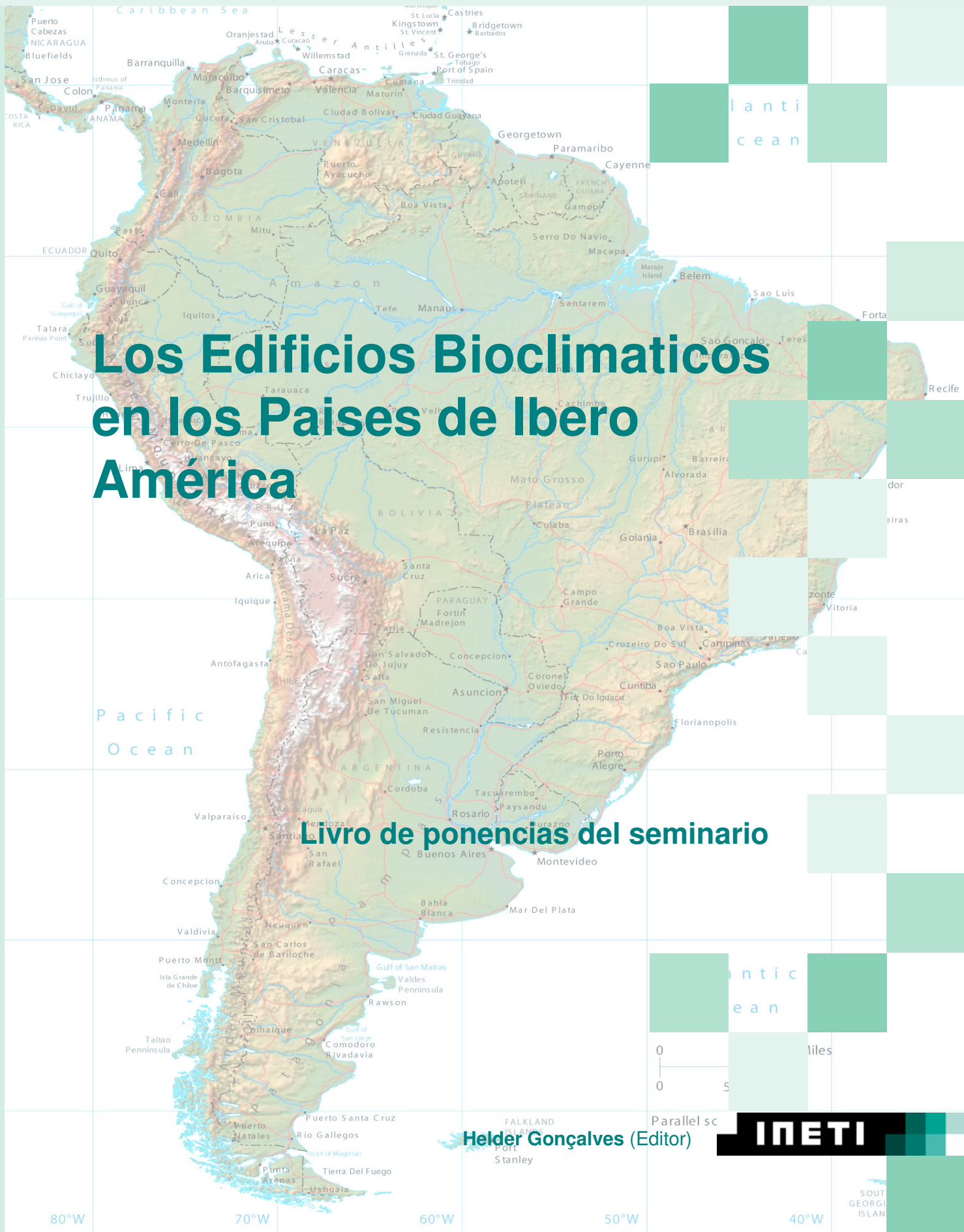


**RED IBEROAMERICANA PARA EL USO DE ENERGIAS RENOVABLES  
Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN VIVIENDAS Y  
EDIFICIOS DE INTERES SOCIAL**



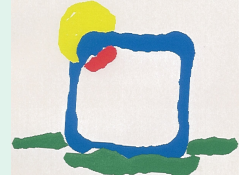
# Los Edificios Bioclimaticos en los Paises de Ibero América

Livro de ponencias del seminario

Helder Gonçalves (Editor)



80°W 70°W 60°W 50°W 40°W



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

---

# **Los Edificios Bioclimáticos en los Países de Ibero América**

---

**Livro de Ponencias del Seminario  
San Martín de los Andes / Argentina  
31 Octubre / 1 de Noviembre 2005**

# Los Edificios Bioclimaticos en los Países de Ibero América

## Livro de Ponencias

**Editor:** Helder Gonçalves, Coordinador de la Red CYTED “Red Ibero Americana para el Uso de Energias Renovables y Diseño Bioclimático en Viviendas Y Edificios de Interes Social”

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, IP  
Departamento de Energias Renováveis  
Estrada do Paço do Lumiar 1648 038 Lisboa  
Tel 210 924 666 • Fax 217127195  
helder.goncalves@ineti.pt

© Programa CYTED 2005

Preparação: Luisa Brotas

Impressão: António Coelho Dias, S. A.

Tiragem: 200 exemplares

ISBN N° 972-676-200-6  
Depósito Legal N° 237579/06

### **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
<b>BRASIL</b>	
EDIFÍCIOS BIOCLIMÁTICOS DE USO SOCIAL EXEMPLOS NO NORDESTE DO BRASIL Elielza Moura de S. Barbosa, Julia De'Carli e Chigueru Tiba	1
CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL Marcelo de Andrade Romero	9
<b>CHILE</b>	
ADAPTACIÓN TÉRMICA DE VIVIENDA SOCIAL EN CHILE Marcelo Huenchuñir y Roberto Román	15
<b>ECUADOR</b>	
PROTOTIPOS DE BAJO COSTO PARA LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN EL ECUADOR Marco Yáñez	23
<b>EL SALVADOR</b>	
PROYECTOS DE DESARROLLO: VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL – FUNDASAL Claudia María Blanco Alfaro	31
<b>ESPAÑA</b>	
ESPAÑA: UN EDIFICIO BIOCLIMÁTICO EN ESPAÑA Juan Manuel Mieres, Amandine Gal y Joaquín García	41
<b>MÉXICO</b>	
EDIFICIOS BIOCLIMÁTICOS EN MÉXICO: ACCIONES, PROGRAMAS Y PROYECTOS PARA LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL David Morillón Gálvez	45
<b>PERÚ</b>	
EDIFICACIONES BIOCLIMÁTICAS EN EL PERÚ Raquel Barrionuevo de Machicao y Rafael Espinoza Paredes	57
<b>PORTUGAL</b>	
EDIFÍCIOS BIOCLIMÁTICOS DE CONSTRUÇÃO SOCIAL E EDIFÍCIOS SOCIAIS EM PORTUGAL Helder Gonçalves, Susana Camelo, Cristina Horta, Luisa Brotas e João Mariz Graça	67

## ARGENTINA

DOCENCIA, INVESTIGACIÓN, TRANSFERENCIA Silvia de Schiller	75
PROYECTOS DE BAJO IMPACTO Y ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA Silvia de Schiller, John Martin Evans Claudio Delbene, Alejandro Labeur y Daniel Kozak	85
ENERGÍA EN EL HABITAT CONSTRUIDO: PANORAMA EN ARGENTINA John Martin Evans	97
TAREAS DE DOCENCIA, INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN DEL IAA-FAU-UNT EN ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES Guillermo E. Gonzalo y Jorge R. Negrete	105
VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y USO DE LA ENERGÍA EN VIVIENDAS ESPONTÁNEAS Y OFICIALES DE INTERÉS SOCIAL: ANÁLISIS Y PROPUESTAS Beatriz S. Garzón	113
DE LO SOLAR A LO BIOCLIMÁTICO. UN TRAYECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA Elías Rosenfeld, Gustavo San Juan y Carlos Díscoli	131
ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS EN APLICACIONES AGROINDUSTRIALES: PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE ALTA CALIDAD A. Iriarte, V. García, G. Lesino, S. Flores Larsen y C. Matías	143
ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL PARA ZONAS HÚMEDAS Jorge Daniel Czajkowski	159
ARQUITECTURA BIOCLIMATICA APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN DE RESERVAS DE BIENES CULTURALES EN MUSEOS Analía Fernanda Gómez	171
TRANSFERENCIAS REALIZADAS POR EL LAHV EN EDIFICIOS Y VIVIENDAS SOCIALES BIOCLIMÁTICAS Jorge Alberto Mitchell y Mirza Basso	179
10 AÑOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMATICA EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA Celina Filippín y Alicia Beascochea	197

## INTRODUÇÃO

O Seminário “*Edifícios Bioclimáticos nos Países Ibero Americanos*” foi uma realização do CYTED no âmbito da “*Rede Ibero Americana para o Uso das Energias Renováveis e Desenho Bioclimático em Edifícios de Interesse Social - 405RT0271*” e decorreu em San Martín de los Andes na Argentina em 31 de Outubro e 1 de Novembro de 2005.

O objectivo fundamental desta Rede é o de “promover o uso de energias renováveis no projecto de edifícios e que os mesmos se adequem ao clima (edifícios bioclimáticos), de acordo com as técnicas e tipologias construtivas de cada País”. Para atingir este objectivo é necessário um esforço de todos os intervenientes no sentido de fazer o levantamento da situação em cada região, sobre as experiências técnicas e científicas e práticas construtivas de forma a concretizar acções interventivas em cada País.

Neste sentido a “Red” pretende proporcionar a aproximação entre todos os actores interessados na área dos edifícios e das energias renováveis (investigadores, académicos, profissionais, promotores, construtores, administração pública e reguladores) de forma a promover a discussão sectorial e finalmente estabelecer linhas de acção em cada País.

O presente Seminário enquadra-se neste espírito, e pretendeu ser um espaço de discussão para todos os Países intervenientes na “Red “ e neste caso focalizando a discussão num País em particular, a Argentina. Foram convidados todos os grupos principais da Argentina, tendo conduzido a um grande número de apresentações e discussões sobre a situação na Argentina, que creio ter sido muito útil e interessante para todos, constituindo um marco e um exemplo de intervenção desta Red.

A todos os participantes agradeço o empenho e interesse, fazendo votos que outros Seminários se repitam noutros Países Ibero Americanos.

Helder Gonçalves  
Coordenador da Red Cyted (405RT0271)

INETI, 12 de Dezembro de 2005

## EDIFÍCIOS BIOCLIMÁTICOS DE USO SOCIAL EXEMPLOS NO NORDESTE DO BRASIL

Elielza Moura de S. Barbosa<sup>1</sup>, Julia De'Carli<sup>2</sup> e Chigueru Tiba<sup>1</sup>

Grupo de Fontes Alternativas de Energia/Departamento de Energia Nuclear

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Luiz Freire, 1000 CDU, 50740540 Recife-PE/BR

**RESUMEN** En el contexto de la Red Viviendas –Red Iberoamericana para el Uso de Energías Renovables y Diseño Bioclimático en Viviendas y Edificios de Interés Social será realizado un relajamiento preliminar de *edificios bioclimáticos de uso social* en la región Nordeste de Brasil, particularmente en la ciudad de Recife. Serán identificados los elementos más utilizados en la arquitectura brasileña con el propósito de adecuación al clima de la región. En ese contexto, merecen ser destacados los hospitales de la Red Sarah, proyectados por el arquitecto João F. Lima (Lelé), que une conceptos bioclimáticos con conceptos terapéuticos, relativos al tratamiento de personas con problemas motores. Unidades de demostración localizadas en las universidades federales de los estados de Pernambuco y Alagoas, son también mencionadas como ejemplos destacados de edificaciones bioclimáticas e/o energéticamente eficientes. *Energías renovables, Características climáticas brasileñas, Edificios bioclimáticos, Adecuación climática.*

### INTRODUÇÃO

A arquitetura brasileira tem se apresentado extremamente criativa, versátil e expressiva quanto à utilização de materiais, formas e muitas vezes de conceitos que utilizam recursos naturais. No entanto, poucos são os exemplos de *edificações de uso social* que apresentam harmonia com o seu entorno, conforto ambiental e eficiência energética e que podem ser classificados realmente como edifícios bioclimáticos.

Ao contrário, na maioria das edificações há a necessidade da utilização de recursos artificiais para a obtenção de níveis mínimos de conforto térmico e luminoso nos interiores dos ambientes.

Segundo Bittencout, 2002, alguns fatores, até pouco tempo, estimularam a produção de edifícios onde os aspectos ligados ao conforto ambiental são pouco valorizados: o mau aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis, a não adequação das edificações ao clima local, o relativo baixo custo das tarifas e ampla oferta energia elétrica. Relatando o Prof. Bittencout, “a não incorporação de princípios elementares de uma arquitetura mais apropriada ao meio ambiente propiciaram a disseminação, principalmente nos edifícios voltados para as camadas mais privilegiadas da sociedade, de um padrão arquitetônico conhecido como ‘estilo internacional’; construções com uma linguagem arquitetônica uniforme, que poderiam ser implantadas em qualquer região do mundo, independentemente das características climáticas do sítio. Os óbvios problemas de conforto ambiental, decorrentes da adoção desse padrão uniforme, seriam ‘corrigidos’ com o uso de sistemas de ar condicionado e iluminação artificial. Tal equívoco foi ainda mais intenso em regiões quentes e úmidas, onde as estratégias bioclimáticas mais indicadas para melhor adequar às edificações ao clima, são a proteção solar e a ventilação natural. Essas estratégias demandam uma tipologia construtiva diferente dos prismas “puros” de vidro,

muito moda no Brasil atual. A importância de se construir edifícios mais adaptados ao clima amplia-se, ainda mais, nas construções destinadas à população de renda mais baixa. Para essa população, a melhoria do conforto térmico no interior dos ambientes depende, fundamentalmente, de uma melhor adequação das construções ao contexto climático. Mais recentemente, a preocupação com a relação entre energia e sustentabilidade, ampliada devido à recente crise energética brasileira, vem provocando uma mudança de atitude por parte de muitos profissionais. Entre eles encontram-se os arquitetos e engenheiros. Discute-se a necessidade de se incrementar, nos métodos de projeto dos arquitetos, a preocupação com os aspectos ligados à eficiência energética, “(Bittencout et all, 2002).

Para atingir o conforto térmico desejado no interior das edificações, é necessário a análise prévia dos fatores determinantes, como insolação, ventos dominantes e características do entorno, além do posicionamento do edifício no lote, vegetação, tipo de fachada, espessura de paredes, escolha de materiais, dimensão das aberturas e materiais empregados.

Nesse sentido e para um melhor entendimento dos exemplos abordados, apresentam-se, algumas informações relevantes ao tema em pauta: caracterização geo-climática e energética e tipos de elementos arquitetônicos mais utilizados para adequações climáticas no Nordeste do Brasil (NE/BR). Os exemplos de edificações apresentados possuem conceitos bioclimáticos na sua concepção de projeto e se referem a *edifícios de interesse social* em três setores: administrativo, saúde e educação, localizados nas capitais brasileiras: Recife -PE, Maceió -AL, Salvador-BA. Salientam-se o conjunto de Hospitais Sarah e as unidades demonstrativas de edificações energeticamente eficientes, nas universidades federais dos estados de Pernambuco e Alagoas. Como destaque especial e histórico, apresenta-se o prédio do MEC localizado na cidade do Rio de Janeiro, Região Leste.

## INFORMAÇÕES RELEVANTES

### Caracterização – Geográfica e Clima

O Brasil possui um clima bastante variado já que se situa entre os dois trópicos, Câncer e Capricórnio, e por seu imenso território: 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, 23.102 km de fronteira, ( 7.367 km com o oceano atlântico e 15.735 km com os países vizinhos.) A baixa densidade demográfica, cerca de 22 hab/km<sup>2</sup>, não é representativa da realidade. A grande maioria da população de 184,8 milhões de habitantes vive nos grandes centros urbanos principalmente ao longo do litoral (200 a 12.900 hab/km<sup>2</sup>) contra cerca de 0,13 a 5 hab/km<sup>2</sup> no interior da Região Amazônica, (IBGE, 2004).

A variabilidade climática do Brasil com a divisão do clima em seis regiões básicas com suas respectivas características constam na Tab.1. Observa-se que mesmo com uma diversidade de climas, não há grandes amplitudes na variação das temperaturas.

No litoral do Nordeste predomina a região Tropical Atlântico com temperaturas médias de 18 a 28<sup>o</sup>C, baixas amplitudes térmicas anuais (3 a 7%), altas umidades relativas do ar (40 a 80%), cerca de 58,5 a 85% de horas de desconforto por calor e 14,7 a 37,8 % de conforto e índices de irradiação solar de 5,0 a 6,0 kWh, média diária mensal, praticamente durante todo o ano. Portanto, a ventilação apresenta-se como a principal estratégia bioclimática para o desconforto térmico resolvendo cerca de 45,5 a 68,5% das horas do ano. Em segundo lugar vem a ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo resolvendo cerca de 7,5 a 15,8% das horas do ano de desconforto térmico.

## Caracterização – Energética

No Brasil cerca de 80% da energia elétrica produzida é de natureza renovável. 62% do consumo total de energia elétrica corresponde aos setores residencial (56%) e público (8%), (BEM, 2004). Basicamente, esse consumo é proveniente da utilização de equipamentos de climatização ambiental e iluminação. Espaços bem projetados aproveitando os recursos naturais podem reduzir significativamente esse consumo, principalmente no Nordeste onde não há praticamente necessidade de aquecimento do ambiente, (BEM, 2004).

**Tabela 1- Posicionamento Geográfico e Caracterização Climática do Brasil**

<b>EQUATORIAL:</b>	Temperaturas médias entre 24 a 26°C, com amplitude térmica anual (ATA) de até 3°C. Chuvas abundantes e bem distribuídas (> 2.500 mm/ano). Amazônia	
<b>TROPICAL:</b>	Temperaturas médias acima de 20°C e ATA de até 7°C. Chuvas entre 1.000 mm/ano e 1.500 mm/ano. Verão quente e chuvoso, inverno quente e seco. Região central	
<b>TROPICAL DE ALTITUDE:</b>	Temperaturas médias de 18 a 22°C. Chuvas mais intensas (entre 1.000 mm/ano e 1.800 mm/ano). Inverno pode gear. Norte do Paraná e o sul do Mato Grosso do Sul	
<b>SEMI-ÁRIDO:</b>	Temperaturas médias muito altas em torno dos 27°C. Chuvas são muito escassas (menos que 800 mm/ano) e ATA por volta de 5°C. Região mais seca do país. Nordeste	
<b>TROPICAL ATLÂNTICO:</b>	Temperaturas médias de 18°C a 26°C. Ata varia de região para região. Chuvas abundantes (1.200 mm/ano), se concentrado no verão para as regiões de latitudes mais baixas (perto do equador). Mais ao Norte, a semelhança entre as estações de inverno e de verão (diferenciadas apenas pela presença da chuva, mais constante no inverno) resulta em baixas ATA. Conforme a latitude aumenta, cresce também a ATA, diferenciando bem as estações.	
<b>SUBTROPICAL:</b>	temperaturas médias normalmente abaixo dos 20°C e ATA entre 9°C a 13°C. As chuvas são fartas e bem distribuídas (entre 1500 mm/ano e 2000 mm/ano). O inverno é rigoroso nas áreas mais elevadas, onde pode ocorrer neve.	

## Elementos arquitetônicos para adequação climática – Nordeste

As estratégias bioclimáticas mais eficientes para melhor adequar às edificações ao clima são a proteção solar e a ventilação natural na maioria das regiões do Brasil. O excessivo sol, comumente visto no Nordeste Brasileiro, requer a criação de lugares agradáveis, frescos e sombreados. Os principais elementos de estratégias de adequação climática utilizados no Nordeste, resumidamente são (Holanda, 1976):

- Criar sombra: como *beirais*, *pergolados*, *vegetação*, etc. O espaço sombreado, além de privar a incidência direta da luz, ainda cria um espaço ventilado onde a brisa e o vento circulam livremente;
- Proteger as janelas e recuar paredes: como os *brise-soleil*, *venezianas*, *muxarabi*, *persianas*, etc. Evitar a incidência direta de raios solares na janela ou no interior das edificações, ameniza a temperatura interna e a iluminação excessiva sem abdicar da ventilação;

- Vazar muros: como o COBOGÓ, elemento de cerâmica ou cimento vazado, possui a função de vedação, porém filtrando o excesso de iluminação nos ambientes permitindo a ventilação, muito freqüentemente usado no Nordeste Brasileiro;
- Peitoril ventilado: o peitoril-ventilado é uma invenção do Arquiteto Pernambucano Augusto Reinaldo, garante que o ambiente esteja permanentemente ventilado mesmo em caso de chuvas. Proporcionando um maior conforto térmico e circulação do ar.

## EDIFÍCIOS DE INTERESSE SOCIAL COM CONCEITOS BIOCLIMÁTICOS

Foram identificados e analisados alguns exemplos da arquitetura brasileira, particularmente no Nordeste, de *edificações de interesse social* que possuem conceitos bioclimáticos na sua concepção do projeto e que se destacam pela técnica ou pelo valor histórico. Essas edificações estão vinculadas aos setores: administrativo, saúde, e educação.

### Exemplo 01- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA- MEC (1936)

Marco na arquitetura moderna brasileira. Situado, na época de sua construção, em um entorno de edifícios antigos colados no lote. O edifício ganha destaque por se soltar no lote, para permitir espaço, visando à contemplação da edificação como um todo. A fachada NNO, que possui uma incidência maior dos raios solares, foi concebida com Brise-soleil móveis (horizontais) e fixos (verticais) e compõe toda a fachada, resultando em uma unidade plástica e climaticamente adequada. Na fachada SSE foi adotado a utilização de grandes caixilhos envidraçados até o teto que garantem perfeita condição de ventilação e iluminação.. Ao optar pelo edifício verticalizado, os recuos gerados pela altura da edificação criaram uma área de contemplação que funciona como um espaço público, uma praça. No térreo foram utilizados pilotis em escala monumental, criando um corredor de ventilação e fundindo o espaço público com o privado.



*MEC- Ministério da Educação e Cultura  
Administração Pública - Rio de Janeiro  
Projeto: Lúcio Costa e Oscar Niemeyer  
com Lê Corbusier, 1936*

### Exemplo 02- EDIFÍCIO SANTO ANTÔNIO- 1960

Situado num dos bairros mais antigos da cidade de Recife, o Edifício é um conjunto de escritórios composto por quatro pavimentos. Para amenizar os efeitos solares e garantir iluminação filtrada e ainda uma ventilação natural, contou com um conjunto de elementos pré-fabricados em sua fachada Oeste, *Cobogós*, resultando em uma fachada vazada e neutra.



*Edifício Santo Antonio  
Administração Pública - Recife  
Projeto de Acácio Gil Borsoi, 1960*

### **Exemplo 03- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE**

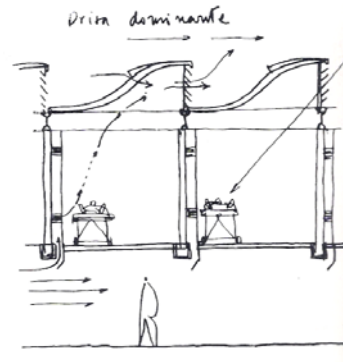
Obra de grande complexidade por suas dimensões. O edifício da SUDENE está situado na cidade de Recife. Com 15 pisos, mede 250 metros de comprimento na forma de leve arco, com a sua fachada principal voltada para o Oeste. Conta com a utilização de paredes de *Cobogó*, e *Brise-soleil*. Projetado para o clima tropical, dispensa até hoje instalação de ar condicionado com exceção dos locais previstos no programa de necessidades no projeto.



*SUDENE-Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Administrativo Recife  
Projeto Castro e equipe, 1970*

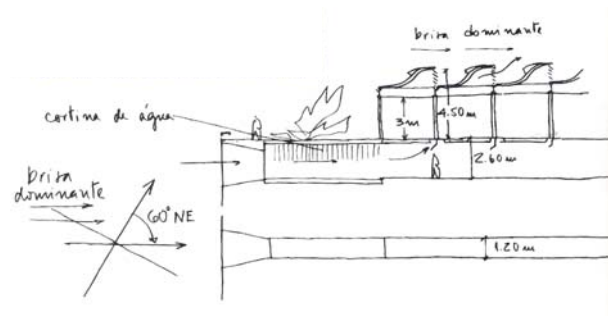
### **Exemplos - CENTRO DE TECNOLOGIA DA REDE SARAH**

João Figueiras Lima (Lelé) desenvolveu uma série de projetos hospitalares para a Associação das Pioneiras Sociais (APS), e conta atualmente com projetos em várias capitais brasileiras. Por utilizar um sistema construtivo de pré-moldados e industrializados as obras são executadas em um curto espaço de tempo, sem desperdício dos materiais e economicamente mais viável. A Rede Sarah conta com o Centro de Tecnologia capaz de construir novos edifícios desde as instalações estruturais até utensílios necessários para o funcionamento do hospital, como macas, divisórias, etc. Os espaços criados são fluidos e coloridos, com jardins e áreas agradáveis, que proporciona um caráter acolhedor ao local e onde os pacientes circulam. A terapia se baseia na mobilidade do paciente, até sua recuperação. A arquitetura toma como partido a potencialização dos elementos da natureza, como o vento, água e vegetação, tornando o ambiente mais agradável climaticamente, mais arejado e com poucos índices de infecção hospitalar, além de necessitar de menos recursos energéticos convencionais. A iluminação natural serve de apoio à iluminação artificial, assim como o sistema de ventilação e de umidificação do ar. (Lima, 1999)



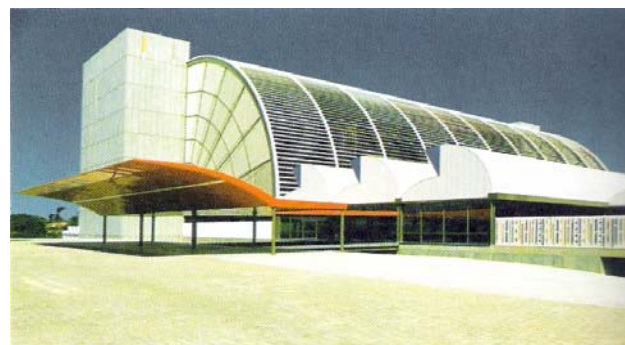
#### Exemplo 04- HOSPITAL SARAH – SALVADOR- 1994

Inaugurado em Março/1994, foi o primeiro da Rede em que as galerias de manutenção foram utilizadas também como dutos de ventilação e de distribuição de ar fresco à maioria dos ambientes do hospital. Com implantação privilegiada, no alto de uma cumeeira típica do relevo de Salvador, privilegiando os fatores climáticos. Com concepção horizontal, para integrar às áreas dos terraços e jardins e facilitar o deslocamento e passeio dos pacientes.



*Centro Hospitalar Sarah Salvador  
Saúde-Salvador Bahia  
João Figueiras Lima (Lelé), 1994*

#### Exemplo 05- HOSPITAL SARAH FORTALEZA - 1999 -2000



*Centro Hospitalar Sarah Fortaleza  
- Saúde- Fortaleza  
João Figueiras Lima (Lelé), 1999 - 2000*

Localizado próximo ao Vale do Rio Cocó. Assim como o exemplo de Salvador, o Hospital também possui as galerias de manutenção servindo como dutos de ventilações para a maioria dos ambientes situados no pavimento térreo. O ar é captado através de um lago disposto ao longo da edificação, e nebulizadores sobre o lago auxiliam na purificação e no rebaixamento da temperatura do ar que é introduzido nas galerias. Foi preservado um bosque de árvores frutíferas que ocupam quase metade do lote, sendo esta área aproveitada como local para terapia. Um grande espaço verde foi protegido por uma coberta por venezianas para filtrar o sol.

#### **Exemplo 06- NÚCLEO DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR DA UFAL - 2002**



Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da UFAL – Educação- Maceio  
Leonardo Bittencout e equipe, 2002 a 2005

Este projeto tem como objetivo apresentar uma arquitetura, pela qual os condicionantes ambientais são norteadores para proporcionar uma concepção criativa, com menor consumo de energia e sem grandes custos, com um caráter de simplicidade, flexibilidade e eficiência, atendendo às limitações existentes. Destacam-se características peculiares da construção bioclimática, como: circulação cruzada e petioris ventilados, grandes beiras (5 metros), protetores solares verticais móveis e horizontais fixos e captadores de luz e vento. Estes últimos localizados na cumeeira, no trecho que corresponde à circulação central do edifício, e tem por finalidade captar vento para os ambientes e de produzir a exaustão do ar, proporcionado também uma iluminação natural na circulação do pavimento superior.

#### **Exemplo 07 - CASA ENERGETICAMENTE EFICIENTE DA UFPE – 2002/2003**

Projeto localizado no Campus da UFPE. Na Casa Energeticamente Eficiente diversas atividades práticas de ensino, pesquisa e extensão são desenvolvidas relacionadas às temáticas: análise de condições de conforto, monitoramento de sensores, aplicação de materiais de construção, sistemas estruturais, aplicações da energia solar entre outras. O espaço simular uma habitação unifamiliar, cujo programa é composto por: sala, funcionando como mini auditório; 2 quartos, destinados a sala de reuniões e outro para o monitoramento de sensores e equipamentos; uma copa/cozinha e dois banheiros, totalizando uma área de 120m<sup>2</sup>. Considerando a localização em clima tropical quente e úmido, onde tem-se por objetivo diminuir os efeitos da insolação, da alta temperatura e da alta umidade, buscou-se criar um grande sombreamento, através de amplos beirais ao redor de todo o perímetro do edifício. A criação de um colchão de ar, entre a cobertura e o forro visou diminuir a transmissão de calor para os ambientes interiores. Amplas janelas, sobretudo voltadas para as fachadas Leste, visaram captar a ventilação dominante e fazê-la

cruzar a edificação, contribuindo assim para a diminuição da umidade e da temperatura. As mesmas aberturas também visaram aproveitar a iluminância natural. Utiliza materiais e técnicas de construção modernas, modulares e disponíveis na região, como o gesso. Equipada com circuito de monitoramento e controle elétricos de presença e sistemas solares de iluminação e de aquecimento de água. Todos esses aspectos contribuem para o conforto dos usuários e para a diminuição do consumo de energia elétrica com iluminação e climatização artificiais, significando Eficiência Energética.



