enfoque tecnocrático - positivista y de reducción de costos. No considera las múltiples variables culturales, sociales, ambientales y productivas que inciden, tanto, en la inadecuación y desfase uso – diseño, como, en problemas en el mediano y largo plazo. En particular, en Mendoza, hay que considerar condicionantes que requieren tecnologías apropiadas y apropiables para un desarrollo sustentable.

- Seis áreas bioclimáticas con grandes exigencias en el manejo de confort higrotérmico,

<sup>2</sup> “Propuesta Metodológica En El Diseño De Un Asentamiento Humano En Una Zona Rural Del Centro Oeste De La República Argentina”. Jorge Mitchell. La casa de América. Adolfo Benito Narváz, editor. Universidad Autónoma de Nuevo León - Universidad de Camagüey. 2001. ISBN-970-694-063-4.

- Tierras urbanizables para vivienda social que no disponen de red de gas natural y cloacas
- Destinatarios de baja renta que tienen dificultades para acceder a recursos energéticos,
- Crisis energética que requiere un manejo racional de los recursos no renovables

Insuficiente comunicación y apropiación de uso racional de tecnologías ambientales

**Déficit de habitabilidad: los niveles de precariedad, vida útil, patologías frecuentes**

Los Estándares Mínimos de Calidad para Vivienda de Interés Social fueron emitidos en el año 2000 por la Subsecretaría de Desarrollo Social y Vivienda, ante “la inconveniencia de realizar obras de mala calidad donde a los pocos años el Estado se ve obligado a utilizar sus recursos siempre escasos frente a la magnitud del déficit, para repararlas o reemplazarlas por viviendas nuevas” (vida útil). Se definen parámetros básicos para la elección del terreno y el diseño del conjunto, y luego a los estándares a aplicar en la vivienda en materia de seguridad, habitabilidad y durabilidad. También incluye especificaciones técnicas básicas referidas a rubros de la obra en los cuales tradicionalmente se han detectado problemas y especificaciones de finalidad didáctica, sobre temas clásicos donde no siempre se dispone de bibliografía, de manera que se recurre a soluciones empíricas no siempre acertadas.

Tabla 1. Calificación de viviendas sociales en el País y Mendoza. Auditorías Fonavi 2001-2005.

AÑO	CALIFICACIÓN								CANT. DE VIVIENDAS	
	MUY BUENA (%)		BUENA (%)		REGULAR (%)		MALA (%)		PAÍS	MENDOZA
	PAÍS	MENDOZA	PAÍS	MENDOZA	PAÍS	MENDOZA	PAÍS	MENDOZA		
2001	8,40	0,00	57,70	3,80	32,10	85,00	1,80	11,20	30681	2552
2002	7,30	0,00	60,80	10,60	31,50	89,40	0,50	0,00	33035	1488
2003	3,10	0,00	69,50	50,20	27,10	49,80	0,40	0,00	30273	984
2004	2,60	0,00	81,80	0,00	15,40	100,00	0,10	0,00	44201	2337
2005	2,00	0,00	72,00	0,00	26,00	100,00	0,00	0,00	53755	2303

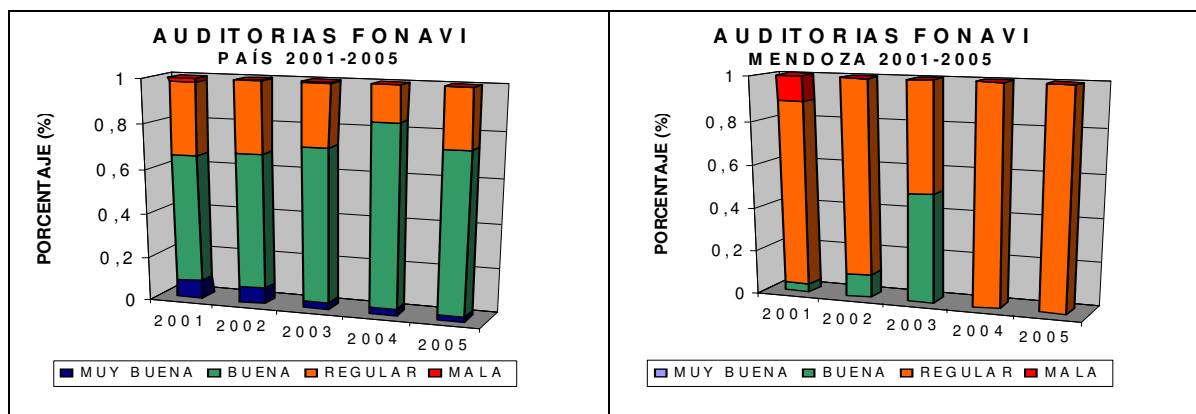


Figura 1. Calidad de la construcción de vivienda social en Mendoza y el País (2001-2005). Auditorías FONAVI

La calidad del proyecto y su ejecución son evaluadas por auditores del consejo Nacional de la Vivienda como: muy buena, buena, regular y mala. En el gráfico (1) se puede ver la evaluación para los años 2001 a 2005 (Tabla 1). En particular llama la atención, como la provincia de Mendoza, el mayor porcentaje en viviendas de calidad regular, contrastando con el porcentaje a nivel Nacional. Se considera que las condiciones particulares de la provincia, antes citadas, puede ser un factor desencadenante si no se incorporan tecnologías apropiadas para las variables particulares.

### ***De la inadecuación del diseño a la cultura, actividad productiva, ambiente, etc.***

Los diseños de los conjuntos habitacionales en general utilizan un modelo de mini-manzana que se repite sin mayores variaciones. Se respeta la continuidad de calles de la trama existente, no plantea un modelo de diseño que complete el resto de los factores a tener en cuenta, como el clima, orientación, asoleamiento, forestación, calidad ambiental social y estética. La tipología de vivienda más frecuente es la vivienda individual. Se cuenta con prototipos que se repiten indefinidamente sin considerar contextos climáticos, tipos y cantidad de usuarios, progresividad y actividad productiva.

Desde el punto de vista ambiental: sus aspectos más criticables son, en muchos casos la falta de adecuación a los requerimientos climáticos en materiales, orientación de los espacios, tipos y localización de aberturas, consideración de la iluminación natural y ventilación, etc. En particular la vivienda se localiza en el lote sin considerar orientaciones y el diseño de los espacios exteriores. Esta observación se puede visualizar especialmente en las tipologías de esquina a las que no se les realiza ninguna adecuación.

Desde el punto de vista cultural y social: sus aspectos más criticables son que no se considera necesidades y aspiraciones diferenciadas para distintos tipos de usuarios (urbanos – rurales), actividades productivas dentro de la vivienda y tipos familiares.

En general, al momento de entregar las unidades, ya existe un alto porcentaje de viviendas con hacinamiento por su inadecuación. Menos aún se considera la progresividad y la racionalidad técnica para su crecimiento.

El manejo bioclimático no depende sólo del diseño y sus materiales, sino de la forma de uso y mantenimiento que le dan sus habitantes. Por tanto, no solo se debería trabajar en la resolución de la vivienda, sino también en procesos de concientización y transformación en la concepción ambiental y calidad de vida. Para ello, las metodologías de diseño participativo, apuntan a transformaciones sostenibles que van más allá de las resoluciones de diseño físico y son específicas para desarrollar estas capacidades.

### ***La importancia de revertir los problemas***

El consumo de energía en el área residencial depende en gran medida del clima del lugar y de las tecnologías usadas durante el proyecto, ejecución y mantenimiento de las viviendas. Gran parte de la sociedad Argentina, aproximadamente 20 millones de personas, son abastecidos con gas envasado, aunque sólo representan el 11% del consumo total de gas dado su elevado costo. El consumo promedio de gas envasado es 5 veces menor que el de la población abastecida por la red de gas natural, ya que los precios, al estar desregulados, son entre 4 y 8 veces más elevados por unidad energética que los que pagan los usuarios de gas natural por red. Esta situación se agrava cuando los usuarios disponen de viviendas que al ser deficientes tecnológicamente, también lo son energéticamente. Si se tiene en cuenta que:

- El Estado, a través de los Institutos Provinciales de Vivienda, es el principal productor de viviendas de interés social.
- La producción de dichas viviendas en nuestro país se ha realizado hasta el presente sin racionalidad energética.
- Las estrategias de diseño bioclimático son tecnologías maduras y disponibles para su aplicación inmediata.

Se deduce que la transferencia de conocimiento y tecnología desde el sector científico-tecnológico hacia el Estado, debería producir una mejora sustancial en las condiciones de confort del hábitat social, y paralelamente en un impacto energético favorable de envergadura.

## OBJETIVOS

Producir un hábitat ambiental y energéticamente sustentable para la vivienda social, compatible con los recursos tecnológicos localmente disponibles.

- Incorporación de fuentes renovables de energía en el desarrollo del hábitat construido, porque ofrecen una alternativa energética accesible a los sectores sociales.
- Promover la apropiación de tecnologías ambientales en el hábitat social.
- Promover la información y comprensión en el manejo y sostenimiento de tecnologías ambientales en la vivienda y conjuntos habitacionales
- Promover la participación de las familias, en el diseño de sus viviendas.

Promover diseños adecuados a necesidades y aspiraciones de los usuarios de viviendas

## METODOLOGÍA

El proyecto tiene alcance territorial en Mendoza (Argentina), seis grupos de familias que se corresponden respectivamente a cada zona bioclimática, son beneficiarias. El caso que se presenta es Vista Flores, Tunuyán, ubicada al pie de la cordillera de Los Andes.

Tabla 2: Matriz de interrelaciones entre las Instituciones participantes del proyecto.

INSTITUCIONES	ANPCyT	LAHV-CONICET	IPV	MUNICIPIO	FAMILIAS
ANPCyT	X	X	X		
LAHV-CONICET	X	X	X	X	X
IPV	X	X	X	X	X
MUNICIPIO		X	X	X	X
FAMILIAS		X	X	X	X

La incorporación de los distintos actores, los roles que desempeñan y sus distintos grados de poder de decisión y de participación, la conciliación de intereses y la satisfacción de las necesidades de cada grupo, encuentra en el enfoque sistémico y dialéctico, herramientas de trabajo que permiten un abordaje integral del proyecto de viviendas sociales bioclimáticas.

Tabla 3: Matriz de actividades entre las instituciones involucradas en el proyecto.

INSTITUCIONES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	LL	M	N	N	O	P	R	S
ANPCyT	X					X				X				X						X
LAHV-CONICET		X				X	X	X	X					X	X	X	X		X	X
IPV			X				X			X	X	X		X	X	X		X	X	X
MUNICIPIO				X				X			X		X		X		X	X	X	X
FAMILIAS					X				X			X	X			X	X	X	X	X

Del cuadro precedente surgen actividades y en ellas se utilizaron diferentes métodos de trabajo, enfatizando la implementación del enfoque *sistémico y dialéctico*, como metodología de trabajo. A continuación señalamos los principales pasos metodológicos:

- Entrevista con dirigentes de la organización vecinal
- Visita al terreno. Taller de reconocimiento del entorno y la potencialidad del mismo desde el punto de vista ambiental y paisajístico.
- Visita al barrio. Taller de diagnóstico de las viviendas construidas en la primera etapa del barrio. Reconocimiento de lo positivo y negativo en cuanto a diseño y tecnologías constructivas. Se examinaron dos viviendas, una con y sin ampliación.
- Presentación al grupo del proyecto de diseño bioclimático participativo. Se expuso el proyecto, sus objetivos, metodología de trabajo y los beneficios esperados.
- Aceptación de la propuesta. Las familias reunidas en el taller, después de analizar y evaluar la propuesta, a pesar de disponer de un proyecto para el barrio, deciden aceptarla.

- Implementación de talleres de diseño bioclimático del conjunto (calle, vereda, acequias, arbolado, alumbrado público, retiros, etc.). Los espacios abiertos contiguos a la vivienda, materialidad de la cobertura del suelo, cierres perimetrales, uso del recurso agua.
- Implementación de los talleres de diseño bioclimático participativo. Reconocimiento del lote dentro del conjunto, orientación y dimensiones del lote, ubicación de la vivienda en el lote, diagnóstico de las necesidades de ampliación, tipologías más adecuadas a las necesidades de las familias, distribución y funcionalidad de la vivienda, protecciones solares, acceso al sol de los diferentes espacios de la vivienda, la tecnología constructiva, el uso y manejo bioclimático de la vivienda, etc. Alternativas y materialidad de fachadas.

Cabe destacar que en este proceso de acercamiento entre los distintos organismos ha sido posible por la voluntad manifestadas por las partes, el compromiso asumido en las tareas, la disponibilidad al diálogo, la superación de barreras, el reconocimiento de los saberes propios y la *sinergia* de la construcción colectiva de respuestas en demanda de un hábitat social sustentable para beneficio de las familias y la sociedad en su conjunto.

## RESULTADOS PRELIMINARES

A continuación se describen actividades que tienen en común, un trabajo al interior de cada una de las instituciones y es la *conceptualización sistémica y dialéctica*. Esta ha logrado un grado de desarrollo dispar, dependiendo en cada caso de la complejidad institucional y del grado de responsabilidad que le compete en el proyecto.

- **La ANPCyT**, reconoce su papel de promoción y financiamiento de I+D en *Programas Sociales de Hábitat*, desde su pertinencia científico tecnológico y el rol social que le compete al conocimiento promovido desde el estado<sup>3</sup>.
- **EL LAHV-INCIHUSA-CONICET** institución promotora del proyecto de transferencia de conocimiento, reconoce la necesidad de la puesta en común entre sus integrantes, de una metodología que permita el intercambio de conocimiento entre los distintos actores involucrados. El *compromiso y la actitud* de los técnicos, no es otra cosa que el *involucramiento* en los mismos. Si se desean resultados *sostenibles* en el tiempo, los involucrados deben ser parte, no solo del problema sino también de las soluciones. No hay espacio para la hegemonía y la unicidad de las propuestas, se trata de espacios abiertos a la participación, al diálogo (lo dialéctico) y a la diversidad.
- **EL IPV**, al igual que en el caso anterior, le cabe los mismos desafíos. Como organismo que ejecuta la política de vivienda en la provincia de Mendoza, tiene una responsabilidad de primera magnitud. Su cuadro técnico dirigente al igual que sus funcionarios de primer nivel, son conscientes de la necesidad de producir viviendas sociales cualitativamente de mayor calidad a las construidas hasta el momento. También han expresado su decisión política de incorporar mejoras en los aspectos de habitabilidad en los nuevos conjuntos de viviendas. Queda aún pendiente la tarea de promover hacia el interior de los cuadros técnicos ésta decisión y compromiso asumido por sus autoridades.
- **El Municipio**, primer eslabón en la cadena del sistema de la vivienda social, es quién fija las prioridades de los grupos de familias ante el IPV en el contexto del cupo asignado por la descentralización del Fondo Nacional de la Vivienda (FONAVI). También es la receptora de la documentación técnica y social del grupo de familias. El

<sup>3</sup> 3er. Seminario Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular. *Articulación de Políticas Intersectoriales: Científicas y Tecnológicas y de Inclusión Social*. Córdoba (Argentina), noviembre de 2008.

municipio aprueba, fiscaliza y controla la documentación técnica y las obras de infraestructuras y de vivienda. El municipio es quién da la aprobación de las innovaciones tecnológicas que se incorporan. Informa sobre el estado de las gestiones de los diferentes barrios que está en proceso de financiamiento para su ejecución.

El municipio es un agente de coordinación entre los distintos equipos de sus áreas de gobierno: servicios públicos, planificación y catastro, obras públicas y privadas, vivienda, salud y acción social entre otras. La interacción entre ésta diversidad de oficinas es un potencial sinérgico de gran valor, a la hora de abordar a los grupos de familias y dar respuestas a sus necesidades, en el marco de un proceso participativo y autogestionario.

- **Las Familias** tienen un rol indelegable. Al momento tienen un papel marginal, a diferencia de la vigencia de la descentralización de la política de vivienda a los municipios y la gente. Funcionan como promotoras sin poder real en las decisiones en su rol de comitente. En este caso aceptaron la propuesta y el trabajo en talleres de manera participativa, después de evaluar la conveniencia de su involucramiento en las decisiones de diseño. Cabe destacar que las familias ya contaban con carpeta técnica para su financiamiento. Su decisión les permitiría planificar las ampliaciones que el proyecto original no tenía. Motivo por el cuál éste fue el punto clave que decidió a las familias. Ellos al inicio fueron receptores para convertirse en verdaderos artífices, a tal punto que se apropiaron del mismo y canalizaron sus expectativas respecto del barrio a tal punto de convertirse en agentes difusores del conocimiento adquirido hacia el interior del grupo.

## Evaluación de las propuestas

Tabla 4: ahorros energéticos de las distintas propuestas evaluadas con pequeñas intervenciones tecnológicas.

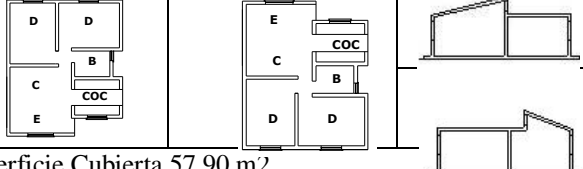
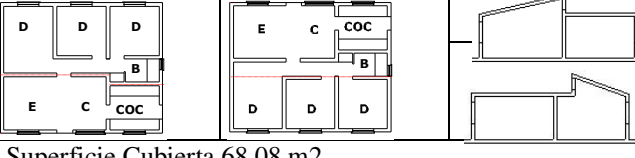
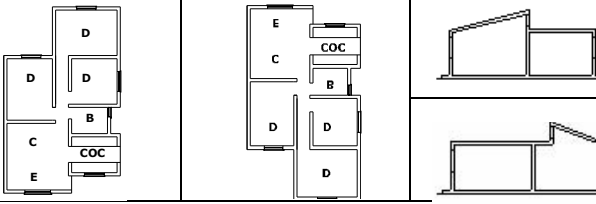
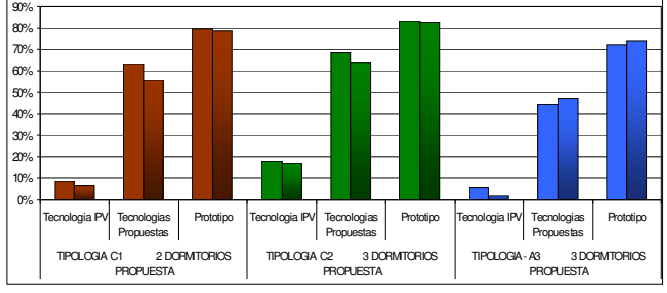
<p>C1 - Proyecto IPV participativo 2D</p>  <p>Superficie Cubierta 57.90 m<sup>2</sup></p>	<p>- Con mínimos cambios tecnológicos y sin grandes erogaciones, se pueden lograr sustanciales ahorros energéticos. Dado que la distribución de los lotes en el Barrio presenta una configuración lineal, con su calle principal con dirección Este-Oeste. Las viviendas presentan dos orientaciones en sus fachadas: Norte y Sur. Por esta razón la evaluación energética de cada una de estas alternativas se realizó para ambas situaciones.</p>
<p>C2 - Proyecto propuesto participativo 3D</p>  <p>Superficie Cubierta 68.08 m<sup>2</sup></p>	<p>- La vivienda propuesta consta de: Estar-Comedor, Cocina, 2 Dormitorios, baño y Lavandería.</p>
<p>A 3 - Proyecto IPV participativo 3D</p>  <p>Superficie Cubierta 70.50 m<sup>2</sup></p>	<p>ALTERNATIVAS ANALIZADAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• C1- Proyecto IPV participativo 2D</li> <li>• C2- Proyecto propuesto participativo 3D</li> <li>• A3-Proyecto IPV participativo ampliado 3D</li> <li>• Prototipo Solar 3D</li> </ul>
 <p>Bar chart showing energy savings (FAS) for three typologies (C1, C2, A3) comparing Technology IPV, Technologies Propuestas, and Prototipo. Typology C1 (2 bedrooms) shows savings of ~10% for IPV, ~65% for Technologies, and ~80% for Prototipo. Typology C2 (3 bedrooms) shows savings of ~20% for IPV, ~70% for Technologies, and ~85% for Prototipo. Typology A3 (3 bedrooms) shows savings of ~5% for IPV, ~45% for Technologies, and ~75% for Prototipo.</p>	<p>- Se ha utilizado para la evaluación energética. de las diferentes alternativas tecnológicas en las viviendas, el Método Relación Carga-Colector (RCC). - El modelo permite calcular la relación entre las pérdidas de energía evaluadas a través de la envolvente (CNP) y la ganancia solar, medida a través del área colectora (AC). Con esta evaluación se obtiene la FAS con la que se calcula el Ahorro Energético</p>
	<p>El cálculo de la contribución solar mediante la Fracción de Ahorro Solar (FAS) para reducir la carga térmica de invierno se realizó aplicando el Método Relación Carga-Colector (RCC) de Los Alamos National Laboratory de la Universidad de California, (LANL) [9] (Balcomb et al., 1982).</p>

Tabla 5: Combinaciones tecnológicas procesadas para las distintas tipologías analizadas..

		1	2	3	4	5	6	7
RAH		3	1	1	1	1	1	1
Aislación Muros exteriores		No	No	No	Si	Si	No	Si
Ventanas	Norte	1 Vidrio	1 Vidrio	1 Vidrio	1 Vidrio	1 Vidrio	1 Vidrio	1 Vidrio
	Oeste - Sur	1 Vidrio	1 Vidrio	2 Vidrios	1 Vidrio	2 Vidrios	2 Vidrios	2 Vidrios
Protección nocturna	Norte	No	No	Si	No	Si	Si	Si
	Oeste - Sur	No	No	No	No	No	No	No

La optimización energética desde el diseño implica un incremento del 2% del costo y un ahorro energético del 10%, con las tecnologías del IPV. Con la utilización de mejoras tecnológicas, el incremento en el costo asciende al 7% con un ahorro energético del 60%.

Si aíslan los muros, el costo sube 12% con un ahorro energético del 80%. Para tres dormitorios estos ahorros energéticos se incrementan sustancialmente: 18%, 68% y 83% respectivamente.

Tabla 5: Resolución del primer taller de diseño bioclimático “in situ”.

DÍA UNO		
INTRODUCCIÓN A LA VIVIENDA EN EL TERRENO	OBJETIVOS	Conocimiento Percepción de diseño actores, infraestructura, servicios, equipamiento, seguridad, vivienda.
	DINÁMICA MATERIAL	Caminata de cada lugar de reunión hasta el barrio terreno. Se conversó sobre proporción de barriovías. Se agruparon las viviendas jóvenes visualizadas por los vecinos del barrio por ejemplo.
	RESULTADOS	Se cumplen los objetivos: a) conocimiento entre: técnicos, familias, y vecinos sobre nuevos diseños. Clarificada percepción de: actores terreno, vecindario, visión por género. Se verifica equipamientos (jugar, reunión, salud, educación, iglesia, del céjardin de infantes). Infraestructura adecuada (agua, luz, alumbrado, recolección de residuos, calles con cordón cuneta y acequia, regado de calles, rampa para interurbano). Barrio "seguro" con gente "convida". Localización, paisaje y calidad ambiental excelente.
	OBJETIVOS	Vivendar y analizar las condiciones y potencialidades del terreno. Ubicación familias en su lote, conjunto, orientación, ventilación, pendiente, límites materializados, conexión al nuevo barrio, relación con verde del nuevo barrio, relación del verde con la ruta, etc. Entusiasmo en la orientación de los lotes.
APROFUNDIZACIÓN DEL DISEÑO DE LA VIVIENDA SIN AMPLIACIÓN	DINÁMICA MATERIAL	Recordo del terreno y reunión de análisis de condiciones y potencialidades.
	RESULTADOS	Se cumplió el objetivo. Se analizaron aspectos de diseño de la ubicación vivienda en lote, espacio verdes, equipamiento del conjunto, espacio verde existente. Las familias opinan que el terreno es bueno porque es: plano, aprovechable, luminoso, entorno paisajístico. Está bien conectado al barrio centro y a otras regiones. El diseño de las plotings si se adecúan al lote pueden tener buen aprovechamiento solar.
	OBJETIVOS	Vivendar y analizar los problemas uso - diseño, calidad constructiva y calidad bio ambiental de la vivienda su ubicación en el terreno y su orientación.
	RESULTADOS	Una de las familias alquila una de las viviendas del barrio c/condante permite la visita a su casa y nos cuenta cómo la vive. Se realiza por grupos para intercambiar entre las familias y la visión de los técnicos.
APROFUNDIZACIÓN DEL DISEÑO DE LA VIVIENDA CON AMPLIACIÓN	DINÁMICA MATERIAL	Se cumplió el objetivo. Las familias perciben ambiente: chicos, necesita ampliar. La cocina y el comedor están separados del "estar". La cocina es chica y no ha espacio p/heladera. Los dormitorios abren sus puertas a la cocina/comedor estar quitándole privacidad. El baño chico mal ubicado sin privacidad. El lavadero al exterior. No está previsto el crecimiento, no le gusta el diseño. Es positivo que las viviendas individuales. A las familias les gustaría ampliar para adelante, opinan que les queda terreno sin aprovechar. La localización, tamaño y protección de las ventanas no se adecúa a la localización. Se tapa ventana bien orientada por la heladera con doble perjuicio para la vivienda y la heladera. Aleros mal diseñados por orientación y humedad. Humedad en zócalos y unión de techos. Las aberturas de mala calidad presentan grietas, no tienen buen cierre. Las familias no tienen un buen conocimiento de cómo y cuando dejar pasar el sol, ventilación y control de pérdidas de calor.
	OBJETIVOS	Vivendar problemas de uso - diseño, calidad bio - ambiental y construcción de posibles ampliaciones.
	DINÁMICA MATERIAL	Una de las familias alquila una de las viviendas del barrio c/condante permite la visita a su casa y nos cuenta cómo la vive. Se realiza por grupos para intercambiar entre las familias y la visión de los técnicos.
	RESULTADOS	Se cumplió el objetivo. Las familias perciben la ampliación sin diseño mala reducción del techo. La cocina y el comedor están separados del "estar". En los dormitorios cambiaron las puertas a la cocina/comedor estar logrando privacidad. El lavadero al exterior. No le gusta el diseño. Es positivo las viviendas individuales. A las familias les gustaría ampliar para adelante, opinan que les queda terreno sin aprovechar. La localización, tamaño y protección de las ventanas no se adecúa a la localización. Se tapa ventana bien orientada por la heladera, con doble perjuicio para la vivienda y la heladera. Aleros mal diseñados por orientación y humedad. Humedad en zócalos y unión de techos. Las aberturas de mala calidad presentan grietas, no tienen buen cierre. Las familias no tienen un buen conocimiento de cómo y cuando dejar pasar el sol, ventilación y control de pérdidas de calor.
OBSERVACIÓN DE LA VIVIENDA EN EL TERRENO	OBJETIVOS	Vivendar problemas de calidad bio - ambiental de la localización de las distintas viviendas del barrio, según orientación, protección de ventanas, uso del patio, uso de energía, arbolado, jardines, acequias, calles, alumbrado público, relación con los árboles, etc.
	DINÁMICA MATERIAL	Recorrido por las viviendas observando la relación entre viviendas, control bio - ambiental, seguridad, equipamiento.
	RESULTADOS	Se observó observación al sitio en viviendas. Como control del sitio en terreno y permitido en vivienda. Como utilizar el terreno para diseñar usos. Cómo controlar las pérdidas de calor. Cómo reducir el uso de termo de barro en el ambiente, consumo de agua en relación a una cocina solar autosustentable. Cómo incidir una ampliación realizada en un lugar inapropiado por ventilación, iluminación y aprovechamiento bioclimático. Cómo incidir los jardines, el calor y la absorción. Cómo incidir la localización y tipo de aberturas en el control bio ambiental. Cómo incidir la localización de alumbrado público en relación a los árboles. Cómo incidir la absorción de agua de las acequias y el cuidado y uso en la ciudad ambiente. Cómo incidir el tipo y tamaño de veredas en la absorción del suelo y radiación de calor. Cómo incidir el tipo de pavimento de las calles. Cómo se diseñan y usa los espacios verdes.
	OBJETIVOS	Fructificar en los aspectos centrales a conservar o transformar en la propiedad de diseño.
VUELTA A TALLERES CENTRO COMUNITARIO	DINÁMICA MATERIAL	Se prevé una dinámica de trabajo a la vivienda y al diseño del conjunto habitacional pero se decidió simplemente hacer un listado de los aspectos de diseño en un papelógrafo.
	RESULTADOS	Shien se hizo una dinámica de más íntima, se pensó la cantidad de los lotes de cada uno de los actores y los tiempos intercalados que permitan conservar una metodología didáctica. Interacción que se produce por un intercambio donde los que preguntan son las familias y los que responden "no dan calidez" sino que deben responder en forma de diálogo o información pedagógica lo que se le requiere. Para la etapa se visualizan los principales aspectos a considerar en el futuro diseño / adecuación de diseño en el lote. Se complementa con información clave sobre posibilidades de cambio en función de no tener el proceso de gestión ante el P.V. Listado de personas, estado de calificación para el P.V. planes aprobados por el P.V.
	OBJETIVOS	Fructificar el proceso de acercamiento "humano-social" entre las familias y los técnicos. Compensación del significado de la vivienda.
	RESULTADOS	Compartir impresiones entre el equipo técnico para ajustar: Compartir impresiones entre las familias. Compartir impresiones entre el equipo técnico y familias. Del diálogo que se logró profundizar entre las familias y los técnicos se definió un problema "no dicho" por presiones, desconocimiento y cierta cultura de "dependencia" sobre ciertos organismos y su incidencia en el cambio de tipología y por la incorporación de una familia más al grupo ocupando un área verde. Todo esto sin su conocimiento. Se analizó también cómo influir en el grado de participación en el taller. El hacer surgir temas "claros", generalmente negativos u oscuros, que tienen el proceso de diseño participativo.
TRANSFERENCIA DE LA INFORMACIÓN DE LOS TALLERES A LOS TALLERES DE FORTALECIMIENTO DE LA TOMA DE DECISIONES	OBJETIVOS	Exposición de materiales pedagógicos.
	DINÁMICA MATERIAL	Los técnicos del UNV explican aspectos técnicos que refuerzan lo debatido en campo. Descripción del área climática del departamento de Turujón. La incidencia de la orientación del lote en el diseño. La incidencia del tipo de aberturas, localización y tamaño según orientación. La incidencia en la forma de uso de las aberturas. La incidencia del tipo de arbolado y su localización. La incidencia de la localización del arbolado y de la iluminación barrial. La incidencia del tipo de solado de veredas. La incidencia del tipo de pavimento o para calles. La incidencia del tipo de pared de acuíque.
	RESULTADOS	Fructificar el proceso de acercamiento "humano-social" entre las familias y los técnicos. Compensación del significado de la vivienda.
	OBJETIVOS	Compartir impresiones entre el equipo técnico para ajustar: Compartir impresiones entre las familias. Compartir impresiones entre el equipo técnico y familias. Del diálogo que se logró profundizar entre las familias y los técnicos se definió un problema "no dicho" por presiones, desconocimiento y cierta cultura de "dependencia" sobre ciertos organismos y su incidencia en el cambio de tipología y por la incorporación de una familia más al grupo ocupando un área verde. Todo esto sin su conocimiento. Se analizó también cómo influir en el grado de participación en el taller. El hacer surgir temas "claros", generalmente negativos u oscuros, que tienen el proceso de diseño participativo.
CARE	OBJETIVOS	Fructificar el proceso de acercamiento "humano-social" entre las familias y los técnicos. Compensación del significado de la vivienda.
	DINÁMICA MATERIAL	Compartir impresiones entre el equipo técnico para ajustar: Compartir impresiones entre las familias. Compartir impresiones entre el equipo técnico y familias. Del diálogo que se logró profundizar entre las familias y los técnicos se definió un problema "no dicho" por presiones, desconocimiento y cierta cultura de "dependencia" sobre ciertos organismos y su incidencia en el cambio de tipología y por la incorporación de una familia más al grupo ocupando un área verde. Todo esto sin su conocimiento. Se analizó también cómo influir en el grado de participación en el taller. El hacer surgir temas "claros", generalmente negativos u oscuros, que tienen el proceso de diseño participativo.
	RESULTADOS	Del diálogo que se logró profundizar entre las familias y los técnicos se definió un problema "no dicho" por presiones, desconocimiento y cierta cultura de "dependencia" sobre ciertos organismos y su incidencia en el cambio de tipología y por la incorporación de una familia más al grupo ocupando un área verde. Todo esto sin su conocimiento. Se analizó también cómo influir en el grado de participación en el taller. El hacer surgir temas "claros", generalmente negativos u oscuros, que tienen el proceso de diseño participativo.
	OBJETIVOS	Fructificar el proceso de acercamiento "humano-social" entre las familias y los técnicos. Compensación del significado de la vivienda.
NO PLANIFICADO	OBJETIVOS	Fructificar el proceso de acercamiento "humano-social" entre las familias y los técnicos. Compensación del significado de la vivienda.
	DINÁMICA MATERIAL	Del diálogo que se logró profundizar entre las familias y los técnicos se definió un problema "no dicho" por presiones, desconocimiento y cierta cultura de "dependencia" sobre ciertos organismos y su incidencia en el cambio de tipología y por la incorporación de una familia más al grupo ocupando un área verde. Todo esto sin su conocimiento. Se analizó también cómo influir en el grado de participación en el taller. El hacer surgir temas "claros", generalmente negativos u oscuros, que tienen el proceso de diseño participativo.
	RESULTADOS	Del diálogo que se logró profundizar entre las familias y los técnicos se definió un problema "no dicho" por presiones, desconocimiento y cierta cultura de "dependencia" sobre ciertos organismos y su incidencia en el cambio de tipología y por la incorporación de una familia más al grupo ocupando un área verde. Todo esto sin su conocimiento. Se analizó también cómo influir en el grado de participación en el taller. El hacer surgir temas "claros", generalmente negativos u oscuros, que tienen el proceso de diseño participativo.
	OBJETIVOS	Fructificar el proceso de acercamiento "humano-social" entre las familias y los técnicos. Compensación del significado de la vivienda.
PRIMERAS OPCIONES	OBJETIVOS	Analizar alternativas y seleccionar opciones para la determinación del diseño.
	DINÁMICA MATERIAL	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	RESULTADOS	Analizar alternativas y seleccionar opciones para la determinación del diseño. Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	OBJETIVOS	Analizar alternativas y seleccionar opciones para la determinación del diseño.
SEGUINDAS OPCIONES	OBJETIVOS	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	DINÁMICA MATERIAL	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	RESULTADOS	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	OBJETIVOS	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES PARTICIPATIVAS Y/O DE NEGOCIACIONES	OBJETIVOS	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	DINÁMICA MATERIAL	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	RESULTADOS	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	OBJETIVOS	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
ANÁLISIS DE LAS OPCIONES O LA CANCERIZACIÓN	OBJETIVOS	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	DINÁMICA MATERIAL	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	RESULTADOS	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.
	OBJETIVOS	Analizar y proponer según orientación y localización en esquina. Se acuerda con cada grupo de familia. Se plantea la necesidad de participación responsable en el diseño. Opción 1: Diseño de viviendas - el mismo diseño - el mismo diseño base pero con variaciones. R. EL MISMO DISEÑO BASE CON VARIACIONES. Opción 2: Se trabaja sobre el diseño original de las familias o se trabaja sobre el diseño que está en los pliegos del P.V. R. EL DISEÑO DE LOS PLEGOS DEL P.V. Opción 3: El mismo diseño con variaciones menores o variación de diseño? - R. EL MISMO DISEÑO CON VARIACIONES MENORES.



Figura 2. Imágenes de los distintos momentos del taller bioclimático..

## EVALUACIÓN Y REFLEXIÓN

En el proceso de transferencia de conocimiento bioclimático, propuso la integración de tecnologías ambientales y participativas como una estrategia de transferencia de tecnología e incidencia en política. Se sostiene que esta articulación permitirá futuras definiciones de política de vivienda del IPV de Mendoza. Se fortaleció la comprensión del proceso de transferencia de tecnologías para la producción social del hábitat. El paso por talleres participativos fue significativo para el cambio de actitudes y el descubrimiento de aptitudes para el trabajo intersectorial y participativo.

Se desarrollaron instrumentos de comunicación y de comprensión “pedagógica” dirigidos a los distintos actores y tipo de actividad a desarrollar. En particular se evalúa la efectividad de los materiales pedagógicos desarrollados para la transferencia de tecnología ambiental y la incorporación, de las familias, al diseño participativo.

En el diseño participativo acordado por el 40% de las familias al comienzo, puede observarse resultados de un 75% de las tecnologías ambientales propuestas. Se observó algún tipo de resistencia en algunas de las tecnologías de infraestructura que cambian el concepto tradicional de la vereda y del “asfalto” tan incorporado en la cultura del “progreso”. Se avanzó significativamente en la profundización de los acuerdos. Se pasó de un convenio por autoridades de otra gestión, a la continuidad gracias al trabajo articulado entre técnicos, funcionarios e investigadores. A partir de la participación a exposiciones y talleres, dieron como resultado, diálogo y encuentro de posiciones conceptuales y metodológicas. Se superaron los “mitos” de la participación con el ejercicio de talleres de discusión y propuesta. Se lograron propuestas, más allá de lo previsto, tanto desde el grupo de investigadores, como de la organización gubernamental. Se lograron acuerdo a partir de reuniones de evaluación entre el IPV, técnicos del LAHV, y las familias del grupo.

Específicamente, sobre la incorporación de las innovaciones en tecnologías bioclimáticas y participativas, el IPV ha aceptado las modificaciones al proyecto y el presupuesto para incorporarlas, para el caso Vista Flores. Ha aceptado la realización de: a) variaciones en el diseño tipológico para viviendas al norte, sur y esquina. B) variaciones en su localización dentro del lote. C) variaciones a la tipología original que no incluía aleros, d) diferencia de techos para captación solar. E) un prototipo con todas las modificaciones propuestas para su replicabilidad por el resto de las familias.

En síntesis, al momento de avance del proyecto, se evalúa como positiva la articulación de tecnologías bioclimáticas y participativas como una dupla estratégica que permitirá la sustentabilidad del hábitat social, como en las actitudes y aptitudes de los distintos actores. Se evalúa como positivo la incidencia en la transformación de política. Se tendrá que verificar, en el mediano y el largo plazo, la sostenibilidad de las transformaciones logradas.

### ABSTRACT

The paper describes the methodologies applied to the participative bioclimatic design of social dwellings in the province of Mendoza (Argentina), aimed to incorporate renewable energies to social habitat. Through participative design, concrete solutions are given to users that have restricted access to energy and consequently can not mitigate the lack of shelter and protection of their homes. The result is an improved house design with minimal cost, and the development of technical documentation for its construction. Each of the neighborhoods include a demonstrative unit with optimized bioclimatic design, improvements that can be reached progressively by the the rest of the users.

**KEYWORDS:** Bioclimatic architecture, Social housing, Participation.

## BIBLIOGRAFÍA

- Balcomb, J. D. et al. (1983). "Passive Solar Design Handbook" – Volume 3. American Solar Energy Society. Boulder, USA.
- Enet, Mariana y otros. 2008 "Herramientas para pensar y crear colectivamente". Sistema integrado de tecnologías de Diagnóstico + Planificación + Monitoreo + Evaluación + Comunicación". Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED. Red XIV.f. con apoyo HIC (Hábitat International Coalition). Argentina.
- Enet, Mariana. 2002 La participación en el diseño y planificación del hábitat. Título del artículo en libro "El significado y el uso del diseño participativo en el nuevo contexto político y social de los 90" Año de publicación: Mayo 2000. Editorial: Impretel. México. Segunda Parte: La participación en el Diseño del hábitat popular. Hojas: Desde la 131 a la 144.. Autor: Arq. Mariana Enet. Primer Premio Concurso CYTED.
- Flores Larsen, Silvana, Lesino, Graciela. "Modelo Térmico del Programa SIMEDIF de Simulación de Edificios" Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 9, pp. 15 - 24, 2001. Impreso en la Argentina. ISSN 0328-932X.
- Gonçalves, H. (editor). "LOS EDIFICIOS EN EL FUTURO , ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS Y SUSTENTABILIDAD". ISBN 978-972-676-209-6. Lisboa, Portugal.
- Gonçalves, H., Camelo, S. (editor). "LOS EDIFICIOS BIOCLIMÁTICOS EN LOS PAÍSES DE IBERO AMÉRICA". ISBN 972-676-200-6. Lisboa, Portugal.
- Goulding J; Lewis, J; Steemers, T. (1994) "Energy in Architecture". The European Passive Solar Handbook. C.E.C. pp. 282.
- Libro de consulta sobre participación (2002). Banco Interamericano de Desarrollo. <http://www.iadb.org/exr/ESPAÑOL/POLITICAS/participa/>
- Max-Neff, Manfred y ot. (1986), "Desarrollo a escala humana - Una opción para el futuro". CEPAAUR. Chile
- Mitchell, J. (2001). Propuesta metodológica en el diseño de un asentamiento humano en una zona rural del centro-oeste de la república Argentina. LA CASA DE AMÉRICA. Pp.209-239 (ISBN-970-694-063-4)
- Mitchell, J., Gascón, M. (1998). "Teaching peasants how to build more efficient houses. The experience of organizing workshops in a rural area of Mendoza, Argentina". Publicado en los Proceedings of the Sixth International Symposium on Renewable Energy Education (ISREE-6 ) New Delhi, India.
- Mitchell, J. "Propuesta de mejoramiento de las condiciones del confort térmico interior del hábitat social a partir de sobre costo cero". Energías Renovables y M A, Vol. 3, pp. 1-4, 1996.
- Morillón D. G., 2000. Metodología para el diseño bioclimático, Memorias del Ises Millennium Solar Forum 2000, ANES, PP. 1-6, ISBN No. 968-5219-01X, MÉXICO.
- Norma IRAM 11604, 1990. Acondicionamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- Ortiz Flores, Enrique y otros. 2008. "El derecho a la ciudad en el mundo". Compilación de documentos relevantes para el debate. Edición. HIC-AL. Distrito Federal. México.
- Ortiz Flores, Enrique. 2007. "Integración de un sistema de instrumentos de apoyo a la Producción Social de Vivienda". Edición. Oficina Regional de la Coalición Internacional para el Hábitat. Distrito Federal. México.
- Watson, D; Labs, Kenneth (1983). "Climatic Design. Energy-Efficient Buildings Principles and Practices". Mc. Graw-Hill, New York, USA



# CONTRIBUIÇÕES PARA O DESEMPENHO TERMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL O CASO DA CDHU 2008

Marcelo de Andrade Roméro <sup>1</sup>

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo  
Rua do Lago, 876, Cidade Universitária, São Paulo, Brasil, [WWW.usp.br/fau](http://WWW.usp.br/fau)  
+55.11.30914797, [maromero@usp.br](mailto:maromero@usp.br)

## 1 – Considerações preliminares

Um dos aspectos mais relevantes da Rede CYTED é a possibilidade de incorporar os resultados obtidos nas pesquisas conduzidas em cada país, em situações reais. No caso brasileiro, e em particular na participação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo neste processo, optou-se por nesta etapa por procurar a CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo, para solicitar necessidades e propor melhorias. Necessidades são aspectos do projeto arquitetônico que interessam para a CDHU, que sejam simulados para posterior análise e eventual incorporação no projeto.