Casa Energeticamente Eficiente da UFPE, Educação - UFPE Recife  
Ruskin Marinho e equipe, 2002/2003

## REFERÊNCIAS

- BITTENCOUT, Leonaldo et al (2002) O uso de captadores de vento em arquitetura: o caso do edifício do núcleo de pesquisa multidisciplinar da UFAL, Anais do XVII Congresso Brasileiro de Arquitetura.
  - HOLANDA, Armando. *Roteiro Para Construir no Nordeste; arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Mestrado de Desenvolvimento Urbano, 1976.
  - Lamberts, Roberto Eficiência energética na Arquitetura, São Paulo, 1997 Programa PROCEL
  - LIMA, João Figueiras. *CTRS – Centro de Tecnologia da Rede Sarah*. Brasília; Sarahletras; São Paulo; Fundação Bienal/Proeditoras, 1999.
- Revista SIM, Nº 38. *Borsoi*, Recife, 2005.
- Balço Energético Nacional (Brasil) Bem 2004
- Site: [www.arcoweb.com.br](http://www.arcoweb.com.br); [www.argbr.com.br](http://www.argbr.com.br); [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br); [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

**ABSTRACT** This work is found inserted in the context of Red Iberoamerican for the Use of Renewable Energies and Bioclimatic Design in Residences and Buildings of Social Interest. It is a preliminary survey of examples of bioclimatic buildings in social use in the Northeast of Brazil, and in particular in the city of Recife, and the architectonic elements most used in Brazilian architecture with the aim of having climatic ambient adequacy in a regional climate. In this context, emphasizing the Sarah network of hospital, that are creation of the architect João Figueiras Lima (Lelé) who unites bioclimatic concepts to therapeutics, in the treatments of people with physical disability problems. Also bioclimatic and/or energy efficient buildings, are emphasized, such as, demonstrative units of the federal universities of the Pernambuco and Alagoas States in the Northeast of Brazil. *Renewable energies, Brazilian climatic characteristics, bioclimatic building, Elements of climatic adequacy.*

# CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL

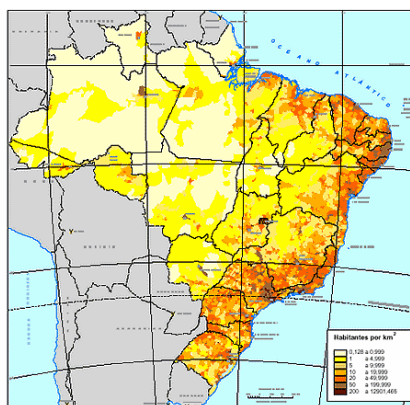
**Marcelo de Andrade Romero**

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de S. Paulo

## 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Brasil possuía no final de 2004 uma população de 170.000.000 habitantes espalhados em 26 estados da federação. O produto interno bruto – PIB é da ordem de R\$ 1769,2 bilhões ou US\$ 605 bilhões (2004). O PIB Per Capita é da ordem de R\$ 9743 ou US\$ 3331 (2004). A taxa de crescimento populacional do país é de cerca de 1,64 % ao ano. O país vem sofrendo desde o início da década de 70, um processo profundo de urbanização, atingindo cerca de 83% em 2003 e este fenômeno não é uma prerrogativa brasileira. A partir da década de 50, o crescimento e a multiplicação de metrópoles na escala mundial foi muito grande. Em 1950, por exemplo, só existiam sete metrópoles com populações superiores a 5 milhões de habitantes, e em 1990 já existiam dezenas de metrópoles nesta escala sendo que muitas delas expandiram os seus limites a ponto de encontrar os limites de outros municípios vizinhos, formando enormes aglomerações chamadas de regiões metropolitanas.

O Brasil possui nove regiões metropolitanas, que concentram cerca de 42 milhões de pessoas ou 30% da população do país, distribuídas em 119 municípios. Esta concentração gera problemas políticos e operacionais de inter-relação entre municípios, como a questão do abastecimento de água, a disposição final de resíduos e a questão habitacional. O país possui 5.560 municípios.



*Figura 1 – Distribuição populacional brasileira*

A região metropolitana de São Paulo, 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 de Tóquio (23,4 milhões), Cidade do México (22,9 milhões) e Nova Iorque (21,8 milhões). O país possui 11 metrópoles, ou seja, cidades com populações superiores a 1 milhão de habitantes: São Paulo; Rio de Janeiro; Curitiba; Goiânia; Manaus; Belém; Fortaleza; Salvador; Porto Alegre; Belo Horizonte e Recife. A concentração populacional ocorre na regiões litorâneas, muitas vezes distantes das zonas de geração hidrelétrica, gerando a necessidade de grandes linhas de transmissão que permeiam o país, principalmente no eixo norte-sul. (ver figura 1)

O processo de urbanização acelerou o processo de periferização urbana das grandes metrópoles brasileiras deixando um contingente muito grande de pessoas a mercê de alternativas não convencionais de moradia e forma do mercado formal.

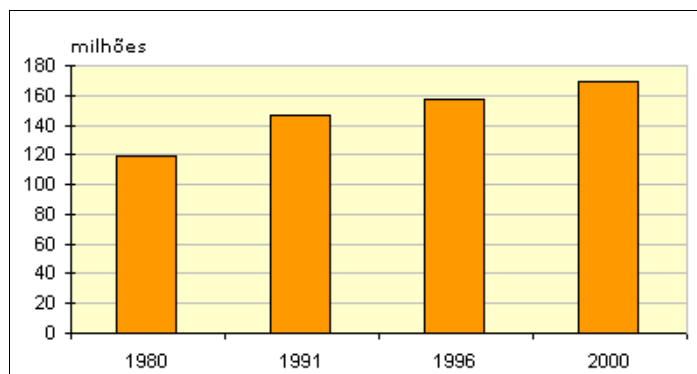


Figura 2 – Evolução populacional brasileira

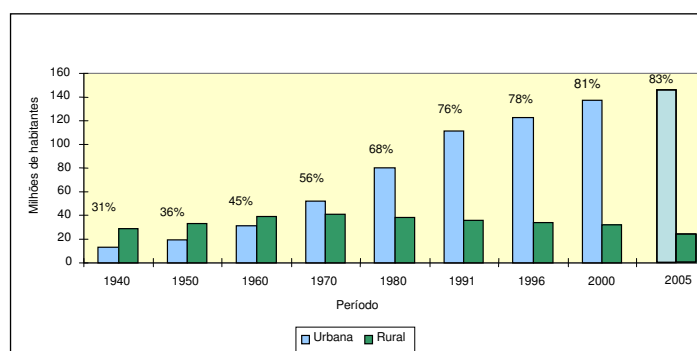


Figura 3 – Processo de urbanização no Brasil

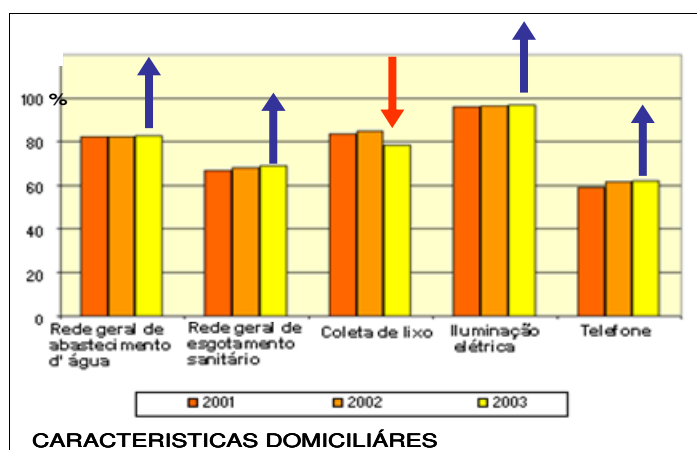


Figura 4 – Crescimento ou redução de características domiciliares no Brasil

Em termos médios de infra-estrutura urbana nos 5560 municípios brasileiros, nota-se uma elevação nos serviços de abastecimento de água, saneamento básico, energia elétrica e telefonia.

## 2. PANORAMA ENERGÉTICO BRASILEIRO

O Brasil é o 10º. país maior produtor de eletricidade do mundo, sendo responsável por cerca de 2,5% da produção mundial, ou 400 TWh (2004). Deste total a hidreletricidade é responsável por cerca de 90% da produção e a tendência é este valor ser reduzido

paulatinamente nos próximos anos, devido a elevação de geração termoeétrica a gás e a diesel, para suprir uma demanda crescente que tem variado entre 4 e 5% ao ano. A opção por continuar a expandir o parque hidrelétrico faz parte de uma política pública do Brasil, mas face às grandes exigências de demanda, as plantas termoeletricas

tornaram-se uma opção de geração mais rápida. Além da hidreletricidade, não existe no país uma política nacional e agressiva de opção por outras fontes renováveis, como a energia e para o aquecimento de água, por exemplo. Cerca de 6% do consumo nacional de eletricidade é gasto nos chuveiros e aquecedores por acumulação nas residências brasileiras. Considerando que a radiação solar incidente no país não é desprezível, o uso de coletores solares em habitações isoladas ou multi-familiares, de interesse social ou não, é uma opção altamente aconselhável, porem pouquíssima utilizada.

Em termos de consumo de energia elétrica setorial, as residências são responsáveis por 26% do consumo total, ou cerca de 100 TWh/ano.

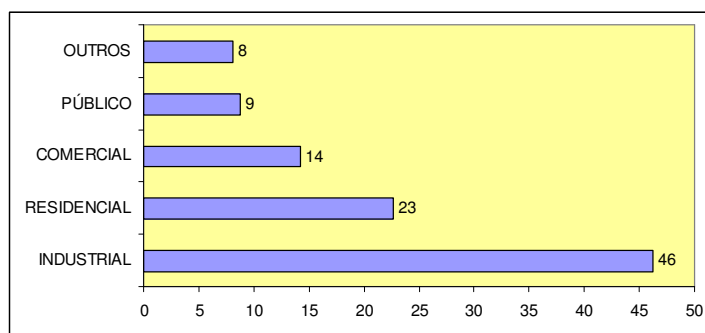


Figura 5 – Consumo percentual de energia elétrica setorial no Brasil -2003

### 3. RESUMO DA QUESTÃO HABITACIONAL NO BRASIL

Problema: Escassez da oferta e elevado preço da habitação

Situação 2003: 17 milhões de brasileiros (9,9% da população) moram em residências superlotadas (mais de três pessoas por dormitório) / 5,7 milhões de pessoas que residem em domicílios alugados comprometem excessivamente sua renda familiar com aluguel (mais de 30% da renda familiar).

Problema: Segregação espacial em assentamentos precários

Situação 2003: 6,6 milhões de pessoas vivem em 1,7 milhão de domicílios localizados em favelas e assentamentos semelhantes.



**BRASIL**

Déficit brasileiro: 6 milhões de unidades  
25 milhões de pessoas

Figura 6 - Brasil político



## ESTADO DE SÃO PAULO

CDHU - ESTADUAL: 30.000 unidades/ano  
 COHABs - MUNICÍPIO: 5.000 unidades/ano

Figura 7 – São Paulo político

### 4. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL

O consumo de eletricidade no Brasil vem crescendo a taxas médias que variam entre 4 e 5% ao ano, e com bastante expressividade no setor residencial, devido a facilidade de aquisição de bens de consumo e a demanda reprimida nesta área nos últimos dez anos. De todos os energéticos envolvidos no setor residencial, a eletricidade é aquela que vem crescendo com maior intensidade, seguida do GLP e esta tendência não deve reverter-se a curto e médio prazos. A utilização mais intensiva do GLP no aquecimento de água para banho e cocção, reduzindo o peso da eletricidade, confronta-se com a larga utilização do chuveiro elétrico devido a facilidade de aquisição e seu preço altamente competitivo. Ver figura 8 a seguir.

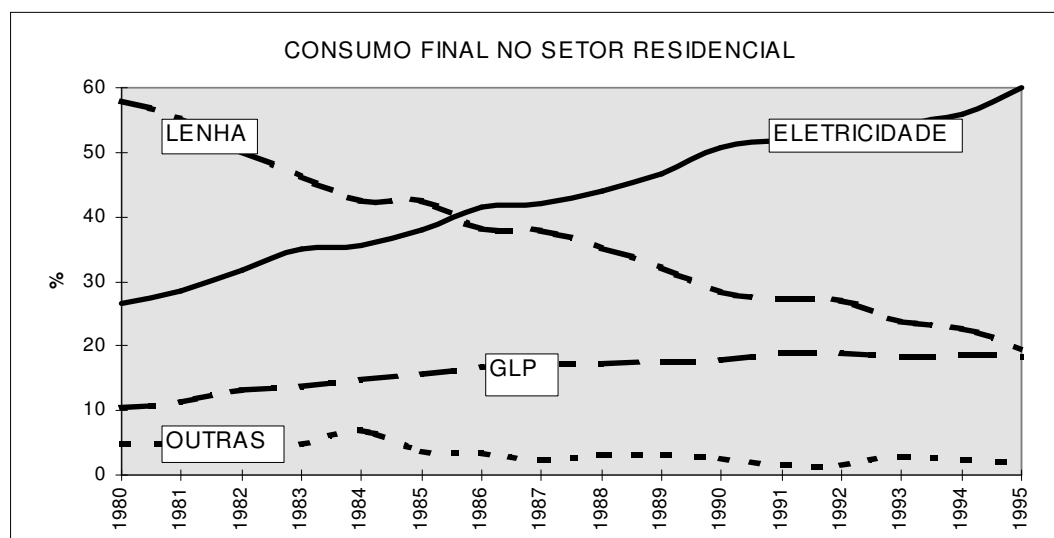


Figura 8 - Consumo final no Brasil para o setor residencial  
 Fonte: Romero & Ornstein (2003)

O consumo médio da família paulistana divulgado pelo IBGE em 1985, era de 144 kWh/mês, para uma média de 4 pessoas. Alguns estudos realizados por este autor no primeiro semestre de 1997 junto à famílias de classe média e classe média alta na cidade de São Paulo para uma média de 5 pessoas por família é de cerca de 500 kWh/mês. Este levantamento que vem sendo feito periodicamente, denota a cada ano uma variação e elevação dos consumos individuais proporcionada pela facilidade atual de aquisição de eletrodomésticos, a elevação da renda familiar e a oferta cada vez mais intensa de novos equipamentos eletrodomésticos que realizam tarefas das mais diversas (Romero & Ornstein, 2003).

Recente pesquisa coordenada por Romero em 27 apartamentos típicos de interesse social revelaram os dados a seguir.

*Tabela 1 - Dados médios gerais para as 27 unidades avaliadas*

<b>DADOS MÉDIOS GERAIS</b>	
Potência instalada média (W/m <sup>2</sup> )	205,00
Nº. Médio de habitantes por unidade habitacional	3,3
Consumo médio (kWh/habitante)	47,00
Consumo médio anual (Kwh/m <sup>2</sup> )	50,4

*Tabela 2 - Dados médios de potências para as 27 unidades avaliadas*

<b>POTÊNCIAS INSTALADAS</b>		
	<b>W/M<sup>2</sup></b>	<b>TOTAL W</b>
Equipamentos diversos - Banheiro	91	3911
Equipamentos diversos - Cozinha	45	1923
Equipamentos diversos - Dormitórios	42	1786
Equipamentos diversos - Área de Serviço	15	633
Iluminação artificial total	09	371
Equipamentos diversos - Sala	04	179
<b>Média total por unidade habitacional</b>	<b>205</b>	<b>8817</b>

As tabelas 1 e 2 anteriores indicam que o consumo médio mensal por unidade de área nas unidades avaliadas é de 4,2 kWh/m<sup>2</sup> ou 50,4 kWh/m<sup>2</sup> anuais. Os dados encontrados por este autor junto às famílias de classe média na cidade de São Paulo, é de cerca de 4,0 a 5,0 kWh/m<sup>2</sup> \*mês por unidade habitacional. Nota-se portanto que o consumo por unidade de área das habitações sociais avaliadas, com renda média familiar de 5 salários mínimos (US\$ 652.00), não é diferente dos consumos encontrados nas habitações de famílias com renda média acima de 20 salários mínimos (US\$ 2.608.00). Esta situação é explicada pela reduzida área das habitações de interesse social e pela presença de uma série de eletrodomésticos na cozinha, sala e principalmente nos dormitórios. Com relação ao consumo mensal, os valores não são reduzidos e a média anual é de 180 kWh/mês por unidade habitacional, atingindo valores de ultrapassam os 200 kWh/mês em determinados períodos.

## **5. NORMAS E LEGISLAÇÕES**

O sistema de controle do que pode ou não ser construído nas edificações no Brasil é realizado por meio de Códigos de Edificações de âmbitos municipais. Tais códigos com força de lei são utilizados por técnicos das prefeituras locais para verificação de diversos aspectos do projeto arquitetônico e entre eles os poucos itens relacionados a eficiência energética. Ciente deste fato, o país optou por elaborar normas técnicas, sem força de lei que subsidiassem o projeto arquitetônico. No início de 2005 foi aprovada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, uma norma de Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social.

A ABNT é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros). Os projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados. A Norma em questão faz parte do conjunto de Normas de Desempenho Térmico de Edificações constituído por: Parte 1: Definições, símbolos e unidades; Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações; Parte 4: Medição da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida; Parte 5: Determinação da resistência térmica e da condutividade térmica em regime estacionário pelo método fluximétrico. Segundo a Norma, para a formulação das diretrizes construtivas - para cada Zona Bioclimática Brasileira - e para o estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo, foram considerados os parâmetros e condições de contorno seguintes: tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e estratégias de condicionamento térmico passivo. Este é um primeiro passo, muito embora ainda reconhecamos que em termos de regulamentos, muita coisa ainda deva ser feita. A figura a seguir demonstra o zoneamento adotado pela norma.

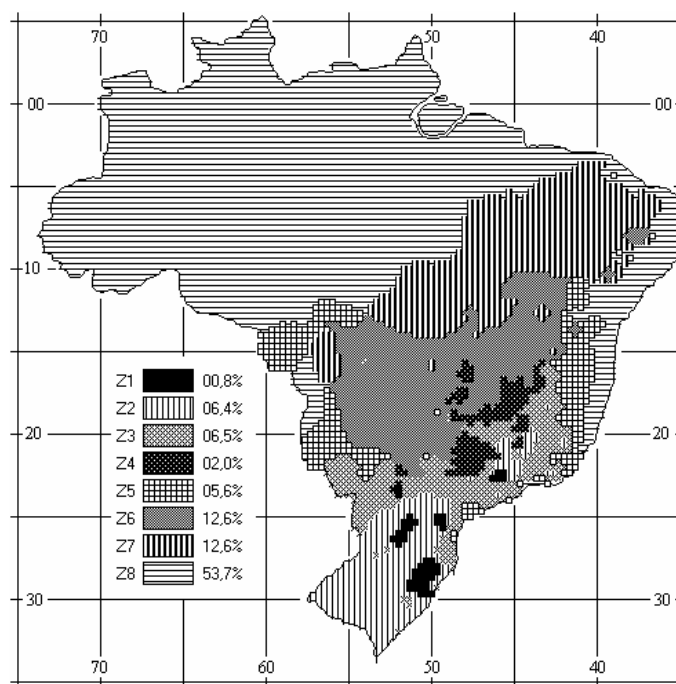


Figura 9 – Zoneamento climático utilizado na Norma Brasileira

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Romero, Marcelo de Andrade; Ornstein, Sheila Walbe. *Avaliação Pós-Ocupação – Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social*. Porto Alegre, COLEÇÃO HABITARE, FINEP, 2003.

[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)

## ADAPTACIÓN TÉRMICA DE VIVIENDA SOCIAL EN CHILE

**Marcelo Huenchuñir, Roberto Román**

Marcelo Huenchuñir, Depto. Ciencias de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, Marcoleta 250- Santiago- CHILE, huenchunir@terra.cl;  
Roberto Román, Dpto. Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Profesor Asociado Casilla 2777 - Santiago – Chile, roroman@ing.uchile.cl; [www.uchile.cl](http://www.uchile.cl)

### RESUMEN:

Este trabajo presenta antecedentes sobre la calidad térmica de la vivienda social en Chile a y sus deficiencias más recurrentes a objeto de distinguir posibles mejoramientos que puedan ser implementados en viviendas existentes. Para ello se muestran ejemplos de vivienda social en Santiago y evaluaciones realizadas por otros autores, a través de las cuales se pueden observar problemas de aislación térmica, condensación, ventilación y calefacción. Finalmente y de acuerdo a las deficiencias detectadas en las viviendas sociales se propone la evaluación de algunos sistemas solares para contribuir a satisfacer la demanda de energía en calefacción y calentamiento de agua domiciliaria.

### ABSTRACT:

This paper is a preliminary data about lower income housing thermal characteristics and its recurrent failures in order to suggest choices of improvement with a chance to be carry them out. According to evaluations made by different specialized research at housing estate in Santiago have showed problems of heat insulation, and space heating system. Finally it is also proposed solar energy systems to contribute the room heating and water warming.

### PALABRAS CLAVE

Vivienda social, aislación térmica, ahorro de energía, calefacción, energía solar

### INTRODUCCIÓN

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 para techumbres en marzo de 2000 (Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción) y en la pronta publicación de la segunda etapa de reglamentación térmica que rige las características térmicas de muros, pisos y ventanas (IC 2003). De esta manera se sientan las bases para un programa país que persigue el ahorro de energía y el mejoramiento del confort térmico en las futuras viviendas. No obstante el parque de vivienda social existente muestra graves deficiencias en acondicionamiento térmico, que es necesario corregir para garantizar el confort térmico de sus usuarios y por ende para mejorar su calidad de vida.

En ese contexto este trabajo presenta resumidamente aspectos sobre la calidad térmica de la vivienda social en Santiago de Chile, como antecedentes base de una propuesta de intervención de vivienda que se realizará a partir del 2006 en el marco de la Red Iberoamericana para el Uso de Energías Renovables y Diseño Bioclimático en Viviendas y Edificios de Interés Social.

### **Clima:**

Santiago está localizado en la latitud 33,40° sur y longitud -70,70°, a una altura de 560 m s.n.m. De acuerdo a la Norma Chilena 1079 (INN 1991), pertenece a la zona climática Central Interior, caracterizada por un clima mediterráneo, temperaturas templadas, inviernos de 4 a 5 meses, insolación intensa en verano y una oscilación diaria de temperatura de 17 °C en enero y 7.9 °C en julio. La temperatura media mínima en Enero asciende a 20,7 °C y a 7,9 °C en Julio.

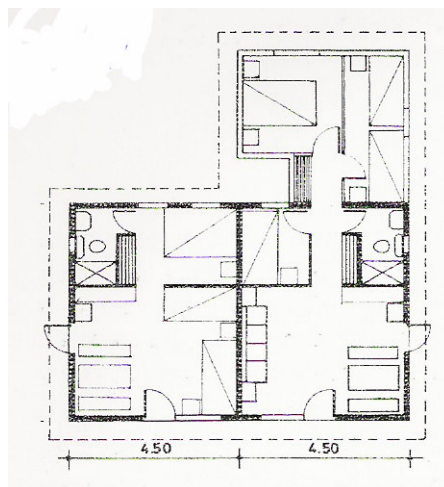
### **Vivienda Social:**

#### *Tipologías de vivienda:*

Las edificaciones de vivienda social en Chile se agrupan en conjuntos de vivienda de baja y mediana altura. Baja altura se refiere a viviendas de 1 o 2 pisos pareadas (agrupadas de a dos, ver figuras 1 y 2) o continua. Mediana altura se refiere a departamentos (o unidades de vivienda) en bloques de tres o más pisos que comparten una escalera central (ver figuras 3 y 4).



*Figura 1: Vista frontal de vivienda en Población Los Carolinos, Puente Alto. Fuente MINVU 2004a*



*Figura 2: Planta de pareo tipo, Población los Carolinos, Puente Alto. Superficie 28 m2. Fuente MINVU 2004a*



Figura 3: Vista frontal de bloque de vivienda en Población Las Parcelas. Fuente MINVU 2004<sup>a</sup>

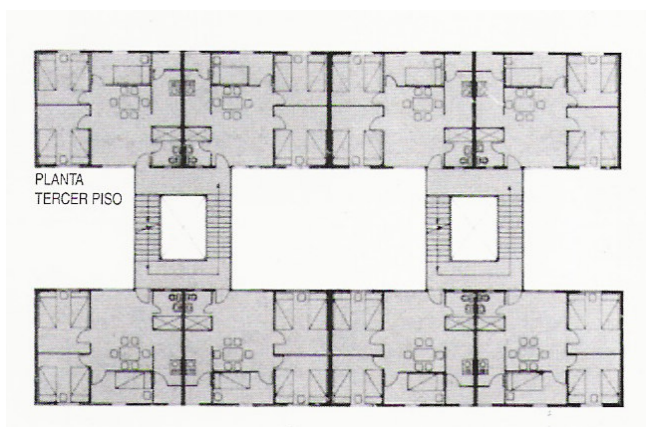


Figura 4: Planta tipo de bloque de vivienda en Población Las Parcelas. Fuente MINVU 2004<sup>a</sup>

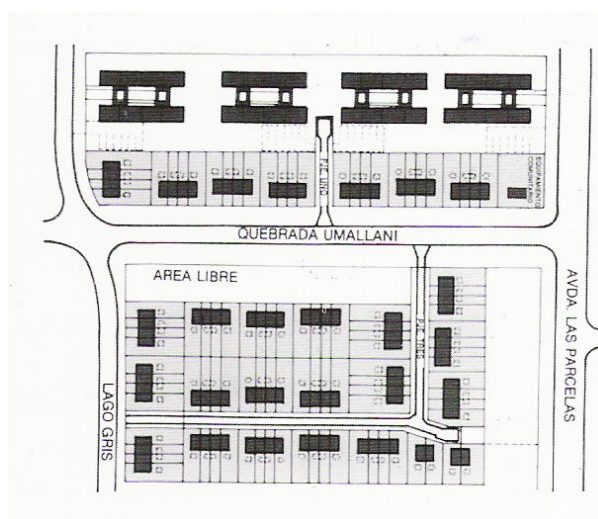


Figura 5: Plano de conjunto en Población Las Parcelas. Fuente MINVU 2004<sup>a</sup>

De acuerdo a datos entregados por el MINVU (MINVU 2004a) el promedio de superficie edificada por vivienda en el período 1990-1994 fue de 38,35 m<sup>2</sup> y de 42,25 en el período 2000-2001, razón por la cual se trata de una vivienda relativamente pequeña.

Para entender el programa de una vivienda en baja altura podemos ver a modo de ejemplo en la figura 2 la vivienda pareada en la Población Los Carolinos. Se trata de un espacio de uso múltiple, mas un baño y un dormitorio, con la posibilidad de una futura ampliación. Para el caso de una vivienda en mediana altura podemos ver en la figura 4 la planta tipo de un bloque de vivienda. Allí los departamentos se organizan en torno a bloques paralelos, conectados entre sí por las escaleras, ahorrando de esta forma espacio y material en circulaciones verticales. Los departamentos se organizan en torno al espacio central destinado a comedor y estar, el cual conecta a la cocina, un baño y tres dormitorios.

### Materialidad

La materialidad comúnmente usada en viviendas sociales de las dos últimas décadas en Santiago se resume en la siguiente tabla:

COMPONENTE	ESTRUCTURA	TERMINACIONES	AISLACIÓN TERMICA
<b>TECHUMBRE</b>	Estructura soportante en cercha metálica o de madera	Cielo en placas de yeso-cartón, fibrocemento o plancha de madera aglomerada  Cubierta en planchas onduladas de fibrocemento o zinc-alum, sobre una barrera de humedad	Planchas de poliestireno expandido, colchoneta de lana minera sobre el cielo
<b>MUROS PERIMETRALES</b>	Albanilería de ladrillo cerámico o ladrillo de cemento, reforzada con pilares y Albañilería armada de ladrillo cerámico hueco y reforzada con cadenas de hormigón armado	Ladrillo a la vista y pintura de terminación  Ladrillo a la vista y pintura de terminación	No presenta  No presenta
<b>MUROS INTERIORES</b>	Tabiques en estructura de madera o metálica	Placas de yeso cartón o madera aglomerada	No presenta
<b>PISOS</b>	Entrepiso en losa de hormigón armado	Afinado de piso con mortero de cemento, flexit	No presenta
	Suelo en contacto con terreno a base de radier de cemento		
<b>VENTANAS</b>	Hojas de ventana proyectantes o correderas con marco de aluminio o hierro y vidriado monolítico		

Figura 6: Materialidad presente en bloques de viviendas sociales construidas en Santiago durante las dos últimas décadas. Fuente MINVU 2004a.

### Aspectos Térmicos

#### Emplazamiento:

En general no hay una preocupación por el emplazamiento de las viviendas en cuanto a orientación y aprovechamiento de la energía solar. La posición de las viviendas es una resultante del plano de loteo del conjunto, con lo cual se desaprovecha el aporte de la radiación solar en recintos habitables (INVI 2004). A modo de ejemplo podemos ver en la figura 5 que las viviendas y bloques de la Población Las Parcelas se localizan indistintamente en todas direcciones.

#### Características térmicas de la envolvente:

De acuerdo a la tabla de la figura 6, las viviendas no presentan aislación térmica, salvo en la cubierta. Como se señala en la introducción, a partir de marzo de 2000 existe en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción un artículo que obliga la ejecución de un complejo de techumbre para la zona de Santiago con un coeficiente de transmitancia térmica de  $0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Esto se ha traducido en la práctica en la inclusión de una colchoneta de material aislante de aproximadamente 8 cms de espesor sobre el material de cielo.

En cuanto a muros pisos y ventanas, estos se caracterizan por poseer un alto coeficiente de transmitancia térmica. A modo de ejemplo podemos ver en la figura 7 los valores U de los materiales y sistemas constructivos presentes en la edificación en Chile.

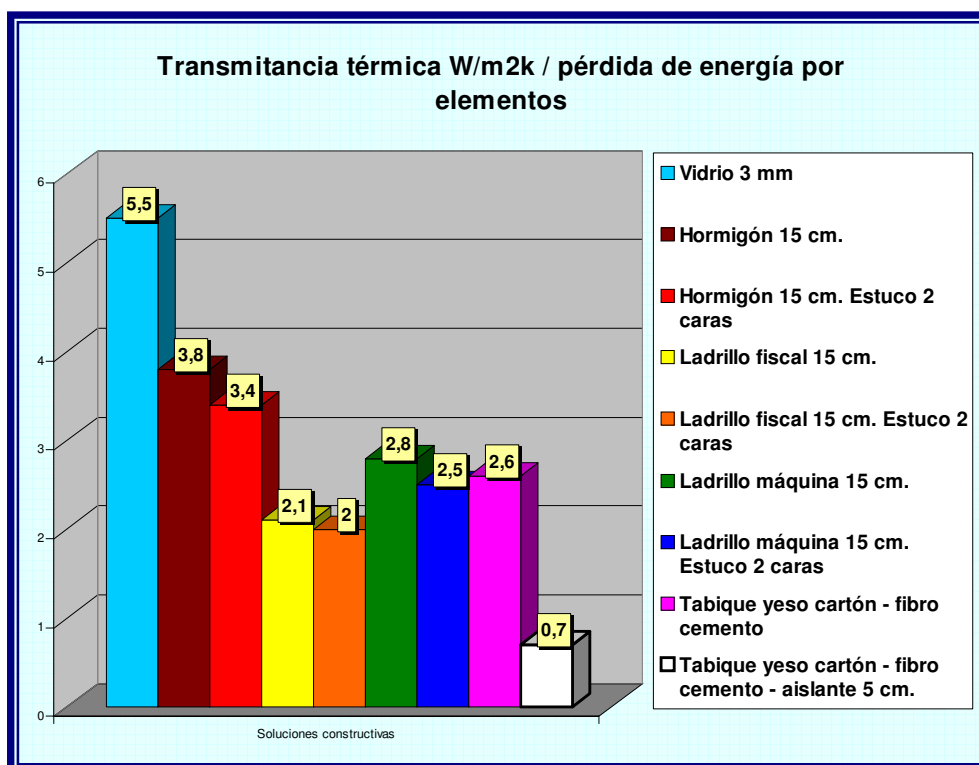


Figura 7: Valores U de sistemas constructivos en la edificación en Chile (Fuente IC 2001)

#### *Demanda de Calefacción:*

Debido a la deficiente calidad térmica de los muros, las viviendas en Santiago presentan una demanda de energía en calefacción muy alta. Según un estudio realizado por el Instituto de la Construcción para tipologías de viviendas construidas entre los años 1994 y 1998, la demanda de calefacción promedio para una vivienda en Santiago ascendió a 96 kWh/m<sup>2</sup>año (IC 2003).

Esta demanda de calefacción es absorbida parcialmente en viviendas sociales mediante sistemas de calefacción a llama abierta en base a estufas móviles de querosene o gas licuado (INVI 2004).

#### *Deficiencias de la vivienda*

En relación al confort térmico, se han detectado las siguientes deficiencias en viviendas sociales de Santiago (INVI 2004, MINVU 2004b, DITEC 1998):

- Alta demanda de calefacción por desaprovechamiento de energía solar y ausencia de aislación térmica en muros
- Contaminación intradomiciliaria debido a gases de combustión emitidos por estufas a llama abierta
- Condensación de vapor de agua en muros, debido a la deficiente calidad térmica de los mismos, hacinamiento y exceso de vapor de agua, falta de ventilación.
- Mala orientación de recintos habitables para captar la energía solar
- No hay criterios de aprovechamiento de la inercia térmica de muros y pisos

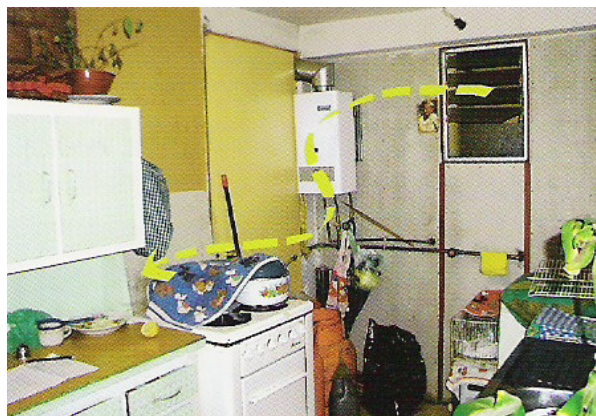
Algunas de las deficiencias señaladas en vivienda social se pueden observar en las figuras 8,9 y 10 de un estudio sobre bienestar habitacional realizado en bloques de vivienda por el INVI (INVI 2004):



*Figura 8: Humedad por condensación*



*Figura 9: Generación de vapor al interior de la vivienda*



*Figura 10: Baño ventilando a cocina por eliminación del espacio de logia*

## INTERVENCIONES POSIBLES

Frente a las deficiencias presentes en la vivienda social se indican a continuación dos tipos de intervención que deben ser evaluadas para su aplicación en un conjunto de vivienda específico en la zona urbana de Santiago:

### *Mejoramiento de la calidad térmica de la envolvente:*

- Revisión de la aislación térmica de la techumbre
- Inclusión de aislación térmica en muros perimetrales, considerando el aprovechamiento de la inercia térmica
- Inclusión de una doble ventana para disminuir las pérdidas de calor por transmisión.

### *Sistemas solares para calefacción y agua caliente*

- Muro solar:  
Considerando la oscilación térmica de Santiago y la inercia térmica de muros perimetrales en los bloques de vivienda sería apropiado estudiar la posibilidad de vidriar algunos muros con orientación norte para transformarlos en muros solares, con y sin ventilación.
- Colector solar para aire caliente:  
Los colectores solares para aire caliente tienen la ventaja de separar el colector y la acumulación, pudiendo funcionar inclusive sin acumulación cuando entregan aire caliente en forma directa a la habitación. En ese sentido los colectores solares para aire caliente pueden contribuir a la calefacción y ventilación de la vivienda, inclusive en aquellos recintos que no están orientados al norte mediante el uso de ductos de aire caliente y ventiladores de impulsión de baja potencia.  
A diferencia del muro solar, los colectores solares para aire caliente pueden integrarse también en la cubierta de las viviendas, considerando su inclinación y su bajo peso propio.
- Colector acumulador para agua caliente  
El calentamiento de agua domiciliar mediante colectores acumuladores tiene la ventaja de ahorrar espacio y material debido a que el colector es también acumulador, pudiendo integrarse en las cubiertas de las viviendas, haciendo uso del espacio de entretecho.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

OGUC

Editorial Jurídica de Chile, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

INN 1991

Instituto Nacional de Normalización, INN, 1977: Arquitectura y Construcción-Zonificación Climático Habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. 2º Edición, Santiago.

---

INVI 2004

Instituto de la Vivienda, FAU U de Chile, Universidad técnica Federico Santa María, Fundación Chile (2004). Bienestar Habitacional, Guía de Diseño para un Hábitat Sustentable, 1º Edición, Santiago

MINVU 2004a

Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile 2004. Chile un Siglo de Políticas en Vivienda y Barrio, 1º edición, Santiago

MINVU 2004b

Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile 2004. Estudio de Patologías en la Edificación de Viviendas Básicas, 1º Edición, Santiago

DITEC 1998

División Técnica de Estudios y Fomento Habitacional, MINVU Chile, 1998. Diagnóstico de Patologías en la Edificación de Viviendas Sociales., 1º edición, Santiago

IC 2003

Instituto de la Construcción, IC, 2003. Propuesta de 2º Etapa de Reglamentación Sobre Acondicionamiento Térmico en Viviendas (resumen). Boletín emitido por el IC, 16 páginas.

IC 2001

Instituto de la Construcción, IC, 2001. Presentación en power point sobre la Propuesta de Estudios para la 2º Etapa de Reglamentación Sobre Acondicionamiento Térmico en Viviendas.



## PROTOTIPOS DE BAJO COSTO PARA LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN EL ECUADOR

**Marco Yáñez<sup>1</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)  
[www.epn.edu.ec](http://www.epn.edu.ec)

### RESUMEN

En el presente artículo se presenta una breve descripción de los aspectos más relevantes de la República del Ecuador, tratando de caracterizar sobre todo al sector energético del país con el objeto de identificar las áreas más sensibles a la aplicación de la Eficiencia Energética. Luego se procede a mostrar algunas de las tecnologías desarrolladas en el Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética por estudiantes y tesis de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional de Quito-Ecuador, bajo la supervisión del autor y aplicando todas las normas pertinentes. Los prototipos desarrollados son de bajo costo y fácil fabricación. Actualmente nos encontramos en la fase de implementación en viviendas y edificaciones de interés social.

### PALABRAS CLAVE

Prototipos de Bajo Costo, Eficiencia Energética en Ecuador

### 1. GEOGRAFÍA DE ECUADOR

Ecuador está ubicado al nor-occidente de América del Sur, en la línea ecuatorial que divide al planeta en dos hemisferios. Al norte limita con Colombia, al Sur y al este con Perú y al oeste con el océano Pacífico. Posee cuatro regiones bien diferenciadas: Costa, Sierra, Oriente o Región Amazónica y Región Insular de Galápagos, que albergan 22 provincias, en una extensión de 256.370 kilómetros cuadrados.

En la Costa tierra de playas, llanuras fértiles, colinas, cuencas sedimentarias y pequeñas elevaciones, se encuentran las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos Guayas y El Oro.

En la Sierra, la cordillera de los Andes atraviesa todo el país de norte a sur con un sistema montañoso que da lugar a las cordilleras Occidental y Oriental, que a su vez forman hoyas y valles. De este modo, la región se caracteriza por poseer montañas y cumbres con volcanes o nevados. En esta región se encuentran las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja.

En el Oriente o Región Amazónica existe una vegetación exuberante y fértil, sus colinas van desde la parte oriental de los Andes y descienden hacia las llanuras del río Amazonas.

---

<sup>1</sup> Físico, Escuela Politécnica Nacional, EPN, Quito-Ecuador. M.Sc. en Planificación de Sistemas Energéticos, Universidad Estatal de Campinas, UNICAMP, Campinas-Brasil.

En esta región se encuentran las provincias de Sucumbios, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.

Por último, en la región insular, a una distancia aproximada de mil kilómetros del continente, está ubicado el Archipiélago de Galápagos, Patrimonio Natural de la Humanidad, ecosistema único de origen volcánico compuesto por 13 islas principales, 17 islotes y rocas de gran tamaño.

## 2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE ECUADOR

Por su ubicación geográfica, Ecuador debería ser un País de altas temperaturas a lo largo de todo el año, sin embargo, esto no sucede debido a la influencia de las corrientes marinas, en especial de la corriente fría de Humboldt que llega de sur a norte desde las costas de Perú.

Esta influencia de las corrientes marinas y el hecho de ser un País ecuatorial, entre otras razones de más complejo análisis, hace que Ecuador posea una variedad de microclimas en pequeñas extensiones de tierra<sup>2</sup>. Esto trae como consecuencia que ciertas regiones de Ecuador sean perfectamente identificadas como “mega diversas”, tal es el caso del Parque Nacional Yasuni, las Islas Galápagos, etc.

Por otra parte, en Ecuador no existen temperaturas extremas y sólo se identifican dos estaciones: Invierno y Verano. Esto es lo que se observa en la Figura 1, donde se ha colocado el rango aproximado de temperatura de cada una de las regiones que constituyen la geografía ecuatoriana. (INAMHI, 1987)

Este hecho trae como consecuencia que, en general, Ecuador no necesite gastar ingentes cantidades de dinero en calentar el ambiente (calefacción) o en enfriarlo (aire acondicionado). Desde el punto de vista de la Arquitectura Bioclimática, estos son usos finales de menor relevancia como veremos más adelante cuando caractericemos el consumo de energía.

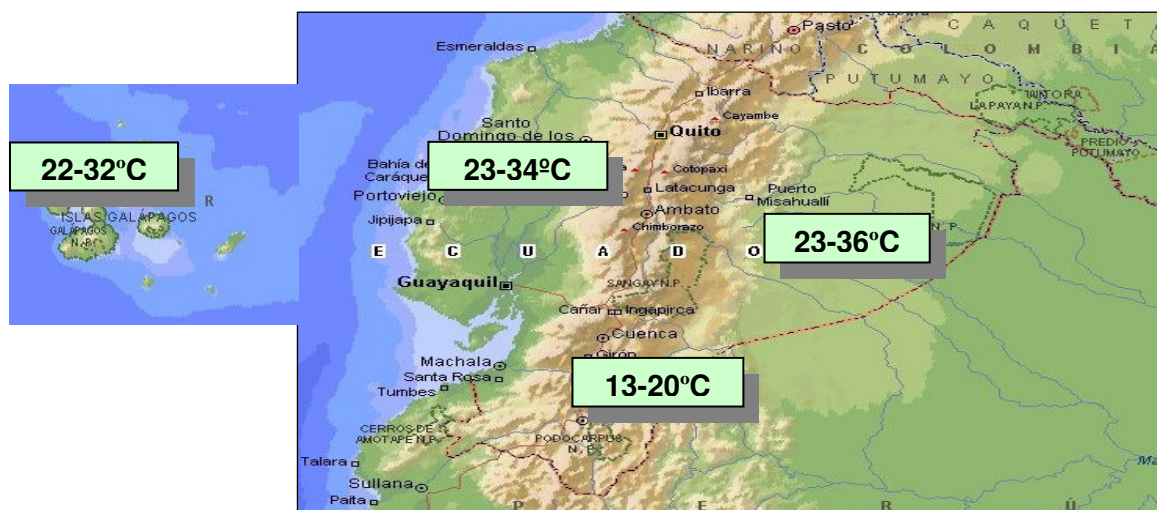


Fig.1 Mapa de Ecuador y Rango de Temperatura de sus Cuatro Regiones

Fuente: IGM

<sup>2</sup> Siendo las Islas Galápagos el caso más representativo de la existencia de éstos microclimas y en donde se puede identificar especies de variados pisos climáticos.



### 3. POBLACIÓN

De acuerdo con el último Censo poblacional (2001), Ecuador posee 12'900.000 habitantes, con una fuerza laboral estimada en 4'000.000 de personas (INEC, 2003).

#### 3.1. Distribución Geográfica

Ecuador es un País de los llamados en vías de desarrollo, por lo tanto su distribución geográfica: 45% urbana y 55% rural, de alguna manera responde a este hecho.

#### 3.2. Composición Étnica

La composición étnica ecuatoriana es determinante para establecer las diferentes políticas o acciones de desarrollo socio económico. Se estima que la distribución étnica del Ecuador es: 65% mestiza, 25% indígena, 7% europea y 3% afro ecuatoriana. Además están reconocidas 13 nacionalidades indígenas: Quichua, Huaorani, Achuar, Shuar, Cofán, Siona, Secoya, Shiwiar, Zapara, Épera, Awa, Chachi y Tsáchila.

### 4. ENERGÍA

Actualmente, el petróleo es el principal recurso y una de las más importantes fuentes de ingresos para el país. La industria petrolera ecuatoriana posee una capacidad operativa de 400 mil barriles de petróleo por día y una capacidad de almacenamiento sobre los 5 millones de barriles.

La empresa estatal petrolera ecuatoriana, PETROECUADOR, posee 3 refinerías con una capacidad de producción de 175 mil barriles de derivados por día de operación. Esta capacidad de refinamiento de crudo no abastece al mercado interno.

Un hecho importante que cabe recalcar es el subsidio al gas doméstico (GLP), que mantiene el Estado ecuatoriano. Un kilogramo de gas doméstico tiene un costo de 10,67 centavos de dólar, uno de los más bajos de América Latina. Un costo tan bajo no incentiva el uso de colectores solares planos para calentamiento de agua residencial.

La generación de electricidad de Ecuador que se indica en la Figura 2, indica que posee tan sólo el 40% de energía hidráulica, a pesar de que el potencial hidroeléctrico ecuatoriano ha sido estimado en 20.000 MW.

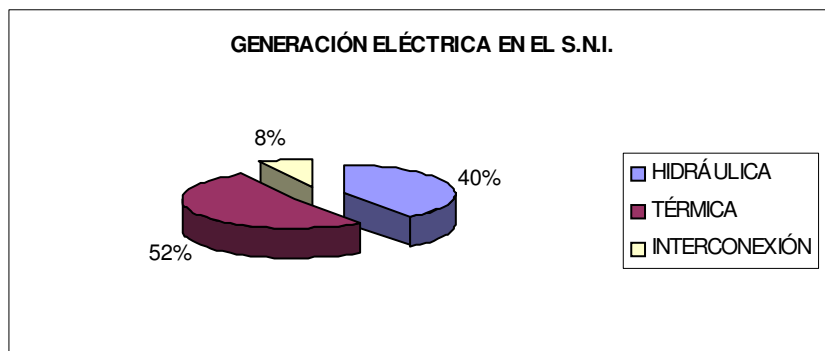


Fig. 2 Fuentes de Generación Eléctrica en el Ecuador

Fuente: MEM-DEREE, CONELEC

Es decir, un 8% representa la interconexión con los países vecinos de Colombia y Perú.

Esta elevada cantidad de generación de energía térmica que alcanza el 52%, tiene para Ecuador claras desventajas. A diferencia de la generación hidráulica, la térmica que utiliza diesel es responsable de emisión de gases de efecto invernadero. Por otro lado, Ecuador tiene que importar diesel que en un elevado porcentaje sirve para abastecer a las empresas generadoras y a veces el Estado ecuatoriano les ha vendido a precios más bajos.

Por otro lado, se estima que la demanda de electricidad crece a un ritmo que bordea el 5% anual, por lo que actualmente el país vive una gran crisis energética por la falta de inversión en generación hidráulica.

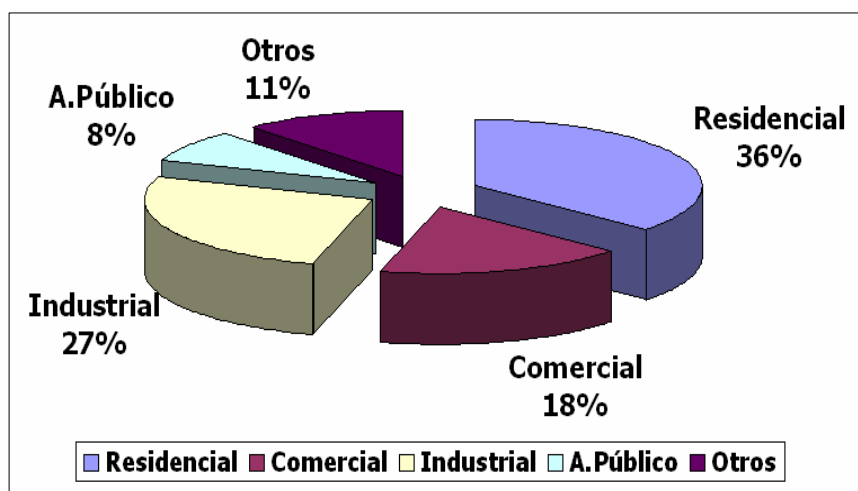


Fig.3 Consumo de Electricidad en el Ecuador por Sectores (2002)

Fuente: CONELEC

El consumo de electricidad en el Sector Residencial de Ecuador alcanza el 36% como puede observarse en la Figura 3 y es el mayor consumidor de energía eléctrica. En destaque el bajo consumo del sector industrial. Efectivamente, la poca relevancia del sector industrial ecuatoriano queda de manifiesto en la Figura 4.

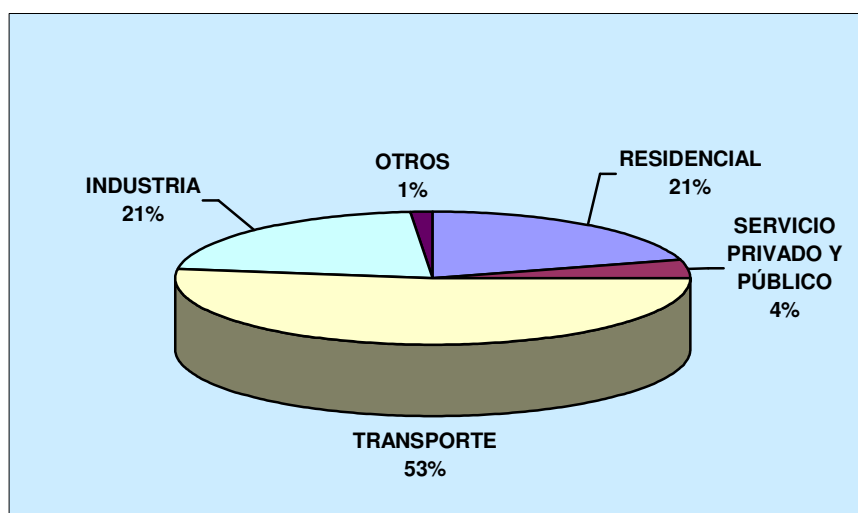


Fig. 4 Consumo Final de Energía por Sectores de Ecuador (2003)

Fuente: MEM-DEREE



En Ecuador el Sector del Transporte es el gran consumidor de energía y los programas de eficiencia energética deberían enfocarse a este sector, por ejemplo, mediante la utilización de combustibles limpios tales como biodiesel, E10, etc.

La Figura 5 muestra el consumo de energía eléctrica que caracteriza al Sector residencial por usos finales. Observándose que después de la refrigeración, la iluminación es el rubro de mayor importancia.

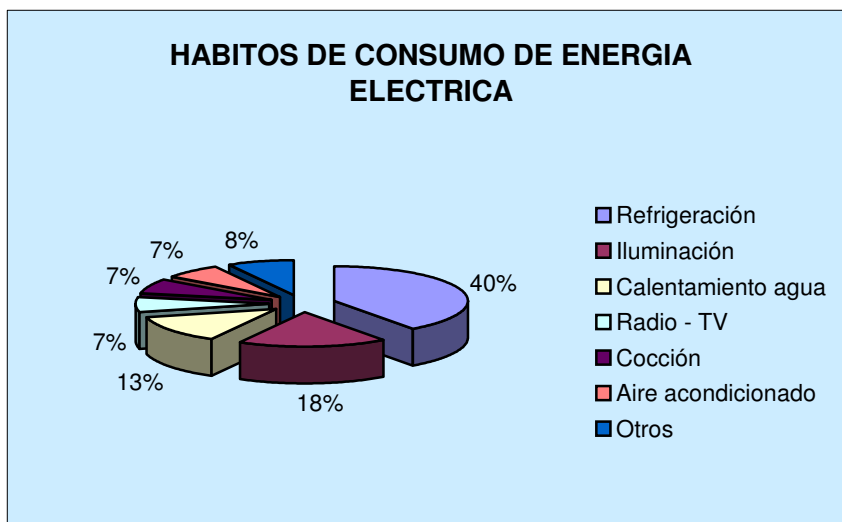


Fig. 5 Consumo de Energía Eléctrica del Sector Residencial de Ecuador por Usos Finales  
Fuente: MEM-DEREE

En los programas de eficiencia energética también se podría hacer énfasis en el calentamiento de agua que representa el 13% del consumo de energía eléctrica del sector residencial ecuatoriano, pero como ya se mencionó anteriormente, el gas de uso doméstico está subsidiado por el Estado.

En cambio, el potencial de ahorro energético por consumo de electricidad en la iluminación del Sector Residencial, hace pensar en la búsqueda de eficiencia mediante regulaciones de la denominada Arquitectura Bioclimática. Este hecho se vuelve más evidente en el Sector Comercial como puede apreciarse en la Figura 6.

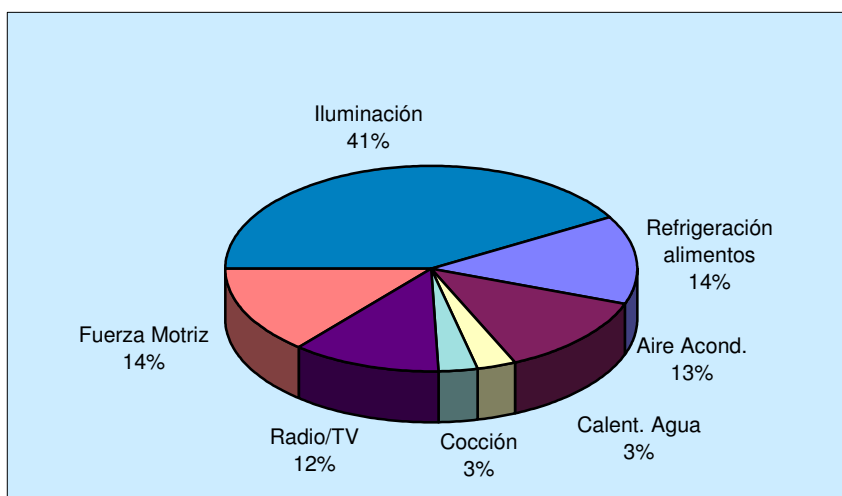


Fig. 6 Consumo de Electricidad por Usos Finales en el Sector Comercial y de Servicios de Ecuador  
Fuente: MEM-DEREE

El uso final más importante en el consumo de electricidad del Sector Comercial lo ocupa la iluminación con cerca del 40% del total del País. Para ciertos locales comerciales este ítem puede ser aún mayor. Por lo tanto, la eficiencia energética debe enfocarse en la implementación de una Arquitectura Bioclimática que optimice la captación de luz natural.

## 5. PROTOTIPOS DE BAJO COSTO DESARROLLADOS EN LA EPN

La Escuela Politécnica Nacional, EPN, de Quito-Ecuador es una universidad que da prioridad a la investigación y el desarrollo tecnológico. En el laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética se ha venido desarrollando diferentes prototipos de bajo costo, enfocados al ahorro de energía y al aprovechamiento de la energía solar.

Puesto que en el Ecuador está en marcha un Plan Nacional de Eficiencia Energética, el objetivo fundamental del desarrollo de éstos prototipos tecnológicos es el de coadyuvar en la implementación de la eficiencia energética del país.

### 5.1. Obtención de Agua Potable a Partir de Agua de Lluvia

Como visto en el párrafo 3.1, el 55% de la población es rural y generalmente de bajos recursos económicos que carece de servicios básicos. El prototipo desarrollado es un dispositivo sencillo de fácil fabricación y sobre todo de bajo costo, que permite obtener agua potable a partir del agua de lluvia mediante radiación solar, en particular, radiación ultravioleta.

El rezago de los servicios básicos en especial agua potable en el área rural es evidente, para el caso del Distrito Metropolitano de Quito, que es uno de los mejores atendidos, por ejemplo, el sector urbano se halla cubierto en un 98%, mientras que el rural apenas el 34% cuenta con este servicio. (Poveda, 2005).

La acción germicida de la radiación ultravioleta, UV está dada por la “región C” de longitud de onda corta  $\lambda < 280$  [nm]. (Covary, 1983). Efectivamente, los microorganismos pueden eliminarse por exposición a la radiación UV-C (100-280 nm), exceptuando los retrovirus (ASIMOV, 1992).

Los estudios realizados en Quito mostraron que una exposición de 4 horas de Sol es suficiente para obtener agua potable. La figura 7 muestra el prototipo que permite obtener 12 litros de agua potable por día a partir del agua de lluvia, suficiente para abastecer a una familia de cuatro personas.



Fig. 7 Prototipo para Obtener Agua Potable a partir de Agua de Lluvia

Foto: Marco Yáñez

## 5.2. Colector Solar Plano Termosifón

La Figura 8 muestra otro prototipo y a sus constructores. Se trata de un sistema de circulación natural de agua que consta principalmente de los siguientes elementos: un colector solar plano de 1 m<sup>2</sup> de superficie, tanque de almacenamiento de 50 litros, tuberías y soporte.



*Fig. 8 Prototipo de Colector Solar Plano tipo Termosifón*

*Foto: Marco Yáñez*

En este sistema termosifón de circuito abierto, el agua pasa a través de la tubería hacia la placa del colector que transfiere su temperatura. El agua más caliente se va almacenando en la parte superior y por diferencia de densidades y gravedad, el agua más fría vuelve al colector.

Cuando el depósito está lleno se cierra el flujo de agua que va al colector solar, entonces el proceso se vuelve de circulación constante, puesto que del depósito sale agua que se va enfriando, pasa al colector y una vez caliente, vuelve al depósito.

## 5.3. Otros Prototipos Elementos y Dispositivos

La Figura 8 arriba, también muestra una “cocina solar” mediante este dispositivo se ha podido cocinar un apequeña cantidad de patatas en apenas 35 minutos en un día bien soleado.

Otros prototipos elementos y dispositivos que se han diseñado y construido son:

- Pared Trombe
- Biodigestor
- Maqueta de Arquitectura Bioclimática
- Biocombustibles, entre otros.

## 6. CONCLUSIONES

El Ecuador es un país rico en recursos naturales y por encontrarse en la zona ecuatorial posee un enorme potencial de aprovechamiento de la energía solar. Los cambios climáticos que se ponen de manifiesto cada vez con mayor intensidad, han hecho que en los últimos años se incentive la aplicación de la eficiencia energética a escala mundial, procurando

disminuir el impacto que provoca el uso de los derivados del petróleo en los procesos de conversión de energía. Este artículo muestra los esfuerzos que estamos realizando en ese sentido.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo dejar explícita constancia de mi agradecimiento a la Escuela Politécnica Nacional por hacer posible el desarrollo del Laboratorio logrado con la ayuda de varios estudiantes de la Politécnica que han venido colaborando con nosotros.

## **NOMENCLATURA**

CONELEC, Consejo Nacional de Electrificación  
DEREE, Dirección de Energías Renovables y Eficiencia Energética  
E10, 10% de etanol en la Nafta  
INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología  
IGM, Instituto Geográfico Militar  
INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos  
GLP, Gas Licuado de Petróleo  
MEM, Ministerio de Energía y Minas  
MW, Mega Watts

## **BIBLIOGRAFÍA**

Asimov I. (1992). *The Genetic Effects of Radiation*, pp. 45-47. Limusa S.A. México.  
Covary C. (1983). *La Radiación Solar, Bases y Aplicaciones*, pp. 56-60. Reverté S.A. Barcelona.  
IGM (1998). *Atlas Geográfico del Ecuador*. IGM. Quito  
INAMHI. (1987). *Atlas Climatológico del Ecuador*. INAMHI. Quito.  
INEC. (2003). *Datos Preliminares del Censo 2001*. INEC. Quito.  
Poveda J. (2005). Jefe del Departamento de Proyectos de la Empresa Municipal de Agua Potable-Quito, EMAAP-Q. Comunicación Personal.

## **ABSTRACT**

In this article, we study some aspects and a little description of the Equator Republic. We make emphasis about the energy in Equator. We identify the most sensitive areas for applications of energetic efficiency. We also show some developments in the technologies, which are appropriated in this field. These prototypes were built in the “Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética” together with students of the Mechanical Engineering Department in the National Politechnic School from Quito-Ecuador, and under my supervision. The development of prototypes we have made are very cheap and very easy their manufacture as well. Now, we are interested in preparing the implementation phase applied to housing with social purpose.

## **KEYWORDS**

Cheap Prototypes, Energetic Efficiency in Equator

## **PROYECTOS DE DESARROLLO: VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL – FUNDASAL.**

**Claudia María Blanco Alfaro. Arquitecta.**  
Jefa de la Unidad de Planificación y Estudios.  
Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima.  
Apartado Postal: 421  
Sitio Web: [www.fundasal.org.sv](http://www.fundasal.org.sv)  
Teléfono (503) 2276-2777  
Fax: (503) 2276-3954  
País: El Salvador.

### **RESUMEN**

El presente ensayo describe la presentación de FUNDASAL en el Seminario “Los Edificios Bioclimáticos en Los Países de Ibero América”, organizado por la “Red Iberoamericana para el uso de energías renovables y diseño bioclimático en viviendas y edificios de interés social”, realizada en la ciudad de San Martín de Los Andes, Argentina.

La exposición contiene una breve descripción de algunos proyectos de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima FUNDASAL, en donde se han tomado en cuenta consideraciones de diseño bioclimático y participativo, de sostenibilidad ambiental, de resemantización arquitectónica, de coherencia con el entorno y de profundo compromiso para con la población más pobre de El Salvador.

El documento concluye que, los proyectos desarrollados contribuyen a mejorar sustancialmente la calidad de vida de la población meta, viendo su hábitat transformado en un espacio con diseños integrales, que han tomado en cuenta todos los componentes necesarios para detonar procesos de desarrollo comunitario.

### **PALABRAS CLAVE**

1. Vivienda.
2. Hábitat.
3. El Salvador.
4. Desarrollo.
5. Fundasal.
6. Reconstrucción.

### **BREVE RESEÑA SOBRE EL SALVADOR Y SU HISTORIA.**

El Salvador está marcado en su historia por diferentes cortes de origen social o natural, que dejan al descubierto la gran vulnerabilidad en la que habitan la mayoría de sus habitantes. Desde inicios de la creación de la república, la población civil ha buscado manifestarse ante la opinión pública, protestando contra las medidas políticas – económicas que segregan y marginan a las mayorías del país. La reacción de los gobiernos nacionales ante estas manifestaciones fueron de represión contra la ciudadanía, intentando acallar protestas a través de actos crueles y graves violaciones de los derechos humanos, siendo gobiernos

militares que favorecieron únicamente a la clase privilegiada del país, ocupándose solamente de los intereses de un sector minoritario.