Em termos de escala e importância da CDHU, vale ressaltar que a região metropolitana de São Paulo, é a maior do país e conta com aproximadamente 20 milhões de habitantes, distribuídos pelos seus 38 municípios. Na escala mundial, a RMSP – Região Metropolitana de São Paulo ocupa a 4ª. posição ficando atrás somente de Tóquio no Japão (23,4 milhões), Cidade do México no México (22,9 milhões) e Nova Iorque nos EUA (21,8 milhões)<sup>4</sup>. Neste cenário a CDHU é a maior companhia de produção de habitações de interesse social no Estado de São Paulo e uma das maiores do país.

## 2 – O projeto, objeto da intervenção.

### 2.1 – Características projetuais e construtivas<sup>5</sup>:

#### 2.1.1 Tipologia: UNIDADE HABITACIONAL 3 DORMITÓRIOS - V 043 A – 02

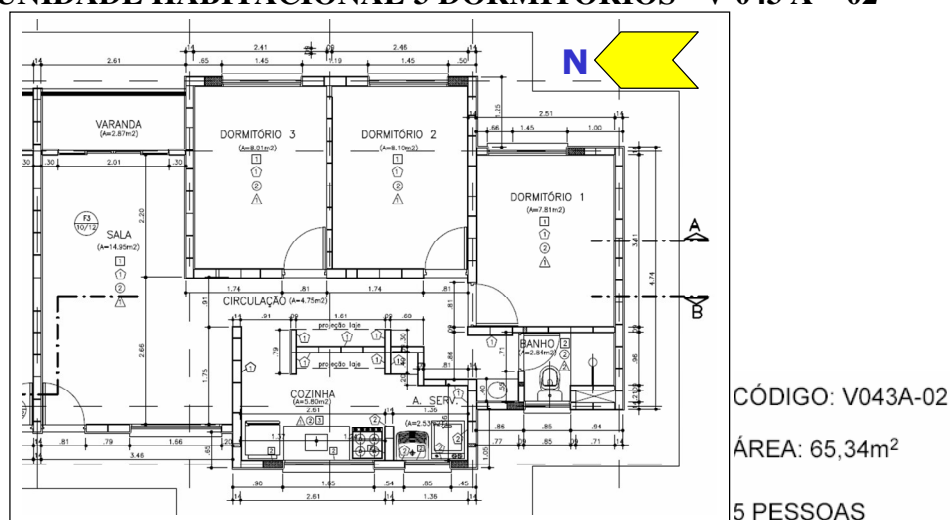


Figura 1 – Planta baixa do apartamento analisado

<sup>1</sup> Romero, Marcelo de Andrade. Conforto ambiental e eficiência energética em habitações de interesse social no Brasil. In: Gonçalves, Helder P. Portugal, 2005.

<sup>5</sup> O Memorial descritivo apresentado neste item foi fornecido pela COHAB-SP

## **2.1.2 Inovações na arquitetura da CDHU São Paulo 2008**

- aumento da área construída e inclusão do terceiro dormitórios.
- aquecimento solar para o banho.
- chuveiro elétrico para complementar o aquecimento solar.
- medição individual de água com medição eletrônica digital e remota “blue tooth”.
- tubulação de cobre isolada para a.q. com isolamento térmico.
- varanda na sala protegendo os envidraçados.
- apartamento adaptado a deficientes físicos no térreo.

## **2.1.2 Fundações**

O tipo e dimensionamento das fundações decorrerão das características geológicas do subsolo podendo ser diretas ou indiretas, em conformidade com o projeto específico, a ser executado por empresa especializada. Os blocos ou sapatas e baldrame serão executados em concreto armado, com impermeabilização do respaldo.

Será executada alvenaria de embasamento com duas fiadas de blocos de concreto, revestida em sua parte superior e lateral com argamassa de cimento e areia com aditivo impermeabilizante e pintura betuminosa.

## **2.1.3 Estrutura**

Os apartamentos serão executados em alvenaria armada de 14 cm de espessura, sendo que os blocos serão em concreto estrutural com resistência mínima, grauteamento e armações conforme o projeto estrutural. As lajes serão pré-moldadas com vigotas em concreto armado e blocos cerâmicos. A caixa de escadas será executada em concreto armado no sistema convencional.

## **2.1.4 Alvenaria de vedação**

A alvenaria interna de vedação será executada em blocos de concreto com espessura de 9 ou 14 cm, de acordo com o projeto.

## **2.1.5 Cobertura**

A estrutura será composta de vigas de madeira, com seção transversal de 6x12cm, sobre muretas de alvenarias, conforme detalhes em projeto específico. A cobertura será em telha ondulada de fibrocimento sem amianto ou CRFC, com inclinação de acordo com o projeto e fixadas com parafusos conforme especificação do fabricante. As cumeeiras serão pré moldadas, do mesmo material das telhas e fixadas conforme recomendações do fabricante. Os rufos, contra-rufos e calhas serão em chapa galvanizada com espessura de acordo com o projeto e duas demãos de pintura esmalte.

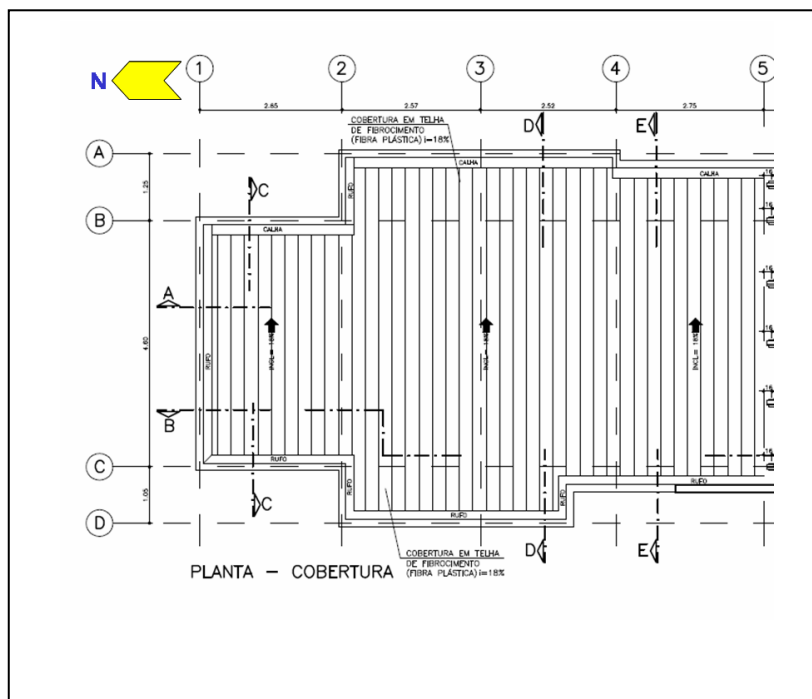


Figura 2 – Planta da cobertura

### 2.1.6 Portas

As portas de entrada dos apartamentos serão de madeira maciça, com fechadura tipo Yale; as demais portas internas aos apartamentos serão de miolo tipo colméia e com fechadura tipo Gorge ou tarjeta nos banheiros.

Todas as portas receberão 2 demãos de pintura esmalte. Os batentes serão de chapa dobrada de aço zincado, com pintura esmalte. As portas de entrada do edifício serão em aço e vidro, com divisões horizontais.

### 2.1.7 Janelas

Nas salas serão em aço zincado com duas folhas de vidro de correr, dotada de vidro transparente liso e incolor com 3mm de espessura. Nos dormitórios serão em aço zincado com duas folhas de veneziana de correr (sendo uma folha sem ventilação e uma ventilada) mais 1 folha de vidro de correr, dotada de vidro transparente liso e incolor com 3mm de espessura.

Nas cozinhas, áreas de serviço e halls serão em aço zincado tipo maxi-ar dotadas de vidro transparente liso e incolor com 3mm de espessura, conforme o Projeto Executivo de Arquitetura. Nos banheiros serão em aço zincado tipo maxi-ar dotada de vidro fantasia incolor com 4mm de espessura. Os peitoris receberão tratamento com pingadeira em ardósia.

### 2.1.8 Componentes de ferro

Os guarda-corpos, corrimãos e barras do banheiro adaptado serão em tubo de aço galvanizado com pintura em esmalte sintético sobre fundo anticorrosivo.

### **2.1.9 Revestimento**

As paredes internas das salas, dormitórios, corredores e halls de circulação serão revestidas com gesso aplicado diretamente sobre os blocos. As cozinhas, áreas de serviço e banheiros serão revestidas com massa única sobre a alvenaria e quatro fiadas de azulejo 15x15 sobre a bancada da pia, tanque e lavatório. O box terá revestimento em azulejo 15x15 até o teto.

Nas paredes externas será executada massa única sobre a alvenaria.

Nos tetos será aplicada massa única sob a laje pré-moldada. Os tetos dos banheiros e parte do salão de festas deverão receber forros rebaixados de gesso.

### **2.1.10 Pisos**

Nos pisos térreos serão executados lastros de brita e contrapiso de concreto com aditivo impermeabilizante. Nos demais pisos haverá contrapiso de argamassa sobre as lajes.

Nos banheiros, cozinhas e áreas de serviço serão executadas impermeabilizações com argamassa polimérica e piso cerâmico com rodapé, sendo que no apartamento adaptado o piso cerâmico será anti-derrapante.

Nas salas e dormitórios o acabamento será em cimentado desempenado.

Nos halls e escadas o acabamento será em granilite, inclusive rodapés e espelhos das escadas. As soleiras serão executadas em todas as transições de pisos, conforme indicado no projeto, em baguete de ardósia. Todos os pisos laváveis, terão declividade de 0,5%, no mínimo, em direção aos ralos, grelhas ou porta externa para o perfeito escoamento da água. Os rodapés serão sempre em nível.

### **2.1.11 Pintura**

Será utilizado Látex 100% acrílico nas paredes externas do edifício, nos halls de circulação, nos banheiros, áreas de serviço e cozinhas, em no mínimo duas demãos sobre fundo selador. Nas paredes das salas, dormitórios e em todos os tetos será aplicado pintura Látex PVA, em no mínimo duas demãos.

### **2.1.12 Aparelhos e metais**

As bancadas e cuba da pia da cozinha serão em mármore sintético, com sifão em PVC. O lavatório será em louça branca sem coluna, com ladrão e sifão de PVC. O vaso sanitário será em louça branca com caixa de descarga acoplada (6 litros por descarga). O tanque será em mármore sintético, sem coluna, com sifão em PVC. As torneiras serão cromadas com aerador. As papeleiras e saboneteiras serão em louça branca.

### 2.1.13 Tipologias de implantação das unidades

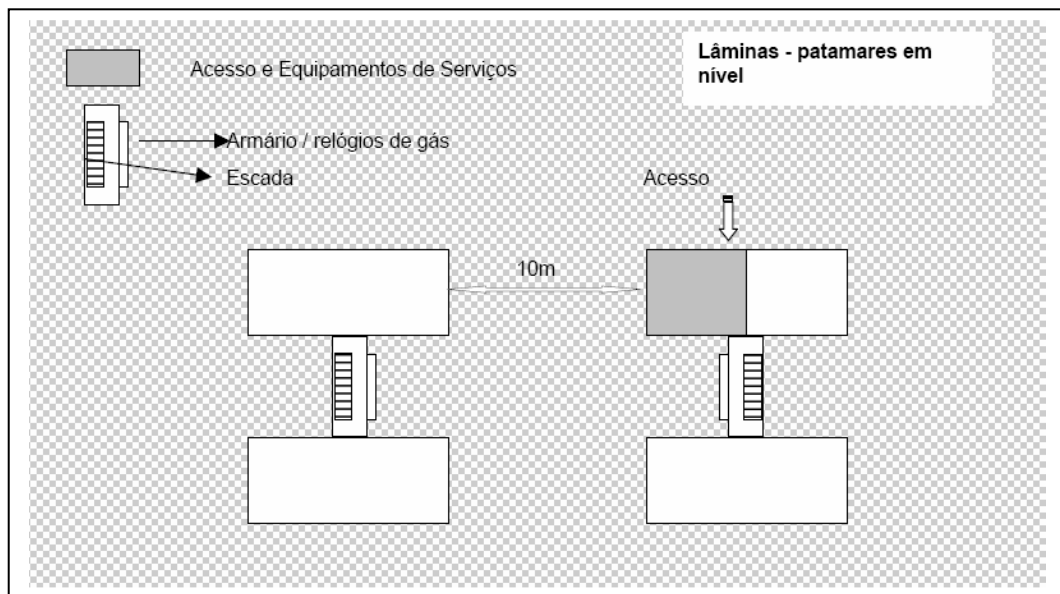


Figura 3 – Tipologias de implantação das unidades habitacionais

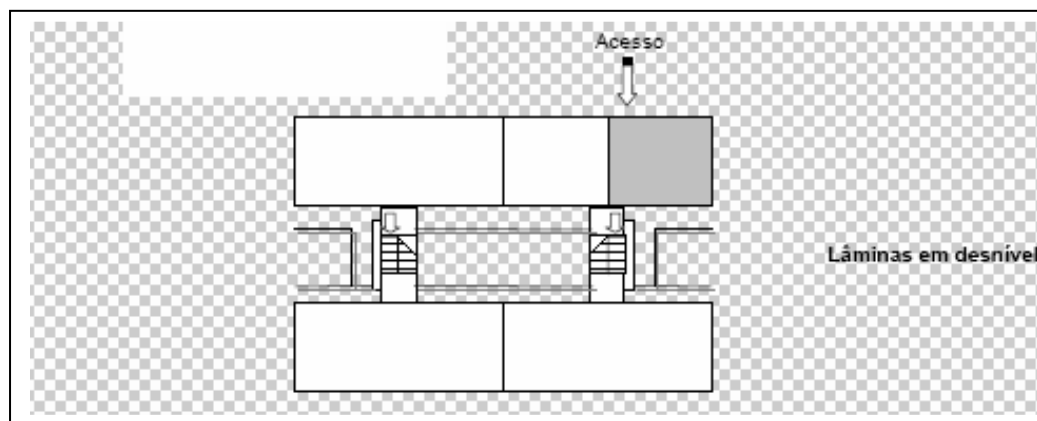


Figura 4 – Tipologias de implantação das unidades habitacionais

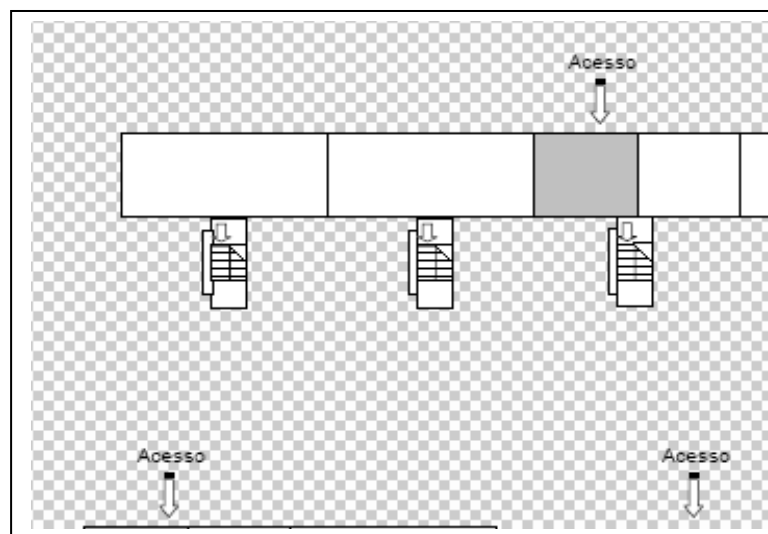


Figura 5 – Tipologias de implantação das unidades habitacionais.

### 3 – Simulações solicitadas pela COHAB

A COHAB solicitou a esta equipe de pesquisa as seguintes simulações:

Substituir os blocos de concreto por blocos cerâmicos;

- Substituir as telhas de cimento amianto por telhas de barro;
- Aumentar o dimensionamento dos caixilhos de 1,20 m x 1,20 m para 1,40 m x 1,40 m;
- Incluir beiral na cobertura com profundidade de 0,80 m;

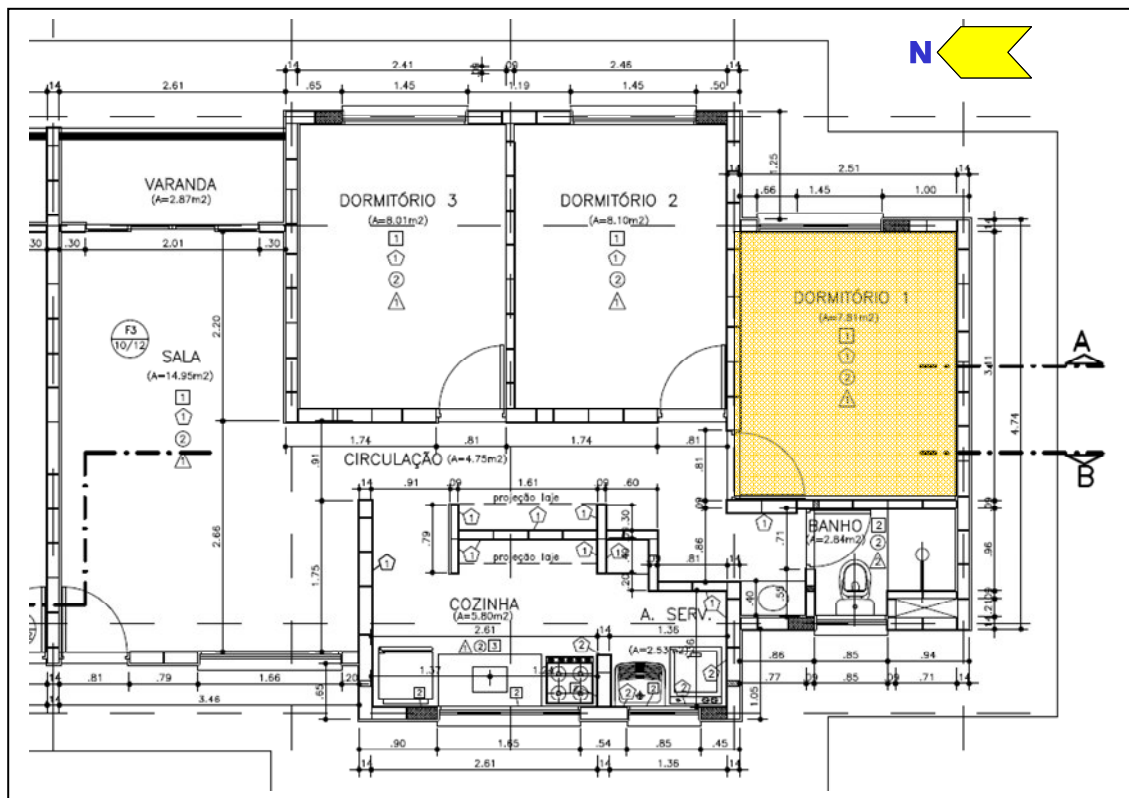


Figura 6 – Localização do apartamento analisado

### 4 – Dados climáticos de São Paulo

Latitude:	-23,62°
Longitude:	-46,65°
Altitude:	803 m
Umidade relativa do ar	80% (inverno e verão)
Precipitação	28 mm (inverno) 180 mm (verão)

Gráfico 1 – Flutuação das temperaturas anuais na cidade de São Paulo

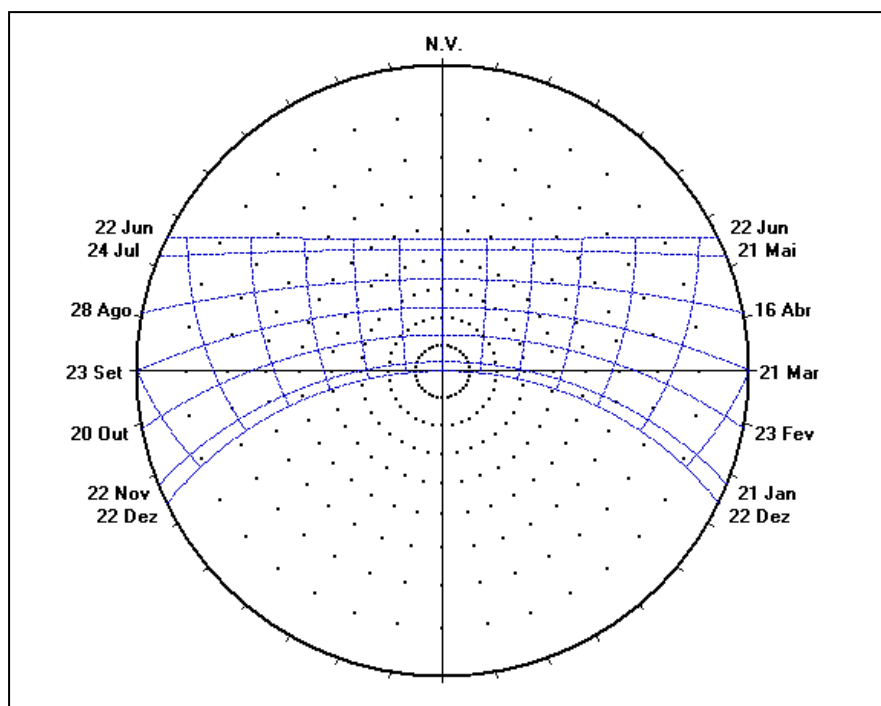
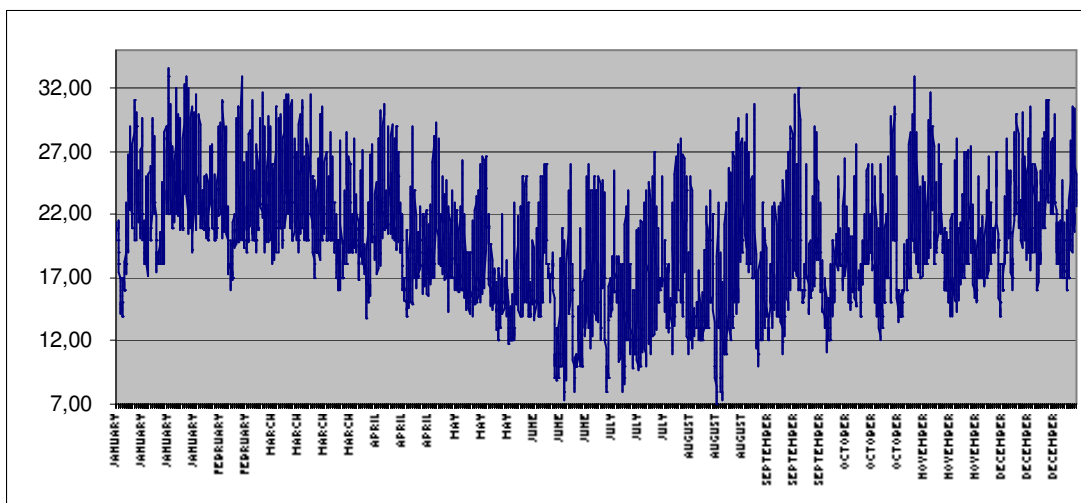


Figura 7 – Carta solar – São Paulo – 24 o Sul

## 5 – Simulações e resultados

As simulações desta pesquisa foram realizadas no programa *Energy Plus*. Este é um programa criado para realizar simulações energéticas em edifícios, apresentando resultados relativos a aquecimento, resfriamento, iluminação artificial e natural, ventilação e outros fluxos energéticos. Criado pelo *US Department of Energy* e concluído em abril de 2001, este programa associa as principais características dos programas *BLAST* e *DOE-2*, e acrescenta outras capacidades de simulação inovadoras, tais como etapas de simulação menores que uma hora, sistemas modulares e de condicionamento ambiental integrados com as simulações por zonas, fluxo de ventilação multi-zona, conforto térmico e sistemas

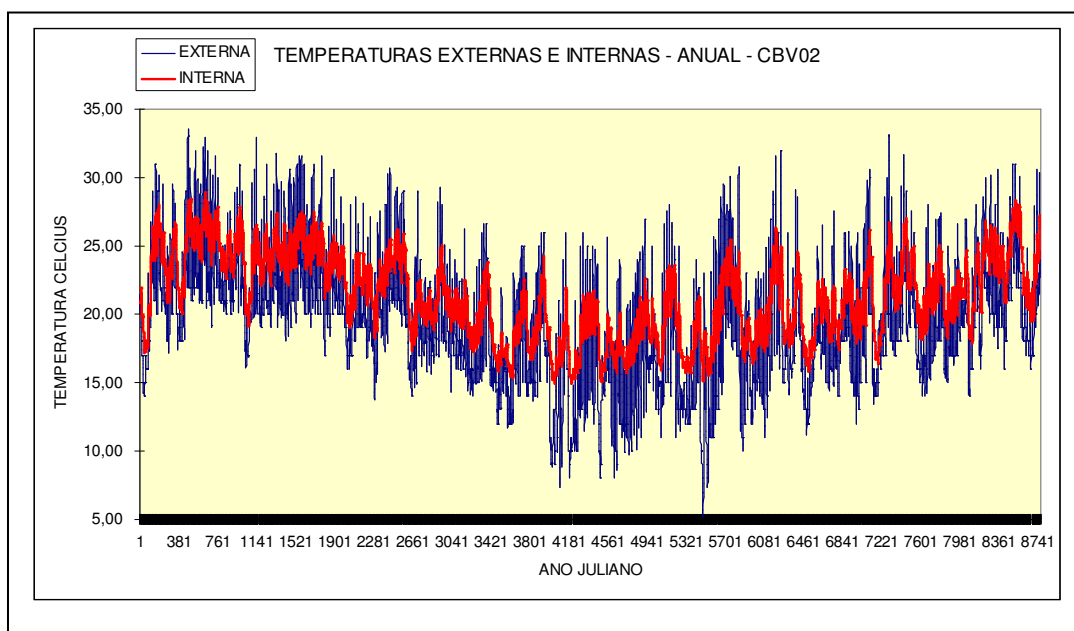
fotovoltaicos. Permite a identificação das parcelas de carga térmica referentes a envoltentes transparentes e envoltentes opacas, assim como a quantificação das cargas térmicas resultantes no ambiente e que deverão ser retiradas pelo sistema de condicionamento ambiental.<sup>6</sup>

### 5.1 Parâmetros adotados na simulação caso base - [cbv02]

- Alvenaria estrutural de blocos de concreto
- Telha de fibrocimento
- Orientação da abertura - Leste
- Ventanas - dormitório 2 (1,40 x 1,20)
- Lajes não isoladas de concreto (mistas)
- Pavimento simulado: último pavimento
- Infiltração: 3 renovação por hora

### 5.2 Resultado da simulação do caso base

### 5.2 Resultado da simulação do caso base



### 5.3 Parâmetros adotados nas variações e simulações do Caso Base.

#### VARIAÇÃO PARAMÉTRICA 1 – VP1

- Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos
- Telha de fibrocimento
- Orientação da abertura - Leste

<sup>6</sup> PIRRÓ, Lúcia Fernanda. O impacto das envoltentes verticais no desempenho energético de edifícios de escritórios, FAUUSP, 2005. (Tese de doutorado).

- Ventanas do dormitório (1,40 x 1,20)
- Lajes não isoladas de concreto (mistas)
- Pavimento simulado: último pavimento Alvenaria estrutural de blocos de concreto
- Telha cerâmica
- Orientação da abertura - Leste
- Ventanas do dormitório (1,40 x 1,20)
- Lajes não isoladas de concreto (mistas)
- Pavimento simulado: último pavimento
- Infiltração: 3 renovações por hora
- Infiltração: 3 renovações por hora

#### VARIAÇÃO PARAMÉTRICA 2 – VP2

- Alvenaria estrutural de blocos de concreto
- Telha cerâmica
- Orientação da abertura - Leste
- Ventanas do dormitório (1,40 x 1,20)
- Lajes não isoladas de concreto (mistas)
- Pavimento simulado: último pavimento
- Infiltração: 3 renovações por hora

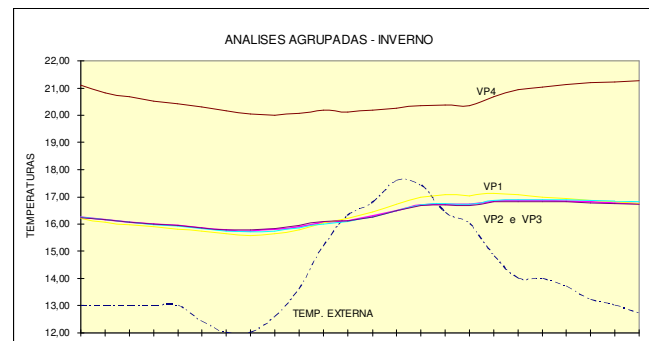
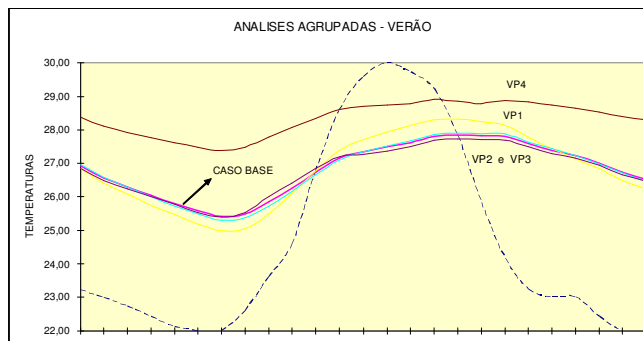
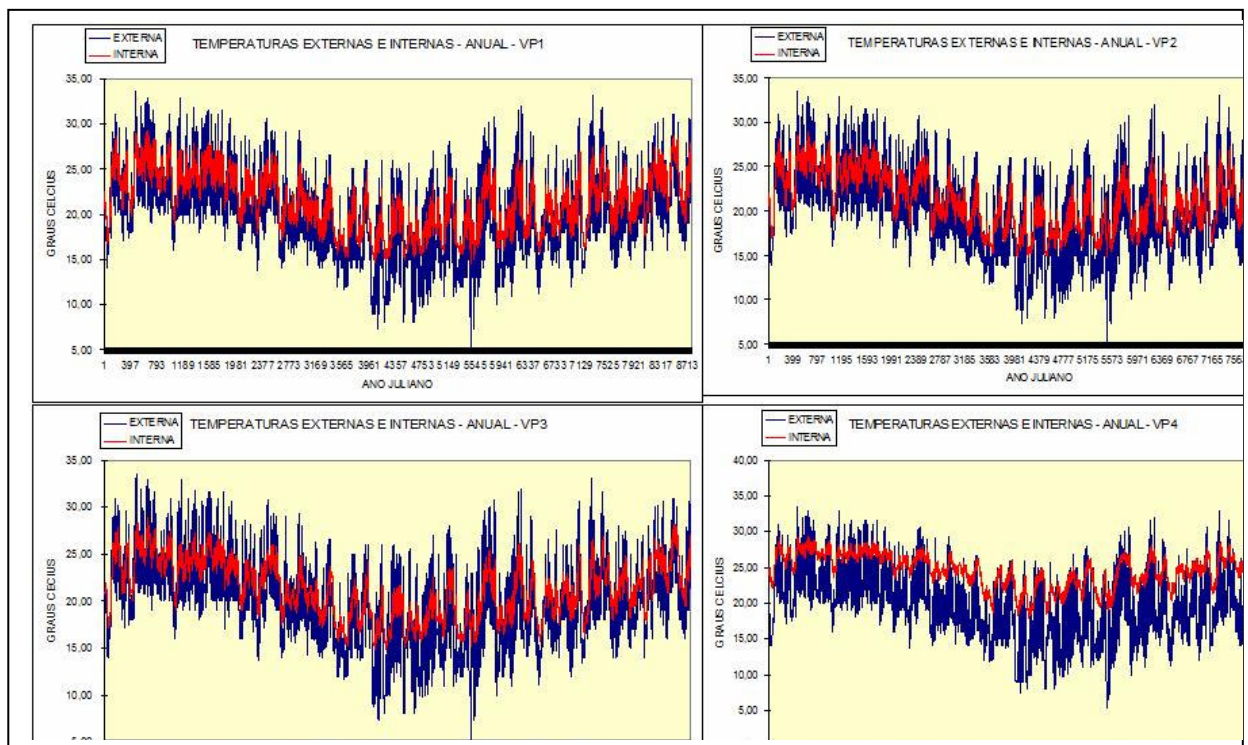
#### VARIAÇÃO PARAMÉTRICA 3 – VP3`

- Alvenaria estrutural de blocos de concreto
- Telha de fibrocimento
- Orientação da abertura - Leste
- Ventanas do dormitório (1,40 x 1,20)
- Lajes não isoladas de concreto (mistas) + superfície aluminizada
- Pavimento simulado: último pavimento
- Infiltração: 3 renovações por hora

#### VARIAÇÃO PARAMÉTRICA 4 – VP4

- Alvenaria estrutural de blocos de concreto
- Telha de fibrocimento
- Orientação da abertura - Leste
- Ventanas do dormitório (1,40 x 1,20)
- Lajes de concreto (mistas) + poliestireno expandido e = 5 cm.
- Pavimento simulado: último pavimento
- Infiltração: 3 renovações por hora

## 5.4 Resultados das simulações e conclusões



O resultado das simulações realizadas demonstrou que o efeito do isolamento da cobertura é mais favorável para o período de inverno que para o período de verão, onde se torna necessário aumentar as taxas de ventilação e reduzir a espessura do isolamento. Em termos de inovações, a proposta da CDHU para este empreendimento é bastante inovadora no Brasil, tanto para as questões de planta e metragem quadrada como para as questões de sustentabilidade.

*Agradecimentos: Este trabalho contou com a colaboração da Profa. Dra. Lúcia Pirró, docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo e Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Fundação Armando Álvares Penteado, nas etapas de simulação e análise dos resultados.*

## AValiação DE CONJUNTOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL EM RECIFE, BRASIL

Ruskin Freitas, Luana Moraes, Juliana Neves

A Cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco, localiza-se em posição privilegiada no litoral da costa nordeste do Brasil, num clima tropical quente e úmido, com uma temperatura do ar média de 25,5°C, umidade relativa do ar média em 80%, predomina os ventos de 6 m/s, vindos do sudeste. A altitude da cidade está na média de 4m ao nível do mar, tendo o município 67,43% de seu território em morros, 23,26% em planícies e 9,31% em áreas alagáveis.



Imagem 1 - Cidade do Recife

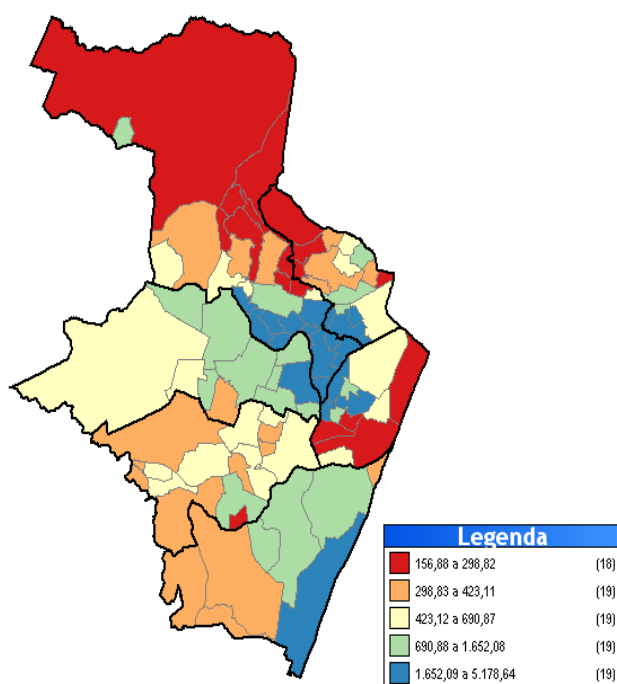
Limita-se ao norte com os municípios de Olinda e Paulista, ao sul com Jaboatão dos Guararapes, a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe, e a leste com o Oceano Atlântico.

Trata-se de uma das três maiores aglomerações urbanas da Região Nordeste, juntamente com as cidades de Fortaleza e Salvador. Atualmente a cidade é dividida em 94 bairros

distribuídos em 6 Regiões Político Administrativas. Possui uma população um pouco maior que 1,5 milhões de habitantes, distribuídos numa área de 217,494 km<sup>2</sup>, com uma densidade demográfica de aproximadamente 7mil hab/km<sup>2</sup> e de 17,13 domicílios por hectare. Seu PIB<sup>7</sup> (2005) é de R\$ 16,6 bilhões e seu IDH<sup>8</sup> está em 0,797 na cidade, e respectivamente, R\$ 32,5 bilhões e 0,783 na Região Metropolitana.

A Região Metropolitana do Recife representa concentração econômica e demográfica, com destaque para atividades do terciário moderno. É marcante sua diversidade cultural e suas belezas naturais: há presente em sua paisagem edificações históricas (Igrejas do

Renda média dos responsáveis pelo domicílio, 2000  
Todos os Bairros do Recife



Mapa 1 - Renda Média da Cidade do Recife

<sup>7</sup> PIB – é o Produto Interno Bruto, o valor que tem objetivo em mensurar a atividade econômica de uma região.

<sup>8</sup> IDH – é o Índice de Desenvolvimento Humano, medido através da qualidade de vida entre as populações, comparando riqueza, alfabetização, educação, expectativa de vida, natalidade, mortalidade, entre outros.

A Região Metropolitana do Recife representa concentração econômica e demográfica, com destaque para atividades do terciário moderno. É marcante sua diversidade cultural e suas belezas naturais: há presente em sua paisagem edificações históricas (Igrejas do século XVII, por exemplo) e contemporâneas, além de suas pontes, praças, a presença de manguezais, rios, mar, uma das praias urbanas mais bem conservadas do mundo. Em contraste, apresenta diversas problemáticas infra-estruturais e de habitabilidade.

A ocupação da cidade do Recife deu-se a partir das principais vias de acesso. Em geral, as menos privilegiadas são as áreas em morros e regiões alagadiças. Diferente de outras cidades, o Recife possui uma grande quantidade de ZEIS<sup>9</sup> distribuídas no espaço urbano. A cidade possui 66 ZEIS<sup>10</sup>, totalizando um pouco mais que 550 mil habitantes nessas áreas.



**Imagem 2 - Contrastes: em primeiro plano assentamentos irregulares; ao fundo, edificações de alto padrão**

A maior é localizada na zona Norte da cidade (Casa Amarela), seguida do Ibura/Jordão (zona Sul), Torrões e Campo Grande (ambas na zona Norte). O Recife também é caracterizado pelas diferenças e pela convivência de seus habitantes: próximos espacialmente, mas separados pelas enormes diferenças socioeconômicas.

Tratando-se de um clima tropical quente e úmido, os princípios bioclimáticos para se construir na cidade do Recife são os seguintes:

- Baixar a temperatura, proteger da radiação, criar espaços sombreados;
- Baixar a umidade, evitar massas de água a montante dos ventos dominantes;
- Promover o escoamento da água das chuvas nos telhados e no espaço público;
- Promover a ventilação cruzada nos ambientes internos e entre as edificações.

---

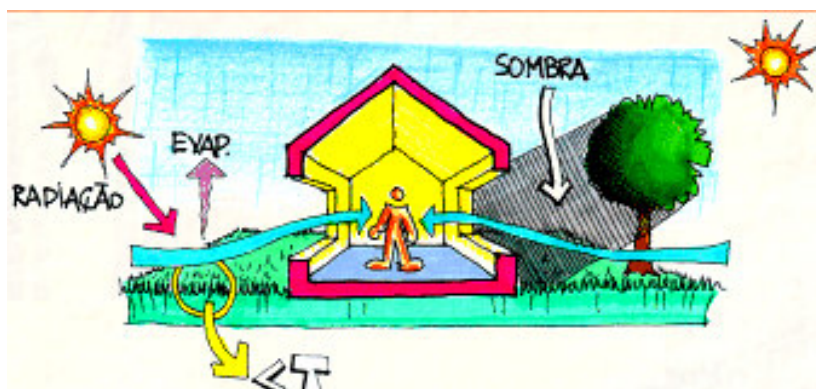
<sup>9</sup> ZEIS - Zona Especial de Interesse Social, e são áreas de assentamentos habitacionais de população de baixa renda, surgidos espontaneamente, existentes, consolidados ou propostos pelo Poder Público, com parâmetros específicos, tais como: famílias com renda média de 3 salários mínimos, carência em infra-estrutura, 30 (ou mais) residências por hectare.

<sup>10</sup> Dados do PNUD/2000.



**Mapa 2 - Principais climas do Brasil**

Na Universidade Federal de Pernambuco é desenvolvido o ensino do Controle do Ambiente e da Arquitetura Bioclimática, onde se promovem pesquisas de identificação de aplicação de seus princípios.



**Ilustração 1 - Recomendações para o clima tropical úmido**

A Arquitetura Bioclimática utiliza dados climáticos do local a ser “alvo” do projeto, de modo a colaborar com o conforto dos usuários e com a eficiência energética da edificação. Para chegar a esses objetivos, é necessário analisar o clima da região e os seus microclimas, ou seja, as variações locais, devido às diferenciações dos espaços analisados, destacando dados de temperatura, umidade e velocidade e direção do vento médias, observar os materiais utilizados na arquitetura local e sua tradição vernacular, a cultura e o contexto socioeconômico de seus habitantes.

O Laboratório de Conforto Ambiental (UFPE) e a Companhia de Habitação de Pernambuco (CEHAB) assinaram um convênio de cooperação técnica, de modo a haver um intercâmbio de informações arquitetônicas e urbanísticas, para subsidiar estudos de bioclimatismo, conforto ambiental e eficiência energética, visando à capacitação de estudantes e de profissionais, assim como a qualificação ambiental dos conjuntos habitacionais produzidos pelo Estado.

A partir do exemplo do CYTED e da inserção da UFPE nesta Rede, foi montado um grupo de pesquisa específico para a avaliação de políticas públicas e de habitações voltadas para área de interesse social. As edificações de interesse social são aquelas que mais precisam de desenho bioclimático, devido à fragilidade econômica de sua população. No entanto, no Recife, as zonas de interesse social estão entre aquelas de maior temperatura e menor qualidade ambiental.

Segundo dados do Governo do Estado de Pernambuco, o déficit habitacional da Região Metropolitana do Recife é de 380 mil unidades, sendo que 90% deste déficit corresponde à habitação de interesse social. Na cidade do Recife, 41% dos domicílios estão em áreas de

favela. O atual Governo do Estado coloca entre as suas prioridades a habitação e a habitabilidade, envolvendo desde o abrigo, no sentido físico, até os diversos condicionantes relacionados à qualidade de vida, envolvendo aspectos como custos, proximidade, infra-estrutura e regularização fundiária. Entre os planos e programas criados para esse fim, destacam-se:

**Plano Estadual de Habitação de Interesse Social:** Prevê a superação do déficit habitacional em Pernambuco, em um horizonte de 15 anos.

**Programa Minha Casa:** Oferta financiamento, assistência técnica, terra, infra-estrutura urbana a empreendimentos voltados à habitação de interesse social.

**Plano de Revitalização de Conjuntos Habitacionais:** Os grandes conjuntos da Região passarão por reforma das unidades habitacionais e implantação de equipamentos sociais e de lazer.