Esta estrategia de gobiernos ocasiona un levantamiento popular y El Salvador entra en una guerra civil durante 12 años, caracterizándose por afectar sobre todo las zonas rurales, deteriorando la infraestructura nacional y golpeando duramente la moral ciudadana con masacres de poblados civiles. Así se llena la historia de mártires que, comprometidos con los más pobres del pueblo salvadoreño, fueron asesinados brutalmente.

Los actos de violaciones de derechos humanos tocan fondo cuando en 1989, los militares terminan con la vida de sacerdotes jesuitas y se presiona internacionalmente al gobierno salvadoreño para que firme la paz con los movimientos de la guerrilla, incorporándolos a la vida civil y a la democracia. Estos acuerdos de paz se cumplen pobremente, dejando vacíos considerables en la solución a las causas originales que dieron pie a la guerra: la injusticia social y el desequilibrio económico.

Desde esos años El Salvador busca su desarrollo endógeno integral y el ejercicio pleno de los derechos ciudadanos, encontrando obstáculos en las iniciativas de vanguardia dirigidas al fomento del desarrollo económico local, la asociatividad regional, la descentralización del Estado, la implementación de medidas que atenúen los impactos de una globalización devastadora, el incremento de la participación ciudadana y el ordenamiento territorial; contrastando el discurso de gobiernos contra la realidad.

Finalmente, durante los últimos cinco años, El Salvador ha sido afectado constantemente por fenómenos naturales como terremotos, deslaves, inundaciones y erupciones; que dejan nuevamente a la luz, el duro impacto que éstos tienen sobre la población de más escasos recursos económicos. Dejando en evidencia la ausencia de acciones sistemáticas, que podrían ir solventando sus carencias y necesidades básicas; constatando cómo las mismas familias, una vez tras otra, pierden sus pocas pertenencias, ven destruido su precario hábitat y profundizan su crisis económica.

## **LA FUNDACIÓN SALVADOREÑA DE DESARROLLO Y VIVIENDA MÍNIMA – FUNDASAL –, SOLIDARIA EN LA HISTORIA DE LA POBLACIÓN MÁS POBRE DEL PAÍS.**

La FUNDASAL es una institución privada, sin fines de lucro, que inicia sus actividades de compromiso con la población, el 1 de Septiembre de 1968, a raíz de un desastre ocasionado por un fenómeno natural, que arrasó con las viviendas de un grupo de pobladores de la zona de La Chacra, en San Salvador.

El compartir la experiencia con esa población vulnerable, motivó al Padre Antonio Fernández Ibáñez S.J. y a un grupo solidario de profunda sensibilidad social, a realizar acciones que otorgaran consuelo en el momento de la emergencia, pero que también trascendieran más allá y se proyectaran al futuro, buscando un objetivo superior: erradicar las causas estructurales del abandono en el que viven las familias de escasos recursos económicos, en todo el país.

Desde entonces, FUNDASAL se ha dedicado a la creación de una conciencia social que promueva el desarrollo y las transformaciones sociales, en beneficio de los sectores más pobres del pueblo salvadoreño. Su modelo de trabajo parte del hecho de que es posible, a través de sus programas integrales de vivienda y servicios complementarios, contribuir significativamente a la erradicación de algunas manifestaciones directas de la pobreza y

marginalidad; y a la modificación de algunas de las causas estructurales y de ciertas condiciones que reproducen esta situación.

Los objetivos de FUNDASAL se refieren a la promoción integral de las personas, de las familias y sus comunidades. Considerando de vital importancia, obtener una amplia y verdadera participación ciudadana, en todos los procesos que se detonen a nivel local, así como en las transformaciones sociales demandadas a nivel nacional.

Durante sus 37 años de labor, la FUNDASAL ha estado pendiente de los problemas coyunturales que afectan al país, caminando la misma ruta de los pobres, atendiendo las necesidades que se les han ido presentando, vinculadas estrechamente con el momento histórico que respecta. Así la Fundación acompañó a los desmovilizados de la guerra civil, en sus actividades de reinserción, ha estado pronta a acudir a las emergencias acaecidas por fenómenos naturales, que han golpeado duramente a la población más pobre, se solidarizó con repatriados y refugiados, acompaña a las familias que las políticas económicas mundiales van haciendo a un lado, volcándose con todos sus recursos humanos y económicos para otorgar respuestas oportunas y eficientes a quienes demandan una pronta atención.

Muchos de los enfoques y acciones implementadas por FUNDASAL en proyectos concretos, han cuestionado políticas y reglamentos tradicionales, incidiendo en las políticas públicas de instancias reguladoras, cambiando su forma de abordaje y poniendo en la agenda política los proyectos de interés social. Los programas y proyectos llevados a cabo, reafirman que la problemática de la vivienda de los sectores más pobres, tiene una salida si existe voluntad política y procesos de integración.

Para el año 2004 las cifras de los proyectos se resumían de la siguiente manera:

Número de Proyectos Ejecutados	:	196
Número de Viviendas Ejecutadas	:	39,426
Número de Personas Beneficiadas	:	197,130
Cobertura	:	14 Departamentos

### **ALGUNAS DE LAS LÍNEAS DE TRABAJO DE FUNDASAL.**

FUNDASAL ha implementado diferentes líneas o programas de trabajo, que se adaptan a la realidad diversa que enfrentan los asentamientos precarios, algunos de estos programas son: programa de nuevos asentamientos urbanos, programa de mejoramiento de barrios y programa de asentamientos rurales, entre otros.

### **PROGRAMA DE NUEVOS ASENTAMIENTOS URBANOS.**

Este programa tiene como objetivo facilitar que familias de limitados recursos económicos (entre 1.5 a 3 salarios mínimos) tengan acceso a una vivienda digna, bajo el concepto de “progresividad” (proporcionando una unidad básica que posteriormente puede ser ampliada) y con condiciones financieras accesibles.

Los proyectos se diseñan e implementan bajo un concepto integral, donde la vivienda es uno de los elementos, pero integrada en un entorno que incluye el acceso a servicios básicos, la integración a la ciudad donde se encuentra inmerso el proyecto, espacios sociales y recreativos de uso colectivo, así como la organización y formación de las familias habitantes de los proyectos.

De este modo se desarrollan urbanizaciones integrales, con el equipamiento social e infraestructura básica necesaria, estableciendo a la vez, las bases organizativas en la población para dar mantenimiento a las obras, establecer relaciones adecuadas de convivencia y continuar trabajando por el desarrollo de su hábitat y condiciones de vida.

Bajo este concepto se establecen los componentes de estos proyectos:

a) La investigación se da en dos momentos: un estudio general para la identificación de zonas potenciales para el desarrollo de estos proyectos, y posteriormente un estudio específico de la zona seleccionada y del grupo objetivo.

Esta investigación proporciona los elementos necesarios para la formulación y diseño de los proyectos, tanto en sus aspectos técnicos como socio culturales.

b) El modelo financiero combina los siguientes elementos: Subsidio directo + crédito + ahorro previo + ayuda mutua, en donde Subsidio está orientado a “garantizar que el costo sea accesible a la familia”, y el Crédito busca generar un Fondo Rotatorio que permita la construcción de nuevas viviendas. El Ahorro previo tiene como objetivo comprobar la moral de pago de las familias. La Ayuda mutua busca facilitar la integración de las familias y su organización.

c) El componente técnico constructivo comprende las obras de urbanización, la construcción de las viviendas, las áreas verdes y comunales.

El diseño de las unidades habitacionales se basó en el concepto de vivienda progresiva, que consiste en una unidad habitacional construida con materiales permanentes que cuenta con servicios básicos, en un ambiente urbano que incluye áreas recreativas para las familias. La vivienda progresiva responde al reto de vincular dos propósitos: Por una parte, proporcionar una vivienda digna a las familias, y por otro, que su costo sea accesible a las familias de limitados recursos económicos.

d) El componente organizativo consiste en lograr que las familias beneficiarias sean protagonistas en la solución de sus problemas. Para lograrlo se impulsa la ayuda mutua, que es un proceso socio – constructivo, a través del cual las familias se conocen y se integran como comunidad, para solventar sus problemas y lograr sus objetivos comunes.

Las características de esta metodología son: Las familias se integran al inicio en equipos de trabajo y posteriormente en las diferentes estructuras organizativas de la comunidad. Mediante el desarrollo de un programa educativo se fomentan o crean valores como la solidaridad, compañerismo, cooperación, respeto mutuo entre otros. Con la creación de una estructura y el fortalecimiento de la organización comunal, se crean las bases para la formación de comunidad, la búsqueda de soluciones a sus problemas y su integración al municipio. Se facilita la participación de todas las personas, expresando sus opiniones y tomando decisiones consensuadas sobre las cosas que atañen al grupo. Se prepara a la población para la discusión, el análisis y la confrontación de ideas como mecanismo que predomine para resolver sus problemas.

La atención a juventud y niñez es un aspecto que se integra al fortalecimiento comunal, abriendo espacios que fortalezcan la participación y desarrollo de este sector, a la vez que se promueve y capacita a la organización comunitaria para asumir responsabilidad directa en el impulso de esta área de atención.

## **PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE BARRIOS.**

Este programa consiste en la rehabilitación de asentamientos urbanos precarios, mesones y lotificaciones, marginadas de los servicios básicos, aisladas de la ciudad.

Mediante éste se realizan obras de protección, introducción o mejora de los servicios básicos, mejora de los accesos, realineamientos de pasajes y mejora de las viviendas (esto último a través de créditos a las familias).

Un aspecto básico del programa es el desarrollo organizativo de las comunidades, orientadas por una parte a garantizar la administración y mantenimiento de las obras realizadas, pero con una trascendencia mayor en cuanto a participación ciudadana en su comunidad y en sus municipios, en búsqueda de una mejor calidad de vida.

La concepción integral en el desarrollo de estos proyectos, cubriendo aspectos físicos, ambientales y sociales, permite lograr impactos en la transformación de las condiciones de vida de las familias.

El ordenamiento de la comunidad, la transformación de espacios recreativos y sociales, la introducción de los servicios básicos y el cambio de actitudes y hábitos de la población a través de procesos de formación, permiten constatar cambios en cuanto a disminución de enfermedades estomacales y respiratorias, mejora de las relaciones interpersonales y mayor participación de la comunidad en sus propios procesos de mejora así como en otros espacios municipales. La reducción del riesgo físico y social, se posibilita a través del ordenamiento, mejor distribución y uso de los espacios comunales y alumbrado público.

El desarrollo de las obras requiere de un alto involucramiento de instituciones responsables de proporcionar estos servicios (como compañías de electricidad y de agua, y los gobiernos locales).

Se promueve la equidad de género y la atención a jóvenes, en espacios de trabajo comunitario, recreación y formación, donde se incentiva su participación creativa y constructiva, se busca mejorar la convivencia familiar y comunal, así como la integración de diferentes sectores en la dinámica comunitaria.

## **PROGRAMA DE ASENTAMIENTOS RURALES.**

El programa está enfocado a realizar acciones hacia familias de escasos recursos económicos que vivan en cantones o caseríos, organizadas o con disposición a organizarse en comunidades o cooperativas.

Los proyectos que se impulsan tienen un enfoque integral, cubriendo la introducción o mejora de aspectos físicos, así como también el apoyo a iniciativas socio económicas de las familias, y el fortalecimiento de sus capacidades organizativas para una participación activa en procesos de desarrollo comunal y social.

Las experiencias previas de FUNDASAL en el área rural, han generado importantes aprendizajes en cuanto a proporcionar respuestas oportunas y a la generación de impactos a través de las intervenciones realizadas, aprendizajes que se canalizan para establecer los contenidos de este Programa. A continuación se presentan dos experiencias de amplia cobertura en el área rural: Proyecto Obsidiana y Programa de Reconstrucción de Viviendas post terremotos.

### *Proyecto Obsidiana*

La firma de los Acuerdos de Paz en enero de 1992, entre el Gobierno de El Salvador y el Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional (FMLN), concretó el fin de la guerra, e implicó entre otros, el reto de la reinserción a la vida socio económica del país, de los excombatientes.

Este momento requería de generar condiciones para que esta población excombatiente, que durante 12 años de guerra estuvieron desarraigados de una vida familiar y económica, pudiera realmente reinsertarse a la vida civil. Es así como el Gobierno y el FMLN acordaron el Plan de Reconstrucción Nacional (PRN) que incluía programas de reinsertión en el área educativa y productiva. En el tema de vivienda se desarrolló el Programa Obsidiana, para la construcción de viviendas a excombatientes, designando a FUNDASAL la ejecución del proyecto dirigido a desmovilizados del FMLN.

Este programa tuvo como propósito “atender las necesidades más urgentes de la población excombatiente por medio de la construcción de 1,935 viviendas y la dotación de agua y letrinas”. Otros resultados esperados eran contribuir al proceso de reinsertión, capacitar a la población con conocimientos en las áreas constructivas y organización social, y desarrollar un modelo de trabajo aplicable a los asentamientos rurales.

El Programa cubrió un total de 75 asentamientos en 34 municipios de 9 departamentos del país. Además de la construcción de las 1,935 viviendas, también se construyeron 1,277 letrinas y 36 proyectos de agua potable. Contar con estas condiciones físicas, permitía a los excombatientes tener un lugar habitable, donde vivir con sus grupos familiares como base para iniciar su proceso de reinsertión.

El diseño técnico de las viviendas fue producto de un proceso de consulta entre los participantes, lo que llevó a la elección de 10 diseños diferentes, analizando posteriormente la distribución física de las viviendas. Este programa evidenció una vez más la importancia de la participación de la población en el diseño de los proyectos, para entender mejor y retomar sus necesidades y expectativas.

En los proyectos de agua potable se introdujo la Bomba de Mecate, mecanismo manual para la extracción de agua en pozos artesanales. Es una solución de bajo costo y de fácil mantenimiento por parte de las familias.

El tipo de letrinas construidas dependía de la condición de los suelos: Aboneras, para terrenos con nivel freático alto o suelos rocosos; y de hoyo seco para terrenos donde no existían problemas de contaminación de mantos freáticos.

El proceso de capacitación incorporó contenidos relativos a la conducción de grupos, la organización, la democracia, la planificación, la convivencia comunal y perspectivas de desarrollo.

Aún cuando el Obsidiana estaba dirigido a la construcción de viviendas, la acción social de la institución incidió positivamente en las condiciones organizativas y de habitabilidad de las comunidades, contribuyéndose al fortalecimiento de procesos organizativos que se venían implementando en las zonas.

#### *Proyecto de reconstrucción de viviendas post-terremotos en el departamento de La Paz*

En el año 2001, El Salvador sufrió dos terremotos (enero y febrero del mismo año), que según datos oficiales<sup>1</sup>, se reportaron un total de 1,159 muertos y 8,122 lesionados. Además, un millón y medio de salvadoreños resultaron damnificados, cifra que representa el 25% de la población total de la República de El Salvador. Un total de 164,000 viviendas se destruyeron, 105,317 viviendas se dañaron, desapareciendo 41,400 micro y pequeños negocios. Más de mil establecimientos de educación y salud fueron destruidos parcial o

---

<sup>1</sup> PNUD, Informe de Desarrollo Humano 2001.

totalmente. Las pérdidas económicas según la CEPAL se valoraron en más de US\$ 1,600 millones.

Los daños que el país sufrió, ensancharon considerablemente la base de la pirámide de la pobreza del país, es decir que los niveles de pobreza relativa, antes y después de los terremotos en El Salvador ascendieron del 47.3% al 51.5%. Departamentos como La Paz, San Vicente y Usulután, quedaron relegados a las últimas posiciones de pobreza, debido a los niveles de destrucción sufridos.

En este contexto, el Programa de Reconstrucción de Viviendas Post Terremoto (PRVPT), inició en abril del 2001, como una respuesta de FUNDASAL, con la cooperación del Gobierno y el pueblo Alemán, a través del KfW, con el objetivo principal de “*Contribuir a restablecer o mejorar las condiciones deterioradas de las familias afectadas, por los terremotos de enero y febrero de 2001 del departamento de La Paz*”.

En este programa, la construcción de viviendas e infraestructura sanitaria se entiende como el punto de entrada para desatar estrategias de desarrollo de corto y mediano plazo, en la cual la participación ciudadana es uno de los ejes principales para este cambio.

Si bien el programa fue diseñado para dar una respuesta definitiva a 2,000 familias en cuatro municipios, se logró resolver el problema de sustitución de la vivienda destruida por los terremotos por otra permanente con características sismo resistente a 6,000 familias de dieciocho municipios del departamento de La Paz. Pero más allá de la solución física se contribuyó a generar capacidades organizativas y de trabajo por el desarrollo local.

Estos resultados fueron posibles, a partir de una intervención integral que incluía las siguientes medidas:

1. Construcción de viviendas permanentes con dos tecnologías constructivas: bloque de concreto tradicional y sistema de bloque panel prefabricado. Ambas soluciones orientadas a familias que tenían resuelta la tenencia de la tierra.
2. Construcción de 1,800 viviendas permanentes de estructura metálica desmontables y forro de láminas Zinc y Aluminio de 37 metros cuadrados, orientado a familias que residen en los terrenos como inquilinos, colonos o por sucesión de tierras a los hijos pero sin títulos de propiedad.
3. Sistema de agua potable, en seis municipios, coordinados con los Gobiernos locales. Además de la construcción del sistema, se apoyó con la creación y capacitación de directivas de agua con el fin de garantizar la administración, el buen uso y mantenimiento de los mismos.
4. Construcción de letrinas aboneras. Paralelo a la construcción, se capacitó a las familias en el uso y mantenimiento de las mismas.
5. Fondo de Fomento a la Economía Familiar, medida orientada a apoyar con un *fondo semilla* a familias asociadas en grupos solidarios, especialmente a mujeres jefas de hogar. Las actividades apoyadas fueron muy diversas. Los mismos grupos solidarios determinaban los plazos, garantías e intereses. Este fondo no es recuperado por FUNDASAL, sino que queda como un fondo rotativo dentro del grupo solidario. Los grupos continúan funcionando y un 70% de participantes son mujeres.
6. Capacitación, fortalecimiento de la organización e interrelación, con el fin de fortalecer las estructuras organizativas existentes y las creadas para la administración de las diferentes medidas del programa. Se incentivó la creación de núcleos de trabajo, es decir agrupamientos de varias comunidades con el fin de poder identificar problemas y soluciones comunes.

7. Apoyo al Fortalecimiento Municipal. Medida orientada a dar las herramientas necesarias a las comunidades para que enfrenten de forma coordinada, con los gobiernos locales nuevas situaciones de riesgos. Se ha fortalecido la relación entre comunidades y gobiernos municipales, se han generado espacios de discusión y presentación de propuestas por parte de las comunidades, se han establecido acuerdos y compromisos para la solución de los problemas del departamento y se han formado comisiones integradas por representantes comunales a nivel intermunicipal, para dar seguimiento a los acuerdos establecidos y ampliar las gestiones para superar los problemas identificados en todo el departamento de La Paz.

Dos condiciones que contribuyen a la sustentabilidad de las medidas, es el desarrollo de capacidades en la población y la participación de los gobiernos locales que asumen las obras físicas y sociales realizadas. Otro aspecto importante ha sido la capacidad de incidencia desarrollada por la población organizada.

*Programa de capacitación para la aplicación de tecnologías constructivas sismo resistentes.*

Este programa está orientado a la capacitación de técnicos de instituciones que trabajan en comunidades del área rural y a pobladores de las mismas, y tiene por objetivo promover tecnologías constructivas sismo resistentes que utilicen materiales locales y desarrollar las capacidades técnicas para la construcción de las alternativas promovidas.

La capacitación incluye los siguientes contenidos:

- En el área socio organizativa: Formación de líderes, el trabajo de ayuda mutua y la formación de grupos de trabajo.
- En la capacitación técnica: Identificación de recursos locales, producción de materiales y procesos constructivos (a través de la construcción de viviendas modelo).

Para el desarrollo de las capacitaciones se ha diseñado un paquete metodológico, con herramientas que permitieron que aún a los participantes que no podían leer y escribir se les facilitara el aprendizaje de los diferentes procesos constructivos.

En este Programa, FUNDASAL capacita y asesora a técnicos de instituciones, a través de las cuales se promueve la construcción de las viviendas en diferentes lugares. Bajo esta modalidad, han funcionado centros de capacitación en las tres regiones del país (central, occidental y oriental).

Después de los terremotos del 2001, se desarrolló un proceso de capacitación coordinado con otras instituciones, a través del cual se capacitó a 529 personas. Este proceso abarcó dos momentos: la capacitación directa, durante el 2002; y el seguimiento técnico hasta los primeros meses del 2003.

El hecho que la construcción con tierra (adobe sismo resistente) ya era conocida por las comunidades, ha facilitado que la adopten para mejorar una técnica ya conocida por ellos. Un aporte a la cultura nacional es la utilización de materiales locales, pues representa una continuidad a la tradición propia del área rural, en donde se utiliza la técnica constructiva (adobe y bahareque), en armonía con el medio ambiente.

Así mismo, la técnica respeta al medio ambiente, al no utilizar materiales producto de la combustión con leña, como es el caso del ladrillo de barro.

## **EDIFICIOS COMUNITARIOS.**

Como parte del equipamiento social en nuevos proyectos urbanos, se han construido kinder en los proyectos de La Presita, Popotlán y Río Zarco.

Estos kinder se basan en el sistema de block de concreto con techo de lámina zintroalum, piso de ladrillo cemento y piso exterior de concreto estampado, se hicieron tapiales perimetrales para protección de los niños.

El Kinder de La Presita II beneficia a un total de 445 familias que llegaron a habitar el nuevo proyecto de vivienda urbana.

El Kinder de Popotlán, ofrece una alternativa para 3,762 familias ubicadas en el proyecto.

Kinder de Río Zarco III, beneficia a 475 familias habitantes en el proyecto.

En todos los casos se coordinó la construcción con el Ministerio de Educación, a quien se entregó oficial y legalmente la obra y quien garantiza el funcionamiento de los mismos.

#### *Elementos bioclimáticos incorporados a los diseños de FUNDASAL.*

Los proyectos de FUNDASAL retoman una enorme cantidad de conceptos de la arquitectura bioclimática, respondiendo a las necesidades de la población y al mismo tiempo dotándoles de la mejor calidad de obras físicas que sea posible, garantizando su sostenibilidad y una adecuación al entorno específico.

Las características bioclimáticas que forman parte de los diseños de los proyectos, se pueden resumir así:

- Se ha considerado que las casas tengan una buena altura, permitiendo salir el aire caliente<sup>2</sup> e incorporando una cubierta de teja que refresca el interior,
- Los diseños para el área rural han considerado la protección del corredor que refresca el espacio habitable, retomando la importancia del exterior en la vida cotidiana de un clima como el de El Salvador,
- A sabiendas de que los programas de reconstrucción gubernamentales y no gubernamentales, no abarcarían al total de la población afectada, FUNDASAL imparte capacitaciones para que sean los pobladores mismos quienes puedan reconstruir su hábitat. Es así como se retoman los principios de la vivienda construida con materiales de la tierra en el área rural, conjugando nuevos sistemas constructivos sismo resistentes junto con la tradición,
- El uso del adobe como una masa térmica resguarda el interior del calor externo y de los rayos solares. La temperatura lograda con estas viviendas es de 21-26 grados en su interior. La tecnología transferida incorpora capacidades sismo resistentes al sistema constructivo, buenas condiciones térmicas y acústicas, y agradable estética,
- En los lugares más calientes del país se consideró usar materiales de alta reflectancia, y de poca transmisión calórica para refrescar los interiores,
- El uso de la terraza que se abre al paisaje natural como un elemento cultural a conservar,
- La vegetación que se incorpora al paisaje construido,
- La implementación de tecnologías no contaminantes del aire y del subsuelo: las letrinas aboneras y las cocinas ahorradoras de energía, especialmente en el área rural,
- Los proyectos se integran a la trama urbana, introduciendo y enriqueciendo el entorno urbano existente,
- Introducción del proceso de diseño participativo y del concepto de la vivienda progresiva,
- La construcción de espacios públicos para las barreras naturales que embellecen y refrescan el ambiente,
- Las mejoras al medio ambiente, al paisaje construido, como por ejemplo: la sustitución de un basurero en la comunidad de Las Palmas, que con más de 60 años de uso había acumulado aproximadamente 3500 metros cúbicos de desechos sólidos, ahora representa

---

<sup>2</sup> las temperaturas en El Salvador oscilan entre 38 y 20 grados centígrados.

---

un área de gran importancia para la recreación de jóvenes, niños y niñas de las familias que habitan la zona. El cambio en la calidad de vida es de gran impacto.

En general en El Salvador falta aún conocer sobre herramientas para medir los impactos ambientales de proyectos, hay poca divulgación de buenas prácticas que podrían ser replicables en el país y no se han creado normativas para lograr adecuadas temperaturas internas de la vivienda y en espacios comunales.

No existen procesos de evaluación sistemática, que puedan aportar medidas de impactos en las urbanizaciones hechas por el mercado, en donde se conociera con exactitud cómo se altera al entorno con los desprendimientos de sustancias sólidas y residuos, con aguas sucias, aguas grises, transformaciones grotescas de la topografía natural, destrucción del tejido vegetal, disminución de la captación de agua en el subsuelo y la contaminación con gases de combustión. La ausencia de estos parámetros evaluativos está cobrando un alto costo a la población salvadoreña, que observa día a día, un medio ambiente afectado de contaminación y cambios que violentan su naturaleza.

La ausencia de una ley que regule el crecimiento urbano está acarreando como consecuencia impactos negativos debidos a ese desorden sin control, por otro lado el desequilibrio territorial, social y económico, obliga a la población de más pobre, a habitar en lugares de gran riesgo y vulnerabilidad.

En El Salvador no se toman en cuenta los análisis que cruzan el consumo de energía y de agua, contra su capacidad de renovación, quedando en duda la sostenibilidad del sistema a un largo plazo. Aunado a esta falta de conciencia colectiva, no hay reglamentaciones que obliguen al uso racional de la energía y del agua, ni intentos globales por no depender de fuentes limitadas que disminuyan la contaminación.

## ESPAÑA: UN EDIFICIO BIOCLIMÁTICO EN ESPAÑA

**Juan Manuel Mieres**

**Amandine Gal**

**Joaquín García**

Grupo de eficiencia energética NECSO I+D+I

### 1. SITUACIÓN EN ESPAÑA

La Comisión Europea ha presentado su “libro Verde” sobre la Eficiencia Energética en 2000, desde donde se ha desarrollado una Directiva Europea relativa al Rendimiento Energético de los edificios.

Para cumplir esa directiva, el Ministerio de Fomento Español ha establecido, dentro del nuevo Código Técnico de la Edificación, un requisito básico “Ahorro de Energía”.

Su objeto consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable.

Se centra alrededor de 5 temas:

- Limitación de demanda energética
- Rendimiento de las instalaciones térmicas
- Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- Aportación solar mínima de agua caliente sanitaria
- Aportación fotovoltaica mínima de energía eléctrica

Al mismo tiempo, se desarrolla una certificación energética de los edificios que deberá incluir valoraciones comparativas sobre eficiencia energética de los edificios.

Esas medidas del Estado Español añadidas a diferentes proyectos locales, nacionales y europeos animan los actores de la construcción a fomentar el uso de la arquitectura bioclimática.

Numerosos ejemplos de edificación sostenible han emergido en España y algunos fueron presentados en el congreso World Sustainable Building in Tokio:

- Edificio de viviendas de alquiler en la calle Pau Clarís de Barcelona
- La nueva sede del Centro Nacional de Energías Renovables en Sarriguen (Navarra)
- Dos bloques de viviendas protegidas en el barrio de San Cristóbal de Madrid
- El edificio bioclimático de oficinas en Madrid “TRASLUZ”

Se puede encontrar otros proyectos en la agenda de la construcción sostenible:

[www.csostenible.net](http://www.csostenible.net)

### 2. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La arquitectura bioclimática rescata las estrategias propias de la arquitectura vernácula, utilizando la tecnología y los materiales actuales.

Tiene por objeto la consecución de un elevado nivel de confort térmico mediante la adecuación del diseño, la geometría, la orientación y la construcción del edificio a las condiciones climáticas de su entorno.

No se trata solamente de la arquitectura pero también de eficiencia energética de los sistemas activos: calefacción, agua caliente sanitaria, aire acondicionado, ventilación y iluminación.

Un edificio sostenible es un conjunto de una baja demanda energética, de sistemas eficientes y por supuesto, de la utilización de energías renovables.

### 3. PROYECTO SINGULAR ESTRATÉGICO: ARFRISOL

Este proyecto, iniciado en 2004, tiene como objetivo general la demostración de la adecuación de la arquitectura bioclimática y de la energía solar empleada en edificios.

Para la consecución de este objetivo se realizan las actividades de I+D necesarias en 5 edificios públicos simbólicos construidos en 5 emplazamientos con condiciones climatológicas distintas como prototipos experimentales, siendo estudiado su comportamiento energético a tal fin, tanto en fase de diseño como de uso, y así comprobar la reducción del consumo de energía que se espera sea de un **80%** y la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera con este tipo de actuaciones.

Por eso, diferentes recursos técnicos están utilizados:

- Diseño arquitectónico adaptado a cada clima
- Paneles solares térmicos para la calefacción
- Paneles solares térmicos para la refrigeración mediante maquinas de absorción
- Paneles solares fotovoltaicos
- Aprovechamiento de la luz del sol, iluminación natural
- Instalaciones convencionales alimentadas con biomasa

Tendremos los resultados de este proyecto en 2007.

### 4. TRASLUZ: EJEMPLO DE UN EDIFICIO SOSTENIBLE



Este edificio, situado en Madrid, se distribuye en 3 zonas de oficina en torno a un atrio central en forma de T. El tronco de la T o planta central tiene 8 plantas de altura y las alas laterales 5 plantas.

Su superficie total es de 6500 m<sup>2</sup>. Además, el edificio tiene 2 plantas de aparcamiento subterráneo de 255 plazas.

Su diseño, tanto arquitectónico y constructivo como de instalaciones y control, permite al edificio de captar o rechazar el calor exterior, almacenarlo en su interior y poder distribuirlo en el momento adecuado.

Constructivamente el edificio está diseñado con elementos de protección solar y térmica en su cerramiento y con elementos de masa en el interior para que:

- en verano se proteja del calor del sol durante el día y evacue calor durante la noche
- en invierno acepte y se beneficia de la radiación solar, minimizando las pérdidas de calor al exterior

Dentro de la línea de la eficiencia energética en la edificación, el edificio TRASLUZ representa una búsqueda de EQUILIBRIO entre las soluciones tradicionales y las innovadoras.

### Instalaciones

El edificio tiene sistemas que reducen su consumo energético:

- 204 m<sup>2</sup> de captadores térmicos de vacío que producen calor y frío, mediante procesos de absorción
- Paneles solares fotovoltaicos de 20kWattios pico
- Ventilación nocturna, un sistema pasivo de reducción de la temperatura interior durante la noche en verano

Las instalaciones están diseñadas para que el aporte fundamental proceda de las energías renovables.

Las instalaciones se han sistematizado al máximo en su integración con el edificio:

- Conducción concéntrica para aire de impulsión y de retorno
- Utilización de techos radiantes fríos
- Calefacción de convector de tubo aleteado exclusivamente en el perímetro

### Fachada

Uno de los aspectos novedosos del TRASLUZ es el diseño de su fachada.

Está hecho con una estructura de madera, un aislamiento de 10 cm de espesor de lana de roca y una piel exterior muy fina de pizarra de 1 cm de espesor.

Se consigue, en un grosor muy reducido, una fachada muy ligera y de alto rendimiento térmico incluyendo una supresión de los puentes térmicos y una cámara libremente ventilada entre el aislamiento y la hoja de piedra.



Las fachadas se completan con un conjunto de parasoles, móviles en las orientaciones Este y Oeste y fijos en la Sur que reducen los sobrecalentamientos en verano y los resplandores.

También, los cristales son de doble acristalamiento de bajo emisividad que ayudan a reducir el consumo del edificio.

### Forjados



El tipo de forjado utilizado es el alveolar en placas de 10,40 metros de luz. Este forjado cumple 2 misiones: una estructural y una térmica.

Debido a la elevada masa del forjado de hormigón, el techo se convierte en un acumulador de calor de gran capacidad que limita las fluctuaciones térmicas interiores. Los huecos del forjado permiten una utilización como parte de la conducción de aire de climatización. Esto permite regular la temperatura del techo.

### Calidad de aire interior

La instalación de ventilación se ha diseñado con un porcentaje máximo de aire exterior, reduciendo al máximo la recirculación del aire interior vaciado. Esto puede lograrse sin un consumo elevado gracias a la recuperación de calor del aire de retorno por medio de una rueda isoentálpica.



Las metas de este proyecto eran de consumir poca energía, contaminar lo menos posible y proporcionar satisfacción tanto en confort como en economía con una inversión muy contenida.

Los arquitectos, Carlos Expósito Mora y Emilio Miguel Mitre han conseguido que el consumo del edificio TRASLUZ no supere 60% del consumo de un edificio convencional sin que el coste sea superior al de un edificio convencional.

Desde el principio hasta el final se ha tenido en consideración el enfoque de la sostenibilidad.



TRASLUZ alcanza elevadas cotas de eficiencia energética, proporcionando al mismo tiempo un confort interior de mayor calidad con un uso intensivo de las energías renovables y un diseño bioclimático.

Este edificio fue seleccionado para representar a España en el Green Building Challenge en Tokio.

## **EDIFICIOS BIOCLIMÁTICOS EN MÉXICO: ACCIONES, PROGRAMAS Y PROYECTOS PARA LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL**

**David Morillón Gálvez**

Universidad Nacional Autónoma de México

Cd. Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F.

Tel: 52 (55) 5623 3600 Ext. 8842, Fax: 52 (55) 5623 3600 Ext. 8051

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

### **RESUMEN**

En el documento se presente las condiciones climáticas de México como base para definir los requerimientos bioclimáticos en el diseño de los edificios, así como las experiencias en la construcción de viviendas y conjuntos habitacionales en los últimos 30 años, mismas que se listan y describen. Los antecedentes sirven de base para las acciones, programas y proyectos que actualmente se realizan con el fin de masificar las viviendas de interés social bioclimáticas. En las acciones se presenta la norma oficial mexicana, que obliga a considerar elementos pasivos como el control solar, la orientación y las características térmicas adecuadas de los materiales y sistemas constructivos utilizados en techos y muros por ciudad y zona climática. En cuanto a los programas se presentan los dos mas grandes: La Casa Nueva/La Comunidad Nueva y la Vivienda Sustentable, ambos encabezados por el Gobierno Federal, con el principal objetivo de poner en el mercado vivienda económica, energéticamente eficiente y ecológicamente adecuada, en cada programa participar proyectos de la iniciativa privada (constructoras o desarrolladoras de vivienda), se indican las estrategias bioclimáticas utilizadas.

### **PALABRAS CLAVE**

México, vivienda de interés social, bioclimática, acciones, programas y proyectos.

### **INTRODUCCIÓN**

La adecuación de los edificios al clima, se ha intentado desde los tiempos de nuestros antepasados, en cuyas construcciones se advierte el conocimiento empírico para adecuar los edificios a las condiciones climáticas y el logro de cierto confort térmico (Carrasco A. y Morillón D., 2005). Sin embargo, en muchas ciudades modernas, ignoran tales conocimientos, en pro de un malentendido progreso. Desgraciadamente, esta lógica de adecuación al medio se perdió con la llegada del progreso, notorio en el impacto ambiental, económico y energético.

Las diversas condiciones climáticas de México, se presentan, por lo que la estandarización de estilos en el ámbito mundial (conocida como arquitectura internacional) provoca problemas o costos para lograr la habitabilidad en algunas regiones del país, esto cuando no se realiza una adecuación al ambiente particular de cada región. Los problemas que acarrea son el uso irracional de sistemas mecánicos de climatización, los cuales provocan derroche de energía, afectando directamente la economía de los usuarios de las viviendas, o condiciones dentro de las vivienda por encima de las de confort (Figura 1), encontrado en varios diagnósticos térmicos y energéticos realizados.

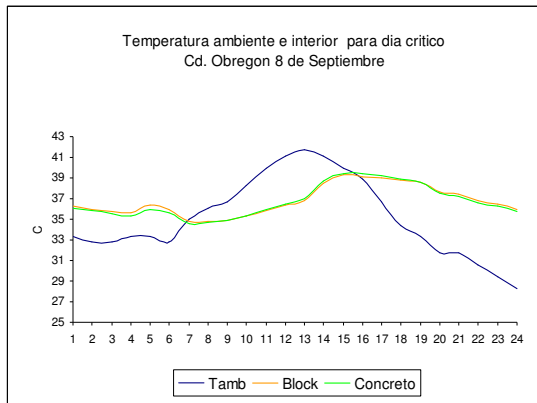


Figura 1. Temperaturas dentro y fuera de una vivienda tipo en el norte de México.

Las condiciones climáticas prevalecientes en México son: cálido-seco en norte, cálido húmedo en las costas (Al pacífico y al Atlántico), y templado en el centro y partes altas del país (Figura 2), sumada la superficie con condiciones de calor, representa dos terceras partes de la superficie de México, los veranos duran entre 6 y 7 meses, los inviernos máximo 3 meses, ante dicho escenario el problema a resolver en México es el calor.



Figura 2. Mapa de la Republica Mexicana.

Conscientes de éste problema, los profesionistas de las múltiples disciplinas encargadas de proveer al hombre de los espacios habitables han desarrollado algunos **Diseños Bioclimáticos**, como una respuesta para lograr la armonía entre los edificios y el ambiente.

En vista de lo anterior, el objetivo de este trabajo consiste en presentar experiencias que permitieron aprovechar o en su defecto, protegerse de las condiciones climáticas, así como analizar la normatividad que nos llevara a tener presente conceptos bioclimáticos, además de enumerar los beneficios para usarlos como valor agregado para la venta de los proyectos de vivienda.

Por ultimo presentar las acciones, programas y proyectos que actualmente se realizan en México para lograr de forma masiva viviendas bioclimáticas.

## ANTECEDENTES

Mas de 23 millones de viviendas son en México, vivienda rural y urbana (Figura 3), con déficit de 8 millones, se intensifican programas de vivienda, principalmente la urbana, el problema o son los mismos patrones de las viviendas que se presento el diagnóstico, condiciones térmica y energéticas desfavorables, en consecuencia ambientales.

Sin embargo se ha hecho algunos intentos para que dicho patrón cambie, tanto por la iniciativa privada como algún proyecto del gobierno.



Figura 3. Tipo de vivienda construida en gran parte del país.

Cabe resaltar proyecto construidos con criterios bioclimático y ecológicos en el país: uno de los primeros complejos fue en Tlaxcala, a finales de los 70s, con criterios ecológicos para zonas suburbanas, posteriormente, una de la instituciones encargadas de la construcción de la vivienda de interés social, Instituto de Fomento Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), realizo prototipos bioclimáticos en tres diferentes climas. A gran escala se tienen los proyectos como el fraccionamiento de

tipo residencial, Los Guayabos en Guadalajara, el criterio fue aprovechar el solar mediante las llamadas ecotécnicas, así como los materiales con características de amortiguar el calor y retrasar el efecto de la temperatura exterior.

En los años 90's y 2000, se construyeron de forma masiva, mas de cien casas en Ciudad Juárez (Figura 4), las cuales tienen sistemas de aprovechamiento de la energía solar para climatización y calentamiento de agua, así como ventilación subterránea, y elementos sombreadores, reuso de aguas grises, tratamiento de agua, ahorro de energía con dispositivos, entre otros (Figura 5), proyecto de la iniciativa privada, con apoyo para el sobre costo por el Infonavit, quien otorgo al constructor 7% más de lo estipulado para créditos de casas de interés social para considerar criterios bioclimáticos.



Figura 4. Fraccionamiento las Torres en Cd. Juárez.

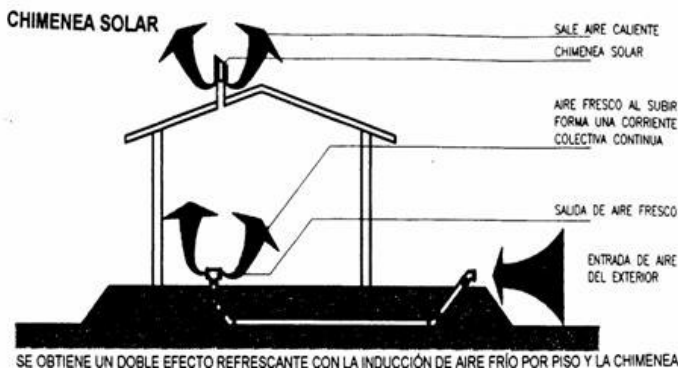


EL PROTOTIPO DE LA PROMOTORA REPETIDO MILES DE VEGES EN EL CLIMA EXTREMOSO DE CIUDAD JUÁREZ ASÍ COMO SECCION DE PROYECTO DE CAMBIOS DE FACHADA Y POSIBILIDADES DE CRECIMIENTO A 2 NIVELES.



Figura 5 Vivienda bioclimática y convencional

Entre los sistemas pasivos utilizados se tiene la ventilación natural a través de piso para enfriar el aire, la descarga de calor por medio de una chimenea solar (Figuras 6 y 7).



Figuras 6 y 7. Chimenea solar y ventilación a través del piso.

Dichos proyectos cuentan con sistemas de aprovechamiento de calentamiento de agua con energía solar, así como calentamiento de aire para climatización (Figuras 8 y 9).



*Figuras 8 y 9. Calentamiento de agua y aire con energía solar.*

El resultado fue monitoreado y la gente acepta la vivienda como mas confortable, ahorradora de energía y agua, el resultado motivo a que la empresa constructora sin requerir el apoyo para el sobre costo invierta en este tipo de viviendas (Figura 10), y lo mas importante la gente las busca.

Por otro lado tenemos el caso de las casas que se construyen en la ciudad de México y el estado de Morelos (aproximadamente 100 en cada lugar), además orientación adecuada para tener menos áreas expuestas a la radiación solar, se cuida con las áreas requeridas de ventana.



*Figura 10. Vivienda Ecológica en Cd. Juárez.*

En clima cálido seco se tiene el proyecto de la Ecovilla, esto es el poblado de Santa Isabel, Chih., consiste en el uso de los materiales de la región, con características que permiten la inercia térmica y bajo impacto ambiental de la construcción, así como la creación de microclimas internos. Caso Colima hay dos fraccionamiento que busca tener techos altos, ventilación natural, logrando mejorar el comportamiento térmico de la vivienda. En Mexicali se construyeron 1800 viviendas, cuya característica principal es el aislamiento y la generación de energía eléctrica. Además de contar con varias experiencias en diversas zonas rurales y suburbanas con diseños bioclimáticos y ecológicos de viviendas.

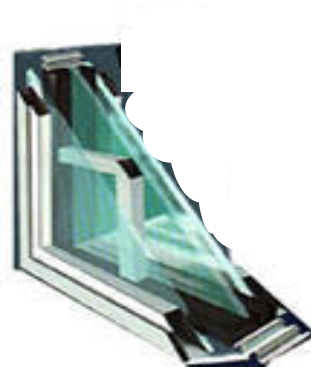


Figura 11. Doble vidrio en las ventanas.

Con las experiencias obtenidas se explora el tener formas masivas para lograr que la vivienda de México sea bioclimática, se llevan a cabo acciones, programa y proyectos en tres rubros, difusión, capacitación y normas para el caso de viviendas nuevas, en el caso de la vivienda existente se tienen programa de adecuación térmica y energética, como el programa FIPATERM, consiste en aislar el techo, doble vidrio en las ventanas (Figura 11), cambiar la tecnología de iluminación incandescente por lámparas compacta fluorescentes y el quipo de aire acondicionado obsoleto por el de alta eficiencia, hasta la fecha se han mejorado mas de 100,000 viviendas, últimamente a este programa se ha incorporado el cambio del refrigerador de mas de 5 años por uno que de acuerdo con la normatividad vigente consume menos energía.

## ACCIONES

Entre las diferentes fuentes de ganancia de calor de una vivienda o edificio en general, las más significativas se pueden controlar mediante el adecuado diseño de la envolvente del edificio: calor por conducción a través de los muros y techos, y por radiación solar que penetra a través de los vidrios de las ventanas y tragaluces.

Ante ello la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), órgano del Gobierno Federal, lleva acabo la elaboración de Normas Oficiales Mexicana (NOM), normas obligatorias para el ahorro de energía en los edificios, desde su diseño mismo (Figura 12).

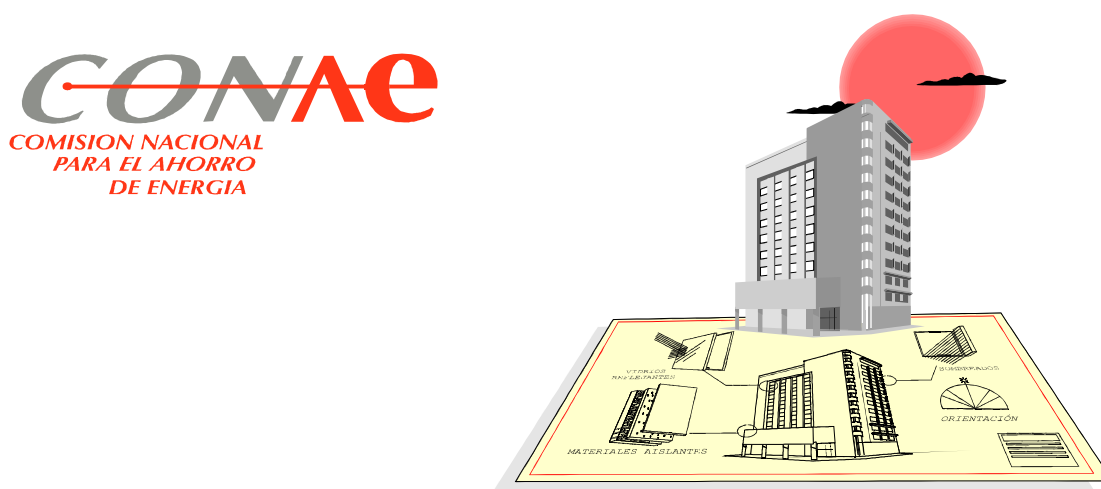


Figura 12. Normas de la CONAE desde el diseño del edificio.

Las normas oficiales mexicanas (NOM) no tratan de aislamiento térmico solamente, sino que incluyen sistemas pasivos, tales como las protecciones solares en ventanas: Aleros,

partesoles y remetimientos (Figura 13), así como especificaciones de áreas mínimas para tragaluces, efectos de la orientación, además de las características térmicas de los materiales de construcción necesarios para cada clima, por localidad.



Figura 13. Elementos sombreados en las ventanas.

## NOM

Dos son las normas relacionadas con el comportamiento térmico de los edificios:

NOM-008-ENER-2001: Eficiencia energética en edificaciones “Norma para la envolvente de edificios no residenciales” en vigor desde agosto del 2001.

NOM-020-ENER: Eficiencia energética en edificaciones “Norma para la envolvente de edificios residenciales” anteproyecto.

Estas normas tienen por objetivo limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, para racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

### Método de cumplimiento

#### NOM-020-ENER

Para cumplir con la especificación de la NOM, se tienen dos opciones, la primera trata sobre el aislamiento térmico promedio, la envolvente debe tener un valor de aislamiento promedio (M) no menor a lo que se establece para cada ciudad dentro de la norma y área máxima de la parte transparente (ventanas 10% y tragaluces 0%). El segundo, cumplir con un presupuesto energético (método de prueba); para realizar el presupuesto energético la envolvente del edificio proyectado debe especificarse de tal manera que la ganancia de calor ( $\phi_p$ ) a través de la envolvente del edificio proyectado, resulte menor o igual a la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia ( $\phi_r$ ), es decir:

$$\phi_p \leq \phi_r$$

Con varios de los materiales innovadores utilizados adecuadamente en muros y techos, se aprobaría las normas. Se puede presentar un problema en el caso que se opte por los materiales aislantes, puesto que si aumentáramos el valor de la resistencia térmica (M) de manera que los sistemas constructivos, utilizados en la mayor parte del país, aprueben las normas, estaremos también incrementando de manera importante el costo de la edificación (basta recordar que una de las maneras más comunes para aumentar el valor M es a través del uso de aislamiento o un tipo de vidrio con tratamiento especial, aún costo más elevado).

Sin embargo, lo que sí resulta evidente es la necesidad de mejorar de manera urgente, la envolvente de los edificios de nuestro país. Una de las opciones, es el uso de materiales de poca densidad, lo cual, se traduce en resistencia a que pase el calor, con esta sola medida, las ganancias que generalmente se traducen de manera directa, a consumo de energía eléctrica, vía los equipos de aire acondicionado (en la mayoría de los casos, poco eficientes), se limitan, logrando el ahorro de energía.

## **LA CASA NUEVA (LCN)**

Es un proyecto de cooperación científica y tecnológica de América del Norte



### **Surge**

- Programa propuesto por el Grupo de Expertos en Ciencia y Tecnología del Grupo de Trabajo de Energía de América del Norte (GTEAN).
- Se trata de fomentar el acceso a la vivienda económica, energéticamente sustentables y ecológicamente eficientes.
- Trata de unir esfuerzos de los tres países para compartir el conocimiento y facilitar demostraciones y despliegue de tecnología apropiada.

### **Justificación del programa**

- Existe una demanda explosiva de casas en las regiones del norte y sur de México, con climas externos.
- La demanda de vivienda se convierte en demanda de energía eléctrica.
- El crecimiento en los costos presenta un problema de disponibilidad (y economía).
- México tiene compromisos con la reducción de gases invernadero y otros temas ambientales.
- LCN se dedica a mejorar el estándar de vida y la calidad de vida de manera sustentable.

### **Alcance del programa LCN**

- Si bien el foco es la energía, se requiere un enfoque holístico e integral.
- Se trata por tanto de asegurar casas sustentables para satisfacer las metas nacionales de carácter social, cultural, económico y ambiental.
- La filosofía del programa es construir asociaciones internacionales extensivas y duraderas con participación del gobierno, la academia y la industria.

### **El tamaño del reto**

- México necesitará 730,000 casas nuevas cada año hasta 2010.
- Se proyecta una demanda eléctrica incrementada en 5.6% anual.
- Se requerirá aumentar la capacidad en unos 32 GW para 2010.
- Hay un déficit acumulado de unos 8 millones de casas (de los 22 millones disponibles y en uso).

### **Viabilidad del proyecto**

- La economía del usuario es un tema central. Se trata de que la suma de sus gastos mensuales correspondientes a la adquisición de su casa más los costos de electricidad y gas, en conjunto, disminuyan: Caso ASI (FIPATERM).

- Se trata de dar valor agregado a la construcción y el usuario junto con el sector energético capitalizarán el ahorro de energía.
- En una nueva economía de baja inflación, los riesgos financieros son menores y puede imaginarse un financiamiento muy generoso y ganador para todos los actores.

### **Perspectiva internacional**

- Se trata de identificar y promover diseños y desarrollos avanzados y propiciar las herramientas financieras y de otro tipo que los aseguren.
- Aunque el programa se enfoca en México es de esperar que los resultados sean aplicables a otras naciones de rápido desarrollo y en algunos casos específicos de Estados Unidos y Canadá.

### **LCN es también Comunidad**

- **La Casa Nueva** es el término preferido para designar las casas y edificios que habrán de construirse, en tanto que La Comunidad Nueva define los elementos vecinales de la iniciativa.
- El desempeño energético en el ciclo de vida es un elemento crucial pero la sustentabilidad general de las comunidades es central para el éxito en el largo plazo.
- El programa explora opciones para mejorar diseños tradicionales así como diseños alternos para casas tradicionales y comunidades en red y fuera de red.

### **LCN es de interés social**

- Se enfoca a casas de interés social (US dls \$15 – 30 m y 50 – 80 m<sup>2</sup>), principal campo de las constructoras para los próximos años (Figuras 14).
- Entregables: eficiencia energética, uso de energía renovable, conservación de agua, ambientes interno y externo saludables, uso reducido de recursos no renovables o escasos, impactos ambientales mínimos.
- Todo dentro de una política de accesibilidad económica y social. El reto incluye el diseño de sistemas financieros novedosos.



*Figura 14. Vivienda de interés social en México.*

### **Cuatro principales elementos:**

- Los cuatro elementos principales (**investigación, ensayos, demostración e implantación**) asegurarán las bases técnicas, industriales y financieras para producir la transformación requerida.
- Investigación: reúne equipos de expertos para identificar opciones y definir rutas de acción. Proporcionará retroalimentación constante.

- Las áreas temáticas incluyen abasto de energía y distribución; suministro, tratamiento y reúso del agua; diseño de la comunidad y de las casas, financiamiento e instrumentos de política.

### **Otros dos elementos de LCN**

- Ensayo: Conducirá evaluaciones rigurosas de los enfoques recomendados.
- Parque de Innovación, que asegurará que las innovaciones se evalúan en campo antes de demostrarlas (Figura 15).

- Demostración: Al menos una comunidad de unas 100 casas con los mejores elementos ecológicos que emanan de las dos anteriores acciones.



Figura 15. Monitoreo y evaluación de las estrategias y tecnologías.

- Adopción / implantación empacará los resultados, con herramientas de diseño, estándares de funcionamiento, entrenamiento, aseguramiento de calidad, NOM, opciones financieras y de políticas, etiquetado y otras estrategias para propiciar la transformación.

Incluye la comunicación y promoción con inversionistas, constructores y usuarios potenciales para crear la demanda de estas casas.

### La estrategia clave

- La estrategia fundamental de “La Casa Nueva/La Comunidad Nueva” surgió en una reunión del GTEAN en Cuernavaca, en octubre del 2002, y consiste en reunir las capacidades e intereses de los tres países patrocinadores para definir las necesidades, identificar oportunidades de mejora, opciones de ensaye, demostrarlas en un ámbito comunitario y aumentar las capacidades constructivas de la industria para replicar los hallazgos.

### Los actores principales

- El proyecto en su generalidad será auspiciado conjuntamente por los departamentos de energía de México (SENER), los Estados Unidos (DOE/Laboratorios Sandía) y Canadá (Natural Resources Canada). Estas agencias proveerán la dirección general y reclutarán socios adicionales para el programa.

### Otros actores mexicanos

- En el tema de I + D se tienen capacidades en los tres principales institutos del sector, en dos institutos de la UNAM y en otras instituciones (ITESM, UAM, UABCS, UASon...).
- En financiamiento y normatividad hay mucha experiencia en CONAE y FIDE.
- Hay acciones y experiencia también en otras instituciones, particularmente empresas constructoras, como el caso de URBI, GEO e ICA en el fomento a la vivienda y demás.



Figura 16. Vivienda bioclimática Paquime de ICA.

Proyectos del programa LCN: ICA (Figura 16), elementos, vivienda bioclimática; con sistemas de descarga de calor, control solar, orientación y materiales de construcción adecuados, calentamiento de agua con energía solar, 12 viviendas fueron las construidas en el norte de México.

## LA VIVIENDA SUSTENTABLE

Nueva gestión ambiental, un programa de la Comisión Nacional para el Fomento a la Vivienda (CONAFOVI).

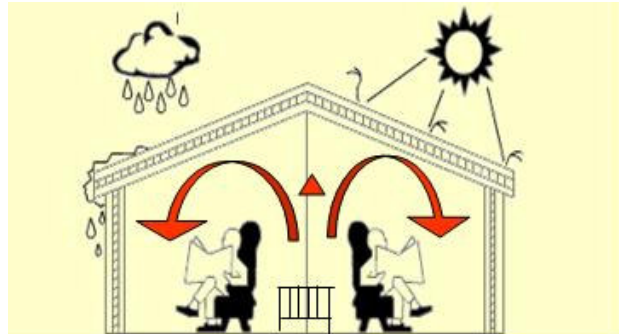


Figura 17 Programa Vivienda Sustentable.

El Gobierno Federal está llevando a cabo el más ambicioso programa de construcción de vivienda que se haya emprendido hasta la fecha. Contempla atender las necesidades de vivienda de 750 mil nuevas familias al año.

Se ha propuesto lograrlo, promoviendo el uso sustentable de los recursos naturales, especialmente la eficiencia en el uso de agua y la energía, para lo cual se ha firmado un Convenio de Colaboración entre la Secretaría del Medio Ambiente y los Organismos Nacionales de Vivienda.

Para operar el Programa para el Desarrollo Sustentable de Vivienda. El objeto del convenio es establecer las bases de colaboración entre la SEMARNAT, CONAFOVI y los ONAVIS: INFONAVIT, FONHAPO, FOVISSSTE y SHF, que garantice la protección al ambiente y economice el aprovechamiento de bienes y servicios asociados a la ocupación y funcionalidad de la vivienda, se inicia el programa con proyectos pilotos de cuatro constructoras URBI, PULTE, BRACSA y el Instituto Estatal de Vivienda de Nuevo León), en las ciudades de Monterrey, Mexicali, Querétaro y Acapulco, ciudades correspondientes a los climas, cálido-seco, cálido-seco extremo, templado y cálido-húmedo (Figura 18).



Figura 18. Ciudades de los proyectos pilotos del programa vivienda sustentable.

Las partes del proyecto son:

**Prioridades ambientales**

**Líneas estratégicas**

**Acciones**

**Prioridades ambientales:**

- Uso y aprovechamiento sustentable del agua y la energía
- Incremento de áreas verdes en los conjuntos
- Manejo integral de los residuos sólidos urbanos
- Mejoramiento de los espacios habitables de la vivienda mediante el diseño bioclimático y la aplicación de ecotecnias

**Líneas estratégicas:**

- Investigación y transferencia de tecnología
- Financiamiento
- Capacitación y educación
- Información y difusión

**Acciones:****Agua**

- Dispositivos ahorradores y reductores en el consumo de agua en la vivienda
- Esquemas de distribución y almacenamiento de agua, adecuados a las características de presión
- Acabados permeables en pavimentos
- Sistemas de captación y aprovechamiento del agua pluvial

**Energía**

- Proyectos con diseño bioclimático (ventilación, iluminación y asoleamiento)
- Materiales con aislamiento térmico
- Ecotecnias para la climatización
- Sistemas ahorradores de energía en iluminación y luminarias
- Calentadores de agua con energía solar
- Celdas fotoeléctricas

**Drenaje:**

- Planta de tratamiento de aguas residuales
- Sistema de red para aprovechamiento de agua tratada para riego de áreas verdes
- Sistema de reciclaje de agua

**Residuos sólidos:**

- Equipamiento para la separación y colecta de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos
- Equipamiento para la producción de composta

**Áreas verdes:**

- Donación y sembrado de dos árboles de especies nativas de la región, por cada vivienda construida
- Producción de composta y su reutilización en áreas jardinadas

**CONCLUSIONES**

Los edificios pueden tener una base científica (donde se incorporan el ambiente, los costos, la innovación tecnológica y el diseño bioclimático) encaminada a proveer al uso de espacios confortables y funcionales. Por ello es importante considerar el diseño bioclimático como un aspecto complementario, no suplementario, de la arquitectura cotidiana: vivienda de interés social, para asegurar que, verdaderamente, se construyan espacios que respeten el entorno natural y permitan el ahorro de energía, comodidad y el fortalecimiento de la cultura e identidad regional.

Es necesario entonces, que cambiemos 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 aprovechemos este tipo de herramientas nuevas para encaminarnos hacia una cultura de uso eficiente de recursos y sustentabilidad.

Relacionando lo anterior con la sustentabilidad, hemos visto que los Diseños Bioclimáticos (DB), son muy acordes con los principios fundamentales que el paradigma de la sustentabilidad exige. Ahora bien, la globalización y la actual política económica de nuestro país, están teniendo costos que podemos observar de manera directa e indirecta. En el caso de las edificaciones, la globalización ha provocado la adopción de tecnologías y procesos sin cuestionar su validez para las condiciones generales de nuestro país; esto ha puesto en entredicho el Desarrollo Sustentable pregonado por el modelo económico de nuestros gobiernos, pues no existe regulación, políticas, lineamientos y directrices adecuados para los proyectos de diseño y construcción de edificaciones.

Si el Plan de Desarrollo Nacional considerase proyectos bioclimáticos como los que se exponen en este documento, la idea de sustentabilidad contaría con mayor soporte y los efectos adversos, directos o indirectos en el ambiente y la sociedad serían cada vez menos. Esto exige una mayor determinación de políticas y directrices que aterricen en modelos regulatorios más adecuados para los proyectos de viviendas futuras.

## REFERENCIAS

Carrasco A y Morillón D. (2005) *Arquitectura Vernácula, Estudios de Arquitectura Bioclimática*, Ed. Limusa-UAM, México.

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía-SE (2004), *Anteproyectos de las NOM-020-ENE, Norma de eficiencia energética para edificios de uso residencial*, México.

Diario Oficial de la Federación, Proyecto de Norma de Eficiencia Energética para Edificios no Residenciales, NOM-008-ENER-2001, México, DF.

Morillón, D. 1993, *Bioclimática, sistemas pasivos de climatización*, Ed. Universidad de Guadalajara, 158 p.

Morillón, D. 2004, *Atlas del bioclima de México*, Ed. II-UNAM, México.

Morillón D. 2005, *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano: estudios aplicables en Chihuahua, Cd. Juárez, Región Lagunera y Durango*, Ed. CFE, México.

## ABSTRAT

In this document present the climatic conditions of Mexico as it bases to define the bioclimate requirements in the design of the buildings, as well as the construction of houses and sets in the last 30 years, same that are listed and described. The antecedents serve as base for the actions, programs and projects that at the moment are made with the purpose of amassing the bioclimate houses of social interest. In the actions the Mexican official norm appears, that forces to consider passive elements like the solar control, the direction and the thermal characteristics adapted of the materials and constructive systems used in ceilings and walls by city and climatic zone. As far as the programs they appear both but great: La Casa Nueva/La Comunidad Nueva and the Sustainable House, both headed by the Federal Government, with the main objective to put in the market economic house, power efficient and ecologically adapted, in each program to participate projects of the private initiative (constructors or developer of house), indicate the used bioclimáticas strategies.