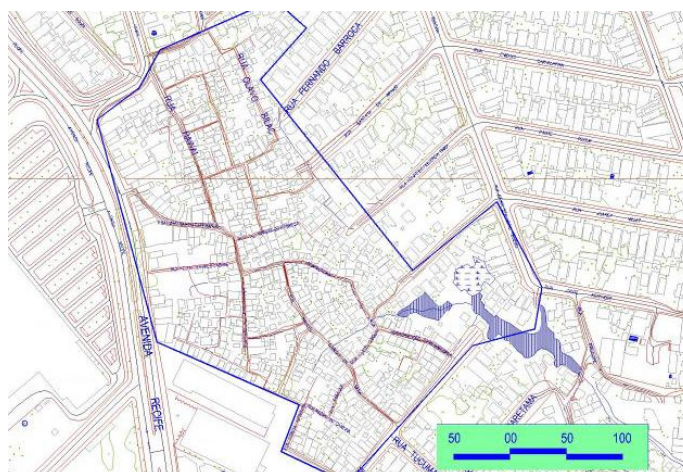
Foram realizados estudos em três comunidades da Cidade do Recife, para verificar o nível de conforto desses espaços.



### Comunidade do Iraque

Comunidade localizada na Zona Oeste da cidade do Recife, assentada às margens da Avenida Recife, importante ligação entre a Zona Sul e Zona Norte da cidade do Recife. A comunidade do Iraque, juntamente com a Rua do Rio, faz parte de uma Zona Especial de Interesse Social (ZEIS Rua do Rio/Iraque). É um dos muitos assentamentos de aterro em área alagada (braço do rio Tejipió). A comunidade sofreu poucas intervenções urbanísticas, sendo predominante o traçado irregular e a não-pavimentação de suas ruas/becos.

**Imagem 3 - Um dos becos na comunidade do Iraque**



**Mapa 3 - Situação da Comunidade do Iraque**

Também foram realizadas entrevistas com alguns moradores da comunidade (10 representantes), baseado no modelo de questionário utilizado por Marcelo Romero e Sheila

Ornstein, em “Avaliação pós-ocupação: métodos e técnicas aplicados habitação social”. Dos entrevistados, todos citaram que a temperatura da casa, no verão, é péssima, no inverno 75% acha regular e 25% ruim, metade dos entrevistados diz que o tamanho da casa é ruim e a outra metade que é regular e também metade comenta que a iluminação nas vias públicas é ruim e a outra metade que é regular.

### Comunidade do Chié



**Mapa 4 - Situação da Comunidade do Chié, rua principal**



**Imagem 4 - Comunidade do Chié, rua principal**

Comunidade localizada na Zona Norte da cidade do Recife, assentada as margens da Avenida Agamenon Magalhães, eixo de ligação importante entre as cidades de Recife e Olinda, em área de aterro de antigos manguezais.

Foi urbanizada pela COHAB, que optou por manter a comunidade no local, intervir nas residências (não foi definido um padrão construtivo), criar vias que dão prioridade aos moradores, criar um canal na avenida principal que escoaria as águas de maré e chuva para o canal Derby-Tacaruna.

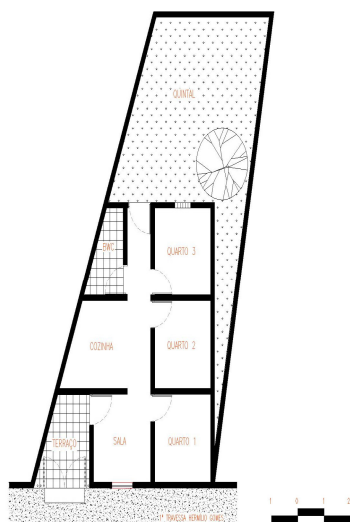
As entrevistas realizadas com alguns moradores da comunidade (10 representantes) teve o seguinte resultado: 70% dos moradores acha a temperatura das casas no verão ruim, 90% acha regular / boa no inverno, 70% diz que o tamanho da casa é regular / bom, e 70% comenta que Iluminação artificial das vias públicas da comunidade é boa.

Foram feitas medições na residência de um dos moradores, onde foram notados vários

não

mas  
não

os  
o



contratempos: a cobertura da casa, sendo de telha cerâmica tipo inglesa, tinha sua altura muito baixa e possuía forro, por isso, os ambientes tiveram uma temperatura ainda maior que externamente; dos três quartos, apenas um tinha janela, e fechada (basculante de ferro e vidro), só deixando passar a iluminação e aquecendo o ambiente, as demais com elementos vazados (cobogós) no lugar de janelas, já vedados por cimento; o banheiro da casa também tinha aberturas para exaustão; além do banheiro, os ambientes mais úmidos eram os três quartos por não possuir aberturas que permitissem a circulação de ar; ambientes mais ventilados são a sala (0,2m/s E/S) e

quintal (0,8m/s E).

**Ilustração 2 - Planta baixa da residência em que foram feitas as medições.**

### Conjunto 1°. De maio / CAIC, Ibura

O Ibura é um bairro localizado na zona sul do Recife. Com uma população de 43 mil habitantes, é uma área adversa com contraste entre amenidades naturais e adensamento construtivo. Uma parceria entre governos municipal e estadual beneficiou a comunidade com a construção de um conjunto habitacional. Os barracos foram substituídos por edifícios em alvenaria. O benefício físico da habitação, porém, ainda carece de melhorias na infra-estrutura, assistência social e habitabilidade.



**Imagem 5 - Conjunto 1° de Maio: a esquerda a comunidade e a direita as novas edificações**



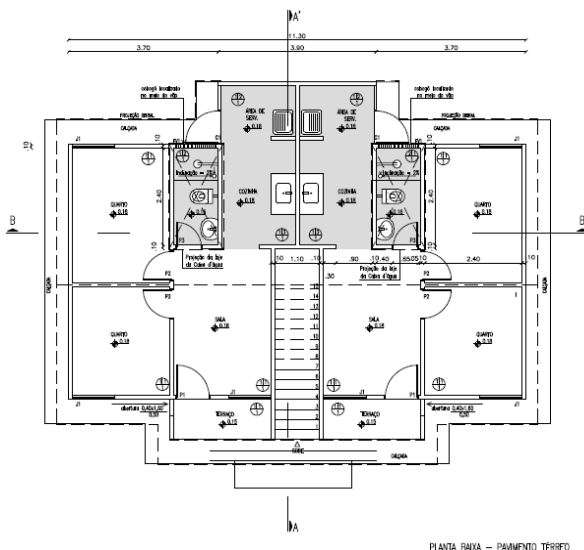
A partir da análise do conjunto, confirmamos as informações dos técnicos da CEHAB, quanto à preocupação com o conforto ambiental. Dimensões mínimas dos ambientes e ventilação cruzada foram garantidas.

**conjunto**

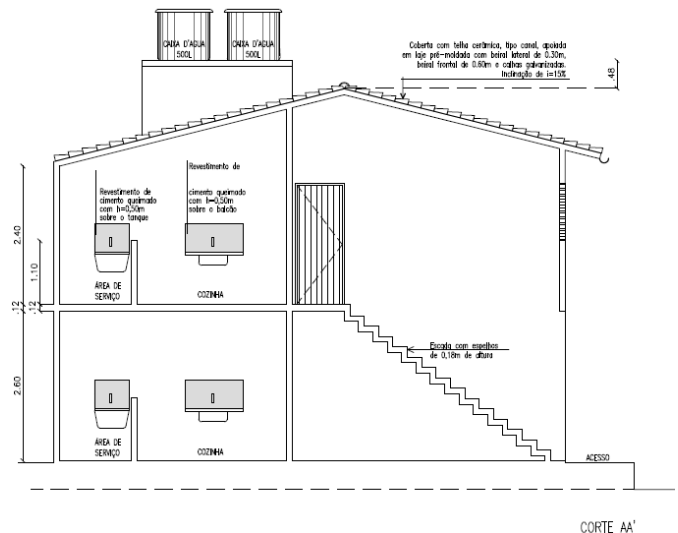
**Imagem 6 - Tipologia padrão do**



**Imagem 7 - Vista do conjunto**



**Ilustração 3 - Planta baixa da tipologia**



**Ilustração 4 - Corte da**

A prática de repetir modelos em diferentes locais e sob diversos arranjos espaciais pode provocar inadequações, quando se privilegiam demasiadamente os aspectos quantitativos e econômicos, em detrimento dos qualitativos.

Buscando um maior conhecimento sobre a comunidade, foram realizadas entrevistas com alguns moradores do conjunto (10 representantes). O questionário aplicado foi baseado no modelo utilizado por Marcelo Romero e Sheila Ornstein, em “Avaliação pós-ocupação: métodos e técnicas aplicados habitação social”.

Cada apartamento possui em média quatro a cinco ocupantes, constituída por mãe/pai/filhos, mãe/filhos, avós/filhos/netos, em sua maioria desempregados e menores de 60 anos. Eles declaram estar satisfeitos com sua moradia, sempre comparando com a situação anterior. Dos entrevistados, todos citaram o terraço ou varanda como o ambiente mais confortável e todos sentem falta de um espaço de convivência na área, 90% dos moradores acha o tamanho da casa regular / bom, e 70% acha que a iluminação das vias públicas é ruim.

### Considerações finais

Este trabalho permitiu refletir sobre o processo de produção habitacional no Recife, observando o longo processo ainda a percorrer, no sentido de dotar a cidade de habitabilidade para toda a sua população. A partir da análise de algumas comunidades, uma sem intervenção do governo, outra com intervenção parcial (em nível de traçado urbano), e outra total, foi possível exemplificar as situações das comunidades de baixa renda na Cidade do Recife. As condições de conforto ambiental têm melhorado, porém as discussões a cerca da arquitetura bioclimática e da eficiência energética, como importantes fatores para o conforto dos usuários e para a economia da construção, ainda precisam ser aprofundadas. Acrescentamos ainda a necessidade de pensar a habitação de interesse social não apenas como uma solução imediata ao problema do déficit habitacional urbano, e sim como espaço de vivência, com qualidade, em sentido amplo.

## Referências Bibliográficas

LAMBERTS, Roberto et al. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW Editores, 1997.

MASCARÓ, Lúcia R. de. Energia na edificação. São Paulo : Projeto, 1991.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo, P.W., 1998.

ROMERO, Marcelo e ORNSTEIN, Sheila. Avaliação pós-ocupação: métodos e técnicas aplicados habitação social. Porto Alegre : ANTAC, 2003.

### SITES:

<http://www.recife.gov.br>

<http://habitare.infohab.org.br/>

<http://www.condepefidem.pe.gov.br>

<http://www.wikimapia.org>

<http://www.ambientebrasil.com.br>

<http://www.cytod.org>

# COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA SOCIAL EN CHILE EL CASO DEL CONJUNTO HABITACIONAL LAS PERDICES SITUACIÓN EXISTENTE Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Marcelo Huenchuñir <sup>1</sup>, Roberto Román <sup>2</sup>

1 Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, Portugal 84. Casilla 3387- Santiago- CHILE,  
mh@arquiambiente.cl

2 Dpto. Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Casilla 2777  
– Santiago – Chile, roroman@ing.uchile.cl

## RESUMEN

Estudios realizados en Chile demuestran que la vivienda presenta una alta demanda energética para calefacción, especialmente en el sector de vivienda social. Si bien esto en la práctica no necesariamente representa un consumo real de energía, se traduce en una pésima calidad de vida debido a la mala calidad térmica de la envolvente. Luego, se propone a través de la presente investigación, una intervención concreta sobre un conjunto de vivienda social existente en la Región Metropolitana (Chile Central), particularmente conocido por esta deficiencia, con el objeto de mejorar su comportamiento térmico y elaborar recomendaciones de diseño a considerar en futuras viviendas o intervenciones.

En la primera parte se presentan antecedentes de la vivienda social en estudio, donde queda en evidencia la materialidad y deficiente calidad térmica de la envolvente. Luego se analiza el comportamiento térmico de la vivienda original, constituyendo la línea base a partir de la cual se evalúan intervenciones a la materialidad y diseño que contribuyan a la reducción de la demanda de energía en calefacción y mejoren el confort térmico de verano.

## PALABRAS CLAVE

Vivienda Social, Reglamentación Térmica en Chile, Calefacción, Estrategias de acondicionamiento térmico pasivas.

Equipo de trabajo:

- Marcelo Huenchuñir, Investigador principal, Arquitecto, Universidad de Chile, Dr. –Ing. U Hannover, Alemania.
- Roberto Román, Investigador principal, Ingeniero Mecánico Universidad de Chile.
- Natalia Reyes, Licenciada en Arquitectura, Universidad de Chile.
- Pablo Canales, Arquitecto, Universidad de Chile.

## 1. INTRODUCCION

La calidad térmica de las viviendas en Chile ha sido un tema de relevancia en los últimos años y se ha traducido en la implementación de la primera reglamentación térmica que sienta las bases de un programa país que fomenta el ahorro de energía y el mejoramiento del confort térmico en las futuras viviendas.

Tabla 1: Exigencias de comportamiento térmico para viviendas en Chile [1]

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Comparado con otros países de Europa, la reglamentación térmica en Chile es muy básica y las exigencias de comportamiento térmico para la envolvente son mínimas, lo que no constituye garantía para un adecuado ahorro de energía y calidad térmica de la vivienda, en especial en vivienda social, donde los recursos materiales y de diseño son limitados. Un estudio reciente, realizado por el Instituto de la Construcción demostró que un 73% de las viviendas monitoreadas en Santiago alcanzaron una temperatura efectiva entre 15 y 16,99 °C [2].

Frente a esta situación se analiza el conjunto de vivienda social Antupirén- Las Perdices, localizado en la comuna de Peñalolén, en Santiago, a partir del cual se deben elaborar estrategias de intervención para mejorar la calidad térmica de las mismas.

No obstante la variedad climática de Chile, se ha escogido Santiago como localidad de estudio, dado que representa el mayor número de viviendas en el país. Por otra parte la localidad de Santiago y Chile Central en general, constituyen un desafío para el diseño arquitectónico, el cual debe considerar no solamente estrategias contra el frío, sino también contra el sobrecalentamiento en media estación y verano, situación aun no abordada en la reglamentación térmica vigente.

### Objetivo

En el marco de la Red Cyted, el estudio tiene por objeto desarrollar una propuesta de intervención que conduzca al desarrollo de estrategias de diseño bioclimático aplicadas a vivienda social en Chile.

Específicamente se tiene por objetivos:

- Establecer el perfil energético y térmico de las viviendas en estudio
- Evaluar alternativas de intervención económica y técnicamente factibles de ser incorporadas para reducción de las demandas de energía en calefacción y reducción del sobrecalentamiento interior.

- Elaborar recomendaciones de diseño y técnico-constructivas para intervención de viviendas existentes y aplicación en futuras viviendas de interés social.

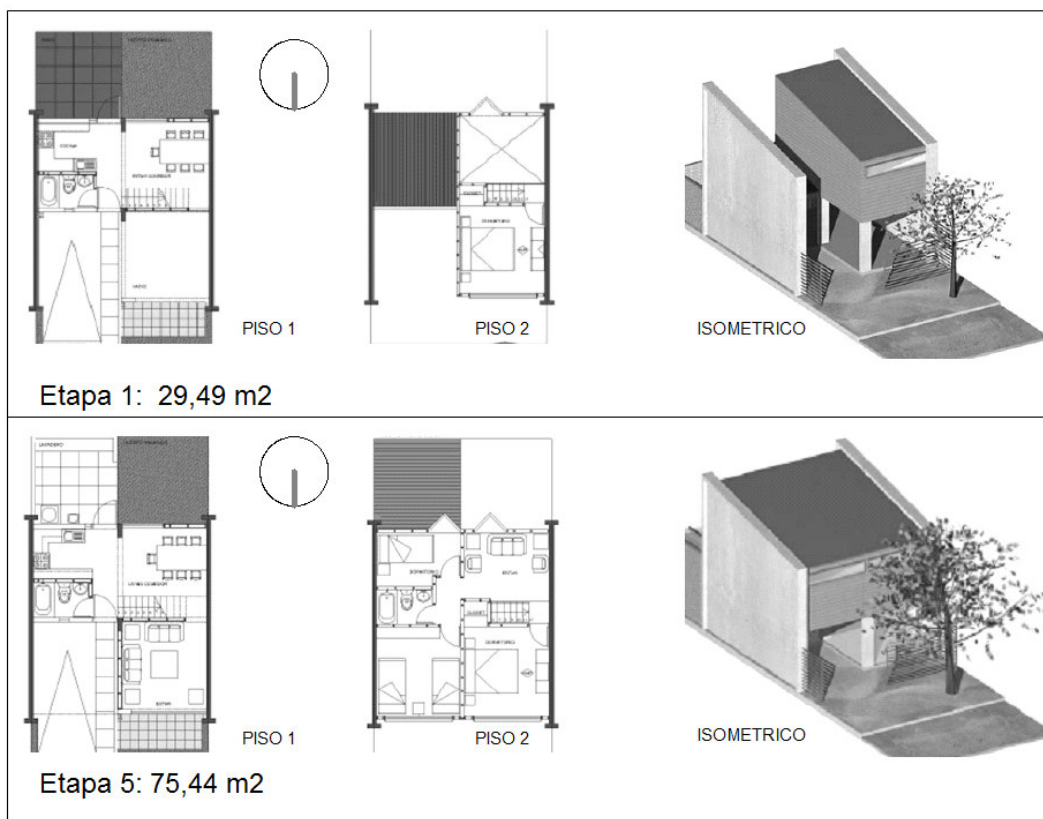
### Metodología

Tomando como caso de estudio una vivienda dada, se realizan simulaciones de comportamiento térmico dinámicas en TAS para determinar una línea base en energía y temperaturas, a partir de la cual se proponen y evalúan alternativas de intervención. Las etapas de los estudios realizados se resumen a continuación:

- Capítulo 2: se presenta la vivienda objeto, la cual posee cinco etapas de crecimiento progresivo. La Etapa 1 corresponde a una unidad básica que es entregada a los usuarios. El resto de las etapas, si bien forman parte del proyecto, son de crecimiento progresivo y construidas a costo de los propios usuarios.
- Capítulo 3: se analiza la vivienda en Etapa 1 de proyecto y se proponen alternativas técnico constructivas de intervención.
- Capítulo 4: se analiza la vivienda en Etapa 5 de proyecto y se proponen alternativas de intervención del tipo técnico constructivas, ventilación y protección solar
- Capítulo 5: se analiza la vivienda en Etapa 5, incorporando intervenciones sencillas al diseño para aprovechamiento de la energía solar.
- Capítulo 6: se detallan las conclusiones.

## 2. PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO, CONJUNTO HABITACIONAL LAS PERDICES

La vivienda objeto pertenece al Conjunto Habitacional Antupirén- Las Perdices, localizado en la comuna de Peñalolén, Provincia de Santiago, Región Metropolitana.



**Fig. 1:** Vivienda objeto en etapas 1 y 2 [3]

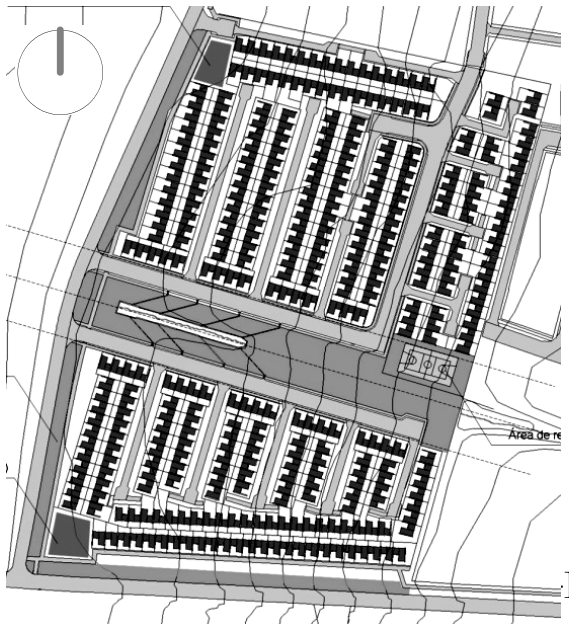


Tabla 2: Etapas de crecimiento de la vivienda objeto

ETAPAS	PROGRAMA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	SUPERF.TOTAL (m <sup>2</sup> )
Etapa 1	dormitorio cocina, baño living- comedor	Piso 1= 19,50 Piso 2= 9,99	29,49
Etapa 2	dormitorio extra	Piso 1= 19,50 Piso 2= 19,52	39,02
Etapa 3	estar extra	Piso 1= 28,98 Piso 2= 19,52	49,50
Etapa 4	dormitorio extra lavadero extra	Piso 1= 37,34 Piso 2= 29,04	66,38
Etapa 5	dormitorio extra	Piso 1= 37,34 Piso 2= 38,10	75,44
Etapa 6	estar extra	Piso 1= 45,94 Piso 2= 38,10	84,40

### Descripción de la vivienda

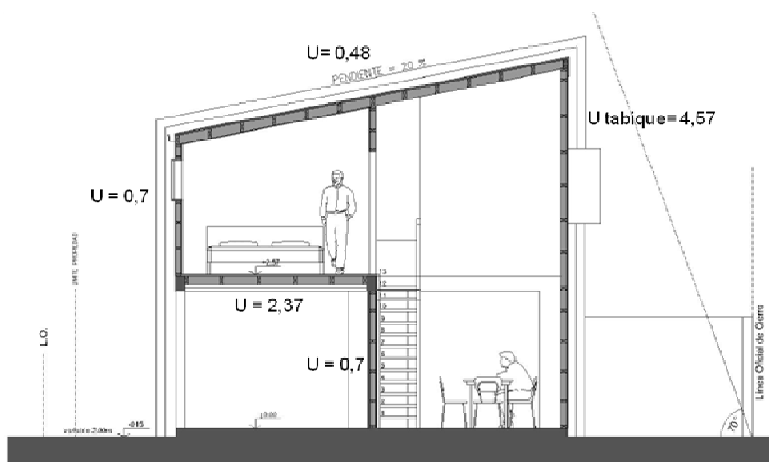
La vivienda objeto está constituida en base a volúmenes modulares adosados a un muro medianero conformando así dos pisos, permitiendo su repetición en hileras según el terreno disponible. Esta vivienda se entrega con un programa básico y superficie total de 29,49 m<sup>2</sup>, la cual será completada por los propios usuarios en 5 etapas sucesivas. Debido a esta situación, los estudios se centran en la vivienda en Etapa 1 como etapa inicial y Etapa 5 como final. Se ha excluido la etapa 6 que supone una ocupación completa del primer piso. En cuanto a la orientación se ha escogido el modelo tipo con acceso al norte, de manera de garantizar el aprovechamiento solar pasivo en las intervenciones a proponer.

### Estructura y materialidad:

En cuanto a materialidad, las viviendas presentan sistemas constructivos característicos en Chile:

- Primer piso en base a muros resistentes de albañilería confinada y reforzada con elementos estructurales de hormigón armado (pilares, cadenas, vigas).
- Segundo piso en base a un entramado de madera revestido con fibrocemento en formato placa y en sistema tinglado.
- La techumbre está construida en con envigado de madera, sobre la cual descansa la cubierta metálica y barrera de humedad. A continuación se encuentra el aislante térmico a la vista, en base a lana mineral de 40 kg/m<sup>3</sup> y espesor 80 mm, dando cumplimiento a la reglamentación térmica para techumbre.
- Todos los muros medianeros en base a albañilería confinada en pilares y cadenas de hormigón armado.
- Las ventanas son construidas con perfiles de aluminio y vidriado simple.

Los muros perimetrales no poseen aislamiento térmico y se entregaron además sin revestimiento de terminación al interior. El aislamiento térmico de muros no era exigible al momento de solicitud de permiso de edificación, lo que trajo como consecuencia una deficiencia en la calidad térmica de la vivienda como se muestra en la figura 3.

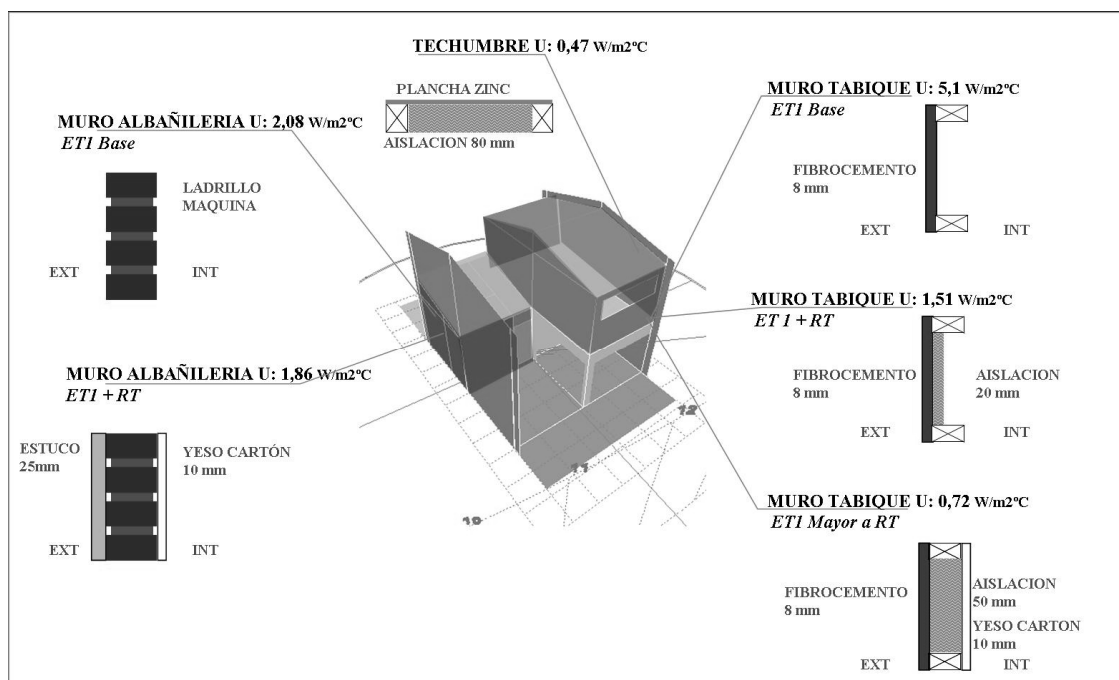


**Fig. 3:** Coeficientes de transmitancia térmica  $U$  de la envolvente en  $W/m^2K$ . Fuente: [3] y elaboración propia.

### Características climáticas del lugar:

Santiago posee un clima templado cálido con estación seca prolongada de 7 a 8 meses, caracterizado por inviernos fríos y lluviosos, y veranos calurosos y secos. Alrededor del 80% de lo que precipita en todo el año se concentra en invierno. La humedad relativa es ligeramente superior al 70% como promedio anual. Por su parte, las amplitudes térmicas son altas: hay  $13^{\circ}C$  de diferencia entre el mes más cálido (enero) y el más frío (julio) y la diferencia media entre las máximas y mínimas diarias es de  $14^{\circ}C$  a  $16^{\circ}C$  [5].

### 3. EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA VIVIENDA EN ETAPA INICIAL



**Fig. 4:** Materialidad de la envolvente original y propuestas de intervención

Para el estudio de la demanda térmica de la vivienda en etapa inicial se realizaron tres simulaciones de comportamiento térmico en diferentes situaciones constructivas. Estas simulaciones se efectuaron considerando una renovación de aire hora para todo el año, con

una banda de confort térmico para la temperatura del aire interior entre los 20° C y 26 ° C durante el día, y un mínimo de 17° C en la noche. A modo comparativo los resultados son entregados con cifras de demanda energética: calefacción (heating) y refrigeración (cooling) en kWh/m2a.

- ET 1 Base - Vivienda con materiales iniciales**  
 En primer lugar se tomó como caso base la vivienda en su estado constructivo inicial, es decir, considerando los materiales que componen la construcción al momento de ser entregada a los usuarios. Este caso presenta paramentos con transmitancia térmica desfavorable debido a la ausencia de aislación térmica principalmente en los muros perimetrales del segundo piso.
- ET 1 + RT - Vivienda de acuerdo a Reglamentación Térmica**  
 En este caso de simulación, se incorporó en la vivienda la cantidad de aislación térmica necesaria para que sus cerramientos alcancen las transmitancias térmicas exigidas por la Reglamentación Térmica vigente en Chile. En este estudio se llevaron al límite las dimensiones de los materiales utilizados para llegar al valor de transmitancia térmica exigidos, sin considerar la factibilidad constructiva de estos.
- ET 1 mayor a RT - Vivienda con aislación mayor a Reglamentación Térmica**  
 Este caso corresponde a la vivienda con una aislación térmica mayor que la exigida por la Reglamentación Térmica, básicamente considerando la factibilidad constructiva y su disponibilidad en el mercado.

Los resultados de las simulaciones de comportamiento térmico se resumen en la figura 5 y permiten concluir que la aplicación de aislante térmico en los muros perimetrales contribuyen ostensiblemente a la reducción de la demanda de energía en calefacción. Esta situación y la reducción en las demandas de energía en refrigeración suponen mejoramientos en la calidad térmica de la vivienda, el cual se analiza en el capítulo siguiente.

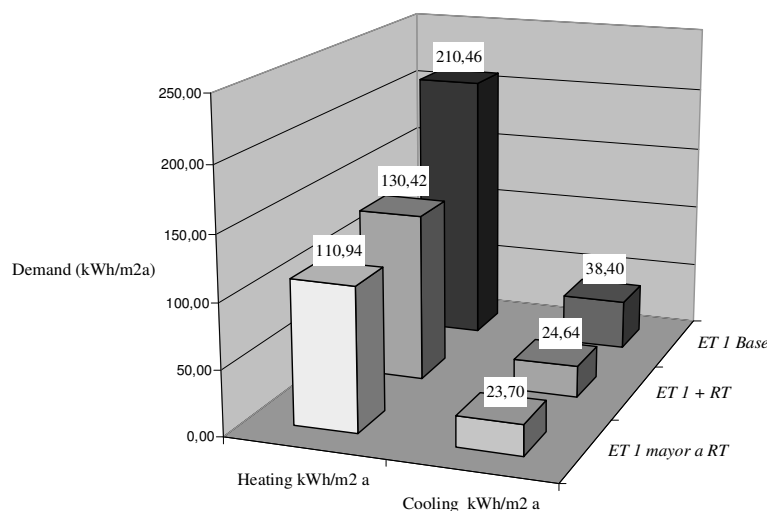


Fig. 5: Resultados de demanda energética de vivienda en etapa inicial según propuestas de intervención.

## 4. EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA VIVIENDA EN ETAPA AMPLIADA

### 4.1 Análisis de la demanda energética en calefacción y refrigeración

Para el estudio de la vivienda ampliada se tomó como caso tipo la etapa 5 de crecimiento. En este estudio se consideraron tres simulaciones con distintos sistemas constructivos. Los primeros resultados arrojados muestran que la demanda de calefacción se reduce ostensiblemente en esta etapa, gracias a la reducción de las superficies expuestas hacia el exterior. Ante estos primeros resultados, se consideró ensayar en las simulaciones siguientes con un material que tuviese una inercia térmica suficiente para el refrescamiento en verano, de este modo se optó por revisar el comportamiento del barro en esta etapa.

- **ET 5 Base - Ampliación con materiales iniciales**

En este caso la vivienda se supuso ampliada con los materiales iniciales al momento de ser entregada, es decir, sin considerar aislación térmica en sus muros perimetrales, sin embargo se puede apreciar la gran reducción en demanda de calefacción por metro cuadrado si la comparamos con el caso *ET 1 Base*, debido a la reducción de las superficies expuestas en esta etapa ampliada.

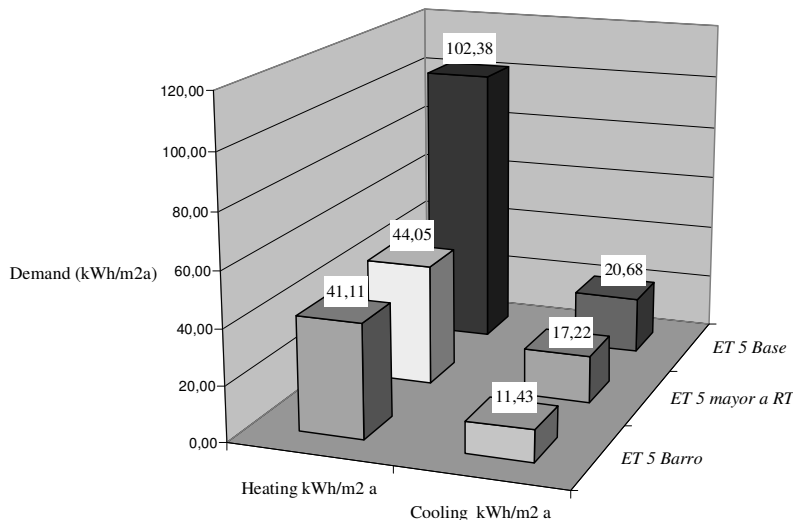
- **ET 5 mayor a RT - Ampliación con aislación mayor a Reglamentación Térmica**

Se consideró esta simulación para evaluar el comportamiento térmico de la vivienda ampliada en un caso cercano a la realidad, considerando que el usuario por lo general utilizará la misma línea de materiales entregados con una aislación térmica en los muros perimetrales mayor a la exigida en la Reglamentación Térmica.

- **ET 5 Barro - Ampliación con barro en muros perimetrales e interiores**

Ante la gran demanda de refrigeración en el periodo de verano se analiza el caso de una ampliación con barro, material que posee una inercia térmica adecuada para mantener la refrigeración en el interior. Esta elección se justifica además por la existencia de una vivienda del conjunto ampliada en barro.

En este caso se propuso para los muros interiores un barro macizo con una densidad de 1800 kg/m<sup>3</sup>, y para los muros exteriores un barro liviano de 700 kg/m<sup>3</sup> el cual posee una transmitancia térmica de 0,85 W/m<sup>2</sup>°C [6]. Todos los muros fueron estudiados con un espesor máximo de 15 cms, de modo que la estructura soportante original se debe mantener.



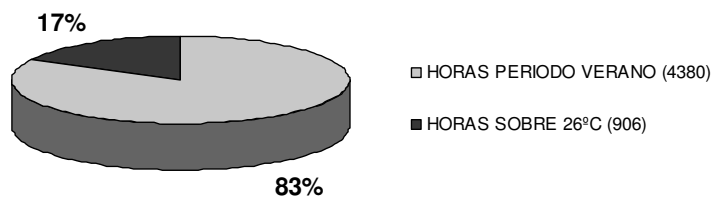
**Fig. 6:** Resultados de demanda energética de vivienda en etapa 5 ampliada según propuestas de intervención.

Los resultados de las simulaciones de comportamiento térmico se resumen en la figura 6 y permiten concluir que el barro se presenta como una alternativa interesante para reducir las demandas de energía en refrigeración y dar cumplimiento a la reglamentación térmica para muros.

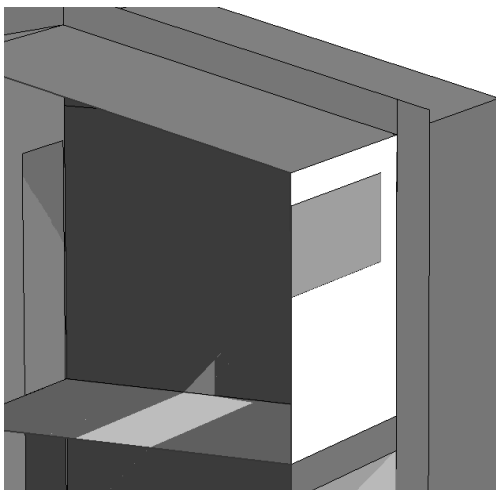
#### 4.2 Análisis del sobrecalentamiento en verano

La reducción de la demanda de energía en refrigeración del capítulo anterior indica una reducción de las horas de sobrecalentamiento en verano y que se analiza a continuación. Para una reducción de las horas de sobrecalentamiento en el periodo de verano se propuso una estrategia de protección solar para la radiación directa y condiciones de uso para una adecuada ventilación tanto en el día como en la noche. Se comparó el efecto de estas estrategias en dos de los casos de estudio para *ET mayor a RT* y *ET 5 Barro*.

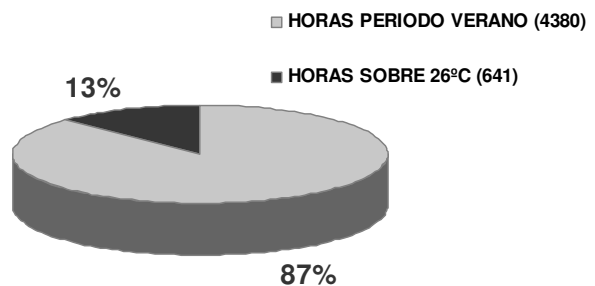
##### 4.2.1 Cantidad de horas sobre la banda de confort en verano



**Fig. 7:** Caso ET 5 mayor a RT. Horas de sobrecalentamiento sobre los 26°C en verano.

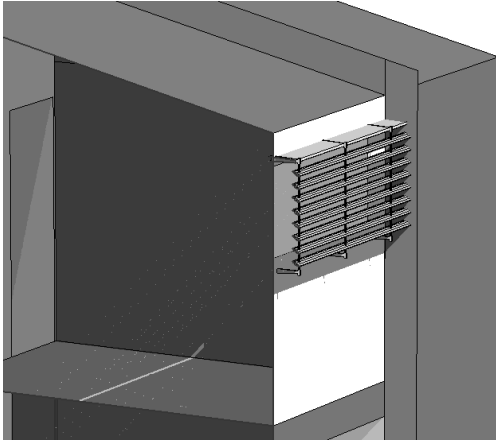


**Fig. 8:** Caso ET 5 Barro

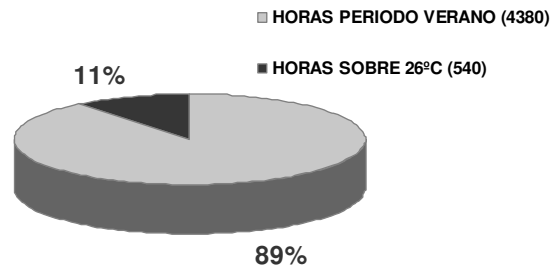


**Fig. 9: Caso ET 5 Barro.** Reducción de las horas de sobrecalentamiento gracias a la inercia térmica del barro

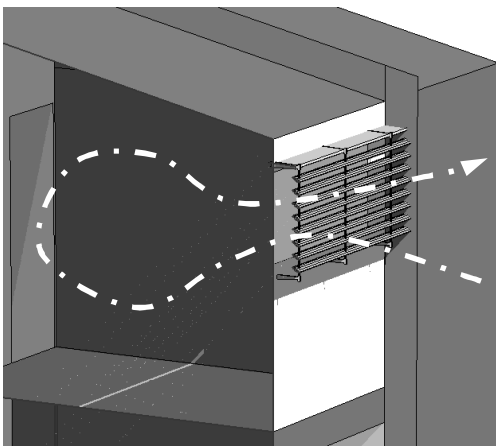
Como se muestra en las figuras 7 y 9, el reemplazo de los tabiques ligeros de la vivienda por muros rellenos de barro permiten reducir en un 30% las horas de sobrecalentamiento.



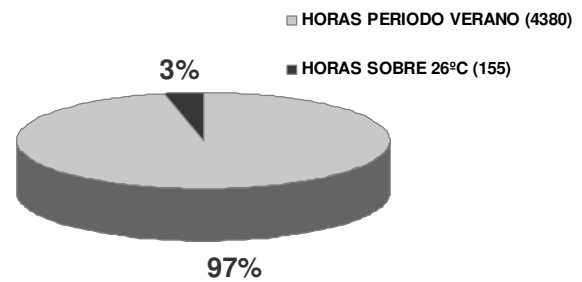
**Fig. 10:** Caso *ET 5 Barro*. Estrategia de protección para la radiación solar directa en verano



**Fig. 11:** Horas de sobrecalentamiento en *ET 5 Barro* con protección solar



**Fig. 12:** Caso *ET 5 Barro*. Estrategia de protección nocturna más ventilación nocturna y diurna en verano. 2 reanovaciones de aire hora durante el día, y 5 renovaciones de aire hora en la noche

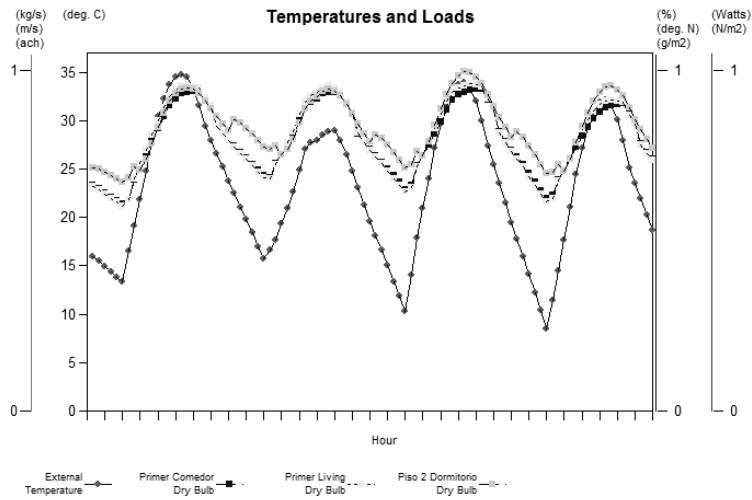


**Fig. 13:** Horas de sobrecalentamiento en *ET 5 Barro* con protección solar y ventilación nocturna y diurna

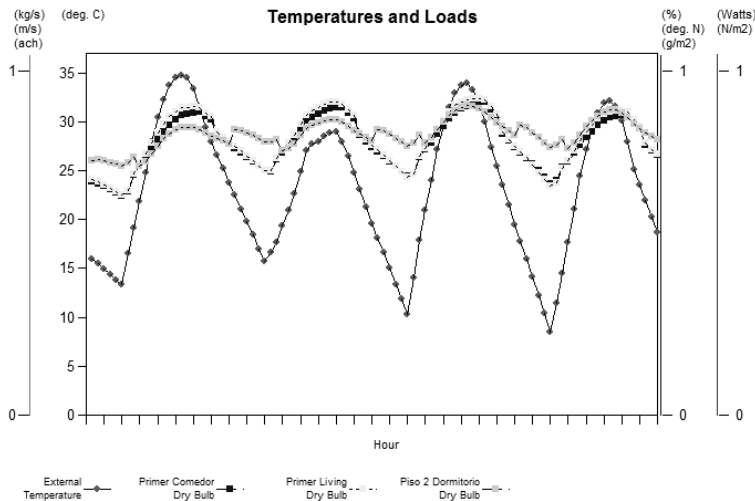
Las simulaciones posteriores demostraron que la protección solar en la vivienda con alta inercia térmica (*ET 5 Barro*) contribuye a reducir aun más las horas de sobrecalentamiento. No obstante una activación de la inercia térmica presente en la vivienda a través de la mayor ventilación diurna y de ventilación nocturna, permiten reducir ostensiblemente las horas de sobrecalentamiento.

#### 4.2.2 Curvas de temperatura interior por recintos

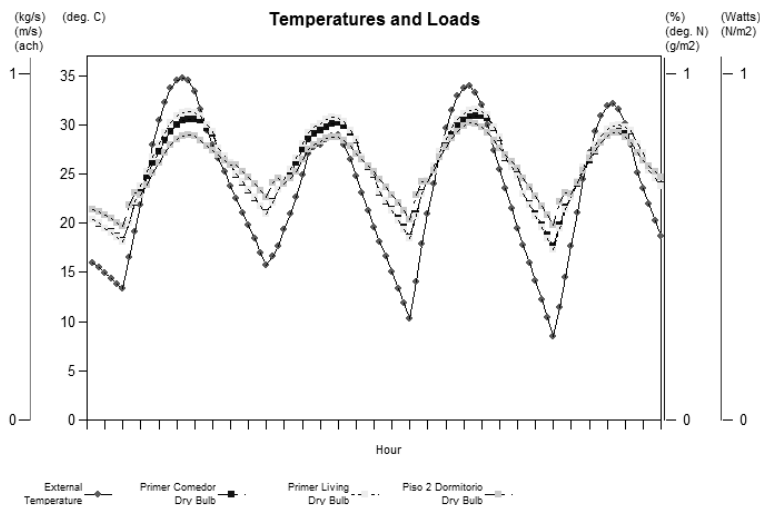
A continuación se analizan las curvas de temperatura características en tres recintos representativos de la vivienda para verificar la efectividad de las estrategias de refrescamiento propuestas. Los recintos evaluados fueron en el primer piso living y comedor, y en el segundo piso el dormitorio original norte.