## EDIFICACIONES BIOCLIMÁTICAS EN EL PERÚ

**Raquel Barrionuevo de Machicao<sup>1</sup>, Rafael Espinoza Paredes<sup>2</sup>**

Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes y Centro de Energías Renovables

Universidad Nacional de Ingeniería

Apartado 31-139 Lima, Perú

Telfax (511) 3821058 <http://cer.uni.edu.pe> ; [cer@uni.edu.pe](mailto:cer@uni.edu.pe)

### RESUMEN

El presente artículo tiene por objetivo difundir la imagen actual del estado de las aplicaciones bioclimáticas en el Perú, en el ámbito arquitectónico y de la construcción. Para tal efecto hemos realizado una búsqueda informativa pertinente que ha rendido frutos satisfactoriamente.

Sobre esta base hemos intentado una cierta clasificación con referencias cronológicas y de evidencias bioclimáticas, a efectos de destacar o describir las características principales en cada caso.

Destacamos como resultado principal, más allá de las propias edificaciones identificadas, el haber comprobado que el hombre peruano viene aplicando técnicas bioclimáticas en sus edificaciones desde tiempos muy antiguos, tanto en la costa por el excesivo calor, cuanto en la sierra por el frío intenso.

En este escenario, creemos que las concepciones bioclimáticas actuales no deberían olvidar técnicas ancestrales que han demostrado efectividad en términos de lograr confort térmico en espacios habitables. Así mismo, destacamos la presencia de elementos arquitectónicos de carácter bioclimático en edificaciones actuales (modernas), aparentemente poco integradas al volumen total, pero cumpliendo la función que explica su presencia.

### 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 que le siguen en importancia, no sufren de climas muy extremos.

En cambio, el Perú tiene otras ciudades que, con el correr de los años y el progreso relativo de sus sociedades, han cobrado mayor importancia o sus poblaciones andinas son más visibles o los cambios en el clima mundial generan consecuencias muy severas, que revelan realidades climáticas extremas que merecen un tratamiento técnico apropiado.

Encontramos un primer tratado (Beltrán, 1987) que enfoca la problemática generada por el clima adverso de nuestra región altiplánica y elabora una propuesta de arquitectura bioclimática destinada a mejorar las condiciones de habitabilidad para las poblaciones andinas de esa región.

---

<sup>1</sup> Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes

<sup>2</sup> Centro de Energías Renovables

En años más recientes, (Zea, 2000) y (Horn, 2005) se han ocupado de este tema confirmando que la penetración de esta tecnología en el contexto arquitectónico y constructivo nacional no va más allá de casos puntuales, importantes y destacables, pero aislados.

Tampoco se encuentra alguna actividad académica insertada orgánicamente en las universidades del país que cuentan con facultades de arquitectura, más bien se repite la imagen anterior, esto es, existen loables esfuerzos aislados.

En este contexto se da la oportunidad de desarrollar una tarea algo más orgánica y de mayor alcance derivada del compromiso de pertenencia del Grupo Peruano a la RED CYTED Uso De Energías Renovables y Diseño Bioclimático en Viviendas y Edificios de Interés Social del Área Temática 4: Desarrollo Sostenible, del Subprograma VI de CYTED: Nuevas Fuentes y Conservación de la Energía. Así, el presente artículo es resultado de esta dinámica y constituye un logro mas en el afán de lograr que en el Perú se establezca una línea de acción orgánica y sostenida que impulse el desarrollo de la arquitectura bioclimática.

En este contexto, el objetivo específico que perseguimos con la elaboración de este trabajo es revelar nuestra realidad en este tema y esperar que, este resultado preliminar aún, sirva de catalizador de actores interesados e involucrados en esta temática, que contribuyan con a) precisar mejor esta realidad y b) proyectar actividades futuras que consoliden la decisión de avanzar en esta línea hasta conseguir que se desarrolle orgánica y sostenidamente.

*“Nunca antes como ahora, se hace sentir la urgencia de alcanzar niveles superiores en el hábitat de nuestras crecientes poblaciones, especialmente de aquellas que viven en extrema pobreza o que residen en zonas muy alejadas. Se requiere de inversiones muy altas para dotarles por lo menos de servicios básicos, utilizando las tecnologías convencionales”.* (Horn, 2005)

## **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: sismos, muchas veces severos, la periódica presencia de El Niño, lluvias torrenciales, aluviones, sequías. Tiene también diferentes culturas, así como graves problemas sociales y económicos. La tarea de construir en el Perú y las tecnologías apropiadas a utilizar están íntimamente ligadas a esa realidad.

La franja estrecha de la costa (va de 50 a 100 km de ancho y 2.560 km de longitud) representa el 11% de la superficie total del país. Es desértica en su mayor parte, tiene lluvias muy finas, salvo la costa norte que, por la presencia de El Niño, tiene épocas de lluvias intensas; además es donde los sismos son más frecuentes e intensos. En la costa está asentada la mayor parte de la población urbana del país y ahí se encuentra Lima, capital del Perú. Su temperatura fluctúa entre 15°C en invierno y 35°C en verano.

La sierra está formada por la Cordillera de los Andes, que va de sur-este a nor-oeste, a todo lo largo del país. Forma en su recorrido laderas y valles interandinos, donde los sismos son de menor intensidad y menos frecuentes. Cubre un 26% del territorio nacional. Sus altitudes están entre 1200 m a 6600 m sobre el nivel del mar, su ancho es de 120 km

al norte y al sur llega a tener 300 km. Su clima es variable, con temperaturas que varían de 6°C a 16°C; sobre los 4500 m, la temperatura es glacial. La lluvia es intensa, sobre todo entre los meses de diciembre a abril (verano); sobre los 3000 m cae nieve y granizo.

La selva, que ocupa una significativa área del territorio (63%), tiene ríos caudalosos, lluvias intensas y frecuentes, especialmente los cuatro primeros meses del año, con una intensidad entre 2000 mm a 4000 mm por año, en las zonas altas llega hasta 7000 mm. La temperatura va de 16°C a 35°C, tiene un recurso maderero importante, aún hasta ahora no muy explotado para la construcción. El clima es caluroso y la humedad es alta.

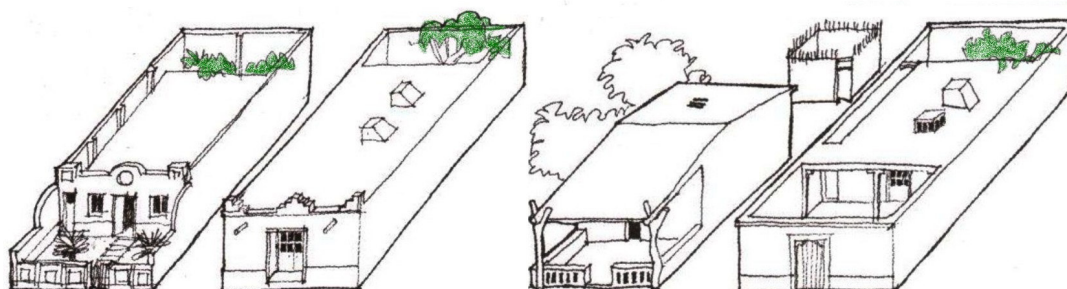
## MUESTRAS DE TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS ANCESTRALES

### *Arquitectura antigua*

La variedad de climas hace indispensable el diseño bioclimático. Ha sido interesante constatar que, a lo largo de toda la costa peruana, al igual que las antiguas casonas virreynales que tuvieron en cuenta las condiciones de climatización, los pobladores han copiado los elementos (aleros, teatinas y otros similares) que les asegure confort, protegiéndose del soleamiento, la lluvia, los vientos y buscando la ventilación e iluminación naturales.



*Figura N° 1 La ilustración muestra cuatro tipos de casas en el departamento de Tumbes, costa norte peruana limítrofe con el Ecuador. En orden de izquierda a derecha aparece la casa campesina seguida por las de playa, luego una casa con portales y, finalmente, otra con variante cerrada y abierta en segundo piso. Las paredes gruesas y el techo a dos aguas de bambú, revestidos con barro, los espacios abiertos en el frente y la vegetación trabajan como amortiguadores térmicos en esta zona calurosa.*



*Figura N° 2 La ilustración muestra otros cuatro tipos de casas costeras que, además de contar con elementos arquitectónicos en sus frentes, también los tienen en sus techos, para iluminación y ventilación. Estas tipologías corresponden al departamento de Lambayeque aproximadamente 300 km al sur de Tumbes y las imágenes representan, de izquierda a derecha, una casa chalet, una cerrada, una rural y una casa patio.*

También se encuentra elementos o aplicaciones arquitectónicas tendientes a contrarrestar condiciones climáticas adversas en la región de la sierra del Perú, en lugares en donde la

temperatura del ambiente desciende por debajo de la de congelamiento en la estación invernal.

En dichos lugares es característico el uso del adobe para las edificaciones formando muros gruesos y falsos techos interiores que evitan el enfriamiento nocturno excesivo a través de los techos a dos aguas construidos con planchas metálicas ondeadas conocidas como calaminas.

Además de estas “evidencias bioclimáticas”, en muchas viviendas rurales del Perú, particularmente en el altiplano (4000 msnm) se han instalado sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD) con el fin de dotar a sus habitantes de electricidad para iluminación, comunicación y distracción, contribuyendo de esa manera con el mejoramiento integral de sus condiciones de vida.



*Figura N° 3 Las fotografías mostradas en esta figura reproducen detalles de casas rurales de la isla Taquile del lago Titicaca del departamento de Puno (3800msnm). La de la izquierda permite apreciar el grosos de los muros de adobe con que se construyen y ventanas pequeñas; la de la derecha muestra el interior de la casa, el dormitorio, y deja apreciar el falso techo. Muros gruesos, ventanas pequeñas y falso techo, proveen a la vivienda de mejores condiciones de confort respecto a la temperatura. Puede apreciarse también, el módulo fotovoltaico (izquierda) y la lámpara interior (derecha), partes componentes del SFD instalado.*

## **EDIFICACIONES CON CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS**

### *Arquitectura reciente*

En la búsqueda de edificaciones con características bioclimáticas hechas en el Perú, limitada por razones de tiempo, distancia y aparente ausencia de publicaciones que las hayan difundido en algún momento, hemos localizado algunas que contienen elementos, formas y materiales que sugieren ser resultado de un proyecto arquitectónico de tipo bioclimático. Esta impresión no ha podido ser documentada apropiadamente de manera que nos permita descripciones técnicas más precisas que corroboren la intención del proyectista. No obstante, incluimos referencias gráficas de ellas porque representan y demuestran cierta continuidad cronológica de la actividad arquitectónica bioclimática en el Perú.

### *Arquitectura moderna*

Otras dos edificaciones identificadas son la biblioteca y auditorio de la Universidad Nacional de Puno y el Hotel Atahualpa del Cusco. En el primer caso (Horn, 2005), se

perciben características arquitectónicas bioclimáticas en todo el volumen de la edificación, mientras que en el otro, se trata de un acondicionamiento de un ambiente interior generando efecto invernadero con una cubierta de policarbonato que encierra el espacio abierto de un patio. En ambos casos, se comprueba el efecto térmico favorable que mantiene la temperatura interior en niveles de confort mientras la exterior es típicamente fría para el medio.

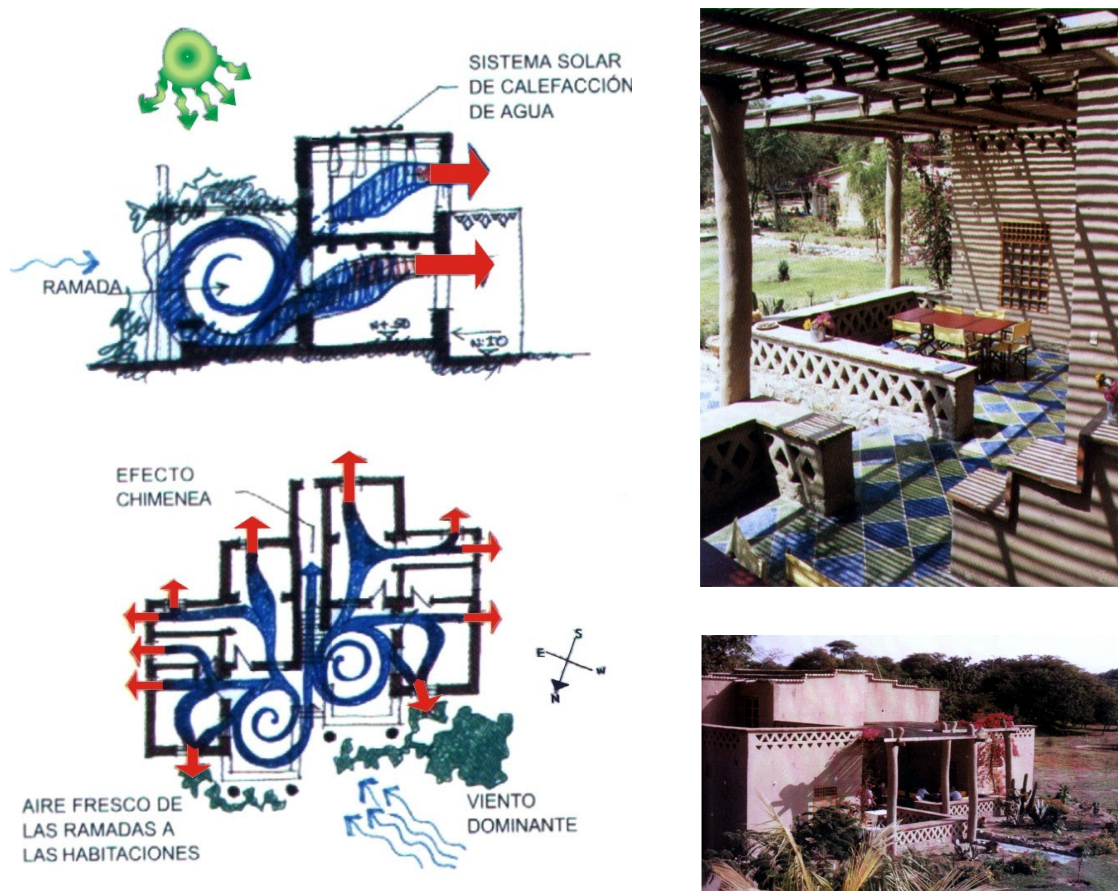


Figura N° 4 Las imágenes mostradas corresponden al Hotel “Los Horcones” ubicado en el departamento de Lambayeque, en la costa norte del Perú. Los esquemas de la izquierda detallan algunas características de las técnicas previstas para mejorar el confort térmico de la edificación por efecto del recorrido natural del viento. Las fotografías de la derecha muestran, (arriba) la antesala parcialmente soleada por efecto de la estructura de cubierta prevista para ese efecto. La vista inferior corresponde al frontis del hotel y acceso a la antesala.

## CARACTERIZACIÓN DE EDIFICACIONES BIOCLIMÁTICAS

En esta sección describimos (4) edificaciones diseñadas y construidas con características bioclimáticas que van desde materiales adecuados hasta orientación precisa, pasando por formas y elementos estructurales especial y atinadamente incluidos para crear confort térmico, lumínico y acústico en todos los días del año con presencia del sol. Seguidamente describimos someramente cada una de ellas.

### Facultad de Derecho

El Campus de la Universidad Privada Antenor Orrego se ubica en la Urb. Monserrate de la ciudad de Trujillo, aproximadamente 800 km al norte de Lima. Allí se construyó en 1996 el edificio que alberga locales administrativos y académicos de la Facultad de Derecho, techando 4 052 m<sup>2</sup> distribuidos en cuatro (4) niveles.

El edificio ha sido diseñado y construido con características bioclimáticas, el equipo de arquitectos proyectistas fue Alberto Barba, Armando Li, Guillermo Malca y Manuel Namoc quienes desarrollaron una conceptualización arquitectónica con el fin de dotar a cada ambiente, conjunto de ambientes, como salas de lectura por ejemplo y al volumen habitable en su conjunto, de un definido confort termo-lumínico. Algunas de sus características más importantes son las siguientes:

1. Todas las aulas tienen ventanas de 2.3 m de alto (sin dintel) y alfeizar de 1 mt., tanto en sus frentes exteriores como en los interiores. Esto mejora notablemente las condiciones lumínicas y de ventilación natural. Todas las ventanas de aulas están protegidas del soleamiento de Verano (al sur) y de Invierno (al norte) por volúmenes y parasoles verticales.
2. Sala de reuniones importantes, de altura y media, con doble teatina y claraboya para lograr excelente iluminación
3. Los ambientes en degradé del 2° al 4° pisos tienen dobles teatinas para iluminar de modo homogéneo los planos de trabajo.
4. Pasadizos que generan la forma de “ductos-jardín” proveen ventilación e iluminación y permiten vanos bajos y grandes en las fachadas interiores de los volúmenes
5. Una gran claraboya cilíndrica permite iluminar los tres niveles superiores en donde se encuentra un centro de documentación.

#### *Templo María Auxiliadora*

En esta misma ciudad, el Arq. Guillermo Malca Orbegozo, desarrolló un proyecto arquitectónico con el fin de configurar un ambiente apropiado para celebrar oficios religiosos, conjugando los requisitos inherentes a esta función con las características derivadas de la concepción bioclimática.

El área techada fue 425 m<sup>2</sup> dentro de un área libre (parque) de 4 000 m<sup>2</sup>, la obra quedó concluida en 1998 y la conceptualización arquitectónica permitió lograr confort térmico-acústico-lumínico. Algunas de sus principales características son las siguientes:

1. El volumen-espacio está organizado en tres cuerpos ascendentes, desde el ingreso hasta el altar, lo cual genera en los usuarios la sensación de “avanzar” hacia lo Divino. Los tres cuerpos se conectan entre sí (en paredes y techos) por aberturas de separación tipificadas como vanos para iluminación y ventilación naturales. Los muros y techos separados de cada uno de los tres cuerpos del Templo, permiten entrada tamizada de luz que apunta siempre al Altar. Se genera un relajante degradé lumínico en las paredes y techos adyacentes a las aberturas.
2. El Templo está ubicado en la esquina oeste del parque. El ingreso principal da al centro geométrico del parque, lo cual queda equidistante a todos los vecinos del entorno. Su ubicación no perturba la dinámica recreativa original del parque.
3. Su eje longitudinal coincide con la orientación este-oeste. Esto permite que todos los días soleados del año, los rayos solares atraviesen el vidrio catedral de los techos que miran al este y aporten iluminación dirigida al Altar ubicado en la esquina Oeste. No generan sombra propia ni arrojada (figuras 1, 2 y 3).
4. En los vanos ubicados entre techos se ha alternado paños de vidrio catedral y vacíos, para lograr adecuada ventilación cruzada alta. Esta permite renovar el aire caliente y viciado que sube al techo por convección natural, cuando hay aglomeración de gente. Los vientos llegan del Sur y del Sur-Este. Los vanos en las paredes tienen paños que pueden batir a gusto de los usuarios.
5. Los diferentes planos interiores del Templo tienen distintos niveles de iluminancia y luminancia. El objetivo de la iluminación natural es jerarquizar un espacio y concitar y

concentrar el interés en él. El espacio jerarquizado es el Altar, donde se ha logrado el máximo nivel lumínico separando los planos de fondo del resto del Templo, para lograr entrada de luz en todo su perímetro.

### *Albergue rural Suasi*

En 1998 se construyó un albergue en la isla Suasi en el Lago Titikaka, dotado con equipamiento con tecnología solar; el primer hospedaje verdaderamente ecológico del Perú: no solamente se consideró y respetó las características del medio ambiente para el diseño y su construcción, sino prácticamente toda la demanda energética del albergue fue suministrada por energía solar. La electricidad requerida para iluminación, TV, computación, refrigeración y otros, está cubierta por paneles fotovoltaicos. Para tener disponible agua caliente se han instalado termas solares y para la cocción de los alimentos se usa mayormente tres cocinas solares tipo concentradores parabólicos. El Perú es uno de los países de mayor potencial solar en nuestro continente, ventaja competitiva que se está aprovechando para impulsar el ecoturismo (Horn y Giraldo, 2000).

La isla Suasi es un pequeño y singular exponente de la geografía lacustre, ubicada en la vertiente noreste, la de mayor belleza paisajista, del Lago Titikaka (a los Puneños les gusta escribir Titikaka en vez de Titicaca). Se encuentra a 1 km de la orilla, cerca de la comunidad Cambría y de la frontera con Bolivia, a 15 km de la ciudad de Moho y a 115 km del aeropuerto de Juliaca.

En la época<sup>3</sup> Suasi fue un espacio privado, protegido para promover la defensa del ecosistema, 43 hectáreas de quietud donde en armonioso equilibrio conviven lo silvestre y lo cultivado, lo propio y lo adquirido, lo espontáneo y lo planificado. Suasi es un espacio de vida armónica entre hombre y naturaleza, memoria y cambio, necesidad y satisfacción, usufructo y reserva, realización y utopía (Horn y Giraldo, 2000).

El Lago Titicaca, de 8600 km<sup>2</sup> a una altura de 3800 msnm., lago navegable más alto del mundo, cumple una función termorreguladora a través de su espejo de agua, que capta la espléndida radiación solar, haciendo que el frío de casi cuatro mil metros de altura sea atemperado y florezca la vida en todas las formas. Algunas de sus características principales son las siguientes:

1. Los materiales usados son mayormente del mismo lugar. El albergue tiene capacidad para 30 personas, cada habitación tiene baño privado con agua caliente.
2. Toda la demanda energética del albergue está cubierta por la energía solar, único en el Perú y atracción especial para el turista con sensibilidad ecológica. Se estima que la demanda total de energía eléctrica del albergue (sin considerar el bombeo de agua), en caso de estar permanentemente ocupado por completo, sea de 9 kWh/día con una potencia total de 3,4 kW; 3,3 kWh/día de esta energía corresponden a iluminación y 5,7 kWh/día a otros consumos, en especial a 2 televisores, 2 computadoras, una refrigeradora y una congeladora.
3. El promedio anual de la irradiación solar sobre superficie horizontal es de 6,0 kWh/m<sup>2</sup>día. También hay que considerar que la baja temperatura ambiental (promedios mensuales: 6 -10°C) resulta en una alta eficiencia de los paneles fotovoltaicos. Se instaló un sistema de 1500 W<sub>p</sub> (20 paneles solares de 75 W, conectados a 24 V DC) y un banco de baterías de 2250 Ah a 24 V (30 baterías de 150 Ah, 12 V, de tipo “solar”, conectados a 24 V).

<sup>3</sup> En este artículo se narra las características del albergue Suasi desde su construcción hasta antes del cambio de administración producido hace 2 ó 3 años.

4. La demanda diaria de agua del hotel (habitaciones, baños, cocina, etc.) es estimada en  $6 \text{ m}^3$ . Adicionalmente se requiere en la temporada seca (abril - octubre) diariamente 2 - 4  $\text{m}^3$  agua para los jardines. Para satisfacer esta demanda se usa agua del lago, que es potable y de buena calidad. Para tal fin se ha construido en la playa, cerca a la orilla del lago, un pozo de 5,4 m de profundidad (debajo del nivel del lago) y de 1,5 m de diámetro, para que desde el lago se llene el pozo por filtración. En el pozo se ha colocado una bomba sumergible para bombear el agua a una cisterna de  $24 \text{ m}^3$  en la cima atrás del hotel, a 54 m encima del lago y a una distancia de 198 m del pozo. Desde esta cisterna, donde el agua es también clorificado, el agua es llevada por gravedad al hotel y los jardines.

5. Para satisfacer los requerimientos de agua caliente sanitaria, se instaló 3 termas solares de 300 litros y  $4 \text{ m}^2$  de colector cada una y con líquido anticongelante en el circuito de los colectores solares y con intercambiadores de calor.

6. Para la cocción de los alimentos se usa mayormente tres cocinas solares, modelo SK14 de EG-Solar (también hay fogones, usando leña), son de tipo concentrador parabólico con un diámetro de 1,3 m, con una estructura de hierro de construcción y láminas de aluminio de alta reflectancia.



*Figura N° 5 La vista muestra el lado frontal del albergue rural Suasi, puede apreciarse la ubicación de ventanas y parasoles que atenúan el calentamiento excesivo por la excelente radiación solar de la zona. También se aprecia el uso de materiales autóctonos que contribuyen con el equilibrio naturaleza-artifialidad en pro del confort ambiental integral.*

### ***El Centro Virtual de Salud de Qotowincho***

Qotowincho es un pequeño centro poblado, ubicado en la única zona inhóspita del hermoso valle de Urubamba en Cusco, Perú. Allí se asentaron 500 familias de muy escasos recursos, buscando un lugar donde vivir.

Allí se desarrolló un proyecto que incluyó la construcción de un Centro de Salud Virtual, cultivos hidropónicos, uso de tecnología solar para cocinar, hornear y calentar el agua, tele-educación y tele-medicina; así como la comunicación, que es un tema que involucra a cuatro comunidades alto andinas que podrán acceder a la atención del servicio de salud, a pesar de las distancias a las que se encuentran.

La propuesta arquitectónica se generó en el Proyecto XIV.5 Con Techo del CYTED HABYTED y el desarrollo del diseño arquitectónico y de ingeniería estuvo a cargo de la ONG KAUSAY. La Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes de la Universidad Nacional de Ingeniería, FAUA-UNI asumió la construcción de los primeros  $1000 \text{ m}^2$  del local para el Centro, transfiriendo las tecnologías a un grupo de la comunidad previamente seleccionado.

Las tecnologías utilizadas se seleccionaron teniendo en cuenta la existencia de canteras de tierra y que la comunidad de Qotowincho tradicionalmente construye en adobe; que la caña brava y la madera estructural existen en el lugar, especialmente el eucalipto y, el águano, traído de la selva. El primer nivel se construyó con la tecnología del adobe mejorado y el

segundo, con la de la quincha prefabricada; el entrepiso, las columnas y la estructura del techo (vigas y viguetas) se construyeron de madera, terminándose éste con caña brava chancada, torta de barro y teja cerámica.



Figura N° 6 La vista muestra la estructura de dos plantas del Centro, aún sin acabar, prevista para lograr ventilación interior así como protección de soleamiento excesivo. El uso de materiales (madera, adobe) del lugar es otra característica importante de esta edificación.

Se dio especial cuidado al diseño bioclimático de la edificación, en especial por su condición del servicio de salud que prestará a la comunidad. Su adecuada orientación, los recursos naturales empleados en su construcción (la tierra, la madera, la caña, el cactus, etc.); los aleros, los corredores, la adecuada ubicación de ventanas garantizan el confort.

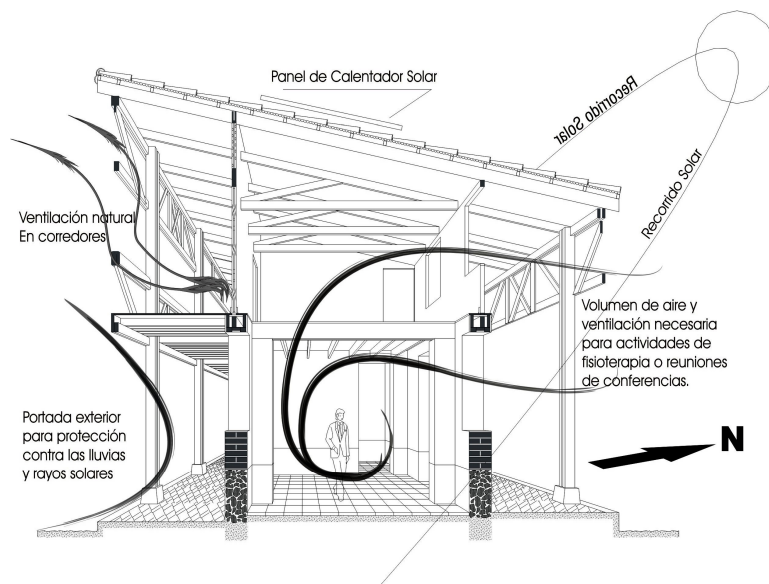


Figura N° 7 Lo esquema de la ventilación natural en el Centro Virtual de Salud de Qotowincho

## CONCLUSIONES

A pesar que no existe gran desarrollo bioclimático en el Perú, las pocas experiencias identificadas son muy ricas en su contenido y demuestran que nuestro medio no solamente es propicio para propuesta bioclimáticas, sino también, cuenta con una base suficiente como para impulsar aquel desarrollo en forma orgánica. Tenemos antecedentes importantes que revelan, más que experiencias, sensibilidad al impacto del clima y respuestas prácticas para mitigar ese impacto por parte de los pobladores que lo sufren.

También contamos con recursos humanos preparados para afrontar esta tarea, no muy numerosos, pero comprometidos con la temática e involucrados en su desarrollo. Existe una cierta masa crítica de profesionales con sensibilidad y preparación adecuada pero desorientados y sin derrotero que articule y potencialice sus capacidades alrededor de propuestas o programas orgánicos.

La dinámica impuesta por la existencia de la RED CYTED que ha motivado este trabajo, es otro factor confluyente para los fines expuestos que se complementa con el vínculo académico de los autores y sus respectivas experiencias en los ámbitos de las energías renovables y de la arquitectura y construcciones sociales.

## REFERENCIAS

- Beltrán L. (1987) Patios Solares Para Las Ciudades Andinas, TECNIA. Vol 3., N° 2. pág. 13-21, 1987; Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú.
- Espinoza R. (2004) Taquile, un ejemplo de electrificación fotovoltaica exitosa, Seminario internacional “Energía, Medio Ambiente y Desarrollo”, Cusco 26-27.04.2004 caso exitoso
- Horn M. y Giraldo M. (2000) Suasi, un albergue rural con energía solar en el Lago Titicaca”. EFICIENCIA Energética y Energías Renovables, Año II, Revista N°4, pp 18-21, Noviembre 2000, Lima, Perú
- Horn, M. (2005) Energías Renovables en Edificaciones, Seminario Taller “Vivienda bioclimática”, 1 – 3.06.05, Lima
- Zea H. (2000) Alternativa de Recuperación Tecnológica de Materiales para la Construcción Bioclimática en el Altiplano Perú – Boliviano, Seminario Arquitectura Bioclimática, Lima 23-24.03.2000

## ABSTRACT

This article intends to diffuse the current situation of bioclimatic applications in Peru, in the construction and architecture field. To this effect we have search for pertinent information satisfactorily.

On these grounds we have designed a certain classification with chronologic references and bioclimatic evidences, in order to stress or describe the main characteristics of each case.

We stress as main result, beyond the identified edifications, the fact of proving that Peruvian man has been using bioclimatic techniques in buildings since ancient times; in the coastal areas due to excessive heat, and in the highland due to extreme cold temperatures.

In this scenario we believe that current bioclimatic conceptions should not omit ancestral techniques that have proved effectiveness in achieving temperature comfort in living areas. Moreover, we highlight the presence of architectural elements of bioclimatic nature in current (modern) buildings, apparently poorly integrated to the total volume, but playing the role that explains its presence.



## **EDIFÍCIOS BIOCLIMÁTICOS DE CONSTRUÇÃO SOCIAL E EDIFÍCIOS SOCIAIS EM PORTUGAL**

**Helder Gonçalves, Susana Camelo, Cristina Horta,  
Luisa Brotas, João Mariz Graça**

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>  
E-mail: [helder.goncalves@ineti.pt](mailto:helder.goncalves@ineti.pt)

### **RESUMO**

O parque habitacional em Portugal, apresenta uma grande diversidade tipológica e construtiva, reflexo das condicionantes económicas e sociais que Portugal viveu nas últimas décadas. As habitações sociais construídas em Portugal e em particular na Cidade de Lisboa, têm evoluído ao longo das últimas décadas, sempre com grandes condicionantes financeiras o que naturalmente tem consequências em termos da qualidade térmica dessas habitações. Verifica-se no entanto, iniciativas de construções sociais por parte de alguns profissionais e Municípios com características “Bioclimáticas”.