**Fig. 14:** *ET 5 mayor a RT.* Curva de temperatura de aire en recintos en cuatro días tipo de verano.



**Fig. 15:** *ET 5 Barro.* Curva de temperatura de aire en recintos en cuatro días tipo de verano.



**Fig. 16:** *ET 5 Barro con protección solar, ventilación nocturna y diurna.* Curva de temperatura de aire en recintos en cuatro días tipo de verano.

Las simulaciones realizadas permiten verificar el aporte de la inercia térmica en la vivienda, inclusive con días de temperaturas extremas (mayor a 35°C), donde las temperaturas interiores máximas se mantienen cerca o bajo los 30°C. Idealmente las temperaturas interiores no debieran superar los 26°C en verano y debieran estudiarse nuevas alternativas de refrescamiento térmico o bien replantear la operación del edificio con las mismas estrategias estudiadas.

## 5. APROVECHAMIENTO PASIVO DE LA ENERGÍA SOLAR

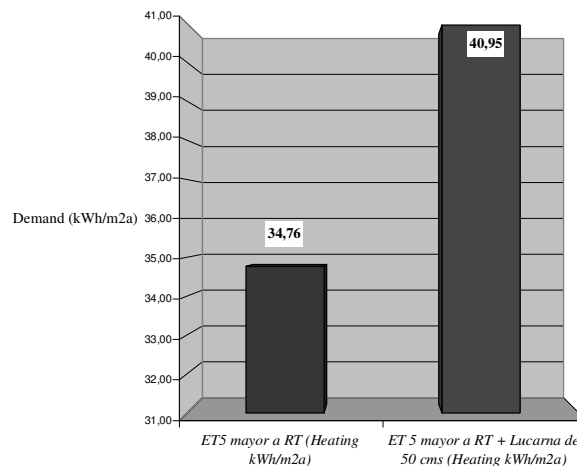
Para el análisis de aprovechamiento pasivo de la energía solar se tomó como caso de estudio a la vivienda ampliada con aislación térmica mayor a Reglamentación Térmica (*ET mayor a RT*).

### 5.1 Inclusión de sistema de lucarnas

Se propuso la incorporación de una lucarna que permita la captación de energía solar para los recintos más desfavorecidos en el segundo piso los cuales se orientan hacia el sur. En la noche se simuló una protección para las ventanas de la lucarna que eviten las pérdidas por conducción a través del vidrio simple.



**Fig. 17:** Esquema de solución de lucarna para aprovechamiento de energía solar en recintos orientados al sur.



**Fig. 18:** Demanda de calefacción en el periodo de invierno para recintos ubicados al sur en segundo piso.

Las evaluaciones realizadas demostraron que la combinación de lucarna de 0,5 m de alto con protección nocturna logran reducir la demanda de energía en calefacción en solo un 15%, respecto a la situación sin lucarna. Para lograr mayores aportes es necesario evaluar mayor tamaño de la lucarna y la inclusión de inercia térmica para almacenar el calor ganado de día, dado que la vivienda objeto corresponde a la *ET 5* con estándar mayor a *RT*.

### 5.2 Análisis del tamaño de las ventanas

Tomando el mismo caso *ET 5 mayor a RT* se estudió la ampliación de las ventanas en un 100% para los recintos orientados hacia el norte con el objetivo de obtener una mayor captación de energía solar durante el día. Se propuso una protección nocturna de madera en las ventanas para evitar las pérdidas de calor durante la noche en periodo de invierno.

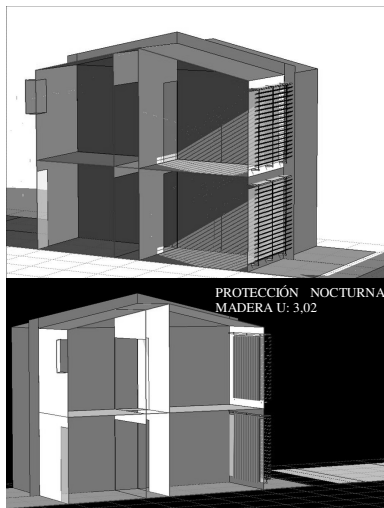


Fig. 19 Esquema de ampliación de ventanas para aprovechamiento de energía solar en recintos orientados al norte.

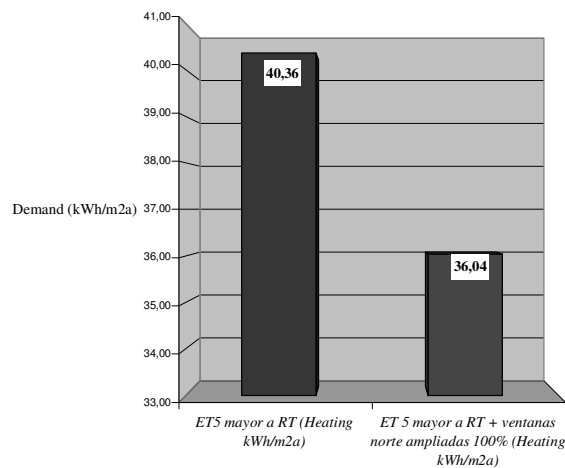


Fig. 20 Demanda de calefacción en el periodo de invierno para recintos orientados hacia al norte.

Las evaluaciones realizadas demostraron que un aumento del tamaño de la ventana se traduce en muy poco aporte a la reducción de la demanda de energía en calefacción, pese a la protección nocturna que mejora el coeficiente U del vidriado en la noche. Una opción a evaluar para mejorar la ganancia solar es la utilización de mayor inercia térmica, similar a la opción propuesta para las lucarnas.

## 6. CONCLUSIONES

Los estudios realizados permiten concluir la importancia del aislamiento térmico en la vivienda en Santiago de Chile, tanto para efectos de reducción de la demanda de energía en calefacción, como en la disminución de las horas de sobrecalentamiento en verano. Si bien los aspectos constructivos no fueron evaluados, se estudiaron estrategias factibles de ser incorporadas en las viviendas como son la aislamiento térmico en tabiques y el sistema de aislante térmico adosado por el exterior en muros de albañilería.

Un aumento de la inercia térmica de la vivienda, combinado con ventilación nocturna contribuyen a refrescar la vivienda en verano. Para ello se requiere estudiar las aberturas de la vivienda que garanticen una ventilación cruzada, sobre todo en la noche. En términos de estrategia aplicable a la realidad local, el barro se presenta como una alternativa viable y económica, manteniendo la estructura soportante existente. El barro contribuye además a aislar la vivienda, y lograr ahorros importantes en calefacción en invierno.

Si bien las aberturas de la vivienda pueden ser factores claves en la captación solar en invierno, su aporte no fue significativo. Esto puede deberse al tamaño reducido de las vanos existentes y a la necesidad de incluir estrategias combinadas como son el aumento de la inercia térmica con tamaños mayores de ventana. Esta situación requiere un análisis mayor de optimización de la ventana en relación a la inercia térmica interior y será analizada en etapa posterior al presente estudio.

En síntesis, se puede concluir que el aislamiento térmico de la vivienda social en Santiago de Chile es prioritario en el mejoramiento del parque de viviendas existente y requiere la aplicación de sistemas constructivos combinados con alta inercia térmica. Frente a este requerimiento el barro representa una alternativa técnica y económicamente viable y que debe ser evaluado en un estudio mayor que incluya la variable diseño arquitectónico.

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestros sinceros agradecimientos a la Red Cyted, su coordinador Helder Goncalves, a Susana Camelo e Ineti en general por toda su entrega y apoyo en la realización de este trabajo y en la magnífica labor de difusión y respaldo técnico entregada.

También queremos agradecer a cada uno de nuestros colegas de México, Brazil, Perú, Argentina y El Salvador por las valiosísimas experiencias intercambiadas que nos ayudaron a enriquecer nuestros conocimientos en el área de la arquitectura bioclimática.

Muy especialmente nuestros agradecimientos a Inenco, en la persona de Graciela Lesino y a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Sao Paulo en la persona de Lucia de Romero por las herramientas entregadas en las jornadas de capacitación realizadas.

## **REFERENCIAS**

- [1] Instituto de la Construcción (2006). Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica., [www.mart.cl](http://www.mart.cl)
- [2] Instituto de la Construcción, Determinación de Línea Base Anual para la Evaluación de la Inversión En Eficiencia Energética en el Sector Residencial Invierno 2007 – Verano 2008 (2008), [www.iconstruccion.cl](http://www.iconstruccion.cl), Proyecto Fomento a la Eficiencia Energética PN 2005.2121.1, Proyecto Fomento de la Eficiencia Energética (CNE/GTZ), Programa País Eficiencia Energética (PPEE), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH.
- [3] Gubbins, MINVU, SERVIU (2004). Información en formato PDF entregada por oficina de Arquitectura Gubbins Arquitectos Consultores Ltda.
- [4] Prats C. y Kremmer I. (2006). Compensación Ecológica Como Respuesta a la Expansión Urbana en Conjunto Habitacional a Pie de Monte, Seminario, Departamento Ciencias de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.
- [5] Sarmiento P. (2002). Energía Solar en Arquitectura y Construcción, 1º edición, Ingesol, Viña del Mar, Chile.
- [6] Minke G. (2001). Manual de Construcción en Tierra, Editorial Nordam-Comunidad, Montevideo, Uruguay.



# ESFUERZOS CONJUNTOS PARA LA CREACIÓN DE NORMATIVAS PARA EL AHORRO ENERGÉTICO Y EL PROYECTO DE LA VITRINA TECNOLÓGICA EN EL SALVADOR

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima

FUNDASAL

Reparto Santa Alegría, Calle L-B, No. 7

Ciudad Delgado, San Salvador

El Salvador, América Central

Tel.: (503)(2276-2777). E-mail: [direccion@fundasal.org.sv](mailto:direccion@fundasal.org.sv)

## RESUMEN

La participación de FUNDASAL en la red *Edificios Bioclimáticos, la Integración de las Energías Renovables y los Sistemas Energéticos* fue dirigida en dos campos: a) el desarrollo de reuniones interinstitucionales con el fin de construir normativas de diseño bioclimático para viviendas de interés social que pudieran ser plasmadas en las viviendas a ser construidas dentro de la Vitrina Tecnológica, b) el análisis de materiales constructivos utilizados en el Programa de Reconstrucción de Vivienda Post-terremoto. A partir de estas actividades fueron identificados puntos importantes a tomar en cuenta: existen muy pocos avances en El Salvador en cuestión de eficiencia energética; queda demostrado que la temperatura ambiente va aumentando, especialmente en zonas urbanas; se demuestra que la clave para el enfriamiento de las viviendas está en la cubierta; es necesario el desarrollo de un espacio, Vitrina Tecnológica, como un lugar donde se generen propuestas para el desarrollo de proyectos de interés social.

Palabras clave: normativa, hábitat, construcciones bioclimáticas, eficiencia, temperatura, vitrina tecnológica.

## INTRODUCCIÓN

La Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, a través de los aportes de la red *Edificios Bioclimáticos, la Integración de las Energías Renovables y los Sistemas Energéticos*, ha mostrado avances realizados en este tema, los cuales radican en dos áreas: normativas de diseño bioclimático para viviendas de interés social como un apartado especial de la Ley de Vivienda para este tipo de soluciones habitacionales y el Programa de Reconstrucción de Vivienda Post-terremoto (PRVPT), cada una de ellas con sus propias especificaciones, en donde se han tomado en cuenta las recomendaciones realizadas a través de análisis específicos de materiales y resultados de reuniones interinstitucionales, con el fin de mejorar el hábitat de la población de escasos recursos económicos de El Salvador, en el cual inciden de manera recurrente los terremotos, tormentas e inundaciones; entendiendo como hábitat la totalidad del área natural ocupada por un individuo o grupo familiar, el cual es un espacio referencial en el que las personas trascienden su experiencia individual para incidir en el ámbito de la vida familiar y comunitaria. Para la realización de este documento se han tomado en cuenta datos y referencias tanto de instituciones gubernamentales como propios.

## SITUACIÓN DEL HÁBITAT POPULAR EN EL SALVADOR

### *Causas de la situación del hábitat popular en El Salvador*

Según el VI Censo de Población y V de Vivienda realizado en El Salvador por el ministerio de Economía, a través de la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC), en el mes de mayo de 2007, en el país existen 1,634,816 viviendas, 37% localizadas en el área rural y 63% en el área urbana, habiendo un promedio de 4.2 personas por familia. En total somos 5.7 millones de salvadoreños: 2.7 millones de hombres y 3.0 millones de mujeres. Según las proyecciones del censo realizado en 1992, para el año 2008 la población del país debería ascender a 7.1 millones de personas, lo cual no se cumplió debido a que las siguientes razones no fueron tomadas en cuenta: a) el constante flujo migratorio hacia el exterior, cada día al menos 700 salvadoreños o salvadoreñas intentan llegar hacia los Estados Unidos, b) debido a los Acuerdos de Paz, firmados en 1992, se pensó que mucha gente regresaría al país, c) reducción de la tasa de fecundidad.

A pesar de esta situación, en la que existe menos población de la estimada, el hábitat popular salvadoreño es deficiente, debido a las siguientes razones:

- Las catástrofes también han influido en el hábitat popular: por ejemplo, el censo realizado por la DIGESTYC (2001), realizado después de los terremotos del 2001, da como resultado un total de 276,594 viviendas afectadas, de las cuales 166,529 quedaron inhabitables y 110,065 reparables, lo cual vino a agravar el problema de falta de vivienda en el país, siendo los departamentos más afectados: San Vicente, La Paz, Usulután y Cuscatlán. Estos sismos afectaron más el área rural que la urbana.



**Figura 1**



**Figura 2**

Efectos en el área rural de El Salvador de los terremotos del 2001

- La estructura agraria en El Salvador fue impuesta a través del desalojo masivo de pequeños agricultores y productores de subsistencia, a causa de la extensión del cultivo del café en la segunda mitad del siglo XIX. A ese desalojo se le añadieron otros producidos por la ganadería, el cultivo del algodón y la caña de azúcar durante el siglo XX, resultando de esos procesos de concentración de la tierra una estructura agraria donde el latifundio (haciendas y plantaciones) y el minifundio (agricultura parcelera) formaron las dos caras de la misma moneda. La Reforma Agraria, implementada durante el gobierno de José Napoleón Duarte (1984-1989), fue un instrumento a través del cual se intentó dar acceso a la tierra a campesinos

que no la poseían, además de poseer una intencionalidad encubierta de carácter contrainsurgente durante la década de los 80.

- En las ciudades, el efecto de la guerra se hizo sentir a través de la proliferación de zonas marginales, que se localizaron en áreas de terrenos desocupados pertenecientes a los gobiernos municipales y nacionales, además de propietarios privados, que se han establecido generalmente en las riberas de las quebradas, línea férrea, en terrenos con topografía complicada o en las periferias, donde el acceso a la seguridad de la tenencia de la tierra y servicios básicos era y continúa siendo carente o deficiente. Es así como el acceso al suelo, tanto a nivel urbano como rural, se constituye en uno de los problemas fundamentales para que la población de escasos recursos económicos tenga acceso a un hábitat digno, provocando que estas personas vivan en constante riesgo, ya sea por la inseguridad en la posesión de sus tierras así como por los impactos que sufren debido a inundaciones, tormentas y terremotos.



Figura 3

Escenas del conflicto armado en El Salvador (1980-1992)

### *Déficit habitacional*

El déficit habitacional se define como: *la combinación de las deficiencias de los aspectos físicos de una solución habitacional, que incluye los materiales constructivos de los cuales están hechos y la forma de acceso a servicios básicos, junto con la carencia de la misma.* (Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, VMVDU, de El Salvador), el cual se divide en cuantitativo y cualitativo. El cuantitativo se refiere a la diferencia entre el número de viviendas y hogares, e incluye además las viviendas en donde los aspectos físicos son deficitarios. El cualitativo se refiere a viviendas que presentan al menos un aspecto deficitario.

Para el año 2008, según datos del VMVDU, el déficit total de viviendas asciende a 394,747 casas, de las cuales el cualitativo es de 350,364 viviendas y el cuantitativo de 44,383 unidades habitacionales. Para la **Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL)**, estos datos oficiales no dan cuenta de la realidad pues se posee

una visión incompleta sobre el déficit cualitativo, ya que lo define a partir de la carencia o mal estado del piso, paredes y techo, dejando por fuera los servicios básicos, el equipamiento social y educativo, el acceso a la tierra, sin tomar en cuenta los asentamientos localizados en zonas de alto riesgo.

Entre los años 2006 y 2008, FUNDASAL ha llevado a cabo una investigación sobre la vivienda de los sectores populares radicados en áreas urbanas en El Salvador, la cual se realizó en 32 ciudades. La base del estudio fueron tres tipos de asentamientos: comunidades marginales, lotificaciones ilegales y mesones. A escala nacional se logró identificar 2,565 Asentamientos Populares Urbanos (APU, 2006-2008) con una población de 319,499 habitantes, es decir, 75,313 familias. Los mesones representan el 70,5% de los APU, pero habitan únicamente el 9,3% de la población total residente. Hay 1,809 mesones en las 32 ciudades. Las 564 comunidades marginales identificadas representan sólo el 22,0% de los APU, pero habitan el 66,5% de la población total residente, y las 192 lotificaciones ilegales representan el 7,5%, en las cuales habita el 24,2% de la población total residente en los APU. Es importante tomar en cuenta que estos asentamientos necesitan un cambio en la normativa actual para flexibilizar los trámites de legalización de los terrenos donde se localizan y fortalecer su organización comunal.



Figura 4

Comunidad marginal a orillas de la línea férrea

## ACCIONAR DE FUNDASAL ANTE ESTA PROBLEMÁTICA

Dada la situación planteada con anterioridad, FUNDASAL ha realizado múltiples intervenciones, de las cuales, dos de ellas son las que se han tomado en cuenta en las diversas intervenciones de la Red: a) la gestión para una Ley de Vivienda de Interés Social y b) el Programa de Reconstrucción Post-terremoto (PRVPT) desarrollado entre 2001-2005.

### a) *Ley de Vivienda de Interés Social*

Para atender el problema de la vivienda es necesario atender el problema de la pobreza, ya que este último es una de las principales causas del primero, siendo imperante partir del derecho a la vivienda, a la tierra y a la ciudad. No es la vía del mercado la solución para los

sectores de bajos ingresos económicos. Hay que aceptar que el Estado tiene obligaciones que son irrenunciables, que hay derechos que el Estado tiene que garantizar. La respuesta está en una Ley de Vivienda que dé respuestas a estos problemas, y eso sólo puede ser si es de amplia participación y se enfoca a la vivienda de interés social.

FUNDASAL trabaja en una propuesta de Ley de Vivienda de Interés Social, que llene el vacío de falta de instrumentos legales y financieros, cuyos enunciados principales son los siguientes:

- Declaración del derecho humano a una vivienda adecuada, cuya responsabilidad recae sobre el Estado, dando especial apoyo a las familias sin capacidad de adquirirla a través de las reglas del mercado.
- Derecho a la tierra.
- Planes y políticas a implementar.
- La organización institucional y la participación ciudadana.
- Fondo nacional de viviendas. Préstamos y subsidios.
- Programas de acción: urbano y rural.
- Agentes productores de vivienda y servicios habitacionales.
- Competencias municipales.
- Optimización de los recursos.
- Protección ambiental.

Para desarrollar en anteproyecto de esta ley, se está realizando un proceso de validación con ONG, instancias gubernamentales, universidades, asociaciones comunales, cooperativas de vivienda, gobiernos locales; además de una retroalimentación y acciones de incidencia políticas (lobby), para presentar dicho documento ante la Asamblea Legislativa para su aprobación. Siendo la protección ambiental uno de los enfoques principales de esta ley, FUNDASAL ha considerado importante la sostenibilidad de los procesos de producción del hábitat y de empoderamiento de la gente de escasos recursos económicos a través de: 1) la formación de una comisión para la construcción de normativas de diseño bioclimático y ahorro energético y 2) el proyecto denominado Vitrina Tecnológica .

#### 1) Comisión para la construcción de normativas de diseño bioclimático

En marzo de 2008, FUNDASAL, el Departamento de Organización del Espacio (DOE) de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), iniciaron un proyecto de investigación orientado a identificar los parámetros climáticos y de confort en edificios, asociados al consumo de energía en El Salvador, cuyo objetivo es hacer recomendaciones de diseño que permitan hacer más eficiente el consumo de energía en edificios comerciales y habitacionales. Se desarrolló un programa de acciones para detonar iniciativas paralelas en diferentes líneas:

- Levantar una investigación que dé cuenta sobre la situación de gasto energético en El Salvador, por tipología de edificio y por sector. Esta labor ya ha sido iniciada por el DOE y el departamento de Ciencias Energéticas de la UCA.
- Formar capacidades locales para que arquitectos e ingenieros conozcan de herramientas y metodologías para el diseño bioclimático (rol de las universidades).

- Constituir una mesa interinstitucional que cree normativas de diseño bioclimático y ahorro energético, a ser incorporadas a los actuales permisos de construcción, dese instancias como la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), alcaldías y el VMVDU.
- Contribuir a proyectos piloto (de empresa privada y ONG).

Las instancias participantes son: OPAMSS, UCA, VMVDU, Ministerio de Economía (MINEC), Comisión Ejecutiva del Río Lempa (CEL), FUNDASAL y el sector privado a través de Urbánica, Inversiones Bolívar, Grupo Roble y AGRISAL.

## 2) Vitrina Tecnológica

FUNDASAL, desde 1971 ha mantenido un interés constante por la innovación tecnológica para ser aplicada en la vivienda de interés social, aunado a esto también se encuentra la aplicación de las normativas de diseño bioclimático; por lo que se propone una Vitrina Tecnológica que pretende ser no solamente una muestra tangible de tecnologías sociales y constructivas, sino también un referente a nivel centroamericano en donde se puedan aplicar los diferentes esfuerzos desarrollados en América Latina en pro de la vivienda de interés social.

Sus objetivos son:

- Generar propuestas tecnológicas para el desarrollo de proyectos de interés social.
- Aplicar nuevos modelos en el área financiera, de participación social y desarrollo turístico.
- Ser un referente regional para promover la transferencia de tecnología y su replicabilidad.

Sus componentes son:

- Organización comunitaria.
- Desarrollo Urbanístico (infraestructura).
- Producción de materiales y componentes.
- Construcción de viviendas con materiales alternativos (bloque panel, adobe, etc.), de uno o dos niveles. Las viviendas de un nivel tendrían un costo de US\$ 5,000.00, de manera que pueda ser replicable en proyectos de FUNDASAL. El valor de las soluciones a dos niveles deberá ser definido en base a la capacidad de pago de las familias y de los niveles económicos que pueden ser atendidos por la Institución.

### *b) Programa de Reconstrucción Post-terremoto (PRVPT)*

El 13 de enero de 2001 un terremoto de 7.6 grados en la escala de Richter sacudió el territorio salvadoreño, siendo clasificado de muy fuerte. Su epicentro se localizó en las costa del país. Este sismo produjo destrucción y muerte a lo largo del territorio, especialmente en el área rural. El 13 de febrero del mismo año, otro terremoto (6.6 grados en la escala de Richter) sacudió El Salvador. El nuevo sismo tuvo una duración de 20 segundos y su epicentro estuvo localizado dentro del territorio continental salvadoreño, 30 km. al suroeste de la capital San Salvador.

Según los datos de la DIGESTYC, para el año 2001 se tenía una estimación del déficit habitacional de alrededor de las 544,146 viviendas; después de los sismos, se estimó en el

orden en las 720,000 unidades habitacionales. Las viviendas inhabitables representaron el 11.8% del total de viviendas del país, en el área rural se registraron 115,493 (69.4% del total de viviendas declaradas como inhabitables). El papel del Estado salvadoreño en la reconstrucción del parque habitacional, ha sido de monitoreo, actualización de avances en la reconstrucción y coordinación de las acciones de las organizaciones no gubernamentales, más que de ejecutores de proyectos de vivienda.

Ante esta situación, FUNDASAL desarrolló el Programa de Reconstrucción de Vivienda Post-terremot (PRVPT) en el departamento de La Paz (uno de los más afectados por los sismos) y otras zonas del país, desarrollando un enfoque integral, a través de sus componentes físico, económico y social. Los sistemas implementados fueron bloque panel, bloque de concreto y adobe sismo-resistente. Se presentan a continuación sus principales resultados:

### Viviendas tipo bloque panel

Cuadro 1: Viviendas tipo bloque panel construidas a través del PRVPT

Lugar	Cantidad
La Paz	3,805
La Libertad	11
Usulután	439
San Vicente	584
Cuscatlán	114
San Salvador	125
Santa Ana	211
<b>Total</b>	<b>5,289</b>



Figura 6  
Casa construida con bloque panel

Figura 5  
Proceso constructivo del bloque panel



### Vivienda de adobe sismo resistente

Cuadro 2: Viviendas de adobe sismo resistente a través del PRVPT

Lugar	Cantidad
La Paz	30
Chalatenango	212
San Miguel	37
San Salvador	250
<b>Total</b>	<b>529</b>



Figura 7  
Proceso constructivo del adobe sismo resistente

Figura 8  
Casa construida con adobe sismo resistente



La red de “*Uso de energías renovables y diseño bioclimático en viviendas y edificios de interés social*”, planificó como parte de sus acciones para el segundo y tercer año de trabajo, la evaluación del desempeño energético de edificios y sistemas de energías renovables, razón por la cual se eligió evaluar una vivienda de gran difusión en El Salvador, ejecutada dentro del PRVPT. La evaluación hace un análisis de sensibilidad de las propiedades de absorción para diferentes colores de teja de microconcreto, en una vivienda que emplea elementos prefabricados de concreto reforzado y elementos tradicionales de mampostería para paredes, lo que facilita una rápida ejecución y ahorro de materiales (bloque panel).

Después de la visita de campo realizada por el Dr. Helder Gonçalves en abril de 2006, se evaluó la vivienda de este material (septiembre de 2007) con el programa Energy Plus, que posee su propia base de datos y un fichero climático global. Para el caso de El Salvador se usó el de Acajutla (principal puerto del país), estudiando la evolución de la temperatura del aire interior, durante el período comprendido entre el 17 y 25 de marzo (la época de más calor en el país se da entre marzo y abril), evidenciando que no hay grandes diferencias de la temperatura y de la intensidad de radiación solar entre el período de invierno y verano.

Las propiedades artificiales de la teja de micro concreto, de diferentes colores, fueron medidas con el apoyo del INETI, en el departamento de energías renovables de Lisboa, lanzando los siguientes resultados, de acuerdo a los colores utilizados:

Cuadro 3: Resultados del análisis de la teja de micro concreto utilizada en los proyectos de FUNDASAL a través del PRVPT

Código	Color	Absorbancia solar	Absorbancia visible	Emisividad
A1	Rojo	0.61	0.67	0.83
A2	Gris	0.67	0.68	0.88
A3	Blanco liso	0.39	0.39	0.94
A4	Blanco rugoso	0.49	0.50	0.88

La evolución horaria de la temperatura interior evidencia que dicha temperatura acompaña prácticamente la temperatura del aire exterior durante el período nocturno, sufriendo mucho la influencia de la radiación solar **durante el período diurno**, que es cuando existen mayores incrementos de la temperatura.

El estudio comparativo de los resultados demuestra que para diferentes períodos del mes de marzo, el mejor desempeño térmico está asociado al revestimiento A3, que es la teja blanca lisa, y que con el revestimiento A2 (gris) se presentan las condiciones más desfavorables al interior de la vivienda. Dado que la temperatura del aire interior acompaña la temperatura del aire en el exterior, durante el período nocturno, se concluye que es durante el período diurno donde el efecto de la radiación solar determina las condiciones y el confort interior.

Se concluye entonces que una medida que fácilmente se puede adoptar es la utilización de un nuevo color de cubierta, con las propiedades A3 (blanco liso), el cual disminuye la temperatura interna en un promedio de 3°C, en los valores máximos de la temperatura diaria, lo cual podría realizarse en la Vitrina Tecnológica.

#### Cubierta A3 (blanco liso)

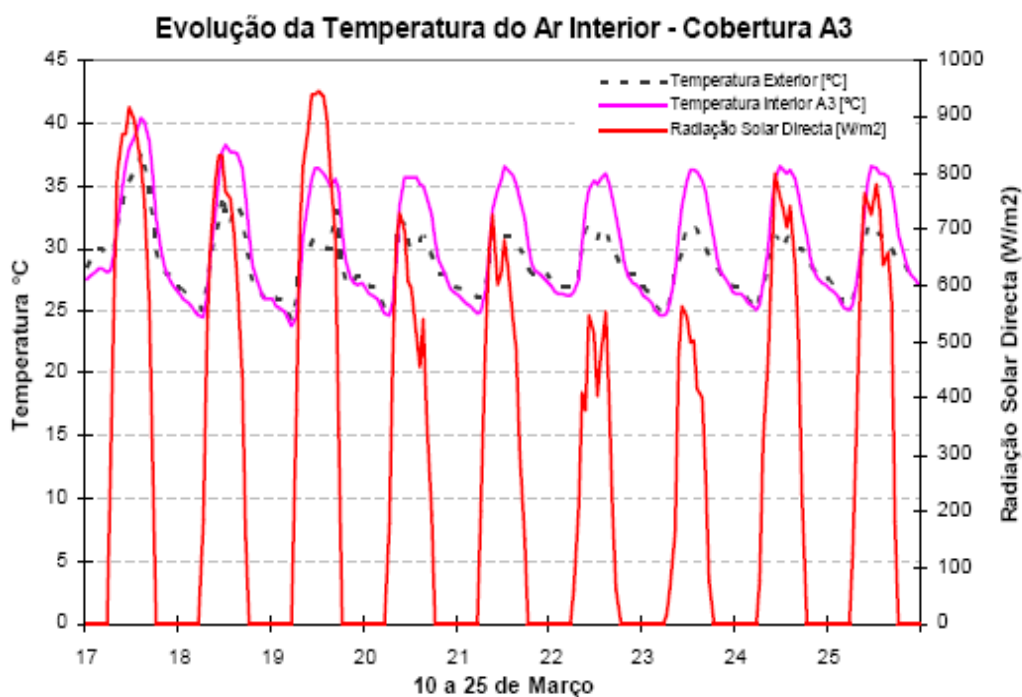


Figura 9:

Resultados de la evaluación del aire interior de una vivienda construida con bloque panel, a través de la simulación en la utilización de una teja de micro concreto blanca

FUNDASAL ejecutó 13,281 viviendas en el período de 2001 al 2006, para familias en extrema pobreza, damnificadas por los dos sismos combinado con la vulnerabilidad física-ambiental, a través de un programa que incluyó componentes físicos, sociales y económicos. El total de viviendas de bloque panel que se ejecutó fue de 5,289. Para el año 2007, se comercializaron 529 casas, a través de proyectos que no pertenecen a FUNDASAL, ya que la tecnología de estos prefabricados se está divulgando y obteniendo enorme aceptación entre la población, empresas privadas, gobiernos locales e instancias

del gobierno central. Es por esta razón que para la Institución es de enorme relevancia mejorar este tipo de viviendas, puesto que a futuro tendrá impacto en la calidad de vida de las familias que las habiten.

## CONCLUSIONES

- El aporte del INETI, a través del análisis de materiales constructivos, como la teja, con el objetivo de reducir la temperatura interior de las viviendas construidas por FUNDASAL a través del PRVPT, fue de gran ayuda para mejorar estos aspectos, los cuales se tomarán en cuenta en el desarrollo del proyecto de la Vitrina Tecnológica.
- El hecho de realizar reuniones interinstitucionales en la comisión para la construcción de normativas de diseño bioclimático fue de gran importancia para darnos cuenta la falta de un marco técnico e institucional que mejore la calidad de vida de la población al utilizar viviendas u otras construcciones que en El Salvador se desarrollen. La continuidad de estas reuniones será de gran ayuda para el país, ya que las regulaciones que surgirán a partir de dicha comisión tendrán que tomarse en cuenta para el futuro de las edificaciones, sean éstas de tipo comercial, habitacional, industrial, etc.

## ABSTRACT

FUNDASAL's participation in *Edificios Bioclimáticos, la Integración de las Energías Renovables y los Sistemas Energéticos* network, aims to develop two topics: a) inter institutional meetings with the purpose of creating a frame for bioclimatic design for low income people housing to be materialized in houses which be part of *Vitrina Tecnológica*, b) to analyse building materials used in *Programa de Reconstrucción Post-terremoto*. With these activities, it is important to consider: there are a few advances in El Salvador about energetic efficiency; environment temperature is increasing, specially in urban areas, the key to get cold the internal temperature of built houses is the roof, it is necessary the development of a place, like *Vitrina Tecnológica*, as a space where can be created low income people housing projects.

Key words: frame, habitat, bioclimatic housing, efficiency, temperature, technological display.

## ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN ENERGÉTICAS DE EDIFICIOS DE LA UIE3

**José Antonio Ferrer, Emanuela Giancola, Silvia Soutullo, M<sup>a</sup> del Rosario Heras**

Unidad de Eficiencia Energética en la Edificación

CIEMAT, Avda. Complutense, 22. 28040 Madrid

Tlfno: 91-4962500, Faz: 91-3466037

[ja.ferrer@ciemat.es](mailto:ja.ferrer@ciemat.es), [emanuela.giancola@ciemat.es](mailto:emanuela.giancola@ciemat.es),

[silvia.soutullo@ciemat.es](mailto:silvia.soutullo@ciemat.es), [mrosario.heras@ciemat.es](mailto:mrosario.heras@ciemat.es)

### RESUMEN

En este documento se presentan las líneas de investigación llevadas a cabo por la Unidad de Eficiencia Energética en la Edificación (UiE3) del Ciemat, a través de proyectos como PSE-ARFRISOL o la evaluación energética experimental de viviendas de la EMVS o el proyecto PETER. El objetivo de la unidad es analizar energéticamente el edificio al completo y estudiar la integración de elementos solares pasivos y activos para el acondicionamiento térmico y la reducción de la demanda, de forma que puedan lograrse edificios lo más próximos posible al objetivo de consumo cero de energía convencional. Las principales líneas de investigación son: *evaluación energética de edificios*, mediante análisis teóricos y experimentales; *análisis de componentes en la edificación*, a través del Laboratorio de Ensayos Energéticos para Componentes de la Edificación (LECE); *integración arquitectónica* de la energía solar activa (térmica y fotovoltaica) y *análisis de técnicas pasivas en la edificación*, mediante el desarrollo de modelos y caracterización energética de diferentes sistemas pasivos (chimeneas solares, fachadas ventiladas, tubos enterrados,...).

### PALABRAS CLAVE

Eficiencia Energética en la Edificación, Arquitectura bioclimática, Simulación, Monitorización, PSE-ARFRISOL, EMVS.

### INTRODUCCIÓN

Cada vez existe una mayor preocupación por el ahorro energético y el medioambiente, hecho que fomenta el uso de una arquitectura más eficiente. Se entiende por arquitectura bioclimática aquella que consigue reducir la demanda energética teniendo en cuenta el clima y el entorno que le rodea. Diseñando adecuadamente la conformación física del edificio en el contexto climático en el cual se ubicará, analizando parámetros fundamentales como orientación, iluminación natural, aislamiento, ventilación o inercia térmica, se logra disminuir sensiblemente la demanda del edificio. Si simultáneamente el edificio es diseñado de forma que albergue los sistemas activos de energías renovables integradamente, considerándolos como un elemento constructivo más, se minimizará el consumo de energía convencional necesaria para su acondicionamiento.

La Unidad de Eficiencia Energética en la Edificación (UiE3) del Ciemat lleva desde 1986 trabajando en este campo. Los proyectos en los que participa la UiE3 están orientados a investigar, desarrollar y fomentar el uso de energía solar y las aplicaciones de técnicas bioclimáticas en los edificios. Entre los proyectos en los que se ha participado, podemos

ver a modo de ejemplo el “*Proyecto Singular Estratégico PSE-ARFRISOL*” y los proyectos de monitorización, “*Proyecto Life (Eco-Valle Mediterranean Verandahways)*” y “*Proyecto Regen-Link*” realizados para la EMVS varios proyectos de la EMVS (Empresa Municipal del Suelo y Viviendas de Madrid).

### Proyecto Singular Estratégico PSE-ARFRISOL

El Proyecto Singular Estratégico sobre Arquitectura Bioclimática y Frío Solar (PSE-ARFRISOL) es un Proyecto científico-tecnológico singular de carácter estratégico aceptado por el Plan Nacional de I+D+I 2004-2007, cofinanciado con Fondos FEDER y subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Mediante el PSE-Arfrisol, se busca la reducción del 80% de la energía convencional consumida para la climatización de edificios, mediante la adecuación de la Arquitectura Bioclimática y la Energía Solar en el acondicionamiento térmico de cinco construcciones, denominadas contenedores-demostradores de investigación (C-DdI), situadas en: la Universidad de Almería (UAL), la Plataforma Solar de Almería (PSA), las instalaciones del CIEMAT en Madrid, el Centro de Control y Accesos del Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER) en Cubo de la Solana (Soria) y la nueva sede de la Fundación Barredo en Siero (Asturias). Los socios participantes del proyecto son cinco empresas constructoras (ACCIONA, DRAGADOS, FCC, OHL, SEIS), 5 empresas tecnológicas (ATERSA, CLIMATEWELL, GAMESA SOLAR, ISOFOTON, GRUPO UNISOLAR) y tres centros de investigación (CIEMAT, UNIVERSIDAD DE ALMERIA, UNIVERSIDAD DE OVIEDO)

El plan de trabajo de PSE-ARFRISOL (2005-2010) está dividido en nueve Subproyectos (SP) donde se recogen y especifican los diferentes trabajos de investigación repartidos en investigación energética y construcción de los 5 contenedores-demostradores de la investigación.

Los diferentes SP son:

- **SP1**, realiza los trabajos previos a la construcción de los Contenedores-Demostradores de Investigación. Entre las herramientas utilizadas destacan programas de simulación energética (TRNSYS, DOE-2, FLUENT, LIDER, CALENER,...), tanto para el diseño arquitectónico como la simulación de los sistemas solares.

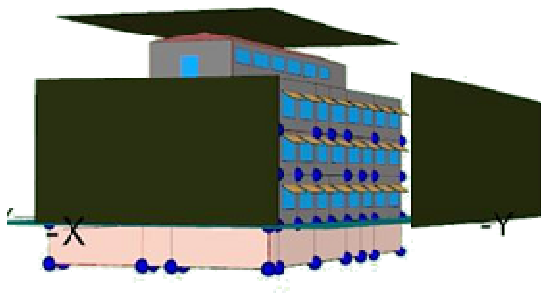


Fig.1. Simulación en LIDER del ED70 del Ciemat, Madrid

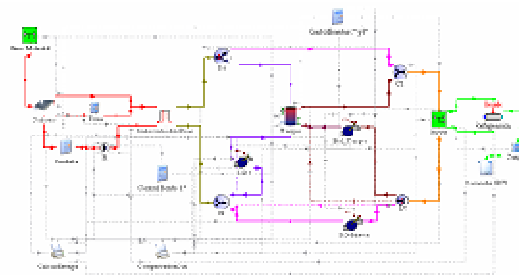


Fig.2. Simulación en TRNSYS del sistema de refrigeración del ED70 del Ciemat, Madrid

- **SP2 al SP6**, se realiza la construcción de los Contenedores-Demostradores de Investigación, integrando la investigación en construcción y puesta en obra:



Fig.3. Vista del edificio Ciesol de la Universidad de Almería



Fig.4. Vista del edificio ED70 del Ciemat, Madrid



Fig.5. Vista del edificio de la PSA, Desierto de Tabernas, Almería



Fig.6. Vista del edificio de la Fundación Barredo en Siero, Asturias



Fig.7. Vista del edificio del CEDER, Soria

Todos los edificios cuentan con estrategias de diseño bioclimático, y sistemas de refrigeración solar mediante máquinas de absorción y captadores solares térmicos. Los correspondientes a Asturias y Soria utilizan, además, biomasa como fuente auxiliar de energía.

- **SP7**, En este subproyecto se lleva a cabo la evaluación energética de cada construcción en condiciones reales de uso y el análisis de las condiciones del aire interior, para lo cual se ha diseñado e instalado un completo sistema de monitorización.



Fig.8.Ejemplo de instalación de sensores para la monitorización

- **SP8**, realiza la optimización de los diferentes sistemas bioclimáticos y de climatización empleados en cada edificación. Con ello se persigue profundizar en las técnicas de I+D utilizadas y poner en el mercado sistemas solares evaluados y optimizados.
- **SP9**, realiza la divulgación y difusión del proyecto dando a conocer la tecnología y los avances desarrollados en el PSE-ARFRISOL a nivel educativo, técnico y social.

## CONCLUSIONES

- Se construyen cinco edificios energéticamente eficientes con un ahorro en climatización estimado del 80% de energía convencional, que sirven como demostradores de eficiencia energética, y a la vez como contenedores de investigación.
- Se mejora la interacción entre los sistemas solares, las máquinas de absorción, los sistemas auxiliares y las soluciones bioclimáticas, de forma que trabajen como un sistema global.
- Realizar guías de diseño para arquitectos e ingenieros, de forma que se disponga de una metodología sencilla para la aplicación de estos conceptos.
- Se crean unidades didácticas para los diferentes niveles de educación, y una campaña efectiva de difusión, que promueva el cambio de mentalidad de la sociedad hacia el ahorro energético en los edificios.

## Proyectos de monitorización energética

La Unidad de Eficiencia Energética en Edificación del Ciemat realiza, entre otras actividades, la evaluación en condiciones reales de diversos sistemas asociados a edificios, como la propia vivienda, sistemas pasivos, etc. Dentro de esta línea se pueden destacar dos de los proyectos de monitorización realizados para la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVS).

### - Proyecto Life (ECO-VALLE MEDITERRANEAN VERANDAHWAYS)

El proyecto europeo ECO-Valle Mediterranean Verandahways, tiene como principal objetivo el acondicionamiento de espacios abiertos mediante técnicas naturales y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en áreas urbanas. Para ello, el equipo de Ecosistema Urbano, ha diseñado un bulevar bioclimático en el Nuevo Ensanche de Vallecas, en la ciudad de Madrid, compuesto por tres cilindros o “árboles de aire” rodeados de unas torres captadoras de viento que reducen la temperatura mediante sistemas evaporativos.



Fig.9. “Árbol de Aire” con sistemas evaporativos y torres de viento, inyectan agua y “capturan” el aire procedente de la dirección predominante.



Fig.10. “Árbol de Aire” con cubierta vegetal, inyectan agua y atemperan la temperatura mediante plantas.

El “árbol de aire” monitorizado y analizado está formado por una doble estructura metálica cilíndrica, cuyas paredes se triangulan por elementos diagonales que le configuran un aspecto de cesta. En el interior se han colocado especies vegetales trepadoras de hoja perenne. El exterior está rodeado de 16 cilindros más pequeños, también metálicos. Las dimensiones son de 18 m de alto, con un diámetro interno de 18 m y uno externo de 25 m.

En el interior de los cilindros exteriores se produce la refrigeración evaporativa mediante micronizadores instalados en la parte superior de las torres.

- **Proyecto Regen-Link (bloques de viviendas en San Cristóbal de los Ángeles, Madrid).**

Regen Link consiste en la Rehabilitación y Obra Nueva de dos bloques de viviendas en San Cristóbal de los Ángeles en Madrid. Es un proyecto de ordenación arquitectónica y diseño urbanístico de Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo (EMVS), Dentro de 5º Programa Marco (I+D) patrocinado T.R.E.N.

El principal objetivo de este proyecto europeo es obtener un ahorro de energía en edificios rehabilitados bajo la aplicación de técnicas bioclimáticas y el uso racional de la energía, utilizando los recursos naturales que se disponen. Para ello, se han elegido dos bloques de viviendas que dependiendo de su estado de conservación, se han separado en 2 grupos: viviendas que demandan rehabilitación y aquellas que deben ser demolidas y reconstruidas de nuevo, y se ha realizado un proyecto de rehabilitación por parte de la arquitecta Margarita de Luxan.

La Unidad de Eficiencia Energética en Edificación del CIEMAT es la encargada de realizar la monitorización.

Los objetivos de este proyecto son:

- Analizar el comportamiento energético del edificio mediante el estudio experimental (monitorización) y un estudio teórico (simulación dinámica);
- Comparar la mejora que las técnicas bioclimáticas ejercen sobre la rehabilitación de los dos bloques de viviendas;
- Evaluar la sensibilidad de éstos a variaciones de diferentes estrategias de diseño implementadas.

Los edificios implicados en el proyecto tienen forma rectangular con el eje principal orientado en la dirección Norte – Sur. Las técnicas solares pasivas y activas empleadas son:

- Galerías de climatización y ventanas captadoras con orientación Sureste (plegando la piel del edificio)
- Fachada Ventilada ( espacios tampón y fachadas norte y sur)
- Cerramientos de elevada inercia térmica (F. E y W)
- Persianas de aluminio con aislamiento interior
- ACS solar
- Calefacción por suelo radiante

En las siguientes figuras se observa tanto los planos en planta de la monitorización de los bloques (figura 13), como algunas de las técnicas bioclimáticas empleadas (figuras 11 y 12).

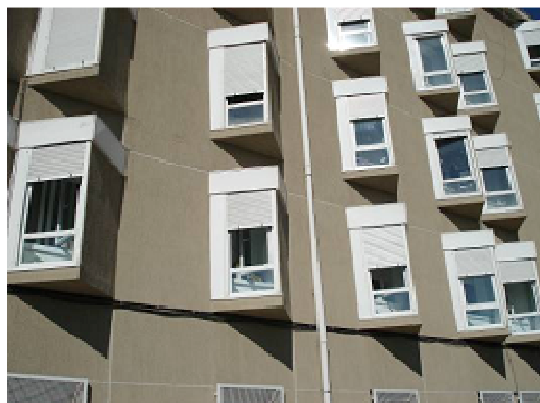


Fig.11. Desplazamiento hacia el sur de las ventanas orientadas al este, en el bloque rehabilitado.



Fig.12. Desplazamiento hacia el sur de los balcones orientados al este, en el bloque de obra nueva.



Fig.13. Esquema de la monitorización, posicionamiento de los sensores.

## CONCLUSIONES

Tras la monitorización de las viviendas de los proyectos realizados con la EMVS, se obtiene el comportamiento térmico de las mismas, evaluando el nivel de confort alcanzado en el interior.

En forma general, la monitorización de las viviendas y su posterior análisis energético, se plantea atendiendo a varias etapas:

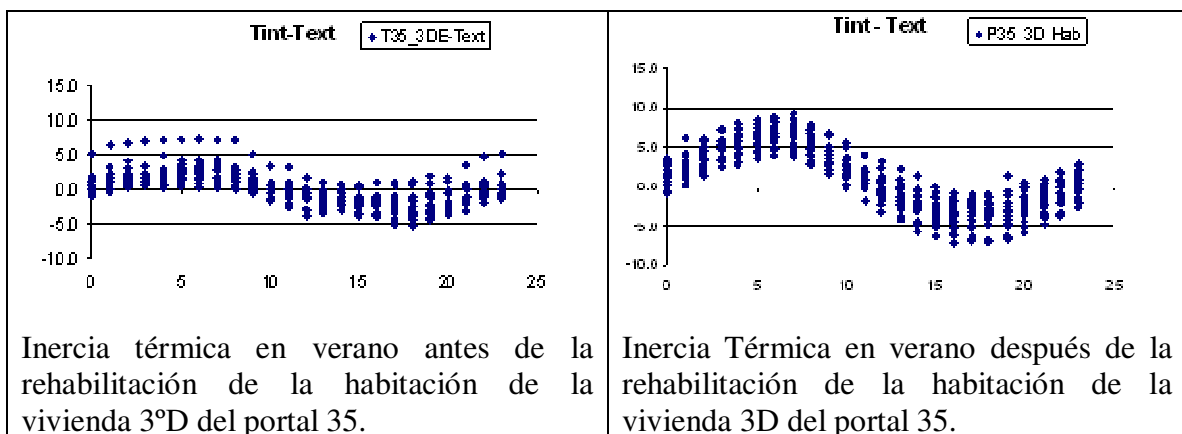
- Análisis de la climatología del lugar.
  - Medida y análisis de las variables climáticas.
  - Comparación con los datos del Instituto Nacional de Meteorología (INM).
  - Cálculo del día tipo de cada periodo a estudio.
- Evolución térmica de cada vivienda monitorizada así como el consumo energético de las mismas.

- Cálculo y análisis de las temperaturas interiores.
- Análisis del confort térmico alcanzado.
- Análisis térmico de las viviendas en los días tipo.

➤ Caracterización energética de las viviendas.

- Descripción del edificio de viviendas en función de los parámetros térmicos. Para ello se puede recurrir a dos métodos distintos:
  - *Método estático*, caracteriza térmicamente a la vivienda en función de las ganancias y las pérdidas globales. Está sometido a la influencia del usuario.
  - *Método dinámico*, caracteriza térmicamente a la vivienda en función de las ganancias y las pérdidas sin la influencia del usuario.

Aquí se muestran como ejemplo las graficas de la inercia térmica en verano antes y después de la rehabilitación de la habitación de la vivienda 3ºD del portal 35.



Inercia térmica.

- Durante las horas de máxima radiación solar se acumula el calor en el cerramiento, pero sin llegar a producir un sobrecalentamiento en las habitaciones.
- Por la noche y las primeras horas del día, las viviendas van a devolver el calor captado durante el día.
- Cerramiento oeste. Mayor superficie acristalada por lo que la diferencia con la temperatura exterior es menor

## REFERENCIA Y BIBLIOGRAFIA

- 1) Soutullo, S.; San Juan, C.; Bosqued, A; Enríquez, R.; Ferrer, J.A.; Heras, M.R..(2008), “Memoria técnica justificativa de las actividades realizadas en el 2007 dentro del subproyecto 1 del proyecto singular estratégico sobre arquitectura bioclimática y frío solar (PSE-ARFRISOL)”. Informe Técnico: DER-EEE-EMV-PSE Arfrisol-SP1-IT-1-0. Junio 2008.
- 2) Soutullo, S.; Olmedo, R.; Heras, M.R.; Bosqued, R.; Jimenez, M.J.(2005) “Diseño de la monitorización de los sistemas “Árboles de Aire”del Bulevar Bioclimático del Proyecto “Eco-Valle Mediterranean Verandahways” (programa Life-UE) situados en el Nuevo Ensanche de Vallecas. Madrid”. Informe Técnico: DER-EEE-Life (Eco-Valle)-E2421-IT-1-0. Mayo 2005.
- 3) Soutullo, S.; Olmedo, R.; Heras, M.R.; Bosqued, R.; Jimenez, M.J.(2006) “Evaluación Energética de tres bloques de viviendas de alta eficiencia de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo (EMVS) en el Oeste de San Fermín. Madrid. Informe Global”. Informe Técnico: DER-EEE-EMV-S.Fermin-E2422-IT-3-0. Enero 2006.
- 4) Giancola, E.; Soutullo, S.; Olmedo, R.; Heras, M.R.(2008) “Evaluación energéticas de viviendas rehabilitadas y de obra nueva de la empresa municipal de la vivienda y suelo (EMVS) en San Cristóbal de los Ángeles, Madrid. Proyecto Regen Link” ”. Informe Técnico: DER-EEE-EMV-Regen Link-E2423-IT-2-0. Enero 2008.
- 5) Soutullo, S.; Olmedo,R.; Sanchez Egido, Nuria ; Heras, M.R.(2008) “Evaluación energética de viviendas de alta eficiencia promovidas por la empresa municipal de la vivienda y suelo (EMVS) en el Ensanche de Vallecas, Madrid. Proyecto Sun Rise” ”. Informe Técnico: DER-EEE-EMV-Sun Rise-E2424-IT-1-0. Noviembre 2008.
- 6) Giancola, E.; Soutullo, S.; Olmedo, R.; Heras, M.R.(2007) “Energetic evaluation in real conditions of use of houses” 1ª Conferencia Internacional Manubuild “TheTransformation of the Industry: Open Building Manufacturing”. Rotterdam, Holanda. Abril 2007.
- 7) Giancola, E.; Soutullo, S.; Olmedo, R.; Heras, M.R.(2007) “Energetic evaluation in real conditions of use of houses” 2ª Conferencia Internacional Palenc y 28ª Conferencia AIVC “Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century”. Crete Island, Grecia. Septiembre 2007.



# INTERCAMBIOS DE CALOR EN ESPACIOS CONSTRUCTIVOS, VENTILACIÓN E ILUMINACIÓN NATURAL. UN ENFOQUE TERMODINÁMICO.

Marco Yáñez<sup>11</sup>

Escuela Politécnica Nacional  
Cód.Postal 17-12-866  
Ladrón de Guevara E11-253, Quito-Ecuador  
[myanez@server.epn.edu.ec](mailto:myanez@server.epn.edu.ec)

## RESUMEN

El presente artículo presenta una evaluación termodinámica de una vivienda típica de interés social que el Gobierno de la República del Ecuador promueve a bajo costo, 3.600 dólares americanos. Hace énfasis en la iluminación y la ventilación natural como mecanismos de eficiencia energética en las edificaciones. Los balances energéticos se desarrollan en procesos que evidencian intercambios de calor, ya que, los diferentes elementos que intervienen en los procesos termodinámicos poseen diferentes temperaturas.

## PALABRAS CLAVE

Balance energético en edificaciones, iluminación y ventilación natural, aspectos bioclimáticos, eficiencia energética.

## 1. INTRODUCCIÓN

El modernismo y la masificación de las viviendas urbanas nos han llevado a desarrollar viviendas extremadamente ineficientes desde un punto de vista termodinámico. Mientras nuestros antepasados desarrollaron mecanismos naturales de eficiencia energética de manera intuitiva, nuestra civilización actual ha optado por el derroche y mal uso de los recursos naturales, agravado por el aumento de la población y el consiguiente déficit habitacional.

Las evaluaciones termodinámicas en espacios constructivos permiten observar en dónde se producen las ineficiencias que conllevan al mal uso de los recursos y de la energía. Esto permitirá concienciar a los gobiernos de turno para que puedan realizar los correctivos necesarios, vía regulaciones, que permitan optimizar los recursos, ahorrar energía, pero sobre todo, volver más comfortable la vivienda sobre todo de los sectores más vulnerables de nuestra sociedad.

El calentamiento global denunciado en Febrero de éste año en París en forma oficial, pone de manifiesto, la urgencia por adoptar medidas urgentes y aún extremas sobre eficiencia energética en todos los niveles y actividades de nuestra sociedad, caso contrario, las consecuencias previstas por los expertos a nivel mundial serían catastróficas.

---

<sup>11</sup> Físico, M.Sc. en Planificación de Sistemas Energéticos

## 2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Pasamos una rápida revista a los conceptos que vamos a manejar en la presente evaluación donde consideraremos que una vivienda habitada es un sistema termodinámico que pretende que, la temperatura ambiente sensitiva que es un valor medio entre la temperatura del aire de la edificación y la temperatura de sus paredes, se considere uniforme con el objeto de garantizar un *confort térmico*. La temperatura de confort térmico para la ciudad de Quito se encuentra en el rango de 20 a 23 °C.

### Transferencia de calor

La transferencia de calor entre dos cuerpos que poseen diferentes propiedades físicas se da mediante los siguientes mecanismos:

#### Conducción

Para que exista transferencia de calor por conducción es necesario que exista un contacto físico entre dos cuerpos. En una vivienda de interés social habitada este tipo de transferencia de calor se tiene por ejemplo la que se produce entre el piso y el tumbado con el medio circundante en régimen estacionario, es decir, en ausencia de viento proveniente de las ventanas. Otros ejemplos en las viviendas serían el calor de las hornillas hacia los recipientes en la cocción de los alimentos o de la plancha eléctrica sobre las prendas de vestir.

#### Convección

La transferencia de calor por convección se produce por el transporte de una masa de sustancia (aire o agua), que transporta su energía en forma de calor de un lugar a otro. Ejemplos de este tipo de transferencia de calor lo tenemos en las chimeneas de las viviendas; o cuando abrimos las ventanas de una habitación y permitimos la circulación del aire del medio externo que se encuentra a diferente temperatura.

#### Radiación

La transferencia de calor por radiación se da entre cuerpos que se encuentran a diferentes temperaturas, siendo que el calor fluye del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura. Cualquier variación de calor en la vivienda produce transferencia de calor por radiación, puesto que por definición, toda sustancia que posee una temperatura diferente del cero absoluto emite radiación electromagnética en forma de calor. En una vivienda que no se encuentra en régimen estacionario esta forma de transferencia de calor es la más común y se da espontáneamente hasta llegar al equilibrio termodinámico por un lapso de tiempo determinado.

#### Absorción emisión de radiación electromagnética

La absorción y emisión de radiación electromagnética en forma de calor es otro de los conceptos fundamentales que rigen el intercambio de calor entre cuerpos. Esta regulado por las leyes de la radiación del cuerpo negro.

Cuando calentamos agua en una hornilla por ejemplo, la hornilla *emite* calor en forma de radiación infrarroja que es *absorbida* por el recipiente y el agua que se va transformando paulatinamente en energía de agitación molecular y como consecuencia incrementa su temperatura. Si separamos el recipiente con agua y lo colocamos para que “se enfríe”, se dará el proceso inverso, es decir, el recipiente con agua se convierte en *emisor* de calor al medio ambiente que lo *absorberá*.

El poder emisivo  $0 \leq \epsilon \leq 1$  de un cuerpo o sustancia es proporcional al poder absorbente  $0 \leq \alpha \leq 1$  y es función de la longitud de onda y su temperatura. Esta ley explica por ejemplo porqué, una prenda oscura humedecida colocada a cielo abierto se seca más rápido, que una prenda clara de similares características.

### Otras relaciones importantes

En la década de los setentas se desarrollaron varias relaciones que tenían que ver con el intercambio de calor entre el cielo abierto despejado y una superficie plana (por ejemplo un colector solar). Esta expresión podría utilizarse para establecer el intercambio de calor entre el cielo abierto y la superficie externa del tumbado de una vivienda.

$$Q = \epsilon A \sigma (T_{sky}^4 - T^4) \quad (2.3.1)$$

Se puede estimar la temperatura del medio externo con las siguientes relaciones:

$$T_{sky} = 0,052 T_{air}^{3/2} \quad (2.3.2)$$

$$T_{sky} = T_{air} - 6 \quad (2.3.3)$$

### Cargas Externas

Se refieren a los factores externos que aportan calor a la vivienda.

1. Calor de conducción a través de paredes, piso y techo.
2. Calor de conducción a través de tumbado.
3. Calor de conducción a través de ventanas
4. Efectos de la radiación solar:
  - a. Conducción y efectos de convección a través de paredes, techos y vidrios.
  - b. Transmisión directa a través de vidrios desde el exterior hacia el interior de la vivienda.

### Cálculo de la carga de calor a través de paredes

La carga de calor de conducción a través de paredes, piso y techo se evalúan con las siguientes relaciones:

$$q = UA \Delta T \quad (2.4.1)$$

$$U = 1/\Sigma Re \quad (2.4.2)$$

Donde:

$q$  = Calor a través de la pared, piso o techo

$U$  = Coeficiente de transmisión de calor [Btu/ft<sup>2</sup>hr°F]

$A$  = Área total de la pared, piso o techo

$\Sigma Re$  = Suma de la resistencia térmica de cada elemento que conforma la pared, etc.

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior en °F

$T_{ext} = 10 \text{ °C} = 50 \text{ °F}$

$T_{int} = 21 \text{ °C} = 69 \text{ °F}$  (Temperatura de confort térmico)

La pared posee la siguiente composición:

Ladrillos de 10 cm de espesor  
 Capa de cemento de 2 cm de espesor  
 Capa de enlucido de 0.5 cm de de espesor  
 La  $\Sigma Re$ , de la pared es la siguiente:

**Tabla 1. Resistencia térmica de la pared<sup>12</sup>**

Elemento constructivo	Resistencia térmica
Pared exterior (cemento)	0,68
Enlucido	0,1
Ladrillo	1,2
Pared interior (cemento)	0,68
Enlucido	0,1
$\Sigma Re$	2,76

Utilizando las relaciones (1) y (2) con los valores referenciales de temperatura se tiene:

$$U = 1/2,76 = 0,36 \text{ Btu/ft}^2(\text{hr})^\circ\text{F}$$

$$q_{\text{pared}} = 0,36 A_{\text{pared}} (69-50)$$

$$q_{\text{pared}} = 6,84 A_{\text{pared}} [ \text{Btu/ft}^2\text{hr} ]$$

#### **Cálculo de la carga de calor a través del techo**

De la misma manera se evalúa la carga de calor del techo conformado por teja externa y madera en la parte interna de la casa.

**Tabla 2. Resistencia térmica del techo**

Elemento constructivo	Resistencia térmica
Teja	0,22
Madera	1,38
$\Sigma Re$	1,6

$$U = 1/1,6 = 0,625 \text{ Btu/ft}^2(\text{hr})^\circ\text{F}$$

$$q_{\text{techo}} = 0,625 A_{\text{techo}} (69-50)$$

$$q_{\text{techo}} = 11,87 A_{\text{techo}} [ \text{Btu/ft}^2\text{hr} ]$$

#### **Cálculo de la carga de conducción a través de los vidrios**

Utilizamos la relación (1) con los siguientes valores:

$$\text{Coeficiente de transmisión, } U = 1,04 [ \text{Btu/hr}(\text{ft}^2)^\circ\text{F} ]$$

$$T_{\text{ext}} = 10^\circ\text{C} = 50^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{int}} = 21^\circ\text{C} = 69^\circ\text{F} \text{ (Temperatura de confort térmico)}$$

Por tanto:

$$q_{\text{vidrio}} = U A_{\text{vidrio}} \Delta T$$

$$q_{\text{vidrio}} = 1,04 A_{\text{vidrio}} (69-50)$$

$$q_{\text{vidrio}} = 19,76 A_{\text{vidrio}} [ \text{Btu/ft}^2\text{hr} ]$$

<sup>12</sup> Thermal Properties of Typical Building and Insulating Materials

## Cálculo de la carga de la radiación solar a través del vidrio

Que será evaluado con la siguiente relación:

$$q_{solar} = sg(I)f(q)A_{ventanas} \quad (2.4.3)$$

Donde:

$s$  = Coeficiente de sombra (para vidrios claros) = 0,98

$g(I)$  = Factor de ganancia de calor solar = 238

$f(q)$  = Factor de carga de calor = 0,43

$A_{ventanas}$  = Área de las ventanas por donde ingresa la radiación solar en [ft<sup>2</sup>]

Por lo tanto:

$$q_{solar} = 0,98 * 238 * 0,43 A_{ventanas}$$

$$q_{solar} = 100,3 A_{ventanas} [Btu/ft^2 hr]$$

### Cargas Internas

Se refieren a los factores internos que aportan calor a la vivienda.

1. Carga de calor generado por las personas que habitan la vivienda.
2. Carga de calor por iluminación incandescente.

#### 2.5.1 Cálculo de la carga de calor generado por las personas

Las viviendas de interés social son relativamente pequeñas ( de 36 m<sup>2</sup> a 70 m<sup>2</sup>) y de una sola planta. Por lo tanto el calor que puede generar una familia compuesta por 5 personas debido a sus procesos metabólicos no es despreciable.

Para utilizar las tablas generadas por tipo de actividad que realizan las personas dentro de la vivienda utilizamos la siguiente relación:

$$q_{personas} = q_s * \#_{de\ personas} * f(q) \quad (2.5.1)$$

Donde:

$q_s$  = Calor sensible de la persona por tipo de actividad = 400<sup>13</sup>

$f(q)$  = factor de carga de calor = 0,21

$\#_{de\ personas}$  = Número de personas en la vivienda = 5

Por lo tanto:

$$q_{personas} = 400 * 5 * 0,21$$

$$q_{personas} = 420 Btu/hr$$

$$q_{personas} = 5.040 Btu/d^{14}$$

#### Cálculo de la carga de calor generado por iluminación incandescente

Comparados con los precios de los focos ahorradores de energía que en Ecuador se encuentran entre los 3,50 y 4,50 dólares americanos, los focos incandescentes durante las evaluaciones promedian un precio de 60 centavos de dólar. Es conocida la bajísima eficiencia de éstos focos incandescentes que tienden a desaparecer. Se sabe que tan solo

<sup>13</sup> Valor intermedio entre dos actividades: sentado = 185 y realizando algún trabajo ligero = 640

<sup>14</sup> Se supone que cada miembro permanece al menos 12 horas dentro de la vivienda.

algo en torno del 5% de la energía se utilizaría en la iluminación propiamente dicha, el resto se disipa en forma de calor.

El uso de estos focos incandescentes en viviendas de interés social podría no ser despreciable por los pequeños espacios de dichas viviendas. Con todo, procedemos a evaluar dicha carga de calor.

$$q_{focos} = \# \text{ de focos} * \text{wataiaje} * \varepsilon * \# \text{ de horas de uso}$$

En donde:

$$\# \text{ de focos} = 5$$

$$\text{wataiaje} = \text{wataiaje de los focos incandescentes} = 100 \text{ w}$$

$$\varepsilon = \text{factor de rendimiento de calor del foco incandescente} = 0,95$$

$$\# \text{ de horas de uso durante el día} = 6$$

Por lo tanto:

$$q_{focos} = 5 * 100 * 0,95 * 6 \text{ [w]}$$

$$q_{focos} = 2.850 \text{ [w]}$$

$$q_{focos} = 9.726,96 \text{ [Btu/d]}$$

### Ventilación

Se evalúa el calor que pierde la vivienda por ventilación sensible que depende de la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior, y el calor latente que es función de la humedad relativa.

$$q = 1.1 \Delta T \#_{\text{de personas}} \text{ cfm} \quad (2.6.1)$$

donde:

$$\Delta T = \text{diferencia de temperatura entre el exterior y el interior} = 19 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{cfm} = \text{calor de ventilación por persona} = 15$$

Por lo tanto:

$$q = 1.1 * 19 * 5 * 15 \text{ [Btu/h]}$$

$$q = 1567,5 \text{ [Btu/h]}$$

## 3. Iluminación y Ventilación Natural

### Iluminación

En Ecuador el consumo residencial de electricidad representa el 36% y según los usos finales, la iluminación es el segundo rubro más importante del consumo con 18%. Los programas de eficiencia energética aplicadas a viviendas de interés social indican que el reemplazo a gran escala de focos incandescentes por focos ahorradores permitirá un ahorrar una considerable cantidad de energía en forma de potencia evitada.

De ahí que, es necesario evaluar varios aspectos de las características de éste tipo de iluminación. Los aspectos más fundamentales tienen que ver con los siguientes aspectos:

- Vida útil de los focos ahorradores

- Flujo luminoso, o cantidad total de iluminación requerida en lúmen; [lm]
- Visión fotópica (tiene que ver con la calidad de luz comparada con la luz natural)
- Confort a este nuevo tipo de iluminación
- Evaluaciones generales sobre niveles de iluminación en los diferentes espacios.

De acuerdo con esto, el dimensionamiento de las ventanas se realiza de tal manera que cumpla con diseño y proporcionalidad, máxima iluminación natural y ventilación cruzada.

### **Ventilación natural**

La ventilación cruzada se utiliza para regular la temperatura del ambiente cuando el interior de la vivienda supera la temperatura de confort. Esto requiere un adecuado conocimiento de la influencia de los vientos locales sobre la vivienda y una evaluación de la máxima cantidad de calor que es capaz de almacenar la vivienda.

Desde un punto de vista puramente termodinámico, ese calor está relacionado con la masa y la entalpía del aire según la expresión:

$$q = \frac{dm}{dt} \Delta h$$

Esto es:

$$q = \frac{dm}{dt} (h_{\text{aireingresa}} - h_{\text{airefijo}})$$

Esta variación de entalpías a la temperatura de confort se puede evaluar por varios métodos, por lo que la expresión  $dm/dt$  queda completamente determinada. Por otro lado se debe evaluar el caudal de aire que ingresa por la ventana según la relación:

$$Q = \frac{dm}{dt} S / \delta_{\text{aire}}$$

Donde  $S$  es la superficie del espacio constructivo. Finalmente:

$$Q = A_{\text{ventana}} V_{\text{viento}}$$

Puesto que la velocidad del viento es de fácil evaluación, el área de la ventana nos da las dimensiones de una ventana capaz de alcanzar la temperatura de confort preestablecida.

## **4. Análisis de resultados**

Los resultados de las evaluaciones de calores de intercambio que se producen en una vivienda de interés social ponen de manifiesto que, debido a los pequeños espacios constitutivos, ciertos procesos que implican transferencia de calor pueden no ser despreciables. Efectivamente, el calor generado por las personas en sus procesos metabólicos y el calor generado por la iluminación de focos incandescentes representan valores que contribuyen al calor interno de la vivienda.

Por otro lado, la falta de aislamiento térmico especialmente del tumbado de la vivienda provoca pérdidas apreciables de calor especialmente por las noches.

## **5. Conclusiones**

Todas las formas de transferencia de calor que se producen en una vivienda pueden ser evaluadas por métodos termodinámicos y de transferencia de calor. Estas evaluaciones nos permiten observar en dónde son más representativas las pérdidas o ganancias de calor.

La utilización de este procedimiento es equivalente al uso de paquetes computacionales tipo Energy Plus y permite a los oferentes de viviendas de interés social familiarizarse con la optimización de recursos y de la eficiencia energética en edificaciones.

## **6. Bibliografía**

Duffie J., Beckman W. (1974). *Solar energy thermal Processes*, pp. 76-77, John Wiley & Sons, Inc., New York & Toronto.

Incropera F., Deewwit D. (1999), *Fundamentos de transferencia de calor*, Prentice Hall Hispanoamericana, México.

Yunus A., (1999), *Termodinámica*, McGraw Hill, México.

Yves G., (1997), *Climatización de locales*, Gustavo Hill, Barcelona.

ASHRAE (1998), *Cooling and Heating Load Calculation*.

ASHRAE (1998), *Handbook of Fundamentals*

## 7. Anexos



**Vivienda de interés social, Pintag-Ecuador**



**Tumbado e iluminación incandescente**



# GUÍAS PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y APROVECHAMIENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA VIVIENDA DE MÉXICO

*David Morillón Gálvez*

*Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México*

*Tel: (55) 56233600 ext. 8842*

*Correo electrónico: damg@pumas.ii.unam.mx*

## **Introducción**

Dar un panorama sobre el consumo de energía en la vivienda de México, indicar los impactos ambientales por el uso de la energía, además de las áreas de oportunidad para el ahorro de energía, así como emitir las recomendaciones bioclimáticas para el diseño de la vivienda en las diversas zonas climáticas del país, brindar una guía para el usuario en la adecuación, equipamiento y operación de la vivienda, así como presentar el marco legislativo y las iniciativas para el financiamiento del diseño bioclimáticos y el aprovechamiento de las energías renovables en la vivienda de México será el objetivo de este documento.

Interactuando los actores relacionados con las áreas de vivienda, medio ambiente, energía y los aliados internacionales como la sociedad civil en forma transversal dio como resultado acciones, programas y proyectos par la vivienda sustentable, esto a su vez con productos como guías, manuales, atlas, códigos, catálogos, etc. Mismo que se presentaran y describirán a lo largo del documento.

La vivienda en México (Fig. 1) ha tenido un crecimiento en los últimos dos sexenios de más del 85 %, aunado al programa de construcción oficial de vivienda para el periodo del 2007-2012, representa impactos en energía, como el 5 lugar en consumo que ocupa el sector relacionado con la vivienda, equivalente al 20 %, problemas en varios lugares del país con el agua y la generación de desechos sólidos relacionados con el más alto porcentaje, 50.7 %, en lo que respecta a las emisiones de CO<sub>2</sub> representa el 9% de las totales (Fig. 2)



Figura 1. Una imagen de la vivienda en México.

## Emisiones de bióxido de carbono asociadas al consumo de energía (Tg)

	1992	1993	1995	1996	1997	1998	1998
Industrial	55.757	56.149	61.070	62.083	60.935	62.408	25%
Industrias energéticas	38.586	35.980	32.201	38.976	41.606	47.301	13%
Viviendas	20.114	20.676	21.985	22.361	22.471	22.580	9%
Comercial	5.370	5.306	5.377	5.828	6.043	6.418	3%
Agropecuario	5.169	5.204	5.072	5.421	5.797	5.738	2%
Generación electricidad	67.761	70.350	77.958	82.868	92.146	101.343	42%
Total sin biomasa	192.752	193.663	203.662	217.537	228.998	245.788	100%

Figura 2. Emisiones de CO2 por sector

### Diagnóstico del comportamiento térmico de la vivienda de interés social

Con base en el monitoreo y simulación del comportamiento térmico se realizó un diagnóstico de la vivienda de interés social, por el mayor número de edificios del país, además de ser un sector que está creciendo considerablemente.

En la figura 3, se presentan los resultados del monitoreo de una vivienda en Hermosillo, Son. lugar de clima cálido seco extremoso. Además para el diagnóstico se realizó la simulación del comportamiento térmico con dos modelos: Estático o simplificado y dinámico, para el segundo caso se utilizó el Energy Plus, para una vivienda en clima templado: Caso de Guadalajara (Fig. 4), en donde la vivienda presenta la mayor parte de tiempo condiciones de confort. Por último para realizar el diagnóstico de los diversos tipos de viviendas de interés social, mediante el método estático o simplificado, mismo que será base de la futura normatividad para eficiencia energética de la vivienda, en la figura 5 se observa que la vivienda es caliente en la mayor parte del país, al igual que los resultados que obtuvimos con el monitoreo.

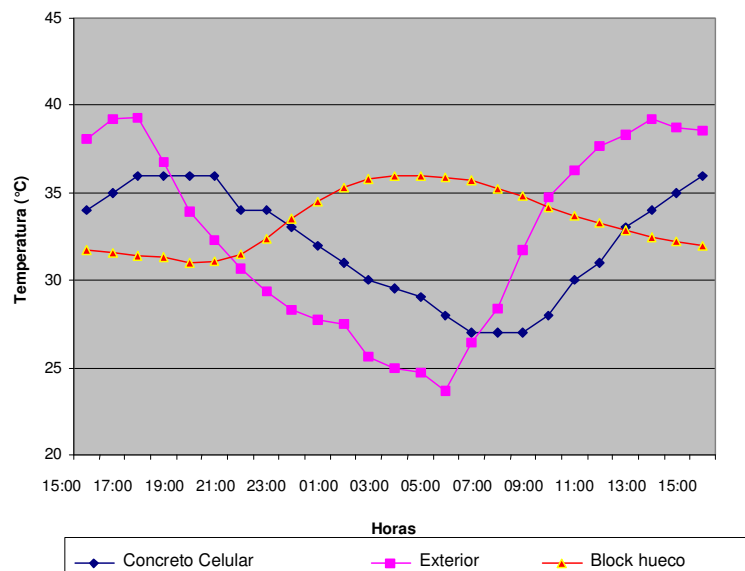


Figura 3. Resultado del monitoreo de vivienda en Hermosillo, Son.

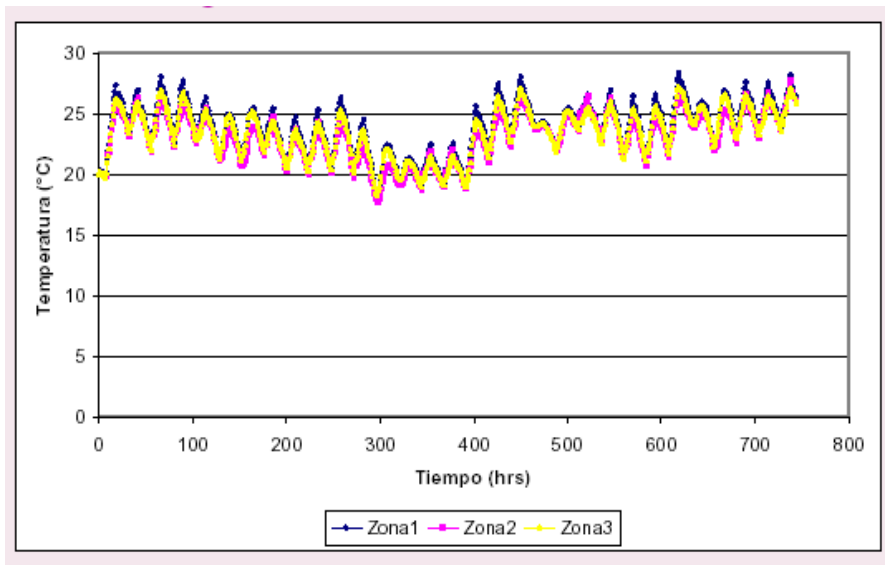


Figura 4. Resultados de la simulación con Energy Plus de vivienda en clima templado: Guadalajara, Jal.

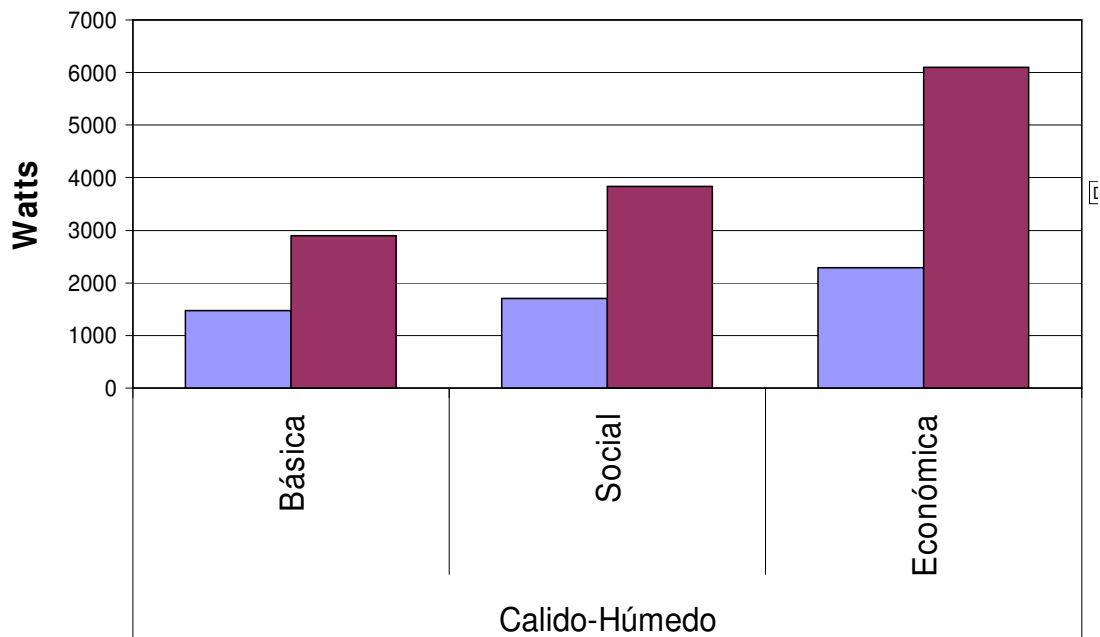


Figura 5. Resultados de la simulación simplificada en clima cálidos-húmedo

Con los resultados obtenidos para todos los bioclimas y relacionado las vivienda que se construyeron del 2000 al 2006 y los que se construirán del 2007-2012, para determinar los requerimientos energéticos para poder climatizar las vivienda que presentan ganancias de calor, además se cuantifico el CO2 que se emitiría por el uso de dicha energía, los resultados se presenta en un libro que será publicado en breve.

### Atlas del bioclima de México

Las condiciones climáticas prevalecientes en México son: cálido-seco en el Norte, cálido húmedo en las costas (al Pacífico y al Atlántico), y templado en el centro y partes altas del país. Si se suma la superficie con condiciones de calor, representa dos terceras partes del total nacional. El verano dura entre 6 y 8 meses y el invierno máximo 3 meses; ante dicho escenario, el problema a resolver en México es el calor.

Es necesario considerar además del clima, los requerimientos de confort del ser humano, con objeto de determinar las condiciones del bioclima del país y determinar como debe de ser el diseño de los edificios, como resultado de dicho estudio se tiene el Atlas del Bioclima de México (Fig. 6) que presenta la metodología para realizarlo, los mapas del bioclima por mes (Fig. 7), los diagramas de isorequerimientos de climatización (Fig. 8) e información de temperatura de bulbo seco y humedad horaria de las principales ciudades del país.

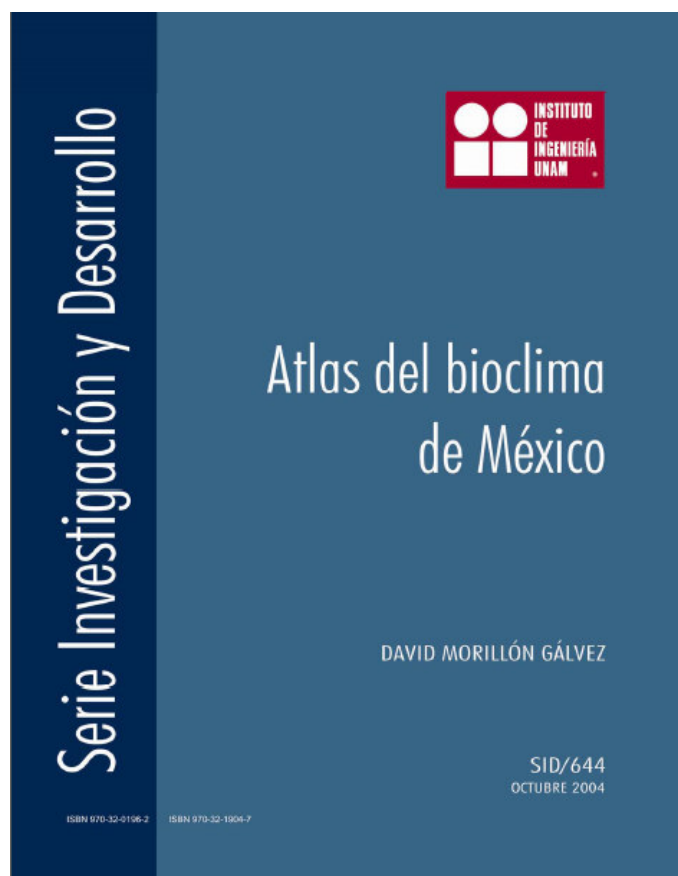


Figura 6. Atlas del bioclima de México

Como resultado de los estudios del bioclima se presenta la siguiente clasificación por bioclima y regiones (Fig. 9).