Apresenta-se neste trabalho, para a cidade de Lisboa, um levantamento da evolução das soluções construtivas e características geométricas de habitações sociais desde a década de sessenta até hoje e ainda uma selecção de alguns dos edifícios bioclimáticos de construção social existentes em Portugal.

**PALAVRAS CHAVE:** Habitação social, características térmicas, edifícios bioclimáticos.

### **1 EXEMPLOS DE HABITAÇÃO SOCIAL NA CIDADE DE LISBOA**

A Cidade de Lisboa é um exemplo vivo das assimetrias existentes em Portugal, entre o litoral e o interior e o meio urbano e o meio rural. A inexistência de condições de trabalho no interior do País, tem, desde a década de sessenta, dado origem a um fluxo das migrações internas em direcção às cidades do litoral, à procura de melhores condições de vida. A estes factores, adicionam-se ainda os que advêm da sedentarização de minorias étnicas, bem como os resultantes do crescimento acentuado da imigração em Portugal.

As áreas urbanas têm sido desde sempre, as mais procuradas pelos grupos sociais de condição social mais desfavorecida que, ao se instalarem com as suas famílias, fazem crescer o número dos novos habitantes urbanos contribuindo para o alargamento da diversidade dos mesmos, o que, para além das questões sociais suscitam ainda graves problemas em termos da habitação.

Os bairros sociais procuram por um lado garantir condições de habitação e por outro lado promover a integração destas populações. No entanto, a fisionomia dos bairros sociais começa desde logo por obedecer a algumas particularidades, que se manifestam ao nível da localização, das condições de salubridade, das infra-estruturas envolventes e da qualidade da arquitectura e materiais de construção, aspectos estes que determinam à partida um estigma discriminatório a estes bairros e às pessoas que neles habitam.

Embora na cidade de Lisboa existam diversas áreas com habitação social, seleccionou-se a Zona Oriental em virtude de, desde a década de sessenta até aos nossos dias, terem sido construídos alojamentos de carácter social. Para cada uma das décadas fazer-se-á a caracterização dos diferentes edifícios em termos:

- **Geométricos:** área de pavimento, razão entre a área de envidraçado e a área de pavimento, área total de envidraçado e percentagem de área de envidraçado por orientação [1,2].
- **Térmicos:** coeficiente de transmissão térmica (U) para paredes e coberturas exteriores. Para os vãos envidraçados além do coeficiente transmissão térmica indica-se também os factores solares do vidro com ( $g_{\perp}$ ) e sem dispositivos de protecção solar ( $g_{\perp}$ ).

## 1.1 Descrição das Habitações Sociais

### Anos Sessenta – Olivais Norte

A banda da célula A dos Olivais Norte, Figura 1.1, é constituída por quatro edifícios contíguos de 4 pisos. Cada um dos pisos tem 2 tipologias: T2 (2 quartos de dormir e uma sala), T3 (3 quartos de dormir e uma sala).

As fracções autónomas seleccionadas situam-se na zona intermédia da banda possuindo apenas duas fachada em contacto com o exterior. Cada fracção dispunha inicialmente de varandas mas, hoje em dia, a maior parte delas encontram-se fechadas.



Figura 1.1 – Fachada Nascente

### Anos Setenta – Zona I de Chelas



Figura 1.2 – Fachada Sudoeste

O lote dos anos setenta, Figura 1.2, é constituído por três blocos de edifícios com 7 pisos: os dois blocos das extremidades têm fachadas orientadas a Norte e Sul e o bloco central a SW e NE. Existem três tipos tipologias: T2, T3 e T4.

O levantamento geométrico foi feito para os apartamentos sem paredes de empena possuindo apenas duas fachada em contacto com o exterior. Cada fracção dispunha inicialmente de varandas mas, hoje em dia, a maior parte delas também se encontram fechadas.

### Anos Oitenta – Quinta das Salgadas, Chelas

O lote da Quinta das Salgadas, Figura 1.3, tem 5 pisos cada um com 4 tipologias: T1, T2 e duas tipologias T3 orientadas a nascente e poente.

A Tipologia T3 analisada neste caso estudo encontra-se orientada a nascente.



Figura 1.3 – Fachada Poente.

### Anos Noventa – Casal dos Machados



Figura 1.4- Fachada Sudoeste.

O lote dos Casal dos Machados, Figura 1.4, tem 10 pisos cada um com 2 tipologias: T2, T4 orientadas a nordeste e a sudoeste.

### Anos Dois Mil – Av. Cidade Luanda



Figura 1.5- Fachada Norte e Poente.

O lote da Av. Cidade de Luanda, Figura 1.5, tem 8 pisos com tipologias diferenciadas. No piso 0 existem quatro tipologias T1, nos pisos 1 a 5 duas T2 e duas T3 e os pisos 6 e 7 têm 2 tipologias T2, uma T3 e outra T4.

## 1.2 Caracterização Geométrica

No Quadro 1.1 apresentam-se por década, as áreas brutas e úteis de pavimento ( $A_{pb}$  e  $A_{pu}$ ), razão entre a área de envidraçados e a área útil de pavimento ( $A_{env}/A_{pu}$ ), bem como a percentagem de vãos envidraçados por orientação e a área total de vãos envidraçados.

Quadro 1.1 - Caracterização Geométrica: pavimentos e vãos envidraçados.

Década	Tipologia	Áreas			Vãos Envidraçados (%)				$A_{env\ total}(m^2)$
		$A_{pb} (m^2)$	$A_{pu} (m^2)$	$A_{env}/A_{pu} (%)$	E	SW	W	NW	
60	T2	70,88	56,10	19	51		33	16	10,52
	T3	94,86	65,20	16	72	28			10,18
					N	E	S	W	
70	T2	61,22	50,14	26	46		38	16	13,07
	T3	67,24	56,58	24	53	11	36		13,68
	T4	73,20	58,03	22	52	5	39	5	12,81
					N	E	S	W	
80	T1	41,56	34,11	11	32			68	3,67
	T2	58,91	49,32	11	53	47			5,32
	T3	71,04	60,84	7		74	26		4,50
					NE	SW			
90	T2	77,46	61,22	15		100			9,26
	T4	113,80	90,71	13	90	10			11,70
					N	E	S	W	
00	T1	71,83	48,15	7	8			92	3,40
	T2	86,99	58,71	15	44			56	8,58
	T3	103,91	71,74	14	37	63			10,26
	T4	129,29	87,12	15	15	85			12,95

### 1.3 Caracterização Térmica

No Quadro 1.2 indicam-se os valores dos coeficientes de transmissão térmica das paredes e coberturas exteriores, estabelecidos com base em valores já tabelados. Descreve-se ainda, os vãos envidraçados em termos do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite em virtude de os vãos envidraçados terem protecções solares exteriores – estores ou protecções interiores - cortinas.

Quadro 1.2 - Caracterização Térmica: paredes, coberturas e vãos envidraçados.

Década	Parede	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	Cobertura	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	Vãos Envidraçados	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
60	tijolo 22 cm	1,60	inclinada	2,90	vidro simples 4 mm	5,8
					vidro caixilho madeira estores ext.	3,7
70	tijolo 22 cm	1,60	horizontal	3,90	vidro simples 4 mm	5,8
					vidro caixilho madeira cortinas int.	4,2
80	dupla tijolo 11 e 7 cm	1,50	inclinada	3,30	vidro simples 3 mm	5,8
					vidro caixilho madeira estores ext.	3,7
					vidro, caixilho madeira, cortinas int.	4,2
90	dupla tijolo 11 e 7 cm	1,50	inclinada, 5 cm isol. térm.	0,70	vidro simples 4 mm	5,8
					vidro caixilho madeira estores ext.	4,2
					vidro, caixilho madeira, cortinas int.	4,8
00	dupla tijolo 11 e 15 cm	1,20	incl., 6 cm isol. térm	0,60	vidro simples 6 mm	5,7
					vidro caixilho madeira estores ext.	4,2

Na década de 70, não foi previsto no projecto a existência de estores exteriores, embora actualmente os moradores tenham sentido a necessidade de os colocar.

Na década de 90 e de 2000, verificou-se uma melhoria da qualidade da envolvente com a redução do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente (U). Nos anos 90 incidiu fundamentalmente na cobertura exterior e na presente década além da cobertura exterior continua a verificar-se uma melhoria significativa ao nível das soluções construtivas adoptadas para as paredes exteriores, consequência directa da entrada em vigor do “Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios” (RCCTE) em Portugal. Os vãos envidraçados apresentam todos estores exteriores e na década de 2000 também se verificou uma melhoria na qualidade do vidro que, embora seja vidro simples, passou a ter 6 mm de espessura.

## 2 LEVANTAMENTO DE EDIFÍCIOS EXEMPLARES

Os edifícios de habitação social sendo construções de custos controlados, podem dificultar a aplicação de tecnologias inovadoras que promovam a melhoria da eficiência energética e das condições de conforto. Contudo existem sistemas passivos e soluções que se pensadas desde o início do projecto podem ser adoptadas sem aumentar significativamente o custo inicial tornando a solução final esteticamente aprazível e com um bom comportamento térmico.

Apresentam-se de seguida dois projectos de habitação social que são exemplos da utilização de soluções e sistemas passivos com um reduzido aumento do custo inicial e que permitem uma melhoria significativa da eficiência energética e das condições de conforto interiores. Os dois edifícios foram projectados especificamente para habitação social, mas no âmbito de um concurso de arquitectura bioclimática.

## 2.1 Edifício de Habitação Social em Vila Nova de Famalicão

O projecto da autoria de José Maria Ferreira Dias e Carlos Aguiar obteve o 2º lugar no Concurso de Arquitectura PLEA 88 Design Competition – Bloco de habitação social.

A Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão, promoveu a sua construção com algumas alterações face ao projecto inicial tendo sido concluída no ano de 2004.



*Figura 2.1- Vista do alçado sul do edifício*

“A proposta explora a utilização de um alçado Sul côncavo, orientado a SSE. Esta orientação e a forma da fachada permitem aliviar a carga térmica causada pelo Sol Poente, sem uma significativa perda de ganhos solares e conduzem a uma solução excelente para o nosso clima.” [3]

Os elementos solares – paredes de Trombe – fazem parte da estrutura, não sobrecarregando o custo da construção. Os paramentos em blocos de cimento e tijolo vazado permitem criar por um lado zonas diferenciadas de massa térmica, apenas onde esta é necessária, e por outro favorecer o isolamento. O isolamento da envolvente é feito pelo exterior, minimizando as pontes térmicas.

A ventilação transversal é assegurada através dos compartimentos principais, salas e quartos, sem ser necessário recorrer às zonas húmidas. As caixas de escadas obedecem a considerações aerodinâmicas que favorecem a renovação do ar destes espaços.

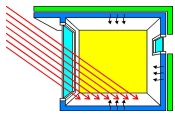
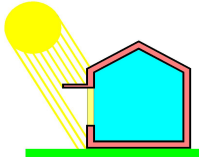
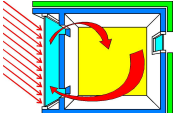
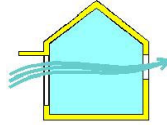
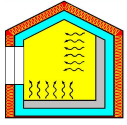
O Arquitecto Coordenador José Maria Ferreira Dias acrescenta que “o sombreamento da fachada Sul é conseguido por um painel sombreador de lâminas horizontais com afastamento calculado, de modo a permitir um ângulo de incidência solar máximo de 51º, correspondendo ao sombreamento total da fachada nos meses de Setembro a Junho. Nos restantes meses haverá ganhos solares passivos consideráveis.”

“O cálculo térmico é cuidado e permite concluir das boas características da solução, apontando para uma fracção solar de 75% ao mesmo tempo que o valor da flutuação máxima da temperatura no interior, num dia de Inverno, se limita a 3,9º C. Estes valores são conseguidos pelos judiciosos balanços dos ganhos directos (vidros simples) nas salas e indirectos (paredes de Trombe) nos quartos e pela criteriosa localização da massa térmica.”[3]

No Quadro 2.1 apresenta-se a síntese das estratégias bioclimáticas utilizadas no projecto de Vila Nova de Famalicão.

“De uma forma geral, será de realçar que a proposta, respeitando as Recomendações Técnicas para a Habitação Social Portuguesas e utilizando soluções de grande clareza e racionalidade que permitem obter custos baixos, avança com uma estrutura tipológica inovadora neste tipo de construção, pelo que o Júri recomendou fortemente a sua edificação em tempo e local oportunos.”

Quadro 2.1 – Estratégias Bioclimáticas no Edifício de Habitação Social em Vila Nova de Famalicão

ESTRATÉGIA BIOCLIMÁTICA			
INVERNO		VERÃO	
PROMOVER GANHOS SOLARES	SISTEMA DE GANHO DIRECTO 	RESTRINGIR GANHOS SOLARES	PALAS 
	PAREDES DE TROMBE 	VENTILAÇÃO	VENTILAÇÃO TRANSVERSAL 
RESTRINGIR PERDAS POR CONDUÇÃO	ISOLAMENTO TÉRMICO DA ENVOLVENTE PELO EXTERIOR 		

## 2.2 Edifício de Habitação Social em Vila do Conde

O projecto apresentado nas figuras seguintes (Figura 2.2 e Figura 2.3) teve como Arquitecto Coordenador Alexandros Tombazis e como promotor a Câmara Municipal de Vila do Conde. Este edifício foi 1º Prémio no Concurso de Arquitectura PLEA 88 Design Competition – Bloco de habitação social.



Figura 2.2 – Alçado Sul



Figura 2.3 – Alçado Norte

Trata-se de um edifício projectado desde o início numa perspectiva de se destinar a habitação social, com custos controlados, e de simultaneamente se adaptar ao clima do local de modo a que o conforto dos ocupantes seja atingido com o mínimo consumo de energia.

O edifício apresenta quatro pisos, com quatro fogos (T3) por piso, privilegiando-se a orientação Sul/Sudeste para quartos e salas, de modo a captarem a radiação solar. A maioria dos vãos é pois localizada naquela fachada, cerca de 140 m<sup>2</sup> correspondendo a 73% de todos os vãos.

A zona Norte do edifício engloba, em cada apartamento, a cozinha, um dos quartos e as circulações verticais, tendo-se reduzido consideravelmente a área dos vãos nessa orientação. Nas empenas Nascente e Poente, graças a uma ligeira rotação dos vãos em relação ao plano da empena, é possível um ganho solar significativo nos quartos localizados a Norte [Figura 2.3]. Como sistemas solares cada apartamento tem duas paredes de Trombe (não ventiladas), espaços estufa e os sistemas de ganho directo.

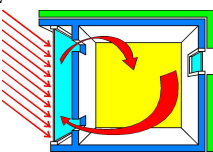
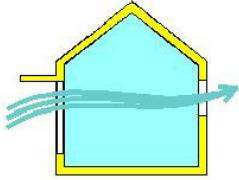
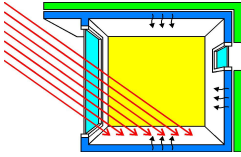
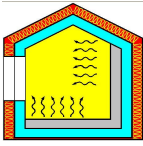
Em termos construtivos, este edifício tem as paredes exteriores duplas, em tijolo maciço, com isolamento pelo exterior de 4 cm de poliestireno expandido. A cobertura é uma laje aligeirada com betão leca e também isolada com 4 cm de poliestireno. Esta solução conduz a um bom isolamento térmico da envolvente do edifício, contribuindo para a redução das perdas térmicas do mesmo. A colocação de isolamento pelo exterior é altamente favorável numa situação de Verão, reduzindo ganhos solares através da envolvente. Também no Inverno, esta solução faz aumentar a eficiência de massa térmica do edifício.

Os vãos a Sul, incluindo os da parede de Trombe, são de vidro simples e os vãos a Norte possuem vidro duplo (excepto nas cozinhas). Os vãos envidraçados têm estores de plástico, o que permite a protecção solar na estação quente e a diminuição das perdas térmicas durante as noites de Inverno.

Devido aos baixos valores dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente, obtiveram-se excelentes valores de desempenho térmico, de acordo com a actual regulamentação térmica (RCCTE de 1990).

A área útil para cada apartamento é de cerca de 66 m<sup>2</sup>. Nos quartos de um apartamento tipo, a área de ganho directo é 1 m<sup>2</sup>. Adjacente às salas, e separados destas por vidros simples, existem espaços estufa cuja área de ganho varia entre 5 e 9 m<sup>2</sup>. Os quartos virados a Sul possuem uma parede de Trombe não ventilada, com 0,6 m<sup>2</sup> de área, localizada na bandeira superior dos vãos envidraçados .

Quadro 2.2 – Estratégias Bioclimáticas no Edifício de Habitação Social em Vila do Conde.

ESTRATÉGIA BIOCLIMÁTICA		
	INVERNO	VERÃO
PROMOVER GANHOS SOLARES	<p>PAREDES DE TROMBE</p> 	<p>VENTILAÇÃO TRANSVERSAL</p> 
	<p>SISTEMA DE GANHO DIRECTO</p> 	
RESTRINGIR PERDAS POR CONDUÇÃO	<p>ISOLAMENTO TÉRMICO DA ENVOLVENTE PELO EXTERIOR</p> 	

### 3 CONCLUSÕES

Em termos de construção social, no que diz respeito à evolução da área útil de pavimento (Quadro 1.1), os anos setenta e oitenta verificaram uma diminuição naqueles valores. A partir dos anos 90 tem-se detectado um ligeiro aumento relativamente à área útil de pavimento. Para as situações analisadas verifica-se que as razões entre a área de envidraçados e a área útil de pavimento, com a entrada em vigor da regulamentação térmica, tenderam a fixar-se em cerca de 15%. O RCCTE de 1990 previa uma metodologia simplificada de verificação em que uma das condições obrigava a utilização de áreas de envidraçado iguais ou inferiores a 15% da área de pavimento, o que pode ter contribuído para a adopção destas proporções nos vãos.

A entrada em vigor do regulamento térmico reflecte-se logo a partir da década de 90 na qualidade térmica das coberturas com a adopção de soluções isoladas termicamente. Relativamente às paredes só mesmo a partir dos anos 2000 é que se manifestou a influência da regulamentação.

Quanto aos vãos envidraçados não se pode dizer que o regulamento térmico, tenha introduzido uma grande alteração ao nível do tipo de vidro, uma vez que na habitação social continua-se a utilizar vidro simples. Realça-se que o agravamento dos coeficientes de transmissão térmica dos vidros com estores exteriores da década de 80 para as seguintes deveu-se ao facto de os caixilhos de madeira terem sido substituídos por alumínio.

### AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Câmara Municipal de Lisboa, ao Dr. Luís Feliciano, Dr<sup>a</sup>. Olinda Reis e Eng<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> José Aroso do DPI, ao Arqt<sup>o</sup>. Jorge Subtil e ao Dr. Rapazote do DPP-DMH e à Gebalis, ao Dr. João Carvalhosa. Agradece-se também ao Arqt<sup>o</sup>. José Maria Ferreira Dias.

### REFERÊNCIAS

- [1] Departamento de Planeamento e Projectos (DPP), Direcção Municipal de Habitação (DMH) da Câmara Municipal de Lisboa, plantas, alçados e pormenores construtivos de 5 edifícios de habitação social representativos das décadas de 60 à actual;
- [2] Departamento do Património Imobiliário (DPI), informações complementares dos edifícios de habitação social seleccionados para o estudo;
- [3] Concurso de Arquitectura Plea 88 Design Competition – Bloco de Habitação Social – Apresentação de Resultados.

### ABSTRACT

The residential buildings in Portugal present very different layouts and constructive solutions because of economical and sociological constraints, which have been visible in Portugal in the last decades. Due to financial constrains, the social housing in Portugal, in particular in Lisbon, suffer from poor thermal performance. However, there are examples of bioclimatic social buildings promoted by architects and some municipalities.

This paper summarizes the evolution from the sixties onwards of the constructive solutions and the geometrical characteristics of social buildings in Lisbon. It also presents two examples of bioclimatic social housing in Portugal.



## **DOCENCIA, INVESTIGACIÓN, TRANSFERENCIA**

**Silvia de Schiller**

Centro de Investigación Hábitat y Energía,  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires  
Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria, C1428BFA Buenos Aires, Argentina  
Tel: (+ 54 11) 4789 6274 schiller@fadu.uba.ar

### **RESUMEN**

Este trabajo presenta la integración de acciones en docencia, investigación y transferencia en arquitectura bioclimática del Centro de Investigación Hábitat y Energía desarrolladas conjuntamente con las Cátedras de Introducción al Diseño Bioambiental e Introducción a la Arquitectura Solar, establecidas en 1984 en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, y dictadas ininterrumpidamente desde entonces. Se destaca la aplicación de técnicas y ensayos de simulación espacial en el proceso proyectual en el Laboratorio de Estudios Bioambientales, que permiten evaluar decisiones de diseño y demostrar su aporte al desarrollo de proyectos, a fin de mejorar la calidad ambiental, lograr eficiencia energética, controlar impactos climáticos adversos y proporcionar bases cuantificables al proceso proyectual. Ellos son criterios comunes aplicables en docencia, investigación y transferencia, basados en la secuencia clima, confort y diseño, y la implementación de recursos bioambientales en distintas escalas, y estrategias bioclimáticas en espacios interiores y exteriores.

### **PALABRAS CLAVE**

Técnicas de simulación, proceso de diseño, innovación tecnológica, construcción sustentable, evaluación edilicia.

### **1. INTRODUCCION**

En 1984 se estableció el dictado de la materia electiva ‘Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar’ correspondiente a los últimos años de la Carrera de Arquitectura. La materia, a cargo de los Profs. Silvia de Schiller y John Martín Evans, orientada a la aplicación de la secuencia clima – confort – arquitectura en el proceso proyectual, promovió el crecimiento de la temática en la FADU-UBA, ramificándose en tres campos: docencia de grado y posgrado, proyectos de investigación y trabajos de transferencia. Este trabajo presenta el desarrollo de dichas Cátedras y el Centro de Investigación durante los últimos 20 años, relacionadas en forma permanente entre actividades de docencia, investigación y transferencia.

La secuencia de estudio adoptado, plasmado en el libro ‘Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar’ (Evans y de Schiller, 1987), se inicia con el estudio de condicionantes climáticos y ambientales del emplazamiento para definir las variables meteorológicas que impactan sobre el proyecto, y comprender las condiciones externas existentes del lugar geográfico. La segunda etapa es la relación entre las condiciones exteriores y las requeridas para confort de los ocupantes, según las actividades previstas, tanto en espacios interiores como exteriores.

La comparación entre condiciones deseables y existentes permiten detectar los aspectos climáticos favorables y desfavorables, cuyos resultados son indicadores de las características bioclimáticas (Evans, 2001), según condiciones críticas de frío o calor, aridez o alta humedad, precipitación o sequía, gran amplitud térmica o variaciones moderadas de temperatura. Con los indicadores, se definen las pautas de diseño bioambiental y los recursos de diseño que permitan modificar favorablemente las condiciones ambientales en interiores y exteriores. Estos recursos de acondicionamiento natural, tales como captación de sol invernal o protección de radiación solar estival, protección de vientos fríos o aprovechamiento de brisas, son el punto de partida para iniciar la definición de las características bioclimáticas del proyecto, integrados con requerimientos funcionales, económicos, estéticos y constructivos.

## **DOCENCIA**

La materia ‘Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar’, de carácter anual, dictada desde 1984, fue modificada y dividida en dos cuatrimestres en 1996 a fin de diferenciar la implementación de estrategias bioambientales en una de ellas y las técnicas de arquitectura solar y aplicación integrada en proyectos en la otra (de Schiller y Evans, 1995). Ello dio por resultado dos materias: ‘Introducción al Diseño Bioambiental’ e ‘Introducción a la Arquitectura Solar’, ambas bajo la modalidad de Taller con desarrollo de proyectos según pautas bioclimáticas, enfatizando los siguientes aspectos:

- Aplicación de conceptos bioclimáticos en proyectos de arquitectura en distintas escalas, con resolución de unidad y conjunto edilicio.
- Desarrollo del proyecto en diferentes condiciones climáticas y latitudes del país.
- Diseño en distintas escalas: agrupamiento, desarrollo arquitectónico y detalles constructivos.
- Diseño de espacios exteriores y paisaje funcional al clima local, espacios intermedios tales como galerías, recovas y patios, y relación con los espacios interiores.
- Experimentación y verificación de las propuestas de diseño mediante ensayos en el Laboratorio de Estudios Bioambientales durante todo el desarrollo del proyecto.

A nivel posgrado, el curso Diseño Bioambiental, con 240 horas de carga horaria, se inició en 1994, originalmente dictado como Módulo ‘Energía y Hábitat’ de 1986 a 1993 en el ‘Curso de Especialización en Tecnología y Producción’. También los cursos de posgrado utilizan el proyecto como tronco vital de la aplicación de conceptos y técnicas, complementados con la experimentación y verificación del potencial de integración en el proceso de diseño.

## **LABORATORIO**

La practica experimental en el desarrollo de proyectos y la aplicación de técnicas bioclimáticas, con ensayos de simulación espacial durante las etapas del proceso, permiten evaluar la influencia de las decisiones de diseño en las condiciones ambientales de los edificios y elaborar recomendaciones para lograr mejoras, optimizar estrategias o confirmar decisiones. El LEB, Laboratorio de Estudios Bioambientales, del CIHE-FADU-UBA, establecido en 1987 (Evans et al, 1987 y 1988, Evans, 2000) y desarrollado para estudiar y visualizar el comportamiento ambiental de proyectos mediante ensayos con maquetas en escala, incluye los siguientes equipos:

**Heliodón:** simulador del movimiento aparente del sol, indica el impacto del sol según hora, época del año y latitud; herramienta de diseño para realizar estudios de asoleamiento, proyección de sombras, captación y protección solar y confort visual, Figura 1.

**Túnel de Viento:** simula el movimiento de viento, aceleraciones y turbulencias alrededor de edificios y en espacios urbanos, con variaciones de velocidad según altura, en estudios de protección de viento en espacios exteriores, captación de brisas y ventilación natural en interiores, Figura 2.

**Cielo Artificial:** simula la distribución de iluminancia con condiciones de cielo nublado; se utiliza en estudios de iluminación natural en espacios interiores, Figura 3a y 3b (Evans et al, 1997).

El laboratorio también cuenta con instrumental de medición y una Estación de Medición y registro de iluminación natural e intensidad de radiación solar, Figura 4.



Figura 1. Ensayos de asoleamiento, latitud 28° S, con maqueta en el heliodón.

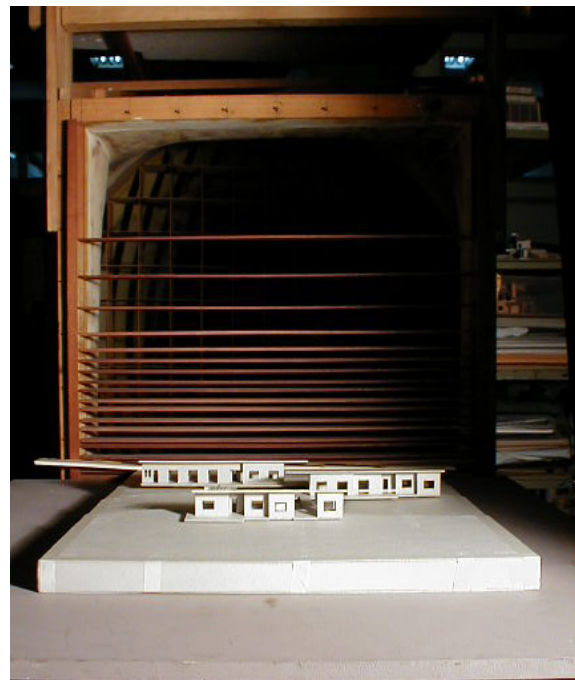


Figura 2. Vista del túnel de viento, con boca de salida y maqueta en la mesa de trabajo.

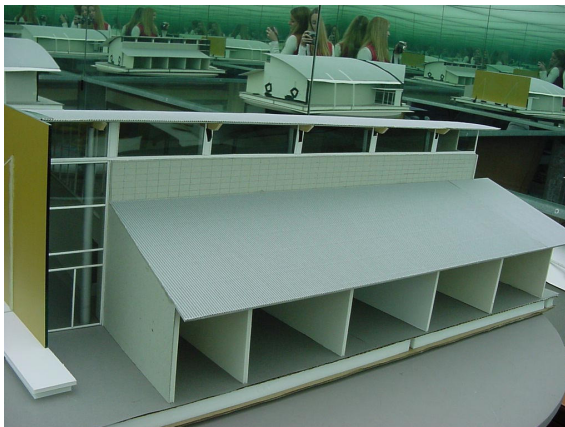


Figura 3a. Vista exterior de una maqueta en el cielo artificial del laboratorio, CIHE.



Figura 3b. Vista del interior de la maqueta durante el ensayo en el cielo artificial, CIHE.



Figura 4a. Estación de medición de radiación

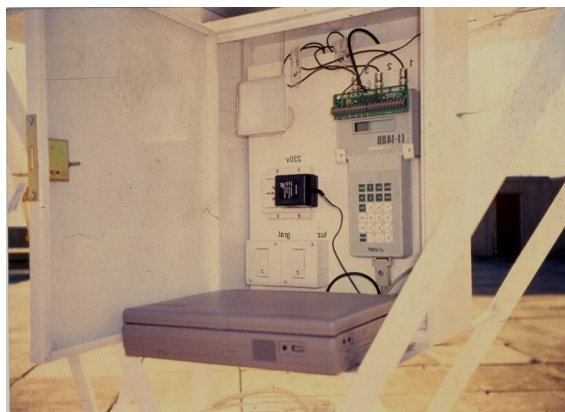


Figura 4b. Gabinete con data-logger y PC.

El Laboratorio de Estudios Bioambientales, utilizado intensamente para actividades de docencia, investigación y asesoramiento a terceros, es un vínculo esencial de la complementación y retroalimentación de las mismas a través de:

**Asesoramientos:** a profesionales e instituciones públicas y privadas, en el marco del Programa de Asistencia Técnica en Arquitectura Bioambiental (Resol. CD 222/94), a través de la Secretaría de Relaciones Institucionales y Extensión Universitaria.

**Convenios:** entre la FADU y otras instituciones, incluyendo la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, Fundación Vida Silvestre Argentina, etc..

**Docencia en Grado:** trabajos de alumnos de grado, de las materias Introducción al Diseño Bioambiental e Introducción a la Arquitectura Solar, y de los Talleres de Arquitectura, en las Carreras de Arquitectura, Diseño del Paisaje y Diseño Industrial.

**Docencia en Posgrado:** trabajos de alumnos del Taller de Integración Proyectual, del Programa de Actualización en Diseño Bioambiental.

**Investigaciones:** de becarios UBACyT, de SECyT-UBA, y Fondo Nacional de las Artes.

**Pasantías:** estudios particularizados de estudiantes de la FADU-UBA, pasantes del Programa FOINDI, Formación en Investigación y Docencia, Secretaría de Investigaciones, y tesis e investigadores de universidades del país y del exterior.