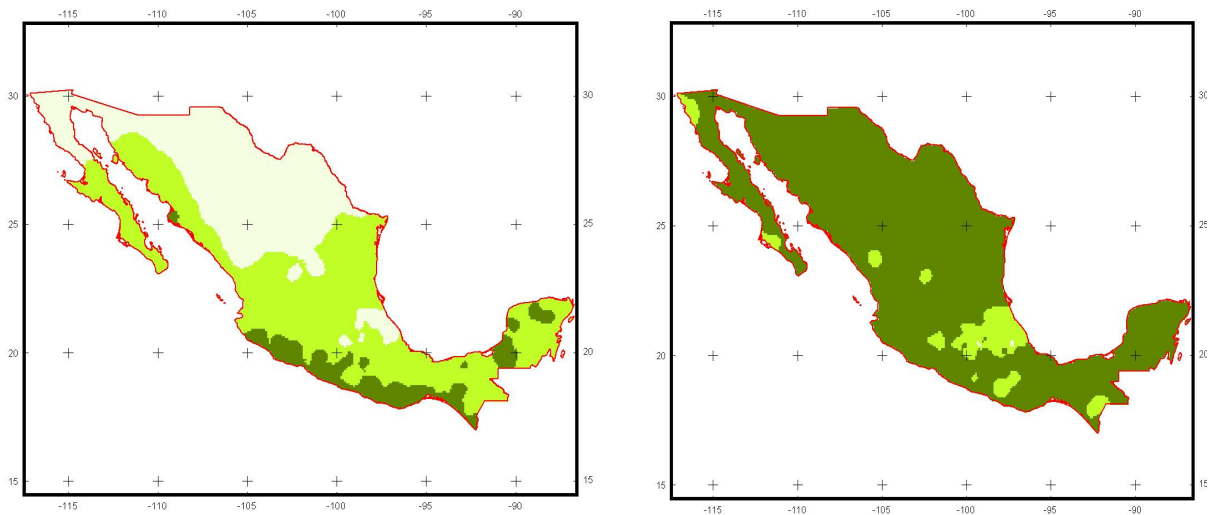


Figura 7. Mapas del bioclima de México: meses de enero y mayo

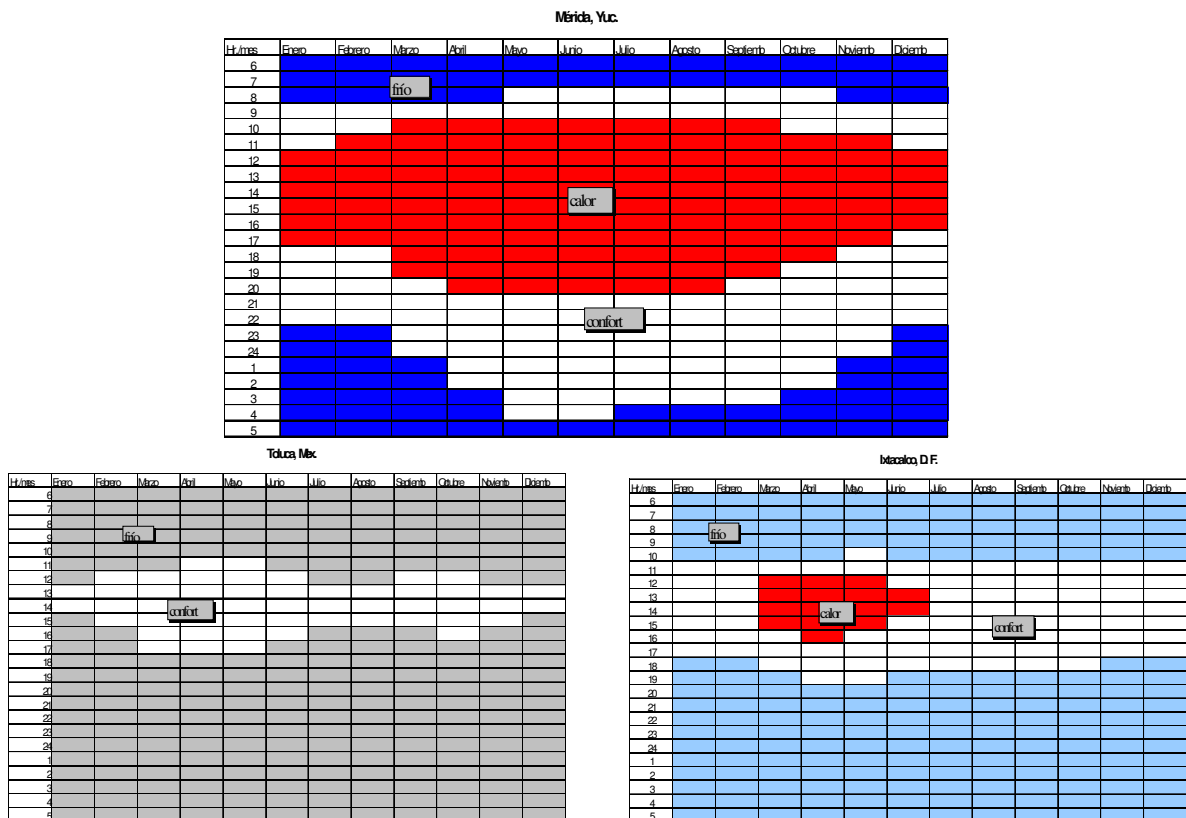


Figura 8. Diagramas de isorequerimientos de climatización de las ciudades de Mérida, Toluca y México DF

REGIÓN ECOLÓGICA	REGIÓN CLIMÁTICA	CIUDADES POR REGIÓN
1. Templada	1 Semifrío-seco	Tulancingo y Zacatecas
	2 Semifrío	Ciudad de México, Toluca, Puebla, Morelia, Tlaxcala y Pachuca
	3 Semifrío-húmedo	Xalapa
	4 Templado-seco	Aguascalientes, Durango, León, Oaxaca, Querétaro, Saltillo, San Luis Potosí y Tijuana
	5 Templado	Guadalajara, Guanajuato y Chilpancingo
	6 Templado-húmedo	Tepic y Cuernavaca
2. Árida	7 Cálido-seco	Monterrey, Culiacán, Gómez Palacio, La Paz y Torreón
	8 Cálido seco-extremoso	Mexicali, Hermosillo, Ciudad Obregón, Chihuahua y Ciudad Juárez
3. Trópico o Seco	9 Cálido-semihúmedo	Mérida, Colima, Ciudad Victoria, Mazatlán y Tuxtla Gutiérrez
4. Trópico Húmedo	10 Cálido-húmedo	Acapulco, Madero-Tampico, Campeche, Cancún, Cozumel, Chetumal, Manzanillo, Tapachula, Veracruz y Villahermosa

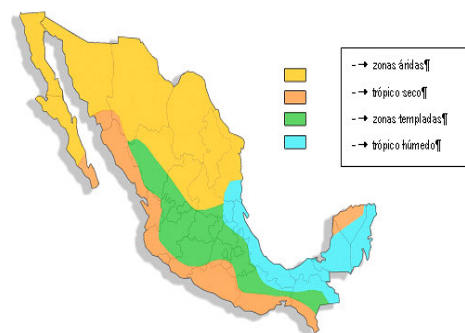


Figura 1.-Regiones ecológicas

Figura 9. Clasificación por bioclima y relacionados con regiones

### Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda

La guía de la CONAFOVI (Fig. 10) tiene consideraciones generales sobre energía en la vivienda, áreas de oportunidad para la eficiencia energética y recomendaciones bioclimáticas para el diseño e la vivienda por clima y ciudad, además de una guía para el usuario para el equipamiento con tecnología eficiente, operación de la vivienda, y sistemas de financiamiento.

En cuanto a las áreas de oportunidad para el ahorro de energía se indican las de cocinar, calentamiento de agua, iluminación, aire acondicionado y electrodomésticos eficientes.

Las recomendaciones bioclimáticas, se presentan por bioclima: Cálido seco, cálido semihúmedo, cálido húmedo, templado seco, templado húmedo, semifrío seco y semifrío húmedo, con los respectivos diagramas de isorequerimientos y especificaciones en: Diseño Urbano y proyecto arquitectónico (Fig. 11)

En la guía para el usuario, se presentan como adecuar y operar la vivienda, el manejo y selección de electrodoméstico y el programa de financiamiento de las medidas.



Figura 10. Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda.

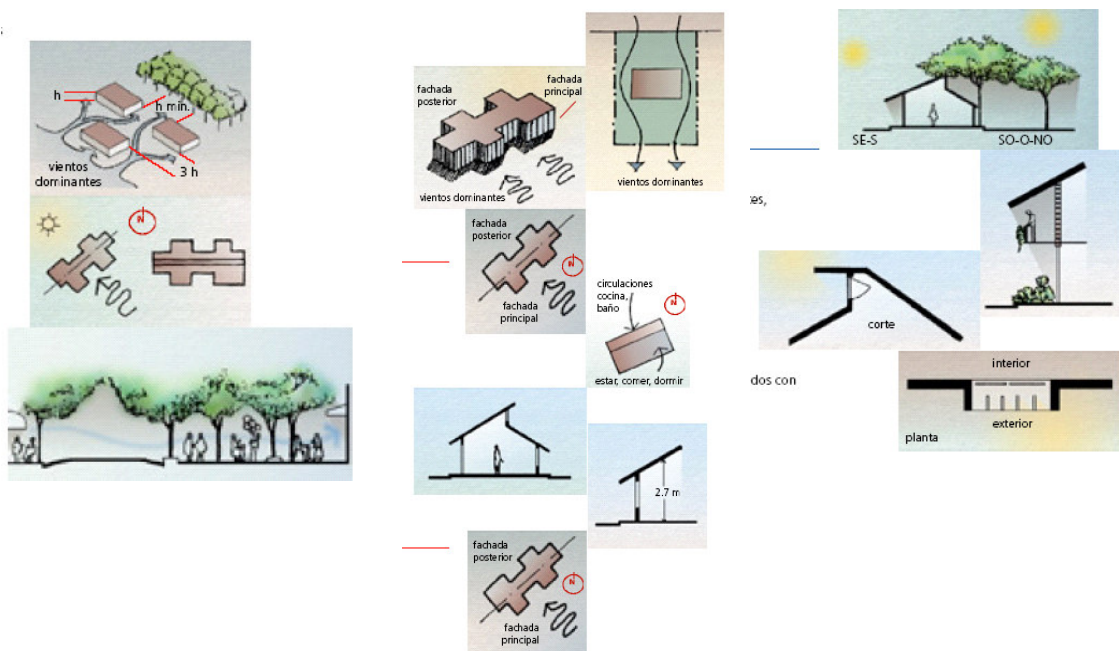


Figura 11. Algunas estrategias para el diseño urbano y proyecto arquitectónico.

### Hipoteca verde

Con la participación de la iniciativa privada (constructoras o desarrolladoras de vivienda) en los proyectos, se identifica la necesidad de la hipoteca verde para financiar la tecnología, el diseño bioclimático, la innovación tecnológica, etc. de la vivienda de interés social, sector que ha crecido en los últimos 6 años en 3 millones y se pretende crecer con 6 millones de vivienda al 2012. Ello implica requerimientos de agua potable, electricidad, gas, etc. con el

consecuente impacto ambiental que implica el uso de los recursos naturales, la iniciativa de la Hipoteca Verde permitirá mitigar dichos impacto y caminar a la vivienda sustentable.

Los criterios generales y específicos de la hipote verde son: Localización, Social, Calidad ambiental interior, Materiales, Energía, Agua y Diseño

Como la hipoteca tiene su base en recursos económicos, en una primera etapa se consideran solamente las condiciones de diseño y tecnologías para que permitan el ahorro de agua y de energía (gas y electricidad), siempre y cuando pueda ser cuantificado el beneficio en dinero ahorrado mensualmente por las mismas, esto es que se refleje en dinero no gastado por el usuario o habitante de la vivienda en los servicio, el ahorro será un aumento en el monto de crédito que será otorgado por la institución financiadora. Además de cuantificar los beneficios ambientales como la conservación de los recursos naturales y el CO2 no emitido o evitado, que permita definir el nivel de sustentabilidad de las nuevas viviendas.

El proyecto tuvo como productos dos catálogos (Fig. 12) y un software (Fig. 13).

El aumento de crédito será el que pague las tecnologías y diseño que permita el camino a la sustentabilidad de la vivienda de interés social.

Las tecnologías para la primera etapa según se beneficio de preservación de recursos naturales son:

- Ahorro de gas
  - Calentador solar de agua
  - Calentador de gas instantáneo
- Ahorro de electricidad
  - Lámparas compactas fluorescentes
  - Aislamiento en el techo
  - Aire acondicionado eficiente
- Ahorro de agua
  - Sistema dual para el WC
  - Regaderas obturadoras
  - Llaves ahorradoras de agua

Las tecnologías para la segunda etapa según su beneficio en conservación de los recursos naturales son:

- Ahorro de electricidad
  - Panel fotovoltaico
  - Protección solar en las ventanas: Aleros
  - Ventilación natural
  - Sistemas de descarga de calor
  - Orientación
- Ahorro de agua
  - Planta de tratamiento de aguas grises
  - Planta tratamiento de agua negras

Se considero, para el análisis y cuantificación de los beneficios, las características indicadas por los fabricantes, conforme a la normatividad vigente, la cual se debe de cumplir, para garantizar la calidad y seguridad de la tecnología, asimismo las tarifas actuales del gas, electricidad y agua en cada lugar y región.

Como herramientas para la hipoteca verde se tendrá dos catálogos sobre las tecnologías y sus beneficios para cada región y relacionada por ciudad, además de los formatos para poder cuantificar, los ahorros en dinero, agua, gas y electricidad, además del CO2 evitado en cada vivienda por el uso de dichas tecnologías. Así como un software que permite indicar las decisiones de diseño y las tecnologías utilizadas, para partir de ello cuantificar

para cada ciudad, donde será construida la vivienda, el costo de los propuesto, los beneficios o ahorros en recursos naturales y las emisiones de CO2 que se mitigarían.

<b>Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México</b>		<b>Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México</b> <b>2da Etapa</b>	
Ahorro de Energía	Ahorro de Gas	Ahorro de Electricidad	Ahorro de Electricidad
	<b>Calentador de Gas Instantáneo</b>	<b>Sistema Fotovoltaico</b>	Ahorro de Electricidad
	Ahorro de Gas	<b>Ventilación Natural</b>	Ahorro de Electricidad
	<b>Calentador Solar de Agua</b>	Ahorro de Electricidad	<b>Sistemas de Descarga de Calor</b>
Ahorro de Electricidad	Ahorro de Electricidad	Ahorro de Electricidad	Ahorro de Electricidad
	<b>Lámparas Compactas Fluorescentes</b>	<b>Aislamiento en el Techo</b>	<b>Protección Solar en las Ventanas</b>
	Ahorro de Electricidad	Ahorro de Agua	Ahorro de Electricidad
Ahorro de Agua	<b>Aire Acondicionado</b>	<b>Orientación Adecuada de la Vivienda</b>	Ahorro de Agua
	Ahorro de Electricidad	Ahorro de Agua	Ahorro de Agua
	<b>Aislamiento en el Techo</b>	<b>Regadera Ahorradora</b>	<b>Tratamiento del Aguas Grises</b>
Ahorro de Agua	Ahorro de Agua	Ahorro de Agua	Ahorro de Agua
	<b>Regadera Ahorradora</b>	<b>Llaves ahorradoras</b>	<b>Tratamientos de Aguas Negras</b>
	Ahorro de Agua	<b>Sistema Dual en el Escusado</b>	

Figura 12. Catálogos de las etapas de la Hipote Verde.

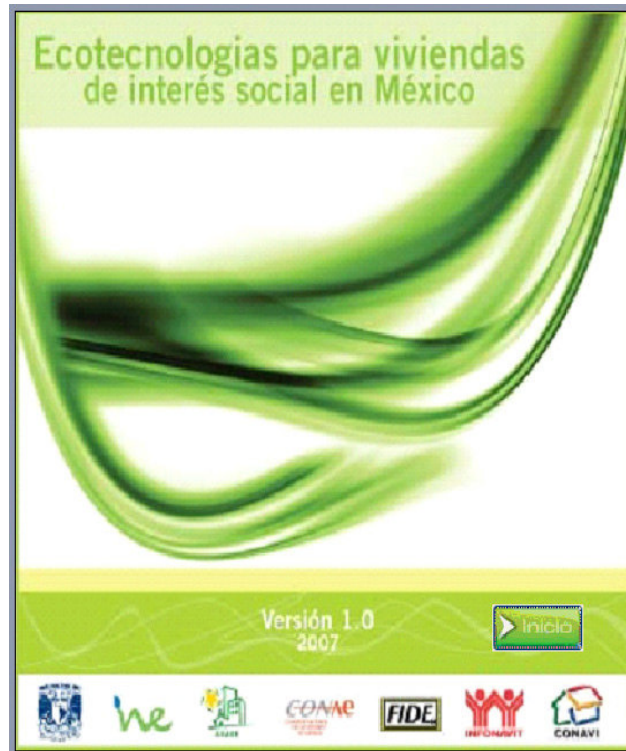


Figura 13. Software para evaluar los requerimientos económicos y los beneficios económicos, de conservación del recurso y de mitigación de CO2.

## Código de Edificación de Vivienda

El Código de Edificación de Vivienda (Fig. 14), en el capítulo 27, que lleva por título: sustentabilidad, considera los temas de energía, agua, residuos sólidos y áreas verdes, en cuanto a energía se divide en ahorro y uso eficiente de la energía, mediante especificaciones de arquitectura bioclimática, especificaciones mediante el resistencia térmica de los materiales (Fig. 15) y equipamiento de la vivienda con tecnología eficiente, así como el apartado de las energías renovables (Fig. 16), en específico el calentamiento de agua con energía solar y la generación de energía eléctrica con paneles fotovoltaicos.

En cuanto a arquitectura bioclimáticas por regiones se especifican aspectos para el diseño urbano, tales como agrupamiento y orientación de las viviendas, manejo de los espacios exteriores, en el caso del proyecto arquitectónico, se dictan las especificaciones generales como ubicación de la vivienda en el lote, la configuración de la misma, la orientación de la fachada mas larga, localización de las actividades, tipo de techo, altura del piso al techo, así como el control solar: rematamientos y salientes en la fachada, patos interiores, aleros, pórticos, balcones, vestíbulos, tragaluces, paralices, vegetación, además del manejo de la ventilación natural en forma unilateral y cruzada, las especificaciones de las ventanas, como la ubicación en la fachada según dimensión y según nivel de piso inferior, formas de abrir y requerimientos de protección, en cuanto a los materiales y sistemas constructivos de especifican las características para la techumbre, muros exteriores e interiores, pisos, color y textura de los acabados. Importante también son las especificaciones de la vegetación, tales como los árboles, arbustos y cúbresuelos, por ultimo cuando se presenta la necesidad de equipos complementarios de climatización.

En el tema del agua se especifica sobre la disponibilidad del recurso, como el agua potable, en cuanto a especificaciones de las rede de distribución, tomas domiciliarías, instalaciones intradomiciliarías y tecnologías para el ahorro del agua.

Sobre residuos sólidos, se especifica la separación, recolección, reciclaje, los impactos ecológicos y el aprovechamiento de la biomasa. Por ultimo el tema de las áreas verdes, especificando las áreas verdes de los desarrollos en cuanto fomento y mejora de las mismas, especies referentes, especificaciones del banqueo y la plantación.

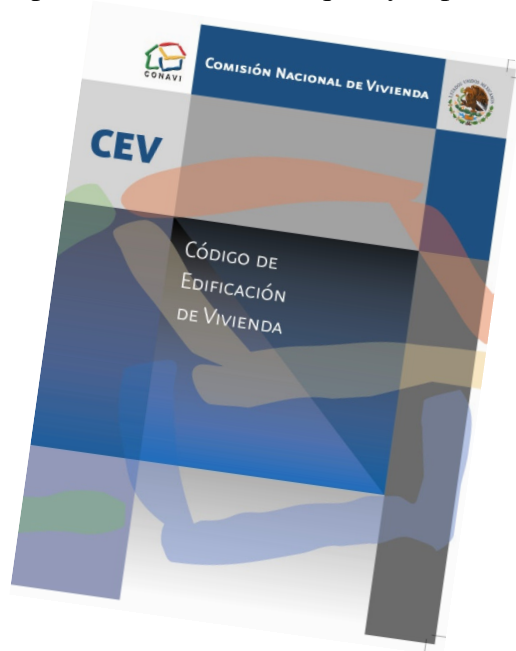


Figura 14. Código de Edificación de Vivienda (Versión de 2007)

ESTADO	Ciudad	R de referencia (m <sup>2</sup> °C/W)		
		Hasta tres niveles y Conjunto horizontal con muros compartidos		Más de tres niveles
		Techo y muro	Techo	Muro
AGUASCALIENTES	Agua Caliente	1.111	1.111	0.466
BAJA CALIF. SUR	La Paz	2.203	2.203	1.366
	Cabo S. Lucas	2.130	2.130	1.260
BAJA CALIFORNIA	Ensenada	1.000	1.000	0.466
	Mexicali	2.426	2.426	1.460
	Tijuana	1.250	1.250	0.466
CAMPECHE	Campeche	2.360	2.360	1.663
COAHUILA	Ch. Carmen	2.410	2.410	1.664
	Minolova	2.217	2.217	1.602
	Piedras Negras	2.263	2.263	1.672
	Saltito	1.124	1.124	0.466
COLIMA	Tomeón	2.075	2.075	1.263
	Colima	1.908	1.908	0.980
CHAPAS	Marzanillo	2.293	2.293	1.447
	Amiaga	2.370	2.370	1.690
CHIHUAHUA	Comán	1.120	1.120	0.466
	San Cristóbal	0.866	0.866	0.466
	Tepic	2.137	2.137	1.160
	Tuxtepec	1.940	1.940	0.970
	Casa Grande	1.280	1.280	0.640
D. F.	Chihuahua	1.813	1.813	0.754
	Chihuahua	1.650	1.650	0.667
	H. del Paraiso	1.124	1.124	0.466
DURANGO	México (a)	0.982	0.982	0.466
	Durango	1.111	1.111	0.466
GUANAJUATO	Lerdo	2.000	2.000	1.140
	Guanajuato	1.396	1.396	0.466
	León (a)	1.300	1.300	0.466
GUERRERO	Axcapahuac	2.301	2.301	1.610
	Chilpancingo	1.346	1.346	0.466
	Zihuatanejo	1.300	1.300	1.000
HIDALGO	Pachuca	0.800	0.800	0.466
	Tulancingo	0.910	0.910	0.466

$$R = b \cdot 1/k = b/k$$

Donde

b es el espesor del material en metros

k es la conductividad térmica del material

R tiene las unidades m<sup>2</sup> °C /W).

Si un cuerpo consta de varias capas de materiales distintos, su resistencia total será la suma de las resistencias individuales de las capas.

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{b_1}{k_1} + \frac{b_2}{k_2} + \dots + \frac{b_n}{k_n}$$

México (a)	0.982	0.982	0.466
------------	-------	-------	-------

Figura 15. Especificaciones R para la envolvente de la vivienda.

**2703.3 Calentamiento de agua con energía solar.** La capacidad mínima de operación del sistema de calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar debe ser tal, que provea al menos 50% del Consumo Energético Anual por utilización de agua caliente (CEA) para cada vivienda.



**2703.4 Generación de electricidad con energía solar.** En el caso de instalar celdas fotovoltaicas en la vivienda para la generación de electricidad, solo debe ser de hasta por 10 kW, esto para tener el derecho al contrato de interconexión que permite la Ley, de acuerdo con la resolución publicada en Diario Oficial de la Federación, emitada por la Comisión Reguladora de Energía.



Figura 16. Valores para el calentamiento de agua con energía solar y la generación de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos.

### **Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables**

Los criterios e indicadores (Fig. 17) que se emiten para calificar si un proyecto o desarrollo habitacional es sustentable, tiene el atractivo que el gobierno entrega los subsidios a la vivienda de interés social si se cumple con las especificaciones mínimas indicadas.

El puntaje y los criterios e indicadores considerados se presentan en la tabla 1, y los valores mínimos para iniciar en el programa por tipo de vivienda se presentan en la tabla 2.



Figura 17. Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentable

Criterio	Regional/ General	Valor	
<b>A. Ubicación, densificación del suelo, verticalidad y servicios</b>			
I. Integralidad y proximidad a la mancha urbana	R	15	
II. Conectividad y movilidad	R	4	
III. Infraestructura	R	3	
VI. Uso del Suelo y densidad habitacional	R	8	
<b>Suma</b>			<b>30</b>
<b>B. Uso eficiente de la energía</b>			
I. Gas	R	2	
II. Energía eléctrica	R	4	
III. Envoltente térmica	R	4	
IV. Sistemas pasivos	—	—	
IV.a <i>Diseño Urbano</i>	R	5	
IV.b <i>Diseño Arquitectónico</i>	R	6	
<b>Suma</b>			<b>21</b>
<b>C. Uso eficiente del agua</b>			
I. Disponibilidad de agua en el conjunto	G	5	
II. Suministro de agua en la vivienda	G	3	
III. Agua residual	G	6	
IV. Agua pluvial	G	5	
V. Servicio post venta	G	1	
<b>Suma</b>			<b>20</b>
<b>D. Manejo adecuado de residuos sólidos</b>			
I. En el proceso de la construcción	—	3	
I.1 <i>Manejo de los residuos de la construcción:</i>	G		
II. En la vivienda	G	1	
III. Del conjunto	G	3	
IV. Áreas verdes	G	1	
V. Servicio post venta	G	1	
<b>Suma</b>			<b>9</b>
<b>Total</b>			<b>80</b>

Tabla 1. Ponderación de los criterios e indicadores

Criterio	Económica	Social	Media	Residencial
Ubicación, densificación del suelo, verticalidad y servicios	20	20	20	20
Uso eficiente de la energía	14	14	19	20
Uso eficiente del agua	8	8	9	9
Manejo adecuado de residuos sólidos	6.5	6.5	7	8.5
<b>Total</b>	<b>48.5</b>	<b>48.5</b>	<b>55</b>	<b>57.5</b>

Tabla 2. Valores mínimos por tipo de vivienda a cumplir para ser objeto del subsidio federal.

## Conclusión

Es necesario, cambiar de paradigma, dejando atrás los proyectos que no toman en cuenta los impactos al ambiente, a la sociedad y al usuario en general, y que se aproveche los conceptos para encaminarnos hacia una cultura de uso eficiente de recursos y la sustentabilidad.

Los atlas, las guías, la hipoteca verde, el código y los criterios, son herramientas disponibles para los estudiantes, profesionistas, autoridades y funcionarios del gobierno, así como los constructores y desarrollados, tanto en los aspectos técnicos, diseño, normatividad y financiamiento, para lograr que la vivienda que se construye en México sea sustentable.

## Bibliografía

Comisión Nacional de Vivienda (2007), Código de Edificación de Vivienda, Ed. CONAVI, México.

Comisión Nacional de Vivienda (2008), Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables, Ed. CONAVI, México.

Gutiérrez C, Hirata E, González C, Escobar RM, Tardán J, Morillón D, García G, Huriata S, Fernández G, Fierro EA, Nieto F, Vargas E, Rivera O, Valera A, Arteaga JA, Zagal JR, Luna J, Bernal H, Martínez J y Laguna I (2006), *Uso eficiente de la energía en la vivienda*, Editado por la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, ISBN 968-7729-34-1, México

Morillón D., 2004, *Atlas del bioclima de México*, Editado por el II-UNAM, ISBN 970 32 1904 7, México.

Morillón D., 2005, *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano*, Editado por la Comisión Federal de Electricidad y Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, México

Morillón D., 2005, *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano*, Editado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE)-Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, México, DF

Morillón D., 2006, Edificios bioclimáticos en México: Acciones, programas y proyectos para la vivienda de interés social, *Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América*, Editado por CYTED e INETI, ISBN N° 972-676-200-6, pp. 45-56, Portugal.

Morillón D., 2008, Diagnóstico del comportamiento térmico, energético y ambiental de la vivienda de interés social en México: retrospectiva y prospectiva (2000-2012), *Los Edificios en el Futuro, Estrategias Bioclimáticas y Sustentabilidad*, Editado por CYTED e INETI, ISBN N° 978-972-676-209-6, pp. 83-94, Portugal.

Morillón D., 2008, *Bases para una hipoteca verde en México, camino a la vivienda sustentable*, Estudios de Arquitectura Bioclimática, Anuario 2007, Vol. IX, Editorial Limusa-UAM, ISBN 13: 978-968-18-7176-5, México, pp. 85-1002

## VIVIENDA ALTOANDINA HABITABLE

**Raquel Barrionuevo de Machicao<sup>1</sup>, Rafael Espinoza<sup>2</sup>, Gonzalo Saavedra<sup>2</sup>, Freddy Huaylla<sup>2</sup>, Luis Lau<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes (FAUA) - Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)  
Telefax 00 511 – 4620357, 00 511 2614132

<sup>2</sup> Centro de Energías Renovables y Uso Racional de Energía (CER – UNI)

<sup>1</sup>Telefax 00511-3821058 e-mail: [cer@uni.edu.pe](mailto:cer@uni.edu.pe); [respinoza@uni.edu.pe](mailto:respinoza@uni.edu.pe)

### RESUMEN

El presente trabajo es parte del Proyecto PROPUESTA TÉCNICA DE CONFORT TÉRMICO PARA VIVIENDAS RURALES UBICADAS ENTRE 3.000 Y 5.000 msnm EN EL PERÚ que el CER-UNI lleva a cabo; con el respaldo de la Red Iberoamericana para el “uso de las energías renovables y diseño bioclimático en viviendas y edificios de interés social” del CYTED, por ser participante en dicha Red, conjuntamente con la FAUA-UNI.

Aborda aspectos de diagnóstico ambiental y tecnológico constructivo de dos viviendas seleccionadas en comunidades alto andinas de Ayacucho y Puno, Perú. La metodología empleada incluyó identificación de información, observaciones directas y entrevistas con pobladores y representantes comunales; revisión de materiales y tecnologías nativas y usuales en las zonas de estudio, investigaciones para mejorar su comportamiento ante sismos y los primeros avances de análisis y diagnóstico térmico del proyecto. Finalmente se presenta propuestas arquitectónicas como conclusiones preliminares de mejoramiento de viviendas altoandinas.

**Palabras clave:** energía solar, confort térmico, vivienda bioclimática, tecnología constructiva

### INTRODUCCIÓN



Gráfico N° 1: Mapa climático de Perú

Este proyecto de investigación aplicada, planteado y conducido por el CER-UNI, se ha orientado al estudio técnico de las magnitudes físicas que influyen directa e indirectamente en el confort térmico de un ambiente de edificaciones previamente seleccionadas; con la finalidad de proponer las mejoras que aseguren la calidad de vida de sus usuarios. Los resultados también serán aplicados en el diseño bioclimático y en el uso de energías renovables de nuevas viviendas y edificaciones. Para la ubicación del proyecto se tuvo en cuenta las condiciones climatológicas del Perú que son muy variadas a lo largo de su territorio, dándose prioridad a la zona donde habitan familias muy desfavorecidas por la inclemencia del clima, extrema pobreza y aislamiento

Zona 1: Desértico marino (amarillo)

Zona 4: Mesoandino (marrón)

Zona 7: Ceja de montaña (verde claro)

Zona 9: Tropical húmedo (verde medio)

Zona 2: Desértico (naranja)

Zona 5: Alto andino (lila)

Zona 8: Subtropical húmedo (verde oscuro)

Zona 3: Mesoandino bajo (verde limón)

Zona 6: Nevado (blanco)

Con ese criterio se seleccionó la zona alto andina, encima de los 3 000 msnm, donde el invierno es extremadamente severo, afectando a millares de familias e inclusive a los animales que son su soporte vivencial, alterando con su inclemencia sus actividades productivas, sociales, culturales y recreativas. Las comunidades rurales elegidas fueron Raymina en Ayacucho y Vilcallamas Arriba en Puno.

El proyecto tiene la siguiente secuencia de actividades:

- \* Diagnóstico térmico y ambiental, incluyendo las características y propiedades de los materiales y tecnologías locales.
- \* Estudio de mejoras técnicas para dar confort a las viviendas, utilizando recursos humanos y materiales locales y con el uso intensivo de fuentes renovables de energía (en proceso).
- \* Diseño y construcción de mejoras bioconfortables de las viviendas y de nuevas viviendas con esas condiciones.

## DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

La labor de diagnóstico, a cargo del equipo del Proyecto, se realizó sobre la base de información documentada identificada, verificación en el lugar, observaciones directas y entrevistas con pobladores, autoridades y representantes comunales.

### Comunidad San Francisco de Raymina, Ayacucho

La comunidad se encuentra en la región SUNI, a 13° 45' 26" de latitud sur y 73° 51' 26" de longitud oeste; a 3700 MSNM. Pertenece al distrito Huambalpa, provincia Vilcashuamán, región Ayacucho. El acceso a la comunidad de San Francisco de Raymina se hace por una carretera afirmada en ciertos tramos, pero que se bloquea por efecto de intensas lluvias y granizadas. Desde Lima el itinerario, medio de transporte y tiempo se aprecia en el cuadro siguiente:

<i>Itinerario</i>	<i>Medio de transporte</i>	<i>Tiempo</i>
Lima – San Cristóbal de Huamanga (capital de Ayacucho)	Ómnibus Aéreo	10 horas 1 hora
San Cristóbal de Huamanga - Vilcashuaman Vilcashuamán a San Francisco de Raymina	Camioneta por vía carrozable Camioneta vagón** o automóviles	4 horas* 30 a 40 minutos

- Cuando el clima es seco., en época de lluvias la duración del viaje es impredecible

\*\* Servicio público (no regular)



La comunidad es propietaria de dos áreas bien definidas, una es zona urbana, donde se encuentran sus viviendas, tiene aproximadamente 12 hectáreas; la otra, es área de cultivo y se encuentra aproximadamente a 800 metros por debajo de la altura de la zona urbana (40 minutos de ida y 1 hora 30 minutos de regreso). En la zona urbana, hasta el 2005, existen 90 lotes bien demarcados, cada uno con un promedio de 350 m<sup>2</sup>. Cuenta con 10 calles y 3 avenidas, algunas sólo de tránsito peatonal. Tienen una plaza principal, áreas de viviendas, recreación pública, parques y de circulación. El área que se ha destinado a educación ocupa el 30% del total de la zona urbana.

La comunidad, por motivos del terrorismo, fue reubicada a otro terreno que pertenecía a la misma comunidad. El Estado construyó un colegio, un local comunal y dos astas de bandera en el medio de la plaza. Esas edificaciones fueron construidas con bloques de concreto, tijerales o cerchas de madera y techo de calamina con teja cerámica; tienen como equipamiento, sólo mesas y sillas.

Por los materiales utilizados en su construcción los ambientes son los más fríos de toda la comunidad, ocasionando malestar e incomodidad en los niños, especialmente porque afecta a su salud. El local comunal es utilizado única y exclusivamente para reuniones y cursos de capacitación; sin embargo, en época de frío extremo (abril a junio) prefieren realizar las actividades en el exterior, porque la temperatura en el local es más baja que en el exterior.

En San Francisco de Raymina hay aproximadamente 61 familias, las cuales tienen un promedio de 50 a 100 ovejas, 2 a 5 chanchos, 1 a 3 vacas y en algunos casos tienen caballos. Los animales casi no se comercializan, los utilizan para transporte; usan la lana de las ovejas para confeccionar su ropa y comen su carne. Mediante el nuevo Programa de “Cobertizos” del Estado, se está construyendo un solo cobertizo para proteger sus animales, porque un 50% murieron en la pasada helada del año 2007.

Cada comunero tiene y cultiva entre media a dos hectáreas, especialmente cebada, maíz, cereales, papa y menestras. Entre el 2% al 5% de comuneros, que no cuenta con un terreno de cultivo propio, trabaja arando la tierra de otro. La siembra se hace entre septiembre y noviembre de cada año, y la cosecha en los meses de febrero o marzo. El total de la cosecha es para su propio consumo, no la comercializan en ferias. Debido al limitado volumen de agua disponible en el área de cultivo sólo pueden efectuar una sola campaña al año. Los alimentos cosechados no incluyen frutas y otros alimentos importantes, por lo que carecen de vitaminas; según la jefa de la posta médica a la que pertenecen, existe un alto índice de desnutrición infantil.

San Francisco de Raymina tiene servicio público de redes eléctricas desde casi un año, fue instalado por el Programa “Electrificación Rural” del Estado. El servicio público de agua de consumo humano fue instalado por una ONG hace 3 años, desde un reservorio ubicado a un kilómetro de la comunidad. El agua se trata mensualmente con cloro. Para el mantenimiento de los servicios, las familias pagan cada mes aproximadamente entre 5 a 8 soles por la electricidad y un promedio de 2 soles por el agua.

La comunidad tiene dos festividades anuales de gran importancia, una es la fiesta patronal y la otra la del carnaval (febrero). Estas actividades les permite mantener relaciones con otras comunidades vecinas, tales como Putacca, San Antonio de Cocha, Curipaco y Pongococha. La comunidad está organizada en una asociación de mujeres, que pertenecen a los programas “Juntos”, “Vaso de Leche” y “Asociación de Productores”.



Tienen un molino de granos y dos secadores solares de hierbas aromáticas, instalados por un proyecto del CER-UNI-OEA, cuyo objetivo fue promover ingresos para la comunidad, dando servicios de molienda de granos (muy requerido por comunidades vecinas) y secado de hierbas aromáticas (menta, toronjil, hinojo, savia y muña)

### VIVIENDA SELECCIONADA PARA EL ESTUDIO



La vivienda típica, en proceso de evaluación térmica, se ubica en la plaza de la comunidad, calle 10 Mz K lote 1, en una manzana de 10 viviendas.

El terreno mide 12 m x 30 m, su área es 360 m<sup>2</sup>. Está cercado por muros de adobe de un metro de altura. El total de área construida es 65 m<sup>2</sup> aproximadamente.



La casa consta de dos habitaciones, una sala comedor y una cocina. Sólo un dormitorio es protegido del frío por su techo de tejas y porque tiene una pared que comparte con la cocina, es posiblemente la zona más caliente de la vivienda. La otra habitación es usada de almacén, sala-comedor parte es comedor y parte es tienda de abarrotes. En la parte posterior de la casa se tiene un corral de aproximadamente 12 m x 22 m donde crían a sus animales.

Los muros de la vivienda son de adobe porque la tierra es el material accesible a su escasa economía; su uso es positivo para el lugar porque brinda aislamiento térmico, por su densidad promedio = 1780 Kg. /m<sup>2</sup> y por la transferencia mínima de calor por conducción,  $k = 0.85 \text{ W/mK}$ . La forma del adobe es cuadrada (0,38 m x 0,38m x 0,13 m) y se fabrica artesanalmente. No es la forma rectangular tradicional en las comunidades andinas; su uso se debe a que les enseñaron a tecnología mejorada del adobe cuando fueron reubicados.

Las juntas horizontales y verticales del muro llevan mortero de barro. La mayoría de los muros tienen serias deficiencias técnicas: no hay sobrecimiento que proteja los muros de adobe, especialmente en época de lluvias; no tienen viga collar que amarre los muros y sólo algunas presentan mochetas para mejorar su estabilidad. El techo es a dos aguas (18°

de inclinación), formado por cerchas o tijerales de madera rolliza (eucalipto) y cobertura de calamina metálica de 1/32" de espesor.

Esa cobertura fue instalada debido a las carencias económicas de la familia que habita en la vivienda. Este material no es recomendable para dar confort térmico porque generan las mayores pérdidas de calor, por conducción, convección y radiación. Solo una habitación y la cocina tienen tejas cerámicas, muy frágiles, por lo que se fracturan con la caída de granizo u otro impacto. Algunas son de fabricación artesanal, producidas en la localidad o localidades vecinas, otras fueron donadas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

La vivienda tiene 3 puertas, dos de madera (sala comedor) y una es de calamina sin marco (cocina). La puerta de ingreso (1,00 m x 2,15 m.) comparte el frontis con dos ventanas de 1,04 m x 1,00 m. c/u, con vidrio transparente simple (1/16" de espesor). En la parte posterior hay 2 ventanas, una para cada habitación. Por los vanos de las puertas y ventanas se producen pequeñas filtraciones de aire, porque no hay hermeticidad entre marcos y vanos, por diseño inapropiado y por defectos de construcción.

El marco de las puertas es de madera y el de las ventanas de fierro, convirtiéndose este último en un llamado "puente térmico". Las puertas de madera contribuyen a la disminución de las pérdidas de calor desde el lado de la conducción, las filtraciones de aire por los marcos produce un efecto contrario. La puerta de metal produce pérdidas de calor de gran magnitud. Las ventanas, por su espesor y área, producen pérdidas de calor por convección y por las filtraciones de aire mencionadas.

#### DESCRIPCIÓN Y ACTIVIDADES DE LOS USUARIOS

En esta vivienda habitan 3 personas, dos hermanas jóvenes y una niña. Su vestimenta es típica de la sierra, polleras de la cintura para abajo y una blusa y chompa abierta de la cintura para arriba, calzan sandalias de jebe y de vez en cuando zapatos, la protección en los pies es mínima, no usan medias que los abrigue. Mucha de su ropa es tejida por ellas, aprovechando la lana que obtienen de la esquila a sus ovejas. Usan sombrero para protegerse de la radiación solar y por costumbre ancestral.

Las dos hermanas mayores se distribuyen las tareas; una atiende la tienda por la ventana del comedor que permanece abierta la mayor parte del día. La otra hermana trabaja la tierra que está a una hora de camino; en la tarde regresa y recoge las ovejas del corral posterior a su vivienda y las lleva a pastear. La niña va al único colegio que hay en la comunidad, al regresar ayuda en la casa y se acuesta muy temprano.

En la casa crían gallinas, chanchos y cuyes. Como toda familia en la comunidad lo que se cosecha o cría es para consumo propio, muy poco se vende. Cocinan 3 veces al día. El sistema de cocción se da en una cocina de leña, que tiene un diseño defectuoso, además de la falta de ventilación en la cocina, lo que provoca que todo el ambiente se llene de humo, afectando considerablemente la salud de estas personas, y cubriendo de hollín las paredes y techo de la cocina.

## DESCRIPCIÓN DEL CLIMA

San Francisco de Raymina se encuentra a 3 700 msnm; la temperatura ambiente no supera durante el año a los 15°C, registrando temperaturas bajas hasta de 10°C bajo cero. En los meses de noviembre a marzo el cielo tiene nubes oscuras, hay lluvia y granizo intenso, con rayos y truenos. Este periodo es utilizado para la siembra y cosecha de granos, cereales, etc. En los meses de abril a julio el cielo es despejado y el clima es helado y seco. Se registran muy pocas lluvias. Son meses muy fríos que producen enfermedades respiratorias y acaba con la vida del ganado.

### Comunidad Vilcallamas Arriba, Puno

La comunidad se encuentra en la región PUNA, a 17° 00' 58" de latitud sur y 69° 30' 59" de longitud oeste; a 4500 MSNM, pertenece al distrito Pisacoma, provincia Chucuito, Región Puno. El acceso a la comunidad de Vilcallamas Arriba se hace por una carretera afirmada en ciertos tramos y carrozable en el último, que se torna muy difícil en el tiempo de lluvias y granizadas. Desde Lima el itinerario, medio de transporte y tiempo se aprecia en el cuadro siguiente:

<i>Itinerario</i>	<i>Medio de transporte</i>	<i>Tiempo</i>
Lima - Juliaca	Aéreo	1 hora 45 minutos
Juliaca - Puno	Camioneta vagón	30m - 40 minutos
Puno - Desaguadero (aprox. 150 Km.)	Camioneta por vía asfaltada	4 horas
Desaguadero – Pisacoma	Camioneta*	3 a 4 horas
Pisacoma - Centro Poblado Circa Chinga	Camioneta**	40 a 45 minutos
Centro Poblado Circa Chinga - Vilcallamas Arriba	Camioneta***	15 a 20 minutos

\* Carretera 4 a 5 Km. asfaltada y aprox. 50 Km. afirmada.

\*\* Por vía afirmada. Recorrido = 22 Km.

\*\*\* Por trocha carrozable. Recorrido: 5 a 6 Km.

\*\*\*\* Durante la temporada de lluvias, los tiempos sobre vías afirmadas y carrozables pueden ser mayores.



Vilcallamas Arriba es una comunidad asentada en 6.000 hectáreas, tiene 300 habitantes que forman 50 familias, cada una es propietaria de una parcela de 5 a 100 hectáreas de magnitud. Es eminentemente rural con ubicación dispersa de sus viviendas; se agrupan no más de 4 ó 5 viviendas con algunos metros de separación entre ellas y casi todos son familiares. En realidad no existen viviendas de familias diferentes físicamente colindantes, es decir, que algún muro esté junto o al lado del de otra vivienda. La distancia entre agrupamientos de viviendas es, en la mayoría de casos, mayor a un kilómetro.

La comunidad posee cerca de 3.000 alpacas, 500 carneros y 800 llamas, recursos naturales (animales) que representan  **toda**  la base de sustentación para su existencia y sobrevivencia.

Un pellejo de alpaca, con pelo no mayor de cuatro (4) centímetros, es cotizado en 30,00 nuevos soles, esto constituye la mejor forma de comercializar este recurso; cualquier otra forma, venta de lana por ejemplo, les resulta menos favorable.

Además de las viviendas, las otras edificaciones existentes son: 13 cobertizos, un salón comunal con dos ambientes bastante amplios y una escuela para niños. El salón comunal, donde se realizan las reuniones comunitarias, es empleado también como ambiente de trabajo (telares, máquinas de coser, remallar, hilar y elementos propios de esta actividad). En la escuela funciona una sala equipada con dos computadoras y una impresora multifuncional, que está al servicio de los alumnos.

El servicio eléctrico llega hasta Circa Chinga y no hasta Vilcallamas Arriba, pero en esta última existe una instalación autónoma de generación eléctrica, a partir de módulos fotovoltaicos, que suministra electricidad para equipos e iluminación del taller comunal de tejidos y para las computadoras y lámparas del laboratorio de la escuela existente.



Existe también un sistema de energía fotovoltaica, instalación promovida por la Dirección Ejecutiva del Ministerio de Energía y Minas (MEM), bajo el marco de un proyecto orientado a reforzar las actividades productivas de la comunidad que giran alrededor del pelo de la alpaca que se utiliza para fabricar telas y prendas de vestir.

El proyecto, que estuvo a cargo del CER-UNI, genera energía eléctrica a partir de la energía solar y está destinado a activar máquinas para hilar, coser, remallar, para la iluminación del salón comunal y para el funcionamiento de las computadoras de la escuela.

La organización comunal es débil. Es mayormente poblada por personas de la tercera edad y por niños. Los jóvenes han emigrado a otros lugares en busca de mejores perspectivas, más atractivos o, tal vez, menos agresivos. No se reúnen para conmemorar y menos para festejar. Solamente conmemoran el 28 de julio y el 25 de mayo, aniversario del distrito Pisacoma al que pertenecen. La navidad, el año nuevo y hasta sus aniversarios personales, pasan desapercibidos.

Solamente tienen relaciones con el Centro Poblado Menor Circa Chinga, distante 5 km aproximadamente, porque allí está la posta médica, tiendas de expendio de víveres y ferias para el trueque. No practican ninguna otra actividad que los vincule a los habitantes de comunidades vecinas, en todo caso, son esporádicas.

La comunidad carece de planes o programas de apoyo o de refuerzo para su crecimiento o desarrollo, ligados o promovidos por instituciones u organizaciones foráneas. El apoyo actual del MEM brinda ahora a la comunidad la posibilidad de los beneficios de un futuro mediano y la promesa de ser una de las 130 comunidades beneficiarias del proyecto EUROSOLAR. Con este horizonte significativamente promotor de desarrollo, Vilcallamas Arriba tendrá una oportunidad de despegue y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Su actual condición, paradójica y contradictoria, de absoluta dependencia de su naturaleza: las alpacas, llamas y carneros, así como su desolación e incomunicación, los torna vulnerables (o más vulnerables) frente a elementos foráneos a quienes se ven obligados a vender, de diferentes formas, su escaso capital de sobrevivencia.

## VIVIENDA SELECCIONADA PARA EL ESTUDIO



Está ubicada sobre una ladera en la dirección noroeste, aproximadamente a 1200 m del centro comunal y 150 m más alto.

El área total construida de la vivienda es igual a 45,7 m<sup>2</sup> en un lote supuesto de más o menos 83,5m<sup>2</sup>; en realidad no existe una demarcación de terreno de la vivienda. Es una de 4 viviendas que son

del mismo tronco familiar. Cada vivienda esta constituida por dos ambientes, independientes uno del otro. El más grande es el dormitorio, el otro ambiente es la cocina y almacén de utensilios y alimentos. El espacio para el “hogar” de cocción es una extensión hacia el exterior y tiene una chimenea de corta altura, para evacuar los gases de la combustión de “tola”, arbusto que crece en los alrededores. Un tercio del espacio interior de este ambiente, esta ocupado por una tarima, cuyo lado más largo coincide con el más corto de aquel y su posición es muy cercana a la del hogar (fuente de calor). Esta tarima la utilizan para dormir, cuando se refugia del frío.



Los muros de adobe son de 0,40 m de ancho y son de adobe rectangular, su cimentación de piedra tiene 0,60 m de profundidad y 0,50 m de ancho. El techo es “a dos aguas”, formado por tijerales de eucalipto rollizo y amarres de tiras de pellejo de alpaca, sobre el que colocan una “tumbada” (cubierta de 5 mm de espesor), prefabricada en el piso con barro, paja y arcilla; se enrolla y se desenvuelve sobre los tijerales.

Encima de la tumbada, a lo largo, se colocan porciones de “paja brava” (iru, ichu) amarrada, traslapándolas unas con otras. Así se cubre la totalidad del techo, siguiendo la dirección de su inclinación. Así se crea una superficie inclinada sobre la que se deslizará el agua de la lluvia, sin penetrar a la vivienda porque la protege la “tumbada”.

El piso de la vivienda es de tierra y tiene un nivel de algunos centímetros más elevado que el piso exterior. Las dimensiones exteriores del “hogar” son 1,60 m de alto x 0,80 m de ancho x 0,50 m de fondo. Los alrededores de la vivienda son amplios y ventilados. Las puertas de ambos ambientes son típicamente pequeñas, hechas con plancha metálica de calamina aplanada y marcos de madera eucalipto. La puerta de acceso al ambiente de cocina y almacén, es más pequeña y angosta (1,25x 0,70 m.). Cada ambiente cuenta, igualmente, con una pequeña ventana ubicada en la parte alta de uno de sus muros.

### DESCRIPCIÓN Y ACTIVIDADES DE LOS USUARIOS

La vestimenta es típica de la sierra desde el punto de vista de abrigo, más no desde el punto de vista autóctono, las mujeres tienen polleras, blusa y chompa abierta, los varones llevan pantalones gruesos, camisas variadas y sacos o chompas gruesas. Usan zapatos, calzan medias y usan sombrero para protegerse de la radiación solar y por costumbre ancestral.

En la vivienda habitan 6 personas, dos padres y cuatro hijos menores. La madre se dedica a las tareas del hogar, cocina y cuida de los hijos; el padre cuida de sus animales (alpacas, llamas); algunas veces, ambos tejen con lana de alpaca. La mayor parte de los días del año usan la cocina como dormitorio por efecto del frío. El diseño inapropiado de la cocina y la falta de ventilación provocan que todo el lugar se llene de humo, afectando considerablemente la salud de estas personas y cubriendo de hollín las paredes y techo de la cocina, a pesar que el fogón cuenta con pequeñas ventanas.

#### DESCRIPCION DEL CLIMA

Vilcallamas arriba se ubica a 4 500 msnm, la temperatura ambiente no supera durante el año a los 15°C, registrando temperaturas bajas hasta de 25°C bajo cero. Los meses de noviembre a marzo el cielo tiene nubes oscuras y hay constantes rayos y truenos, lluvia y granizo intenso. En los meses de abril a julio el clima es más frío, particularmente entre junio y agosto, siendo mayo el mes de las heladas y de la nieve.

Como en toda la sierra peruana, los meses de septiembre y octubre (primavera) tienen el clima relativamente más agradable. En Puno se dice que en el año hay dos estaciones, la fría y la helada.

#### MEJORAS TÉCNICAS PRELIMINARES

Para plantear las primeras mejoras tecnológicas constructivas se ha tenido en cuenta el análisis y diagnóstico térmico de las dos viviendas realizados en el proyecto PROPUESTA TÉCNICA DE CONFORT TÉRMICO PARA VIVIENDAS RURALES UBICADAS ENTRE 3 000 Y 5 000 msnm EN EL PERÚ a cargo del Ingeniero Rafael Espinoza del CER-UNI. Sus resultados finales orientarán al diseño y construcción de las mejoras a realizar en las viviendas de San Francisco de Raymina en Ayacucho y de Vilcallamas Arriba de Puno; así como al de las viviendas, una en cada comunidad, que serán modelos de diseño bioclimático y uso de energías renovables naturales en zonas alto andinas.

*Además de los resultados mencionados, se tiene en cuenta que el Perú es un país sísmico y que las edificaciones de adobe son las más vulnerables. Con ese fin se ha revisado el estado del arte y la normatividad técnica existente en el país; concluyéndose que hay importantes investigaciones tecnológicas realizadas para mejorar el **comportamiento sísmico de las construcciones de adobe**, que han servido de base para la formulación de las normas técnicas nacionales, tanto para la fabricación de la unidad adobe como para el diseño y construcción de las mencionadas edificaciones.*

Por otro lado, se está revisando la información existente sobre cocinas rurales y las experiencias que se han desarrollado para mejorarlas, de modo tal que se evite el humo que incide en la salud de los usuarios de la vivienda, su higiene y la apariencia interior de los muros, para proponer un diseño que pueda aplicarse en las áreas de estudio y que además aproveche sus características de contribución al confort térmico de la vivienda.

Con la información parcial de los avances realizados recibidos se ha preparado propuestas preliminares de mejoramiento de las viviendas existentes que se detallan a continuación:

En **San Francisco de Raymina** se propone:



- Colocar una vereda y un revestimiento al sobrecimiento para proteger los muros de adobe y el interior de la vivienda de la humedad que producen las lluvias y el granizo.
- Instalar pisos de madera en los ambientes interiores sobre una cama de piedras y viguetas de madera para evitar que la humedad suba por capilaridad a la superficie
- Reinstalar puertas y ventanas de modo tal que no se produzcan filtraciones de aire frío por falta de hermeticidad entre vanos y marcos.

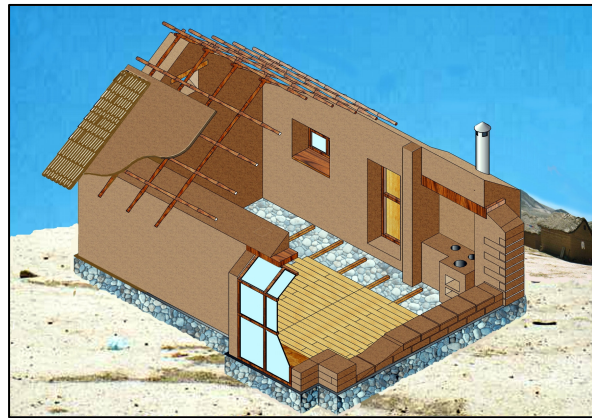


Usar cobertura de teja cerámica en el techo, promoviendo su producción en hornos artesanales, lo que constituirá trabajo e ingresos para una microempresa de la comunidad.

Colocar un cielo raso creando un colchón de aire que controle la radiación en el techo y el frío producido por las lluvias y el granizo.

- Instalar claraboyas en la sala comedor, para captar el calor del sol, mejorando así la baja capacidad calorífica del muro frontal, debido a que está permanentemente en sombra por el alero que tiene para protegerlo de las lluvias y el granizo.
- Analizar la posibilidad de colocar doble vidrio en las ventanas, de modo que capte y entregue la energía solar al aire interior, elevando su temperatura y almacenándola para las horas de ausencia de sol.
- Aprovechar el calor residual de la cocción de alimentos para transmitirlo al interior del ambiente vecino, diseñando una cocina mejorada con una chimenea que recorra el interior del ambiente y conduzca el humo caliente al exterior.
- Reforzar la vivienda para darle condiciones de buen comportamiento ante sismos severos.

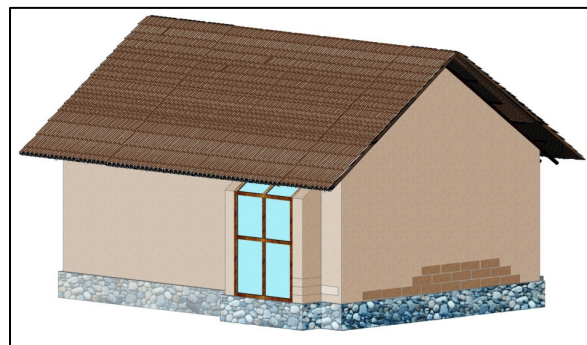
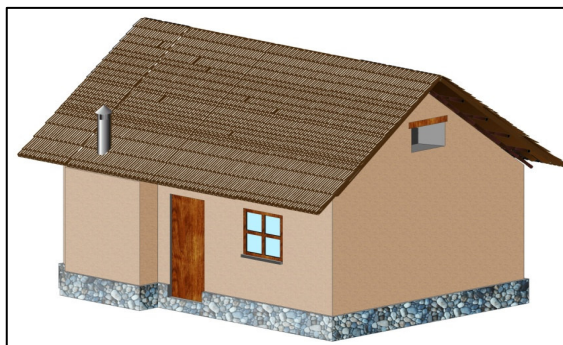
## En Vilcallamas Arriba:



En términos generales las propuestas para San Francisco de Raymina son válidas para Vilcallamas Arriba; específicamente se propone:

- Ubicar claraboyas en el techo de la vivienda para captar el sol, produciendo un efecto de acumulación de calor en el interior del volumen.
- Ubicar la cocina mejorada sobre el muro no expuesto al sol para aprovechar la ganancia radiante que produce.

En los gráficos se muestra sólo la mejora del ambiente cocina. Se puede aplicar similares criterios para el ambiente dormitorio, en lo que corresponda.



## REFERENCIAS

Barrionuevo, R. y Espinoza, R., (2005) *Edificaciones bioclimáticas en el Perú, en Los Edificios Bioclimáticos en los Países de Ibero América*, Libro de ponencias, Programa CYTED 2005, Págs. 57-66, Editor Helder Gonçalves INETI, Lisboa – Portugal.

Barrionuevo, R. FAUA – UNI.

*La tierra armada*. Artículo en el libro “Un techo para vivir”. 2005. CYTED-HABYTED. Págs. 510-514. Editor: Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

---

## **ABSTRACT**

This work is a part of the project "Technical proposal for thermal comfort in rural houses located in Peru between 3,000 and 5,000 m.o.s.l.", which is directed for CER-UNI. The network "Use of renewal energies and bio-climatic design in houses and buildings of social interest" and FAUA-UNI are also members of the Project.

This paper is about technological and environmental diagnosis in two selected high lands houses at Ayacucho and Puno. The methodology employed included several components such as: the information identification; the direct observations and surveys to the local population and community representatives; the use of both local-native and usual technologies and materials review; the research in to improve seismic behavior, the initial thermal analysis and diagnosis of the project.

Finally, the architectonic proposals are shown which represent preliminary conclusions in order to improve high lands houses.

**Keywords:** solar energy, thermal comfort, bioclimatic housing, technology construction

# ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO TÉRMICO EN VIVIENDAS ALTOANDINAS DEL PERÚ

R. Espinoza<sup>1</sup>, A. Gutarra<sup>2</sup>, G. Saavedra<sup>1</sup>, F. Huaylla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Energías Renovables y Uso Racional de la Energía (CER-UNI)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias – Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), apartado 31-139 Lima-Perú

<sup>1</sup>Telfax 00511-3821058 e-mail: [cer@uni.edu.pe](mailto:cer@uni.edu.pe); [respinoza@uni.edu.pe](mailto:respinoza@uni.edu.pe)

<sup>2</sup>Telfax 005114811424 e-mail: [agutarra@uni.edu.pe](mailto:agutarra@uni.edu.pe)

## RESUMEN

El objeto de la investigación que genera este trabajo, es diagnosticar la situación térmica actual de cada una de dos viviendas alto andinas del Perú, identificando y calculando los flujos de calor producidos en el interior de ellas y proyectar el mejoramiento térmico correspondiente.

Se ha seguido una metodología experimental y analítica apoyada con simulaciones aplicadas a partes específicas de la vivienda. La base de datos experimentales la constituye mediciones y registros automáticos hechos durante 40 a 50 días continuos a partir del 11 de junio de 2008, cuyo procesamiento permite afirmar que las condiciones del ambiente interior de ambas viviendas es severamente frío la mayor parte del día, en el mejor de los casos, se registra 15°C al medio día y -5°C en horas de la madrugada.

En aparente contradicción se obtienen valores de energía neta ganada por las viviendas que podría ser suficiente para conseguir en ellas las condiciones de confort requeridas, más, paralelamente, se comprueba la existencia de filtraciones de aire elevadas que juegan un papel contrario.

En suma, la percepción concluyente es que ambas viviendas requieren de mayor protección contra el enfriamiento que agregados diversos que incrementen su calentamiento

**Palabras clave:** confort térmico, bioclimática, energía solar

## INTRODUCCIÓN

El tema del confort térmico en el contexto bioclimático actual no ha sido una preocupación que haya marcado una ruta de acción en el Perú en los 10 ó 20 últimos años. Tal vez sea porque tanto la ciudad capital, Lima, como otras ciudades costeras que le siguen en importancia, no sufren de climas muy extremos. No obstante, el Perú tiene otras ciudades en las que se han acentuado realidades climáticas extremas que han llamado la atención y han merecido enfoques técnicos de importancia (Barrionuevo y Espinoza, 2005).

Recientemente, bajo el marco de desarrollo de la “Red Iberoamericana para el uso de las Energías Renovables y diseño bioclimático en viviendas y edificios de interés social” del CYTED, coordinada por el Dr. Helder Gonçalves del INETI de Portugal, vigente entre 2005 y 2008, inclusive, se ha comprobado que en el Perú no se ha tratado sistemáticamente la problemática del clima extremadamente adverso en altitudes mayores a 3 000 msnm

(Barrionuevo y Espinoza, 2005). Así mismo, una primera aproximación de cálculo demostró que la energía solar incidente sobre una vivienda localizada en la comunidad de San Francisco de Raymina, Ayacucho sería suficiente para elevar su temperatura hasta el rango de confort. (Espinoza y Saavedra, 2007).

Hemos localizado también dos experiencias prácticas en las provincias Juli, Puno y Espinar, Cusco, ambas a 4 000 msnm aproximadamente, impulsadas por la Misión Belén de Immensee (ONG Suiza), que han devenido en la construcción de una vivienda confortable en cada lugar utilizando prácticas y materiales constructivos de la región y aportes tecnológicos actuales.

El mejoramiento de las condiciones de habitabilidad térmicas de viviendas alto andinas del Perú permitirá mayores y mejores actividades sociales, culturales, recreacionales y económicas en su localidad. Además, se contribuirá para mejorar el conocimiento del diseño y construcción de las viviendas alto andinas rurales y aumentar significativamente el escaso conocimiento tecnológico de aprovechamiento de fuentes de energía renovable para mejorar ambientes habitables.

## **ESPACIO CLIMÁTICO PERUANO**

Perú es un país con un territorio de características climáticas y ecológicas distintas en toda su extensión, con ocurrencia frecuente de desastres naturales. Tiene también diferentes culturas, así como graves problemas sociales y económicos y la tarea de construir en el Perú y las tecnologías apropiadas a utilizar están íntimamente ligadas a esa realidad.

Haciendo un recorrido transversal desde el litoral en el océano pacífico, pasamos por la costa que representa el 11% de la superficie total del país, llegando a la selva, que responde por el 63%, se reconocen ocho regiones naturales en el Perú entre las que se cuentan las regiones Suni y Puna.

### *Regiones Suni y Puna*

La región Suni o Jalca está entre los 3 500 y 4 000 msnm, es la región más accidentada del Perú, de escasos valles y más bien de terrenos escarpados y fuertes pendientes, es decir, de orografía compleja con suelos predominantemente pedregosos y ríos de aguas rápidas y torrentosas. En estas alturas se encuentra gramíneas y arbustos diversos. La fauna está muy influenciada por la puna, se encuentra en ella a la taruca, el cóndor, el zorrino y el huanaco. Los peces están casi ausentes por el ambiente adverso de las aguas torrentosas, y solo algunas especies han logrado adaptarse a estas condiciones.

La región Puna se eleva desde los 4 000 hasta los 4 800 msnm, es una gran llanura extremadamente fría y con poca vegetación que se ubica antes de las nieves perpetuas. Los veranos son lluviosos y nubosos y los inviernos secos y con continuas heladas. Aquí se encuentran bosques de keñua, el ichu, la tola, rodales de ccara y formaciones de plantas almohadilladas. Los camélidos sudamericanos son representativos de estas altitudes y fuente de desarrollo para la región. (Brack, A. y Mendiola, C., 2 000)

## AMBIENTE DE LAS VIVIENDAS EN ESTUDIO

Las viviendas elegidas para el estudio se ubican, una en la región SUNI, en la Comunidad San Francisco de Raymina (13° 45' 26" lat. sur; 73° 51' 26" long. Oeste; 3700 msnm), distrito Huambalpa, provincia Vilcashuamán, región Ayacucho; otra en la región PUNA, en la Comunidad Vilcallamas Arriba (17° 00' 58" lat. sur; 69° 30' 59" long. Oeste; 4500 msnm), distrito Pisacoma, provincia Chucuito, Región Puno.

### *Comunidad de San Francisco de Raymina*

Cuenta con una plaza principal y cerca de 60 viviendas construidas con muros de adobe y techos de tejas y calamina, un colegio y un local comunal, construidos con bloques de concreto, tijerales de madera y techo de calamina con teja cerámica, por lo que son ambientes muy fríos. Suma 300 habitantes aproximadamente.

### *Comunidad de Vilcallamas Arriba*

Esta comunidad asentada aproximadamente en 6 000 hectáreas, tiene 300 habitantes que conforman 50 familias, cada una de las cuales es propietaria de una parcela de 5 a 100 ha. La ubicación de sus viviendas es muy dispersa; la distancia entre viviendas o pequeños agrupamientos de ellas es, en la mayoría de casos, mayor a un kilómetro.

## LÍNEA BASE DE CONFORT (DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS)

### *San Francisco de Raymina*

La vivienda a ser evaluada se ubica en la plaza de la comunidad formando una manzana con otras 10 viviendas más. Se levanta sobre un terreno de 360 m<sup>2</sup>, ocupa 65m<sup>2</sup> y se encuentra cercada por muros de un metro de altura, hechos de adobe. Consta de dos habitaciones, una sala comedor y una cocina que comparte un muro con una de las habitaciones. Los muros, de 2,4m, son hechos con bloques de adobe de 0,38x0,38x0,13m y barro entre ellos.

La vivienda cuenta con puertas de madera y plancha metálica sin marco. En el muro frontal se ubica la puerta de ingreso (1,00x2,15m) y dos ventanas (1,04x1,00 m) con vidrio simple (2mm espesor). Existen 2 ventanas adicionales en la parte posterior de la vivienda, una para cada habitación. Ventanas y puertas permiten filtraciones de aire. La mayor parte del techo de la vivienda es de plancha metálica y solo una habitación lo tiene de tejas, muchas de ellas rotas por efecto del granizo. Es del tipo dos aguas.

Las fuentes de calor con las que cuenta son la radiación solar, el fogón de la cocina y el calor disipado por las personas. Como sumideros identificamos el ambiente circundante (cielo) y, probablemente, el suelo. Las puertas, techos y marcos metálicos de las ventanas, constituyen puentes térmicos.

### *Vilcallamas Arriba*

Ubicada sobre una ladera en la dirección noroeste, forma parte de una agrupación de viviendas pertenecientes a una familia. El área construida de la vivienda es igual a 45,7 m<sup>2</sup>, ubicada sobre un terreno de 83,5m<sup>2</sup> aproximadamente, esta constituida por dos ambientes independientes el uno del otro. Uno es dedicado a tareas de cocción, almacén de utensilios y alimentos y refugio contra el frío. El otro hace las veces de dormitorio.

Sus muros son hechos con adobes de 0,4m de ancho, descansan sobre un cimiento de piedra que tiene una profundidad de 0,6m y un ancho de 0,5m. El techo es del tipo “dos aguas” hecho con tijerales de eucalipto y amarras de pellejo de alpaca, sobre el que colocan una “tumbada” que es una cubierta de unos 5mm de espesor, hecha mezclando barro, paja y arcilla; es prefabricada en el piso y luego enrollada y elevada así sobre el tijeral para desenvolverla sobre éste.

Encima de esta tumbada instalan un “colchón” de “paja brava” (iru, ichu) que los protege del frío y la lluvia. El piso de la vivienda es de tierra y tiene un nivel más elevado que el piso exterior. Las puertas de ambos ambientes son típicamente pequeñas (1,6x0,9m y 1,3x0,7m), hechas con plancha metálica y marcos de madera eucalipto. Cada ambiente cuenta, igualmente, con una pequeña ventana ubicada en la parte alta de uno de sus muros.

Las fuentes de calor con las que cuenta son la radiación solar y el fogón de la cocina. Como sumideros identificamos el ambiente circundante (cielo) y, probablemente, el suelo. Las puertas, metálicas constituyen puentes térmicos.

### **MODELO TÉRMICO DE ANÁLISIS**

Para los efectos del análisis térmico basado en las apreciaciones que venimos exponiendo identificaremos las partes dentro de la vivienda con temperatura, humedad relativa y movimiento de aire prácticamente iguales, es decir, las zonas térmicas. Así, se han instalado sensores de temperatura en muros, techos, puertas, ventanas y suelo de la vivienda, así como un dispositivo de forma esférica para el cálculo de la temperatura radiante (Kvisgaard, 2000). También se ha previsto sensores para la temperatura, humedad relativa del aire interior y la iluminación. En el exterior se instaló una mini estación meteorológica con sensores de temperatura seca, humedad relativa, radiación solar y velocidad y dirección del viento.

Todos los valores medidos han sido registrados a intervalos de 30 minutos a partir del día 13 de junio de 2008, así que hemos cubierto la temporada de frío más intenso y la información acumulada permitirá obtener resultados representativos de esta situación extrema.

En lo que sigue se describe y precisa el planteamiento y procedimiento experimental aplicado a las viviendas.

En la vivienda de Vilcallamas Arriba, se ha identificado dos zonas térmicas: una el dormitorio, y otra la cocina, con una fuente de calor en su interior. Mientras que en la de San Francisco de Raymina, se ha identificado tres zonas térmicas: zona I compuesta por la habitación 1 y la sala – comedor, debido a que, ambos ambientes, tienen techo de calamina, y 3 de sus 4 paredes colindan con el exterior. Zona II compuesta por la habitación 2, debido a que una de sus paredes colinda con el exterior, otra colinda con la cocina y, tiene techo de tejas. Zona III compuesta por la cocina en cuyo interior hay un fogón de leña, no cuenta con ventanas y tiene techo de tejas. La Zona III no está incluida en el análisis actual.

#### *Flujos de calor identificados*

Transferidos por conducción a través de paredes y techos hacia el exterior; transferidos por convección desde las superficies interiores al ambiente interior; transferidos por convección desde las superficies exteriores al ambiente exterior.

Similarmente, los flujos producidos en los muros interiores de la vivienda de San Francisco de Raymina, a través de ellos por conducción y desde sus superficies al ambiente interior, por convección.

Por el suelo; transferencia convectiva desde el aire cercano a la superficie del suelo y conductiva hacia el interior del mismo.

En todos los casos, el sentido de los flujos dependerá del de la gradiente de temperatura. Por filtraciones; transferencia por intercambio de masa de aire interno/externo con aire externo/interno a diferente temperatura.

Desde la cocina; fuente directa de calor radiante, e indirecta por efectos convectivo y conductivo de las paredes del fogón, bajo las mismas consideraciones fundamentales de paredes.

De las personas; fuente directa de calor radiante y convectivo (temperatura superficial, emisividad superficial, conductividad a través de vestimenta, convectividad desde su superficie)

### ***Temperaturas y otros parámetros identificados***

Temperatura del aire exterior, del aire interior por zona térmica, de superficies interiores y exteriores de muros y techos, del aire cercano a las superficies (5 cm aprox.), de suelo (profundidad de 20 - 70cm). Humedad relativa ambiental y de cada zona térmica, velocidad y dirección de viento, y radiación solar global sobre superficie horizontal.

## **DESARROLLO EXPERIMENTAL**

### ***Instrumentación empleada***

Al interior de las viviendas se midieron temperaturas y humedad relativa. Los sensores de temperatura fueron del tipo de resistencia variable, con un rango de medición de  $-40^{\circ}$  a  $100^{\circ}\text{C}$  y una exactitud de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  a  $20^{\circ}\text{C}$ . El elemento sensor tiene una cubierta de acero inoxidable de forma cilíndrica que facilita el contacto térmico con superficies sólidas. En cada vivienda se usaron 44 sensores de temperatura. La temperatura de globo, al interior de las viviendas, se midió con esferas de 15 cm de diámetro con recubrimiento de emisividad superficial de 0,9. Los datos de temperatura se almacenaron en registradores portables de cuatro canales, con capacidad de almacenamiento de 32 520 mediciones en memoria no volátil. La humedad relativa dentro de la vivienda se midió en el rango de 25%-95% con una exactitud de  $\pm 5\%$ . La iluminación interior se detectó con un sensor cuya respuesta es similar a la sensibilidad de la visión humana y opera en un rango de 2 a 20 000 lúmenes/m<sup>2</sup>.

En el exterior de las viviendas se midieron la irradiancia solar, humedad relativa, velocidad y dirección de viento y temperatura. Para ello se utilizó una mini estación meteorológica que almacena los datos en un registrador con capacidad de almacenamiento de 512K en memoria no volátil. La información acumulada en los registradores ubicados en el interior de la vivienda y los almacenados en la mini estación meteorológica se descarga periódicamente en sistemas de almacenamiento portátil para ser analizados en la PC.

El diseño experimental se lo ha desarrollado en concordancia y armonía técnica y científica con los requerimientos de base de cálculo para el confort térmico de ambientes. Se eligieron los “puntos térmicos” de importancia, es decir, los lugares de ubicación de los sensores, Por ejemplo, centro del techo, parte superior de una puerta, centro de un muro, etc., tal como se ilustra en la figura 1, representativa de Raymina. En Vilcallamas arribase hizo lo propio.

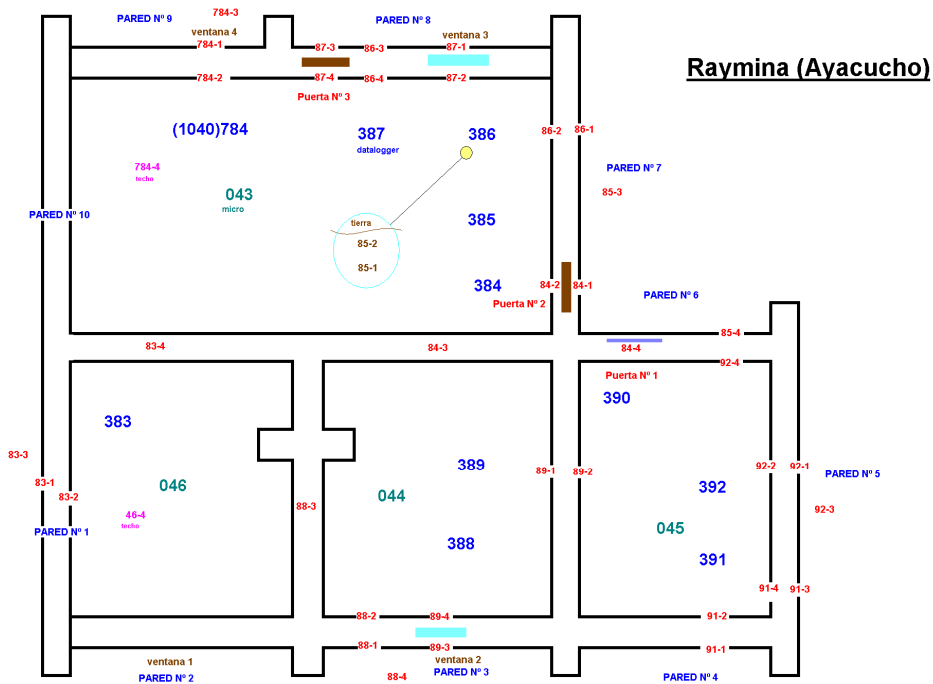


Figura 1 Distribución de sensores de temperatura en la vivienda de San Francisco de Raymina, representados por códigos numéricos cuyos 2 primeros dígitos distinguen a las micro estaciones (04x) de los acumuladores de datos (38x, 39x); el último dígito identifica a un sensor.

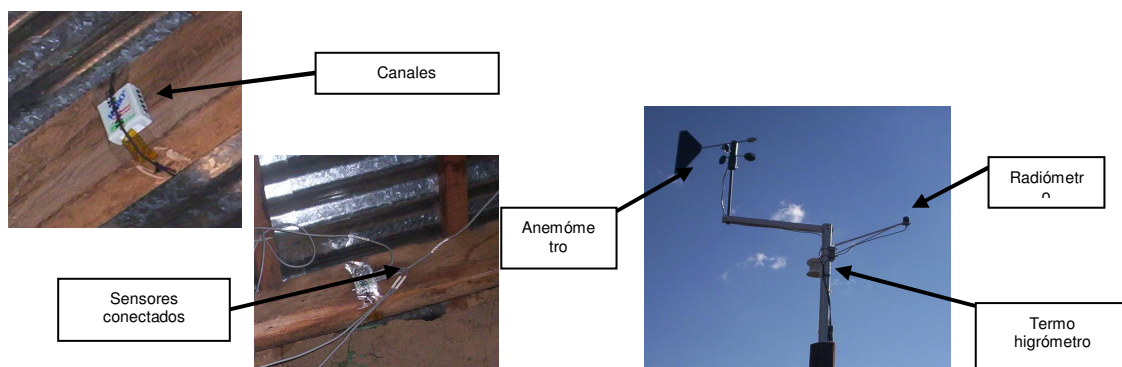


Figura 2 A la izquierda se muestra registradores y sensores térmicos; a la derecha, la mini estación meteorológica autónoma.

## RESULTADOS Y DIAGNÓSTICO TÉRMICO

De los 38 días completos monitoreados en San Francisco de Raymina, del 15 de Junio al 22 de Julio del 2008, y los 11 días monitoreados en Vilcallamas Arriba, del 14 de Junio al 24 de Junio del 2008, tenemos los siguientes datos:

### Valores representativos de los climas de cada comunidad

San Francisco de Raymina				Vilcallamas arriba			
Tmax (°C)	Tmin (°C)	H% máx.	H% min	Tmax (°C)	Tmin (°C)	H% máx.	H% min
14,0	4,6	66	36	9,4	5,1	37	27

Tabla 1 Valores medidos, máximos y mínimos, de la temperatura y humedad relativa de los ambientes interiores de cada una de las dos viviendas en estudio, de los periodos de monitoreo respectivamente indicados. Estos datos han sido ubicados sobre las cartas psicrométricas de la figura 3. (Threlkeld, J. L., 1973)

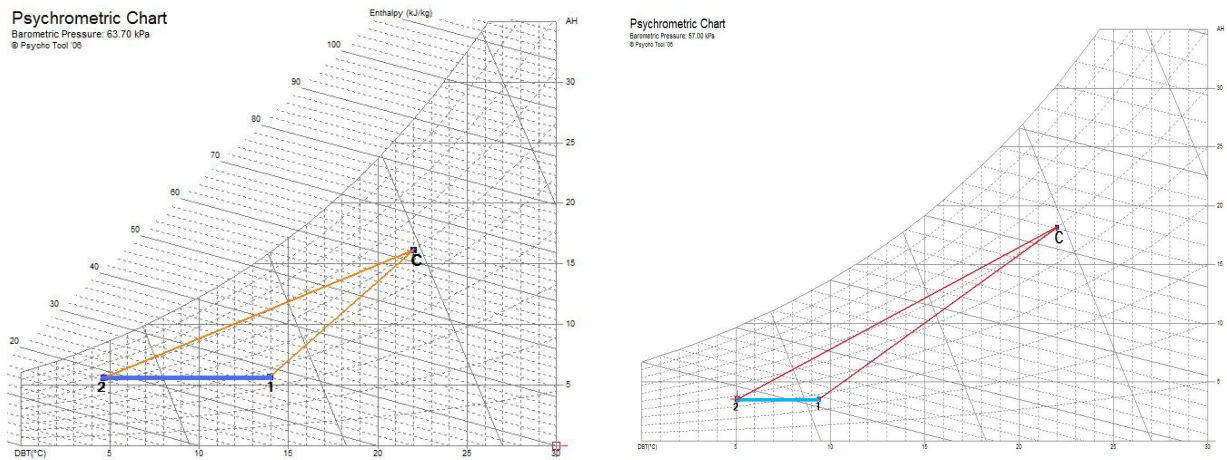


Figura 3 La línea azul sobre las cartas psicrométricas revela el estado del clima para cada comunidad durante el período del monitoreo (a la izquierda, S.F. de Raymina y a la derecha Vilcallamas arriba). El punto C, representa un estado de confort. A partir de estas posiciones y los calores de energía que les corresponde, se calcula la cantidad de calor sensible y calor latente requeridos para alcanzar el estado "C".

### Condiciones termodinámicas calculadas para los ambientes exteriores en estudio

San Francisco de Raymina					Vilcallamas Arriba				
	T(°C)	H%	E(kJ/kg)	HA(g/kg)		T(°C)	H%	E(kJ/kg)	HA(g/kg)
2	4,6	66	18,7	5,57	2	5,1	37	14,0	3,55
1	14,0	35	28,2	5,66	1	9,4	27	18,3	3,52
C	22,0	60	62,8	16,16	C	22,0	60	67,8	18,15

Tabla 2 Valores de temperatura, HR, entalpía /E) y humedad absoluta (HA) de los extremos del clima en cada comunidad (puntos 1 y 2) y los correspondientes al estado de confort.

La masa de aire contenida en cada volumen, calculada en función de sus dimensiones y la densidad correspondiente ( $0.6 \text{ kg/m}^3$ ), resulta igual a 72 kg para la vivienda de S.F. de Raymina y 45,6 kg para la de Vilcallamas Arriba. Con estos valores, a su vez, se calcula el calor sensible y el calor latente requeridos para alcanzar el estado de confort representado en cada diagrama por el punto "C". Estos resultados se muestran en la tabla 3.

Estimación de la energética requerida para mejorar los ambientes interiores

San Francisco de Raymina			Vilcallamas Arriba		
	Energía (kWh)	kg de agua		Energía (kWh)	kg de agua
C-1	0.882	0.762	C-1	0.687	0.672
C-2	0.691	0.756	C-2	0.633	0.673

Tabla 3 Cantidades de calor sensible y calor latente que se requerirían en cada vivienda para alcanzar las condiciones de confort representadas por el punto "C"

La variación de las temperaturas (°C) de los ambientes interior y exterior correspondientes a la vivienda de la comunidad Vilcallamas Arriba es mostrada por las curvas de la figura 4. En estas, el periodo de mediciones representado pertenece a la estación invernal y los valores de las temperaturas mostradas, confirman la severidad del clima en Vilcallamas Arriba.

Las 24 horas del día la temperatura mínima en el interior de la vivienda oscila entre 2 y 6°C, cuando en el exterior lo hace entre -8 a -2°C, mientras que la temperatura máxima interior varía entre 6 y 11 °C y la correspondiente exterior lo hace entre 7 y 16 °C.

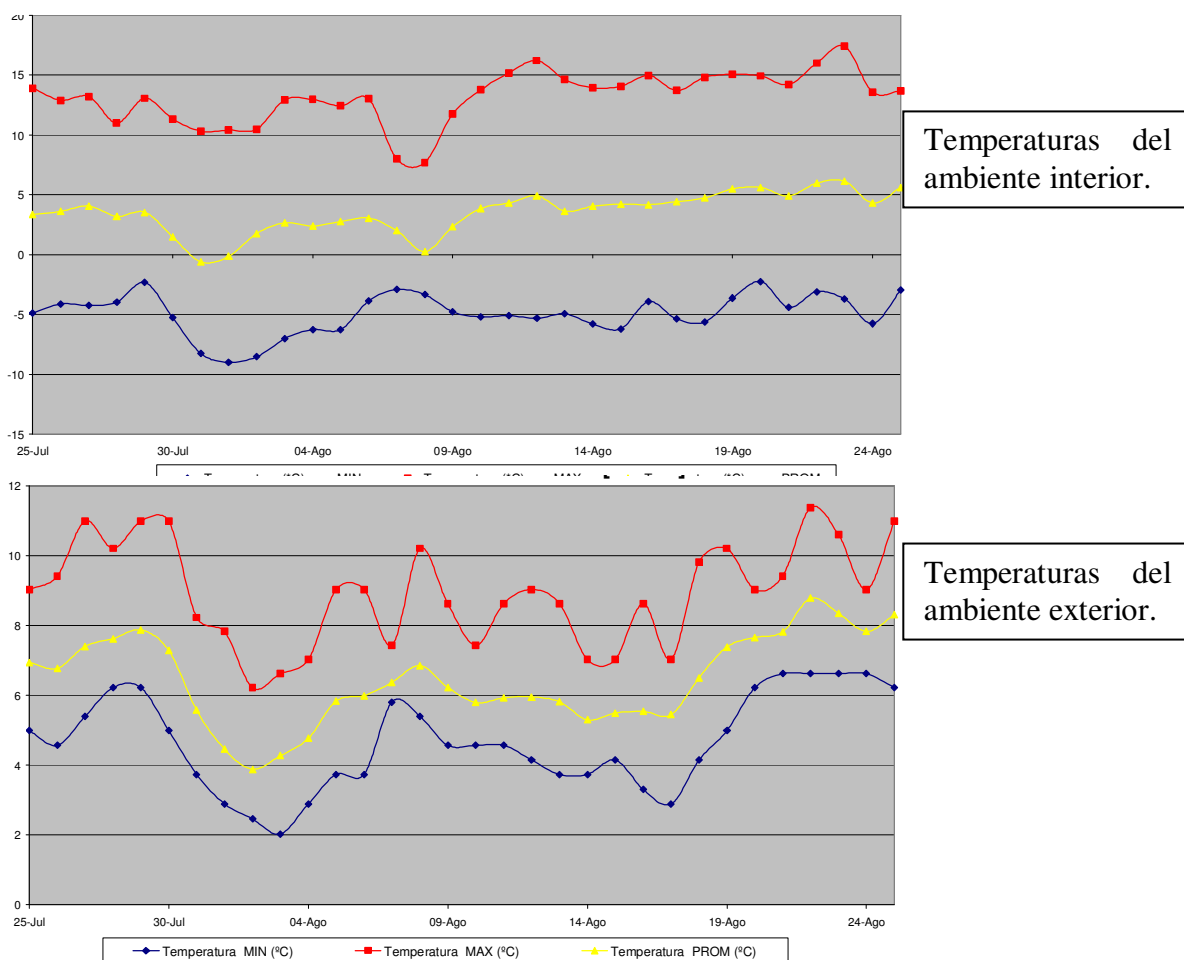


Figura 4 Performance de las temperaturas de los ambientes interior y exterior de la vivienda de Vilcallamas Arriba para el periodo 25 de julio al 24 de agosto de 2008, expresada a través de los registros diarios máximo, mínimo y promedio calculado. Este resultado nos sugiere que la vivienda carece de características físicas que le permitan retener el calor que gana cuando el ambiente exterior esta más caliente

El intercambio de calor entre las superficies interiores de la vivienda y el ambiente inmediato, así como aquel que se produce entre las superficies exteriores de la vivienda y el ambiente inmediato correspondiente, calculado sobre la base de las temperaturas medidas y coeficientes de transferencia pelicular calculados, corrobora la apreciación hecha a partir de la observación referida a las curvas de la figura 4, como queda revelado por las curvas de la figura 5 mostradas a continuación.

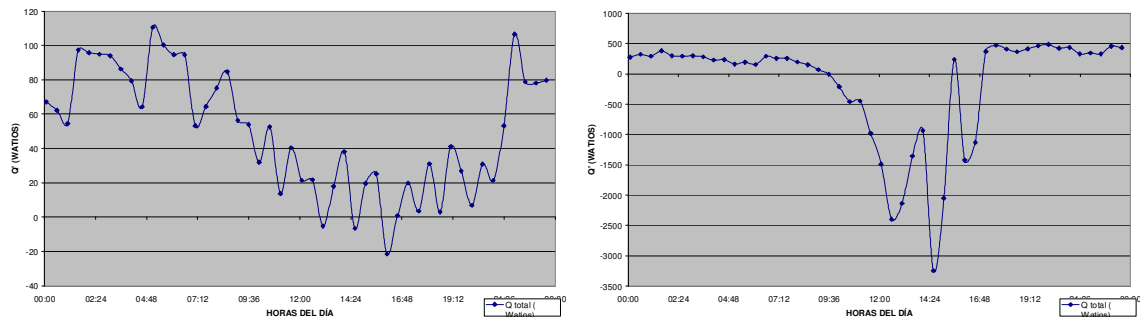


Figura 5 Las curvas contenidas en los gráficos de esta figura representan la velocidad de transferencia de calor desde la superficie interior (a la izquierda) y desde la superficie exterior (a la derecha) de la envolvente del dormitorio de la vivienda de Vilcallamas Arriba para las 24 horas del día 18 de junio de 200. En ambas curvas, las porciones “positivas” corresponden al flujo de calor desde la superficie hacia el ambiente inmediato. En principio, se revela que el calor que estaría ingresando a la vivienda durante las horas centrales del día, no llega al interior de la vivienda, esto revelaría, a su vez, presencia excesiva de pérdidas de calor, entre ellas, por exfiltraciones.

Esta realidad nos muestra un escenario térmico comprendido en un rango de temperaturas extremo y poco común que sugiere pensar en la necesidad de profundizar el estudio del comportamiento humano en estos ambientes, involucrando las actividades que practican sus moradores, tanto en el interior de sus viviendas, cuanto fuera de ellas, por el eventual efecto de cambios climáticos bruscos, sobre el organismo humano.

La curva de la figura 6 que sigue a continuación, nos revela excelentes niveles de energía solar acumulada diariamente sobre superficie horizontal. Para el periodo de ejemplo, oscila entre 6 y 7 kWh/m<sup>2</sup>.

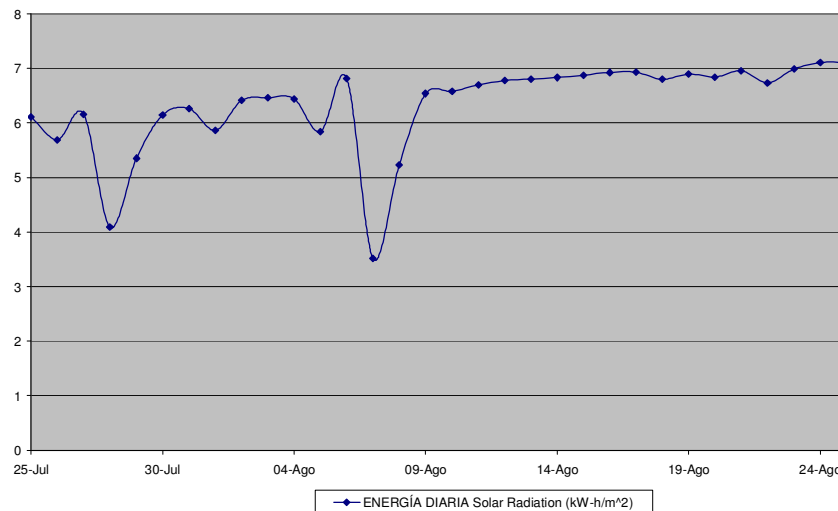


Figura 6 Performance de la energía solar, global diaria, acumulada sobre superficie horizontal calculada a partir de la irradiancia medida en el periodo 25 de julio – 24 de agosto en Vilcallamas Arriba

La energía total que incide en un día sobre todas las superficies de la vivienda, considerando efectos de sombra de objetos cercanos y, naturalmente, inclinaciones y

orientaciones de muros y techos, ha sido calculada usando datos de radiación solar global horizontal medidos y registrados con la mini estación meteorológica y herramientas de cálculo del programa Energy Plus. En términos específicos, se obtuvo 3,6 kWh/m<sup>3</sup>-aire para Raymina y 4,7 kWh/m<sup>3</sup>-aire para Vilcallamas Arriba. Aún cuando referenciales, son resultados expectantes.

## Conclusiones

Los valores de las temperaturas medidas y registradas y resultados obtenidos a partir de ellos, como performances temporales o magnitudes energéticas calculadas, demuestran que ambas viviendas están técnicamente desprotegidas respecto de su medio ambiente, más, cuentan con potencialidad solar capaz de respaldar eventuales soluciones técnicas.

Los rangos de temperatura interior de las viviendas están fuera de condiciones de confort durante las 24 horas del día, con el extremo mínimo cercano a 0°C.

En concordancia con este resultado, considerando las costumbres vivenciales del poblador andino del Perú y los efectos extremos de la temperatura durante la noche, así como la singular particularidad del sistema conformado por el clima, la vivienda y las costumbres de aquel, se torna importante considerar la opción de generar indicadores de confort de aplicación congruente con las características de este sistema; con atención preferente al periodo nocturno como referente de confort.

Los resultados preliminares de la cantidad de irradiancia sobre la vivienda y la requerida para mejorar el nivel térmico interior, son atrayentes y de mucha expectativa en dirección del objetivo de lograr las condiciones de confort requeridas, solamente aprovechando el calor solar.

En suma, la percepción concluyente es que ambas viviendas requieren de mayor protección contra el enfriamiento que agregados diversos que incrementen su calentamiento.

## REFERENCIAS

- Barrionuevo, R. y Espinoza, R., (2005) Edificaciones bioclimáticas en el Perú, en Los Edificios Bioclimáticos en los Países de Ibero América, Libro de ponencias, Programa CYTED 2005, Pág. 57-66, Editor Helder Gonçalves INETI, Lisboa – Portugal.
- Brack, A. y Mendiola, C. (2000), Ecología del Perú, Pág. 166 – 187, Asociación Editorial Bruño, Lima – Perú.
- Espinoza, R. y Saavedra, G. (2007) Simulación preliminar del comportamiento térmico de una vivienda andina del Perú, en Los Edificios en el Futuro, Estrategias Bioclimáticas y sustentabilidad, Libro de Ponencias, Programa CYTED 2007, Pág. 95 – 104, Editores Helder Gonçalves y Susana Camelo INETI, Lisboa – Portugal.
- Kvisgaard, B. (2000) La Comodidad Térmica (Thermal Comfort, Copyright © 1997 INNOVA Air Tech Instruments A/S, Denmark [Brüel & Kjær], traducción de Manuel Martín Monroy © 2000, Pág. 6-11.
- Threlkeld, J. L. (1973). Ingeniería del Ámbito Térmico, 1ª edición, pp. 180-186, Prentice Hall Internacional, Madrid.

## **ABSTRACT**

The purpose of the research that stems from this work is to diagnose the current thermal situation of each and every dwelling in the highlands of Peru, to identify heat flows produced inside them and to forecast their thermal improvement.

An experimental and analytical methodology has been used, supported by simulations applied to specific parts of the house. The experimental database is constituted by automatic measurements and records taken during 40 to 50 days in a row as from June 11, 2008, and its processing allows to affirm that the conditions of the indoor environment in both houses is severely cold most of the day, being the highest temperatures 15 C at noon and -5 C in the early morning.

In apparent contradiction, enough values on net energy entering to the house for thermal comfort were found. But at the same time the existence of elevated air filtrations that play an opposed role is proved.

To sum up, the conclusion is that both houses require more protection against cooling instead of diverse mechanisms that increase its warming.

**Keywords:** solar energy, thermal comfort, bioclimatic



# PROPOSTAS DE MELHORAMENTO TÉRMICO DA HABITAÇÃO SOCIAL EM PORTUGAL

Susana Camelo, Helder Gonçalves  
Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I. P. (INETI).  
Departamento de Energias Renováveis.  
Estrada do Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa, Portugal.  
<http://www.ineti.pt>  
Tel.: 351-217 165 141 / Fax: 351-217 127 195  
E-mail: [susana.camelo@ineti.pt](mailto:susana.camelo@ineti.pt)

## RESUMO

A avaliação de um apartamento/fracção autónoma da década de 60, pertencente um edifício social, é realizado em termos térmicos e energéticos, com base na metodologia detalhada do RCCTE de 2006.

Este estudo teve como objectivo tornar o apartamento regulamentar, face à actual legislação, actuando fundamentalmente ao nível dos elementos da envolvente exterior. No que diz respeito à melhoria da Classe de Eficiência Energética a análise de sensibilidade incidiu também ao nível dos sistemas energéticos para produção de águas quentes e aquecimento e arrefecimento ambiente

## 1. INTRODUÇÃO

A nova versão do Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios publicado em Abril de 2006, com vista à transposição da Directiva Europeia, de 4 de Janeiro de 2003, – 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002, procurou ter uma concepção energética integrada do edifício, não incidindo apenas as necessidades de energia destinadas a aquecimento e arrefecimento. Assim, na sua formulação encontra-se subjacente o conceito do desempenho energético pelo que, se terá de estimar as necessidades globais em energia primária de um edifício ( $N_{tc}$ ), expressa em  $kgep/m^2 \cdot ano$  e verificar ainda se o referido consumo é inferior aos valores máximos impostos ( $N_t$ ).

À semelhança da versão de 1990, as estações de aquecimento e de arrefecimento são analisadas separadamente recorrendo no entanto a metodologias de cálculo actualizadas, tendo por base as normas europeias sendo, desde o início, necessário especificar quais os sistemas previstos para aquecimento e arrefecimento ambiente. Além destes aspectos tem de se estimar a energia dispendida para produção de águas quentes sanitárias. Só mediante uma abordagem conjunta do edifício e dos seus sistemas energéticos poderá conduzir-se à verificação do RCCTE de 2006. Os resultados serão apresentados, para todas as variações paramétricas, em termos das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e produção de água quente sanitária e dos correspondentes valores limites. O levantamento dimensional e caracterização das soluções construtivas são feitos com base nas peças desenhadas e na recolha de elementos realizada junto da Câmara Municipal de Lisboa e da Empresa Gerbalis. Trata-se de um bloco constituído por 3 edifícios de 4 pisos, com as fachadas orientadas a poente e nascente e as fachadas de empena a norte e sul. O apartamento T3 (1 sala e 3 quartos) analisado, em termos de envolvente exterior, tem as fachadas principais orientadas a nascente e poente e a empena a sul. A envolvente interior é constituída pelas paredes em contacto com a caixa de escadas (zona de circulação). Nas

figuras seguintes estão representadas três fachadas deste conjunto e na Figura 2 encontra-se sombreado o apartamento objecto do presente estudo.



Figura 1 – Fachada nascente

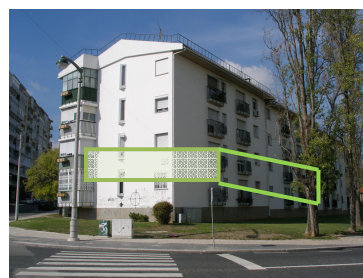


Figura 2 – Empena a sul e fachada nascente

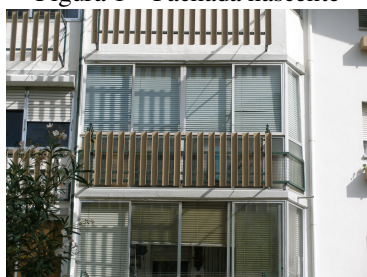


Figura 1 – Fachada poente (varanda alterada face ao projecto inicial).



Figura 4 – Vãos envidraçados a nascente.

## 2. APARTAMENTO – SOLUÇÃO INICIAL

### 2.1 LEVANTAMENTO DIMENSIONAL E CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA

No Quadro 1 descrevem-se os elementos da envolvente exterior necessários para a aplicação do método detalhado do RCCTE em termos das características geométricas e térmicas (coeficiente de transmissão térmica, coeficiente de transmissão térmica linear). As vigas e os pilares não foram definidos como pontes térmicas planas por falta do projecto de estruturas.

Quadro 1 – Caracterização geométrica – piso intermédio.

Apartamento T3		Área útil de pavimento: 63,58 m <sup>2</sup>					Pé direito médio: 2,51 m
<b>Envolvente Exterior</b>		ÁREA (m <sup>2</sup> )					
PAREDES EXTERIORES - U=1,30 W/m <sup>2</sup> °C		N	S	E	W	SE	SW
Tijolo simples sem isolamento térmico 0,24 m		3,64	24,74	16,57	14,95		1,00
VÃOS ENVIDRAÇADOS			4,16	5,45	2,12	0,45	
<b>Pontes Térmicas lineares</b>		COMPRIMENTO (m)			Ψ (W/m.°C)		
Ligação da fachada com pavimentos intermédios		39,94			0,50		
Ligação da fachada com varanda		14,20			0,40		
Ligação da fachada com caixa de estores		41,96			1,00		
Ligação entre duas paredes verticais		10,04			0,20		
Ligação fachada com padieira, ombreira ou peitoril		41,96			0,20		
<b>Envolvente Interior</b> - U=1,16 W/m <sup>2</sup> °C		ÁREA (m <sup>2</sup> )					
Paredes de separação da caixa de escadas							

Os requisitos mínimos de qualidade térmica em termos dos coeficientes de transmissão térmica máximos para os elementos opacos (U<sub>máx</sub>) são verificados para as paredes exteriores e interiores uma vez que os coeficientes de transmissão térmica são inferiores a 1,8 e 2,0 W/m<sup>2</sup>°C, respectivamente, impostos pelo RCCTE (Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis, RCCTE- Anexo IX).

## 2.2 VÃOS ENVIDRAÇADOS

No que respeita os vãos envidraçados, os requisitos mínimos de qualidade térmica são expressos para a estação de arrefecimento (verão), em termos do factor solar do vão envidraçado com o dispositivo de protecção solar 100% activado. Para a região de Lisboa (zona climática V2) e para um edifício com inércia térmica média ou forte, o factor solar não poderá exceder 0,56.

A caracterização de um vão envidraçado encontra-se descrita no Quadro 2 para um vidro simples de 4 mm incolor com caixilho em madeira de quadrícula, com estores exteriores, em termos do coeficiente de transmissão térmica (U), factor solar do vidro ( $g_{\perp v}$ ) factor solar dos vãos envidraçados com estores exteriores de cor clara ( $g_{\perp}$ ). No que diz respeito a à fracção envidraçada ( $F_g$ ) foi atribuído um valor igual a 0,70.

Quadro 2 – Vãos envidraçados com vidro simples.

Vidro simples incolor 4 mm, caixilharia de madeira, com protecção solar exterior de cor clara e caixilho de madeira com quadrícula	
Coeficiente de transmissão térmica do vidro	U= 5,10 (W/m <sup>2</sup> °C)
Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite	U= 3,90 (W/m <sup>2</sup> °C)
Factor solar do vidro	$g_{\perp v}$ = 0,85
Factor solar com estore exterior	$(g_{\perp v})'$ = 0,07

Para cada um dos vãos orientados a Poente, foram ainda determinados os factores de obstrução devido à existência de elementos verticais adjacentes que no presente estudo advém, da existência de outros corpos bem como partes do mesmo edifício.

Quadro 3 – Factores de obstrução.

Orientação	Vãos	Âng. horizonte $\alpha$	Âng. pala horizontal $\alpha$	Âng. pala vertical esquerda $\beta$	Âng. pala vertical direita $\beta$
Oeste	J1	0°	60°	0°	45°
	J1a	0°	0°	47°	38°
	J3	0°	60°	60°	0°
	J6	0°	60°	53°	60°

## 2.3 CAIXILHARIA SEM CLASSIFICAÇÃO

A renovação de ar é, entre outros factores, determinada pelo tipo de caixilharia. Assim, de acordo com a regulamentação corresponderá uma taxa de renovação igual a  $1,10 \text{ h}^{-1}$ , admitindo que o apartamento é ventilado naturalmente, com uma classe de exposição ao vento igual a 1, os vãos possuírem caixas de estore, não existirem dispositivos de admissão de ar nas fachadas e devido à ausência de elementos referentes à permeabilidade ao ar dos caixilhos dever-se-á optar por “sem classificação”.

## 2.4 SISTEMAS DE AQS, AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO AMBIENTE

Para o aquecimento de águas quentes admitiu-se o recurso a um esquentador a gás com uma eficiência igual a 0,65 uma vez que, de acordo com a metodologia do RCCTE, caso não exista a contribuição de colectores solares ou de outra fonte de energia renovável para preparação de AQS os equipamentos convencionais deverão ter uma eficiência de conversão superior ou igual a 0,65 para se verificar  $N_{ac} \leq N_a$  (Artigo 7°).

Para o aquecimento e arrefecimento ambiente admitiu-se que não tinham sido previstos equipamentos, pelo que, de acordo com a regulamentação, corresponderá a aquecimento obtido por uma resistência eléctrica e o arrefecimento por uma máquina frigorífica com eficiência de 3.

### 3. SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

#### 3.1 ENVOLVENTE EXTERIOR

##### 3.1.1 Aplicação de Isolamento Térmico nas Paredes

Analisaram-se três soluções construtivas para diferentes espessuras de isolamento térmico (poliestireno expandido moldado) que poderiam ser adoptadas numa reabilitação energética de acordo com a publicação do LNEC, ITE 50.

Nos Quadros seguintes apresentam-se os coeficientes de transmissão para 3 espessuras de isolamento térmico bem como as pontes térmicas lineares associadas para a situação de aplicação de isolamento térmico da fachada pelo exterior.

Quadro 4 – Envolvente opaca exterior vertical.

Parede exterior	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U <sub>máx</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)
Tijolo simples de 0,24 m com <b>0,03</b> m de isolamento térmico (poliestireno expandido moldado, sistema tipo ETICS)	0,67	<b>2,00</b>
Tijolo simples de 0,24 m com <b>0,06</b> m de isolamento térmico (poliestireno expandido moldado, sistema tipo ETICS)	0,45	
Tijolo simples de 0,24 m com <b>0,08</b> m de isolamento térmico (poliestireno expandido moldado, sistema tipo ETICS)	0,37	

Quadro 5 – Pontes térmicas lineares (fachada isolada pelo exterior).

Pontes térmicas lineares - Ligações entre:	Ψ (W/m.°C)	Referência (RCCTE)
Fachada com pavimentos intermédios – e <sub>m</sub> = 0,25 m	0,15	Tabelas IV.3 - Cr
Fachada com varanda	0,40	Tabelas IV.3 - Er
Fachada com caixa de estores	1,00	Tabelas IV.3 - G
Duas Paredes verticais - e <sub>m</sub> ≥ 0,22 m	0,15	Tabelas IV.3 - Fr
Fachada com padieira, ombreira e peitoril	0,20	Tabelas IV.3 - H

##### 3.1.2 Aplicação de Vidro Duplo

A substituição de vidro simples por vidro duplo corresponde aos valores tabelados no Quadro 9. Trata-se de uma medida de fácil implementação e que tem estado a ser adoptada nos últimos anos em Portugal.

Indicam-se de seguida os parâmetros utilizados para o vidro duplo incolor, com estores exteriores com caixilho de alumínio sem quadrícula, o coeficiente de transmissão térmica (U), factor solar do vidro (g<sub>LV</sub>), factor solar dos vãos envidraçados com estores exteriores de cor clara (g<sub>L'</sub>). No que diz respeito à fracção envidraçada (F<sub>g</sub>) este factor iguala-se a 0,70.

Quadro 6 – Vãos envidraçados com vidro duplo e.

Vidro duplo incolor 4 a 8 mm + 5 mm, caixilharia de alumínio, protecção solar exterior de cor clara	
Coeficiente de transmissão térmica	U= 4,30 (W/m <sup>2</sup> °C)
Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite	U= 3,40 (W/m <sup>2</sup> °C)
Factor solar do vidro	g <sub>LV</sub> = 0,75
Factor solar com estore exterior	(g <sub>LV</sub> )' = 0,04

##### 3.1.3 Caixilharia de Classe 3

A substituição de uma caixilharia sem classificação por uma de classe 3 e de as portas passarem a ser bem vedadas por aplicação de borrachas permite reduzir o valor inicial de renovação de ar de 1,10 h<sup>-1</sup> para 0,90 h<sup>-1</sup>.

## 3.2 ACTUAÇÃO AO NÍVEL DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS

### 3.2.1 Colectores Solares

Procurou-se também avaliar as implicações em termos das necessidades nominais de energia útil para produção de AQS e da energia primária resultantes da adopção de colectores solares para aquecimento das águas quentes sanitárias.

Analizou-se a contribuição de sistemas de colectores solares padrão para o aquecimento de águas quentes sanitárias e admitiu-se um consumo diário de água quente igual a 40 l por pessoa ou, seja como se trata de uma tipologia T3 o número convencional de ocupantes por defeito será igual a 4, o que corresponderá a uma área de 4 m<sup>2</sup> de colectores solares planos e um consumo diário de 160 l.

As características do painel padrão necessárias para o cálculo de  $E_{\text{solar}}$  são as seguintes:

- Rendimento óptico = 69 %;
- Coeficientes de perdas térmicas  $a_1=7,500 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e  $a_2 = 0,014 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^2)$ ;
- Modificador de ângulo para incidência de 50° = 0,87;
- Área de abertura = 1,0 m<sup>2</sup>.

Recorrendo ao programa SolTerm do INETI a contribuição dos colectores de solares foi estimada como sendo igual 1879 kWh/m<sup>2</sup>.ano.

### 3.2.2 Sistemas de Aquecimento e de Arrefecimento Ambiente

Relativamente aos sistemas de aquecimento e arrefecimento a análise incidirá na substituição da resistência eléctrica para aquecimento e de uma máquina frigorífica com eficiência de COP 3 por:

- Aquecimento bomba de calor ( $\eta_i = 4$ ); arrefecimento bomba de calor ( $\eta_v = 3$ ).

## 4. REQUISITOS ENERGÉTICOS E RESULTADOS

Para todos os cenários são estimadas as necessidades nominais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ), arrefecimento ( $N_{iv}$ ), para produção de águas quentes sanitárias ( $N_{ac}$ ) e as necessidades globais de energia primária ( $N_{tc}$ ), de acordo com o n° 2 do Artigo 4° do RCCTE, estimados com base em métodos normalizados, deverão por sua vez ser inferiores aos valores limites impostos nos números 1, 2, 3, 4 e 5 do Artigo 15°.

No entanto, de forma a evidenciar as implicações de cada uma das medidas os resultados serão apresentados do seguinte modo:

1. A melhoria da envolvente traduzida em termos das necessidades de aquecimento e de arrefecimento;
2. O recurso a colectores solares expresso em termos das necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias e de energia primária;
3. O recurso a sistemas mais eficientes de aquecimento e arrefecimento ambiente em termos das necessidades globais de energia primária;
4. A combinação das diferentes estratégias em termos das necessidades globais de energia primária e da correspondente Classe de Eficiência Energética;

### 4.1 MELHORAMENTO DA ENVOLVENTE: NECESSIDADES DE AQUECIMENTO E DE ARREFECIMENTO

Para o piso intermédio a melhoria da envolvente foi avaliada para 3 espessuras de isolamento térmico aplicado pelo exterior, adopção de vidro duplo e recurso a caixilharia de classe 3. No Quadro 10 apresentam-se as diferentes combinações para as três variações paramétricas. A situação de parede não isolada, para os 2 tipos de vidro analisados e as

duas taxas de renovação natural, conduz sempre a situações de não conformidade regulamentar em virtude de não se verificar a relação das necessidades nominais de energia útil para aquecimento  $N_{ic} \leq N_i$  expressa em  $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$ .

Quadro 7 – Piso Intermédio actuação ao nível da envolvente exterior.

		Tipo de Vidro Tipo de Caixilho: RPH ( $\text{h}^{-1}$ )			
		VS RPH – $1,10 \text{ h}^{-1}$	VD RPH – $1,10 \text{ h}^{-1}$	VS RPH – $0,90 \text{ h}^{-1}$	VD RPH – $0,90 \text{ h}^{-1}$
Isolamento térmico da parede	$N_{ic}$ ( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$ )				
	$N_{vc}$ ( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$ )				
<b>Parede_0</b>		74,79	71,16	69,91	66,28
		16,27	15,46	17,24	16,37
Parede_3		51,16	47,51	46,73	43,05
		15,47	14,54	16,33	15,59
Parede_6		45,80	42,11	40,92	37,65
		15,29	14,29	16,38	15,30
Parede_8		43,69	40,00	39,26	35,54
		15,28	14,24	16,08	15,24
Valores Limites		<b><math>N_i = 58,11 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}</math> <math>N_v = 32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}</math></b>			

Tomando como solução base a situação existente, ou seja, parede simples, vidro simples e caixilhos sem classificação são estimadas em termos percentuais as variações em termos das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento, mas apenas comparando a solução base com os cenários que conduzem a valores regulamentares.

As soluções mais isoladas conduzem sempre a reduções nas necessidades nominais de aquecimento, podendo mesmo atingir, para as variações analisadas reduções da ordem de 52,5%.

Realça-se ainda que por vezes as soluções mais isoladas, no período de Verão, conduzem a aumentos nas necessidades de arrefecimento em virtude de, pela metodologia de Verão do RCCTE, a temperatura média do ar exterior para todas as regiões climáticas para os 4 meses de Verão, ser sempre inferior à temperatura de conforto do RCCTE ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Estas ligeiras variações manifestam-se quando, para a mesma solução de parede e tipo de vidro, se reduz a taxa de renovação do ar.

Assim, para este período as soluções mais isoladas nem sempre são as melhores podendo mesmo conduzir a situações ligeiramente mais gravosas e resultam do balanço entre as perdas através da envolvente (condutivas e por renovação de ar) e os ganhos solares através da envolvente opaca e dos vãos envidraçados

Quadro 8 – Piso Intermédio: variações percentuais ao nível da envolvente exterior em termos das necessidades nominais de energia para aquecimento e arrefecimento.

Nic (%) Nvc (%)	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VD RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 0,90 h <sup>-1</sup>	VD RPH – 0,90 h <sup>-1</sup>
Parede_3	<b>31,6</b>	<b>36,5</b>	<b>37,5</b>	<b>42,4</b>
	<b>4,9</b>	<b>10,6</b>	<b>- 0,4</b>	<b>4,2</b>
Parede_6	<b>38,8</b>	<b>43,7</b>	<b>45,3</b>	<b>49,7</b>
	<b>6,0</b>	<b>12,2</b>	<b>- 0,7</b>	<b>6,0</b>
Parede_8	<b>41,6</b>	<b>46,5</b>	<b>47,5</b>	<b>52,5</b>
	<b>6,1</b>	<b>12,5</b>	<b>1,2</b>	<b>6,3</b>

#### 4.2 ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

A contribuição dos sistemas de colectores solares para o aquecimento de águas quentes sanitárias, admitindo um consumo diário de água quente de 160 l por dia (4 ocupantes e 4° l por ocupante), é igual a 1879 kWh/m<sup>2</sup>.ano, valor este estimado recorrendo ao programa SolTerm do INETI.

Analisaram-se ao todo 3 cenários para o aquecimento das AQS de acordo com o Quadro 12.

Quadro 12 – Sistemas para produção de AQS.

	Nac (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nac	Na (kWh/m <sup>2</sup> .ano)
esquentador	<b>73,96</b>	<b>0 (%)</b>	<b>74,40</b>
Colectores Solares + Esquentador	<b>44,41</b>	<b>40 (%)</b>	
Colectores Solares + Termoacumulador a gás	<b>30,54</b>	<b>59 (%)</b>	

A utilização conjunta de colectores solares, mantendo o sistema convencional de AQS (esquentador com eficiência de 0,65) conduz a reduções no consumo de AQS de 40 %. Porém o recurso a sistemas convencionais mais eficientes tais como o termoacumulador pode por si só dar origem a reduções da ordem de 31%.

#### 4.3 NECESSIDADES NOMINAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

As necessidades globais específicas de energia primária, são determinadas a partir da equação:  $N_{tc} = 0,1 (N_{ic}/\eta_i) F_{pui} + 0,1 (N_{vc}/\eta_v) F_{puv} + N_{ac} F_{pua}$  [kgep/m<sup>2</sup>.ano] e o valor máximo por:  $N_t = 0,9 (0,01 N_i + 0,01 N_v + 0,15 N_a)$  [kgep/m<sup>2</sup>.ano] (RCCTE, Artigo 15°, números 4 e 5), sendo  $F_{pui}$ ,  $F_{puv}$ ,  $F_{pua}$  os factores de conversão de energia útil em primária e (RCCTE, Artigo 18°) e  $\eta_i$ ,  $\eta_v$  a eficiência nominal dos equipamentos utilizados para os sistemas de aquecimento e de arrefecimento.

A solução base considerada para os sistemas coincide com a situação de não se ter previsto, especificamente, um sistema de aquecimento ou de arrefecimento ambiente o que, para efeitos do cálculo de  $N_{tc}$  o aquecimento é obtido por resistência eléctrica, e o arrefecimento por uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3 (RCCTE, número 6 do artigo 15°):

- Inverno – Resistência eléctrica, eficiência 1 (factor de conversão em energia primária de 0,29)

- Verão – Máquina frigorífica, eficiência 3 (factor de conversão em energia primária de 0,29).

#### 4.3.1 – Influência dos sistemas para produção de AQS

Nos Quadros seguintes analisam-se, em termos necessidades globais de energia primária a influência dos sistemas para produção de águas quentes sanitárias.

Quadro 13 – Colectores Solares e Necessidades Globais de Energia Primária.

		Esquentador a Gás - Resistência Eléctrica e Máquina Frigorífica			
		Tipo de Vidro Tipo de Caixilho: RPH (h <sup>-1</sup> )			
Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano) (Ntc/Nt)		VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VD RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 0,90 h <sup>-1</sup>	VD RPH – 0,90 h <sup>-1</sup>
Isolamento térmico da	<b>Parede_0</b>	8,69 <b>(0,80)</b>	8,57 <b>(0,79)</b>	8,55 <b>(0,79)</b>	8,44 <b>(0,78)</b>
	Parede_3	7,99 <b>(0,74)</b>	7,88 <b>(0,73)</b>	7,87 <b>(0,72)</b>	7,76 <b>(0,72)</b>
	Parede_6	7,84 <b>(0,72)</b>	7,72 <b>(0,71)</b>	7,71 <b>(0,71)</b>	7,60 <b>(0,70)</b>
	Parede_8	7,78 <b>(0,72)</b>	7,66 <b>(0,71)</b>	7,65 <b>(0,71)</b>	7,54 <b>(0,69)</b>
			Colectores Solares + Esquentador a Gás - Resistência Eléctrica e Máquina Frigorífica		
Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano) (Ntc/Nt)		VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VD RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 0,90 h <sup>-1</sup>	VD RPH – 0,90 h <sup>-1</sup>
Isolamento térmico da	<b>Parede_0</b>	6,15 <b>(0,57)</b>	6,03 <b>(0,55)</b>	6,01 <b>(0,55)</b>	5,90 <b>(0,54)</b>
	Parede_3	5,45 <b>(0,50)</b>	5,34 <b>(0,49)</b>	5,33 <b>(0,49)</b>	5,22 <b>(0,48)</b>
	Parede_6	5,30 <b>(0,49)</b>	5,18 <b>(0,48)</b>	5,16 <b>(0,47)</b>	5,06 <b>(0,46)</b>
	Parede_8	5,23 <b>(0,48)</b>	5,12 <b>(0,47)</b>	5,11 <b>(0,47)</b>	5,00 <b>(0,46)</b>
	Valor Limite	<b>Nt = 10,85 kgep/m<sup>2</sup>.ano</b>			

Quadro 14 – Esquentador vs Termoacumulador e Necessidades Globais de Energia Primária.

		Colectores Solares + Esquentador a Gás - Resistência Eléctrica e Máquina Frigorífica			
		Tipo de Vidro Tipo de Caixilho: RPH (h <sup>-1</sup> )			
Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano) (Ntc/Nt)		VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VD RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 0,90 h <sup>-1</sup>	VD RPH – 0,90 h <sup>-1</sup>
Isolamento térmico da	<b>Parede_0</b>	6,15 <b>(0,57)</b>	6,03 <b>(0,55)</b>	6,01 <b>(0,55)</b>	5,90 <b>(0,54)</b>
	Parede_3	5,45 <b>(0,50)</b>	5,34 <b>(0,49)</b>	5,33 <b>(0,49)</b>	5,22 <b>(0,48)</b>
	Parede_6	5,30 <b>(0,49)</b>	5,18 <b>(0,48)</b>	5,16 <b>(0,47)</b>	5,06 <b>(0,46)</b>
	Parede_8	5,23 <b>(0,48)</b>	5,12 <b>(0,47)</b>	5,11 <b>(0,47)</b>	5,00 <b>(0,46)</b>
		Colectores Solares + Termoacumulador a Gás - Resistência Eléctrica e Máquina Frigorífica			
Isolamento térmico da	<b>Parede_0</b>	4,95 <b>(0,45)</b>	4,84 <b>(0,45)</b>	4,82 <b>(0,44)</b>	4,71 <b>(0,43)</b>
	Parede_3	4,26 <b>(0,39)</b>	4,14 <b>(0,38)</b>	4,14 <b>(0,38)</b>	4,03 <b>(0,37)</b>
	Parede_6	4,10 <b>(0,38)</b>	3,99 <b>(0,38)</b>	3,97 <b>(0,36)</b>	3,87 <b>(0,36)</b>
	Parede_8	4,04 <b>(0,37)</b>	3,92 <b>(0,36)</b>	3,92 <b>(0,36)</b>	3,80 <b>(0,35)</b>
Valor Limite		Nt = 10,85 kgep/m <sup>2</sup> .ano			

Num cenário em que se utilize colectores solares e em que a única alteração reside na substituição de um esquentador a gás por um termoacumulador, estimou-se uma redução em termos de necessidades globais de energia primária de 19 % a 24 %.

A mesma análise apenas em termos das necessidades nominais de energia para produção de águas quentes sanitárias conduz a uma redução da ordem dos 31%, (parágrafo 4.2).

#### 4.3.2 – Aquecimento e Arrefecimento Ambiente com Bomba de Calor

Analisou-se ainda a adopção de uma bomba de calor para aquecimento e arrefecimento ambiente para os três cenários de sistemas para AQS e para todas as variações conducentes a medidas de melhoria da envolvente (nível de isolamento das paredes, tipo de vidro e caixilho).

Quadro 15 – Necessidades Globais de Energia Primária: esquentador a gás para AQS e sistemas energéticos.

		Esquentador a Gás - Resistência Eléctrica e Máquina Frigorífica			
		Tipo de Vidro			
		Tipo de Caixilho: RPH (h <sup>-1</sup> )			
Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano) (Ntc/Nt)		VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>
Isolamento térmico parede	<b>Parede_0</b>	8,69 <b>(0,80)</b>	8,57 <b>(0,79)</b>	8,55 <b>(0,79)</b>	8,44 <b>(0,78)</b>
	Parede_3	7,99 <b>(0,74)</b>	7,88 <b>(0,73)</b>	7,87 <b>(0,72)</b>	7,76 <b>(0,72)</b>
	Parede_6	7,84 <b>(0,72)</b>	7,72 <b>(0,71)</b>	7,71 <b>(0,71)</b>	7,60 <b>(0,70)</b>
	Parede_8	7,78 <b>(0,72)</b>	7,66 <b>(0,71)</b>	7,65 <b>(0,71)</b>	7,54 <b>(0,69)</b>

		Esquentador a Gás - Bomba de calor			
		Tipo de Vidro			
		Tipo de Caixilho: RPH (h <sup>-1</sup> )			
Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano) (Ntc/Nt)		VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>
Isolamento térmico parede	<b>Parede_0</b>	7,06 <b>(0,65)</b>	7,03 <b>(0,65)</b>	7,03 <b>(0,65)</b>	7,00 <b>(0,65)</b>
	Parede_3	6,88 <b>(0,63)</b>	6,85 <b>(0,63)</b>	6,86 <b>(0,63)</b>	6,82 <b>(0,63)</b>
	Parede_6	6,84 <b>(0,63)</b>	6,80 <b>(0,63)</b>	6,82 <b>(0,63)</b>	6,78 <b>(0,62)</b>
	Parede_8	6,83 <b>(0,63)</b>	6,78 <b>(0,62)</b>	6,80 <b>(0,63)</b>	6,77 <b>(0,62)</b>
Valor Limite		Nt = 10,85 kgep/m <sup>2</sup> .ano			

Quadro 16 – Necessidades Globais de Energia Primária: esquentador a gás com colectores solares para AQS e sistemas energéticos.

		Esquentador a Gás + Colectores Solares - Resistência Eléctrica e Máquina Frigorífica			
		Tipo de Vidro Tipo de Caixilho: RPH (h <sup>-1</sup> )			
Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano) (Ntc/Nt)		VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>
Isolamento térmico parede	<b>Parede_0</b>	6,15 <b>(0,57)</b>	6,03 <b>(0,55)</b>	6,01 <b>(0,55)</b>	5,90 <b>(0,54)</b>
	Parede_3	5,45 <b>(0,50)</b>	5,34 <b>(0,49)</b>	5,33 <b>(0,49)</b>	5,22 <b>(0,48)</b>
	Parede_6	5,30 <b>(0,49)</b>	5,18 <b>(0,48)</b>	5,16 <b>(0,47)</b>	5,06 <b>(0,46)</b>
	Parede_8	5,23 <b>(0,48)</b>	5,12 <b>(0,47)</b>	5,11 <b>(0,47)</b>	5,00 <b>(0,46)</b>
		Esquentador a Gás + Colectores solares - Bomba de calor			
Isolamento térmico parede	<b>Parede_0</b>	4,52 <b>(0,42)</b>	4,48 <b>(0,41)</b>	4,49 <b>(0,41)</b>	4,46 <b>(0,41)</b>
	Parede_3	4,34 <b>(0,40)</b>	4,30 <b>(0,40)</b>	4,32 <b>(0,40)</b>	4,28 <b>(0,39)</b>
	Parede_6	4,30 <b>(0,40)</b>	4,26 <b>(0,39)</b>	4,27 <b>(0,39)</b>	4,24 <b>(0,39)</b>
	Parede_8	4,28 <b>(0,39)</b>	4,25 <b>(0,39)</b>	4,26 <b>(0,39)</b>	4,22 <b>(0,39)</b>
Valor Limite	Nt = 10,85 kgep/m <sup>2</sup> .ano				

Quadro 17 – Necessidades Globais de Energia Primária: termoacumulador a gás com colectores solares para AQS e sistemas energéticos.

		Termoacumulador a Gás + Colectores Solares - Resistência Eléctrica e Máquina Frigorífica			
		Tipo de Vidro Tipo de Caixilho: RPH (h <sup>-1</sup> )			
Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano) (Ntc/Nt)		VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>	VS RPH – 1,10 h <sup>-1</sup>
Isolamento térmico da	<b>Parede_0</b>	4,95 <b>(0,45)</b>	4,84 <b>(0,45)</b>	4,82 <b>(0,44)</b>	4,71 <b>(0,43)</b>
	Parede_3	4,26 <b>(0,39)</b>	4,14 <b>(0,38)</b>	4,14 <b>(0,38)</b>	4,03 <b>(0,37)</b>
	Parede_6	4,10 <b>(0,38)</b>	3,99 <b>(0,38)</b>	3,97 <b>(0,36)</b>	3,87 <b>(0,36)</b>
	Parede_8	4,04 <b>(0,37)</b>	3,92 <b>(0,36)</b>	3,92 <b>(0,36)</b>	3,80 <b>(0,35)</b>
		Termoacumulador a Gás + Colectores solares - Bomba de calor			
Isolamento térmico da	<b>Parede_0</b>	3,33 <b>(0,31)</b>	3,29 <b>(0,30)</b>	3,30 <b>(0,30)</b>	3,27 <b>(0,30)</b>
	Parede_3	3,15 <b>(0,29)</b>	3,11 <b>(0,29)</b>	3,12 <b>(0,29)</b>	3,09 <b>(0,28)</b>
	Parede_6	3,11 <b>(0,29)</b>	3,07 <b>(0,28)</b>	3,08 <b>(0,28)</b>	3,05 <b>(0,28)</b>
	Parede_8	3,09 <b>(0,28)</b>	3,05 <b>(0,28)</b>	3,07 <b>(0,28)</b>	3,03 <b>(0,28)</b>
Valor Limite		Nt = 10,85 kgep/m <sup>2</sup> .ano			

## 5. Certificação Energética – classe de eficiência energética

A Classe de Eficiência Energética é determinada pela razão entre as necessidades nominais globais de energia primária Ntc de um edifício e o valor limite Nt, que por sua vez é estimado a partir dos valores Ni, Nv e Na de acordo com a metodologia do RCCTE.

No Quadro 18 encontram-se as diferentes classes adoptadas em Portugal bem como os respectivos intervalos em função de NTC/Nt para os edifícios novos e existentes

Quadro 18 – Classes de Eficiência Energética para Edifícios Novos e Existentes.

Classe	$R = \frac{N_{tc}}{N_t}$
A+	$R \leq 0,25$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$
<b>C</b>	<b><math>1,00 &lt; R \leq 1,50</math></b>
D	$1,50 < R \leq 2,00$
E	$2,00 < R \leq 2,50$
F	$2,50 < R \leq 3,00$
G	$R < 3,00$

De acordo com os valores tabelados em termos das razões  $N_{tc}/N_t$  pretende-se para as variações paramétricas efectuadas evidenciar a importância de cada um dos cenários simulados em termos das classes de certificação energética.

Quadro 19 – variações Paramétricas e Classes de Eficiência Energética.

Cenário	Classe Energética	
Melhoria da envolvente	Edifício regulamentar (metodologia detalhada) Classe B- para Classe B	
Colectores Solares	Classe B para Classe A	
Bomba de Calor para climatização	Esquentador a gás	Classe B
	Colectores Solares e Esquentador a Gás	Classe A
	Colectores Solares e Termoacumulador	Classe A

A melhoria da envolvente ao nível da adopção de soluções com maiores níveis de isolamento térmico permitiu, além de passar uma fracção autónoma de Classe B- para B, torná-la regulamentar perante a metodologia detalhada do RCCTE. O cenário de paredes não isoladas conduzia sempre à não verificação dos requisitos para estação de aquecimento.

A adopção de colectores solares é determinante para a obtenção de uma classe A. Embora não seja uma situação utilizada na prática optou-se por simular colectores com esquentador a gás com eficiência igual á solução de base e assim diferenciar o papel dos sistemas solares (Quadro13). A optimização apenas ao nível dos sistemas de climatização poderá não corresponder a uma melhoria significativa da classe energética do edifício/fracção autónoma - climatização com bomba de calor para e aquecimento de águas quentes sanitárias com um esquentador a gás (Quadro 15).

## 6. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O levantamento efectuado junto deste conjunto edificado permitiu identificar que as varandas foram fechadas o que, face à actual legislação, ao serem transformadas em marquises deverão ser tratadas como espaços não úteis e, as paredes inicialmente

exteriores, confinantes com a marquise passam a ser consideradas parte integrante da envolvente interior pelo que os ganhos solares deixam de ser contabilizados.

Será também avaliada a situação em que se consideram que fazem parte integrante da habitação. Assim, em termos de trabalho futuro será dois aspectos que irão ser abordados bem como a análise de um piso de cobertura.

As variações paramétricas ao nível da melhoria da envolvente, nesta fase, apenas foram feitas em termos energéticos mas pretende-se que sejam objecto de uma análise económica a fim de se determinar a espessura óptima de isolamento térmico quer ao nível das paredes quer ao nível da cobertura.

Esta análise será numa primeira fase feita com base na estimativa do período de retorno simples, PSR [3], que consiste na razão entre o custo adicional do investimento ( $C_a$ ) e a economia anual resultante da adopção da aplicação da solução mais eficiente ( $P_1$ )

$$PRS = \frac{C_a}{P_1}$$

O custo adicional ( $C_a$ ) é igual à diferença entre o custo inicial da solução base e o custo da solução mais eficiente no momento da construção do sistema com base na documentação técnica e orçamental disponível. A poupança anual ( $P_1$ ) devido adopção da alternativa mais eficiente é estimada com base em simulações detalhadas ou simplificadas do funcionamento do edifício para o período de um ano.

Nesta metodologia os custos de energia são mantidos sempre constantes e iguais aos custos existentes na altura em que ocorre o investimento, estamos pois perante um modelo conservativo em que não se tem em conta os efeitos da inflação.

## Referências

- [1] RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento térmico dos Edifícios, Decreto-Lei n.º 80/2006.
- [2] ITE 50 , Pina dos Santos, C., Matias, L., Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios.
- [3] RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, Decreto-Lei n.º 79/200

## ABSTRACT

The evaluation of a flat of the sixties of a social housing is undertaken based on the Portuguese Thermal Regulation - RCCTE of 2006, under thermal and energetic aspects.

In the first phase are studied the changes that will be necessary to introduce in the flat to assure that it will verify the RCCTE regulation. This analysis is performed in terms of: U-values of the opaque envelope, energetic systems for (domestic hot water, ambient heating and cooling) and the class of energy efficiency is estimated, for each variation, based on the heating, cooling, DHW demands.