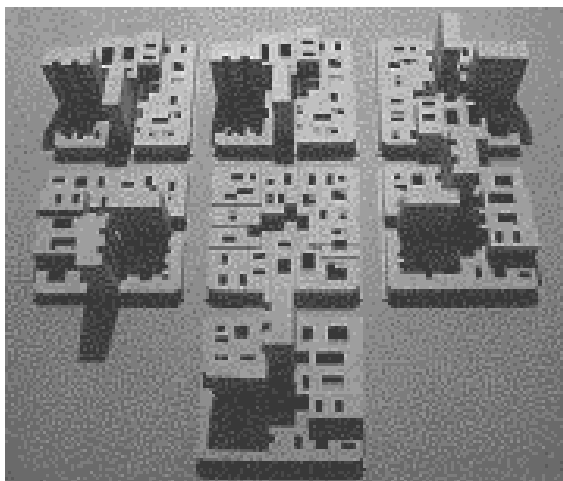
Los estudios se realizan a diferentes escalas: urbana, arquitectónica y constructiva, en el marco de las actividades del CIHE (de Schiller y Evans, 1990-91). Dado que las problemáticas en estudio requieren distintos tipos de ensayos, los mismos son de carácter particularizado con un equipo (túnel de viento, heliodón y/o cielo artificial) o combinando los equipos a fin de complementar los estudios y confirmar los resultados de los ensayos específicos o parciales. Ellos corresponden a proyectos en desarrollo, ideas iniciales de implementación de estrategias bioclimáticas, propuestas urbanas, obras realizadas y refuncionalización de edificios existentes.

Asimismo, se realizan estudios en el marco de proyectos de investigación. Es importante notar que la gran mayoría de los ensayos realizados en el Laboratorio cuentan con estudios complementarios de simulaciones de diversas características, complejidad y envergadura, según lo requiera la situación planteada y el problema a resolver.

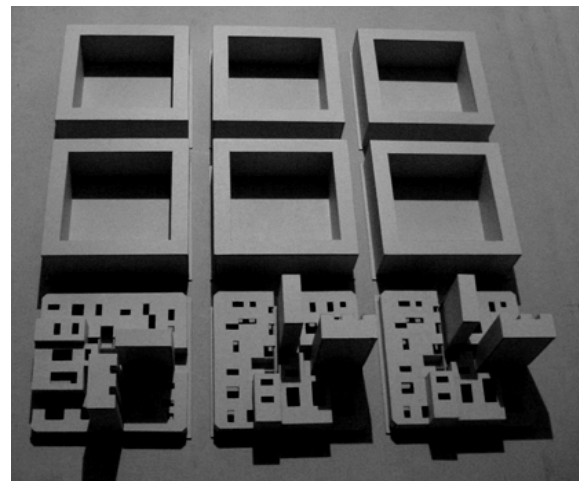
La diversidad de casos analizados en diferentes ubicaciones geográficas y con marcadas características climáticas, como los distintos climas de Argentina y otros países, incluyendo España, China, México, Costa Rica, Chile, Ecuador y Uruguay, son indicativos de la amplitud de los estudios realizados.

## INVESTIGACIÓN

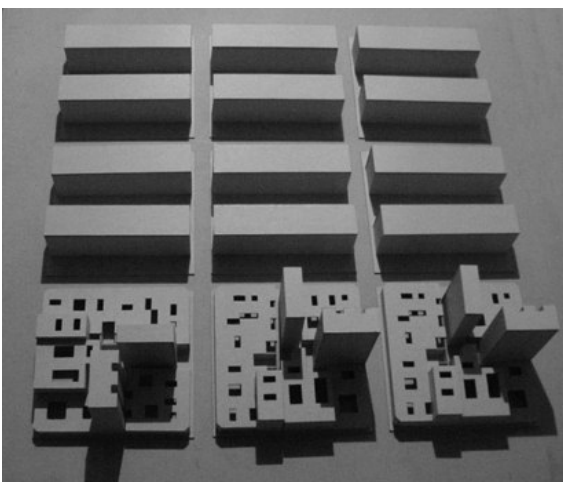
Las investigaciones realizadas recientemente incluyen estudios de las características ambientales de tejidos urbanos alternativos con densidades similares. Estos estudios teóricos permiten diagnosticar y evaluar el impacto de distintas normas urbanísticas y verificar el resultado de cambios de enfoque en legislación, especialmente respecto a edificios en altura, densidad y porosidad de tejidos, impacto ambiental de proyectos urbanos, Figuras 5a-5d (de Schiller, 2000b y 2000b). Otros estudios evalúan edificios existentes que modifican la trama urbana convencional, con formas de perímetro libre o retiros de los límites del terreno, Figura 6a y 6b (de Schiller, 2001). En este caso se pueden comparar los resultados de ensayos en laboratorio con mediciones in-situ, simulación y realidad, y estudiar el comportamiento ambiental de espacios urbanos alrededor de edificios (Evans y de Schiller, 1992).



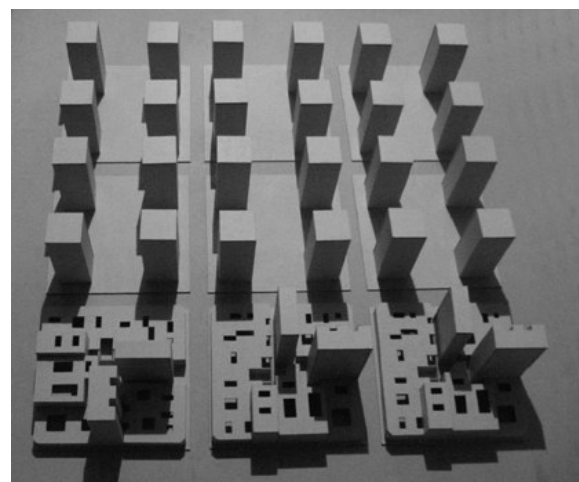
*Figura 5a. Transformación de tejido*



*Figura 5b. Manzana con patio interno*



*Figura 6c. Bloques lineales*



*Figura 6d. Torres de perímetro libre*

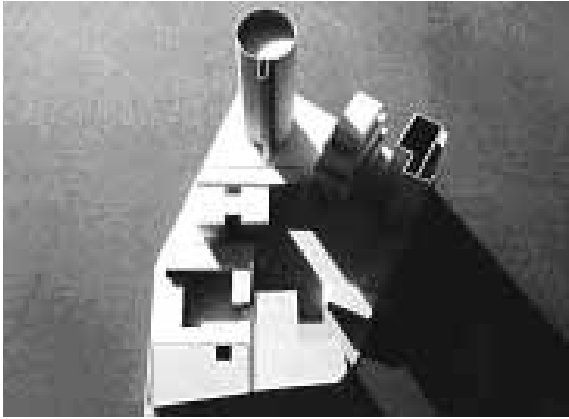


Figura 7a. Estudios con maqueta: Edificio Conurban y entorno urbano en el heliodón.



Figura 7b: Edificio Conurban, ruptura de la recova y transformación del tejido.

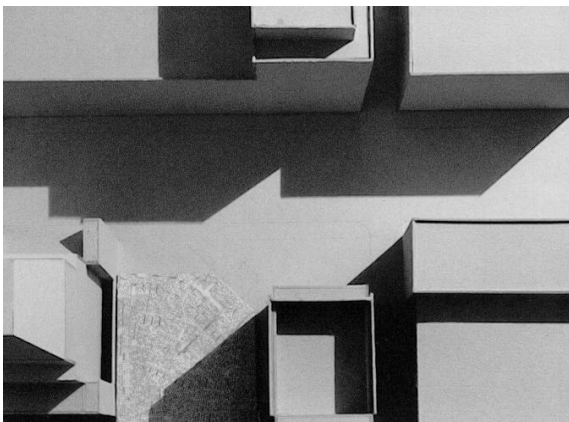


Figura 7c. Maqueta del Edificio Banco de Tokio en el heliodón del laboratorio CIHE.



Figura 7d. Edificio Banco de Tokio: legislación urbana e impacto ambiental.

## TRANSFERENCIA

Los trabajos de transferencia a terceros y asesoramiento fueron resultado del desarrollo de los equipos de laboratorio, el perfeccionamiento de las técnicas de ensayos y los resultados de trabajos de investigación. Simultáneamente, los trabajos de asesoramiento proporcionan experiencias importantes en la aplicación de técnicas bioambientales durante el desarrollo de proyectos y normativas.

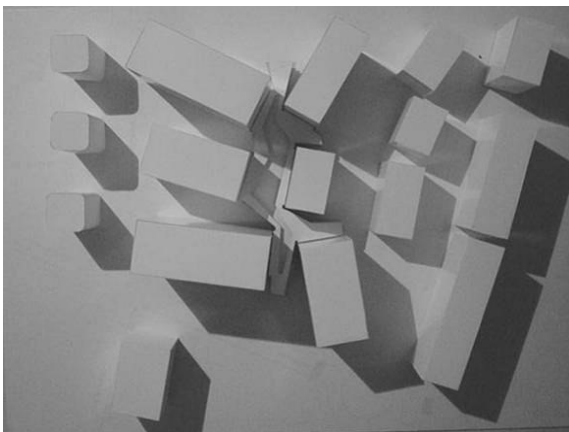
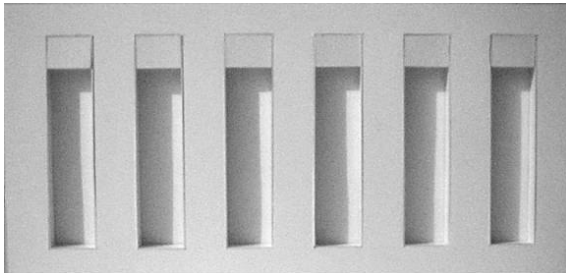


Figura 8a. Estudio de zonas exteriores con sol y sombra, según hora y estación del año.



Figura 8b. Evaluación del impacto de sol en las fachadas con 48 orientaciones distintas.



*Figura 8c. Estudio de protección solar en fachada y análisis de alternativas.*



*Figura 8d. Estudio del ingreso de sol en interiores de oficinas.*

La Figura 8 presenta imágenes de uno de los trabajos de asesoramiento realizado durante los últimos años, con estudios de asoleamiento, protección solar e iluminación natural para el proyecto del Palacio de Justicia de Barcelona, ganador del concurso internacional. El trabajo es demostrativo de dos aspectos fundamentales del enfoque bioambiental: el rango de escalas y la relación exterior-interior. Las figuras ilustran los estudios del asoleamiento a escala del complejo, la incidencia de sol y sombra sobre fachadas y el ingreso de sol y luz natural en interiores. Se evaluaron también otros temas como el impacto térmico del sol, la iluminación natural y el confort visual en los puestos de trabajo.

En otros casos de transferencia, los investigadores del CIHE han desarrollado ‘proyectos demostrativos’ (de Schiller, S. 2002, de Schiller et al, 2003), con las siguientes características:

- Regiones con condiciones climáticas variadas y extremas de Argentina, desde la Zona Ia, de clima muy cálido, a la Zona VI, de clima muy frío.
- Comitentes ‘energéticamente concientes’ y/o con exigencias ambientales especiales.
- Sitios sensibles, con requerimientos de bajo impacto ambiental: por ejemplo, en reservas naturales y parques nacionales o provinciales.
- Integración de etapas de análisis bioclimático, desarrollo del proyecto y verificación de comportamiento ambiental a través de ensayos, simulaciones y documentación.

Finalmente, se indican algunos trabajos de asesoramiento muy puntuales o específicos:

- Estudios de iluminación natural en proyectos de arquitectura: museos, hospitales, etc.
- Medición de las características ópticas y transmisión de radiación solar de vidrios especiales.
- Proyectos con integración de sistemas de calentamiento de agua con energía solar.
- Simulación de flujo de calor en 2 y 3 dimensiones para controlar puentes térmicos.
- Verificación del cumplimiento de Normas IRAM de aislantes térmicos de edificios, especialmente control de riesgo de condensación.

En todos estos casos de transferencia, se lograron varios beneficios, como por ejemplo:

- Profesionales y comitentes reciben asesoramiento técnico con el respaldo de un centro de investigación y aplicación del equipamiento especializado de laboratorio.
- El Centro de Investigación recibe apoyo para solventar gastos de personal y equipos, y desarrollar nuevas técnicas de evaluación de proyectos.
- El Centro mantiene contacto con problemas cotidianos de profesionales, contratistas, ONGs y organismos oficiales, mejorando su capacidad de orientar proyectos de investigación hacia nuevos requerimientos tecnológicos, cambiantes situaciones ambientales y necesidades reales de la sociedad.

## **CONCLUSIONES**

Las actividades de docencia en el campo de diseño bioclimático, presentadas en este trabajo, fueron el inicio de actividades de investigación y transferencia a través de asesoramientos a profesionales, realización de proyectos demostrativos y estudios para instituciones, empresas, ONGs, profesionales y comitentes varios.

Dado su amplio campo de aplicación, el uso del Laboratorio de Estudios Bioambientales ha sido posible comprobar su valor como herramienta proyectual, versátil y útil, para experimentación y práctica de alumnos de grado y posgrado, mostrando ser al mismo tiempo un apoyo eficaz en consultas de terceros para evaluar el comportamiento de edificios existentes, analizar logros de diseño o detectar falencias y realizar mejoras.

En el caso de proyectos en desarrollo, se verificó la importancia de iniciar los estudios en las primeras etapas y la necesidad de realizar progresivos ensayos según los avances y modificaciones de proyecto. Es interesante notar aquí que los proyectos de arquitectura, frecuentemente concebidos, desarrollados y definidos como objetos visuales, comunican su forma tridimensional con dibujos y maquetas, y por lo tanto, el énfasis visual en el proceso de diseño resta importancia a los impactos ambientales del proyecto, sin considerar la enorme influencia que tiene la forma arquitectónica y los detalles constructivos en las pérdidas de calor en invierno o la captación excesiva en verano.

La estrecha relación entre las actividades de docencia, investigación y transferencia fue un factor claramente valorado durante los primeros años de actividad del Centro por su carácter multiplicador y demostrativo de su potencial en la práctica del hábitat construido. Esta certeza se fue fortaleciendo como respuesta a nuevas demandas en docencia, así como en el desarrollo de investigaciones y respuesta a solicitudes de transferencia al medio y asesoramiento técnico.

Esta relación alimenta, informa, verifica y orienta las actividades del Centro a fin de mejorar la capacidad para contribuir eficazmente a un hábitat construido más sustentable.

## **RECONOCIMIENTO**

Este trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto UBACYT A020, ‘Certificación



de Edificios Sustentables y el Mecanismo de Desarrollo Limpio', acreditado por SECYT-UBA.

## REFERENCIAS

- de Schiller, S. et al, (2003), *Relevancia de proyectos demostrativos de bajo impacto y eficiencia energética*, pp 21-36, Edição Especial, Conforto e Energia, Ambiente Construido, Revista de ANTAC. ISSN 1415-8876.
- de Schiller, S. (2002), *Sustainable low impact demonstration projects*, Sustainable Building, Oslo.
- de Schiller, S. y Evans, J. M., (1990-91), *Bridging the gap between climate and design at the urban and building scale: research and application*, Energy & Buildings, 15-16 pp 35-41.
- de Schiller, S. y Evans, J. M., (1995), *Teaching energy efficient and bioclimatic architecture: reflections of the experience in Buenos Aires University*, International Conference for Teachers of Architecture, TIA-95, 2.01, Florencia.
- de Schiller, S. (2000a), *Sustainable Cities: contribution of urban morphology*, PLEA, Cambridge.
- de Schiller, S. (2000b), *Transformation of urban tissue and environmental impact: the case of Buenos Aires*, in Alfa-ibis Research Network, Proceedings 2, Part II: Sustainable Urban Development, pp117-132, TUDelft, Delft.
- de Schiller, S. (2001), *Building form, transformation of urban tissue and the evaluation of sustainability*, PLEA, pp 453-460, Florianópolis.
- de Schiller, S. (2002), *Supporting sustainability cities in urban transformation*, en *Creating Sustainable Urban Environments*, International Urban Planning & Environment Association, Oxford.
- Evans, J. M., de Schiller, S. Perea, J. C., Delbene, C., Pedron, V., Snoj, V., Fernandez, Behrend, S., y Vega D., (1988), *Equipamiento del Laboratorio de Estudios Ambientales*, Actas de la 13 Reunión de Trabajo de ASADES, pp 231, Salta.
- Evans, J. M., (2001), *Las Tablas de Mahoney y los Triángulos de Confort*, Actas COTEDI, Maracaibo.
- Evans, J. M., de Schiller, S., y Pedrón, V., Perea, J. C., Delbene, C., (1987), *Equipamiento del Laboratorio de Estudios Ambientales*, Actas de la 12 Reunión de Trabajo de ASADES, pp 327, Buenos Aires.
- Evans, J. M. (2000), *The environmental laboratory: experiences and applications in teaching architecture*, International Conference for Teachers of Architecture, TIA-00, 5.06, Oxford.
- Evans, J. M. y de Schiller, S. (1994) *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*, EUDEBA Ediciones Previa, Buenos Aires, 3ra. edición.
- Evans, J. M. y de Schiller, S., (1990-91), *Bridging the gap between climate and design: a bioclimatic design course for architectural students in Argentina*, Energy & Buildings, 15-16 pp 43-50.
- Evans, J. M. y de Schiller, S., (1992), *Training architects and planners to design with urban microclimates*, International Conference on Urban Thermal Environment, Fukuoka.
- Evans, J. M., Baroldi, G., y Marmora, M. I. (1997) *Diseño y construcción de un cielo artificial tipo espejo*, pp 121, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 1, N°1, Río Cuarto, Córdoba.

---

## **ABSTRACT**

This paper describes teaching, research and transfer activities in bioclimatic architecture, undertaken in the Research Centre Habitat and Energy. These have been developed together with the undergraduate courses 'Introduction to Bioclimatic Design' and 'Introduction to Solar Architecture', established in 1984 in the Faculty of Architecture, Design y Urbanism, University of Buenos Aires, and offered annually since then. The application of physical simulation techniques during the design process is stressed, including the use of the Laboratory of Bioclimatic Studies in order to evaluate design decisions and demonstrate their contribution to project development, improve environmental quality, achieve energy efficiency, control adverse climatic impacts and incorporate quantifiable criteria in the design process. These aspects are applied in teaching, research and technology transfer, based on the sequence climate-comfort-design, implemented through the integration of bioclimatic design resources at different scales, and application of environmental strategies in both outdoor and indoor spaces.



## PROYECTOS DE BAJO IMPACTO Y ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA

**Silvia de Schiller, John Martin Evans**

**Claudio Delbene, Alejandro Labeur y Daniel Kozak**

Centro de Investigación Hábitat y Energía

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.

Pabellón 3, piso 4, Ciudad Universitaria, (C1428 BFA) Buenos Aires, Argentina.

Tel: (+ 54 11) 4789-6274 E -mail: schiller@fadu.uba.ar / cihe@fadu.uba.ar

### RESUMEN

Se presentan tres casos de ‘proyectos demostrativos’ de escalas, climas y funciones diferentes: Centro de Interpretación de la Reserva Ecológica para el GCBA, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires; Vivienda unifamiliar en Bariloche, de iniciativa privada, y Estación de Biosfera Yabotí, centro de estudios en biodiversidad en la Selva Misionera, para el PNUD, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Los tres proyectos, proyectados y documentados en el Centro de Investigación Hábitat y Energía de la FADU-UBA en el marco del Programa de Asistencia Técnica en Arquitectura Bioambiental, son resultado de las investigaciones que allí se desarrollan. Los casos muestran la factibilidad de realizar proyectos de bajo impacto ambiental y alta eficiencia energética, condiciones de confort por medios naturales, implementar estrategias de diseño bioclimático e integrar sistemas solares en arquitectura, previéndose monitoreo y auditoria de sus características térmicas, comportamiento energético y satisfacción del usuario.

### INTRODUCCION

Los proyectos demostrativos, con la incorporación de innovaciones tecnológicas y diseños avanzados, tiene por objetivo el estudio de la aplicación e incorporación de los avances en la investigación y estudio de eficiencia energética en edificios, el uso de energías renovables y la aplicación de estrategias bioambientales. Las tres obras presentadas son proyectos diseñados para comitentes reales: un ente gubernamental de nivel municipal en el primer caso, el emprendimiento privado de una familia joven en el segundo, y una organización internacional en el tercero, todos desarrollados en el marco del Programa de Asistencia Técnica en Arquitectura Bioambiental del Centro de Investigación Hábitat y Energía. Los proyectos están ubicados en zonas climáticas diversas, con características particulares y exigencias de confort específicas, referenciados según la Norma IRAM 11.603 (1996) de Clasificación Bioambiental de Argentina, con las siguientes características:

- Centro de Interpretación de la Reserva Ecológica, sobre el borde costero de la Ciudad de Buenos Aires, entre el Río de la Plata y el ejido urbano, con clima templado (Zona Bioambiental: III, exigencias de confort: equilibradas entre invierno y verano.
- Vivienda solar, ubicada en las afueras de la Ciudad de San Carlos de Bariloche, Zona Bioambiental: VI, clima muy frío, en una altura de 800 m.
- Estación de Biosfera Yabotí, de la Red de Reservas de Biosfera de la UNESCO, ubicada en la Reserva Provincial La Esmeralda, en plena selva de la Provincia de Misiones en la Zona Bioambiental Ia, clima muy caluroso con baja amplitud térmica, 300 grados días. Sitio totalmente aislado sin servicio de agua o redes de energía convencional.

## CENTRO DE INTERPRETACION

El proyecto del Centro de Interpretación de la Reserva Ecológica, Costanera Sur, fue desarrollado por el Centro de Investigación Hábitat y Energía, CIHE, FADU-UBA para el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires a través de un convenio de asistencia técnica. Este proyecto demostrativo tiene por objetivo complementar la experiencia didáctica que realizan las escuelas al visitar la Reserva con el ejemplo de un edificio sostenible, de bajo impacto ambiental, con aprovechamiento de energías renovables, implementación de estrategias de eficiencia energética y aplicación de criterios de sustentabilidad en el hábitat construido (de Schiller et al, 2000). El Centro recibirá alumnos de escuelas primarias y secundarias de la Ciudad de Buenos Aires y Gran Buenos Aires, con el fin de interpretar la Reserva Ecológica como ejemplo de un ecosistema de gran valor regional. Las intenciones fundamentales del proyecto son preservar el carácter de la Reserva Ecológica como un área de conservación de la flora y fauna autóctona, a través de líneas temáticas, tales como sol, viento, luz, agua, aire, que permitan relacionar ‘ciudad y naturaleza’.

El proyecto aprovecha y optimiza la luz natural y la captación de energía solar e implementa recursos bioclimáticos y estrategias de acondicionamiento natural para lograr refrescamiento en verano y conservación de energía en la época invernal. Así, el proyecto minimiza su demanda de energía convencional no renovable y su impacto ambiental. La incorporación de sistemas de captación de energía solar y eólica complementan los elementos arquitectónicos.

Los objetivos principales son: implementar estrategias de diseño bioclimático e integración de sistemas especializados de captación y aprovechamiento de energías renovables; utilizar al edificio como ejemplo didáctico para demostrar la importancia del medio-ambiente y ejemplificar las responsabilidades ambientales en la toma de decisiones de diseño; promover el uso racional de la energía y las tecnologías apropiadas en la construcción; priorizar el uso de materiales de construcción de bajo impacto ambiental, evitando el uso de materiales energía-intensivos o que atenten contra el medio ambiente; optimizar el uso y la flexibilidad espacial de modo de minimizar el tamaño de los edificios y los recursos necesarios para su construcción, operación y mantenimiento.

A partir del análisis climático del sitio y los requisitos de confort, se derivan pautas de acondicionamiento natural para las diferentes épocas del año que han servido como base para el diseño del edificio:

**Estrategia de invierno:** se optimiza la captación de radiación solar con aberturas y sistemas solares pasivos orientados al N, la conservación de ganancias internas partiendo de una óptima aislación térmica y el aprovechamiento de la iluminación natural aún en días nublados. También se plantea la incorporación de materiales de importante inercia térmica para moderar la variación de temperatura y almacenar calor.

**Estrategia de verano:** se incorpora protección solar con aleros al N, ventilación cruzada para refrescamiento natural en los espacios principales, masa térmica para moderar los picos de temperatura estival, colores claros en interiores a fin de optimizar la distribución de iluminación natural, techos reflectantes para reducir la absorción de radiación solar y aislación térmica óptima en techos y paredes para controlar la transmisión de calor.

Con la definición de las pautas de diseño consideradas se establecieron las siguientes estrategias de diseño :

- Planta compacta: economía constructiva, mínimas pérdidas, control de infiltraciones e inercia térmica (Figura 1).
- Forma lineal con desarrollo: mejor captación del sol invernal, fácil protección del sol estival del E y O, y posibilidad de ventilación cruzada para los ambientes principales (Figuras 2 y 3).
- Orientación de espacios principales al N: buen asoleamiento invernal, cubierta con inclinación para módulos fotovoltaicos (Figura 4).
- Disposición de espacios secundarios al S y O: protección de vientos fríos, aislación térmica de espacios principales, protección de radiación solar en verano.
- Corte asimétrico N-S para minimizar las sombras sobre los espacios exteriores y aumentar la captación de energía solar en invierno proveniente de la orientación N (Figuras 5 y 6).



*Figura 1. Fachada norte de la maqueta, vista desde el NE. El alero del techo ofrece protección solar en verano, mientras permite el acceso al sol en invierno.*

La selección de los materiales utilizados para el edificio surge de evaluar la calidad ambiental de los mismos buscando alternativas de bajo impacto ambiental y de bajo impacto en la salud con el objetivo de incorporar estos criterios en la evaluación de los sistemas constructivos a aplicar en la construcción.

Entre los factores ambientales evaluados se incluyen:

- Uso de materias primas renovables y/o recicladas.
- Bajo impacto energético en las etapas de extracción, fabricación y colocación en obra.
- Mínimo impacto sobre el salud de los ocupantes del edificio.
- Materiales reutilizables, reciclables o de bajo impacto en la etapa de demolición o ‘deconstrucción’.

**Red sanitaria:** Con el objetivo de difundir el uso racional del agua, se han diferenciado en el proyecto distintas redes en función de la calidad del agua a emplear :

- Distribución de agua potable, proveniente de red para consumo humano.
- Reciclado de aguas “grises”, procedentes de lavatorios y duchas para ser utilizadas en inodoros.
- Recolección de agua de lluvia de la cubierta del edificio para destinarla al riego de los espacios exteriores, depósito de agua contra incendios y, eventualmente, para alimentar los

depósitos de inodoros en los sectores de sanitarios. La acumulación se realiza en un tanque australiano que a su vez está conectado a un molino de viento que asegura el llenado del mismo con agua procedente de la napa..

- Bombeo eólico de agua para el sistema de refrigeración por piso radiante en épocas estivales.

**Instalación termo-mecánica:** El sistema de calefacción adoptado consiste en un piso radiante frío-calor. En época estival el mismo sistema funciona como “piso frío” circulando por el mismo, agua extraída de la napa. Para días con temperaturas más elevadas, el sistema se conecta a una máquina enfriadora.



*Figura 2. Vista desde el SO, la fachada oeste tiene limitadas aberturas, mientras la fachada sur incorpora elementos de protección del viento frío.*

El proyecto plantea la instalación de sistemas no convencionales como elementos demostrativos del uso de energías renovables, limpias y renovables y la factibilidad de instrumentación de recursos para reducir la dependencia en las instalaciones convencionales y uso de energías no renovables.

**Sistemas solares pasivos:** Ganancia directa a través de aberturas vidriadas en la fachada N del edificio, con protección en verano para evitar problemas de sobrecalentamiento, e incorporación de muros acumuladores con pared interior de hormigón y doble vidrio exterior, protegido en verano por aleros.

**Colectores solares planos:** Los colectores se destinan al calentamiento de agua en duchas y lavatorios con dos colectores solares de 5 m<sup>2</sup>, inclinados a 45°, y orientados al N.

**Módulos fotovoltaicos:** El sector administrativo y el pórtico de acceso incorporan paneles fotovoltaicos con el fin de demostrar la conversión de energía solar en energía eléctrica y utilizar la energía generada en el edificio. Para evitar el sobredimensionamiento de la superficie de los módulos, se propone un sistema conectado a la red eléctrica convencional urbana, Esta opción evita el uso de baterías para almacenar energía. Cuando la demanda de electricidad es reducida, el excedente será ‘exportado’ a la red convencional, mientras que por la noche y en días muy nublados de invierno se ‘importa’ energía de la red.

El proyecto, desarrollado en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo por docentes e investigadores del CIHE, demuestra el valor de los proyectos demostrativos como oportunidades para lograr una transferencia directa de la experiencia de grado, posgrado e investigación a la comunidad.



Figura 3. Estudio de cantidad, distribución y calidad de iluminación natural en la Sala de Exposición, realizado con maqueta en el Cielo Artificial del CIHE.

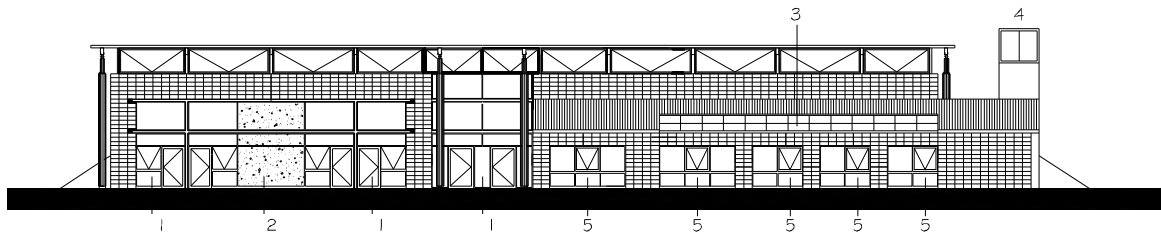


Figura 4. Vista norte con ventanas captadoras, muro Trombe, y paneles fotovoltaicos,

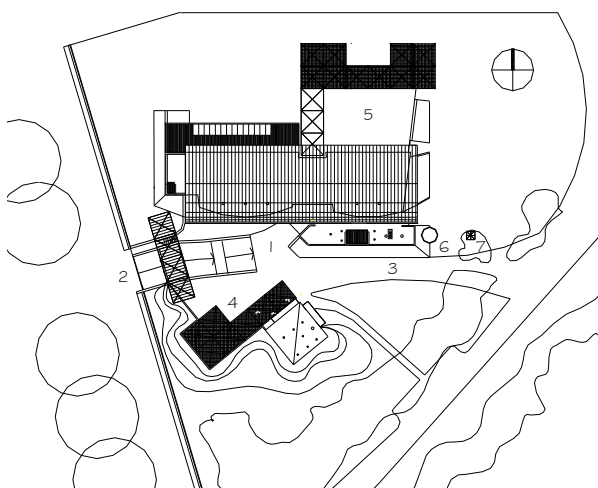


Figura 5. Emplazamiento:

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1 explanada acceso | 4 patio merienda, |
| 2 acceso peatonal, | 5 patio SUM.      |
| 3 sendero peatonal |                   |

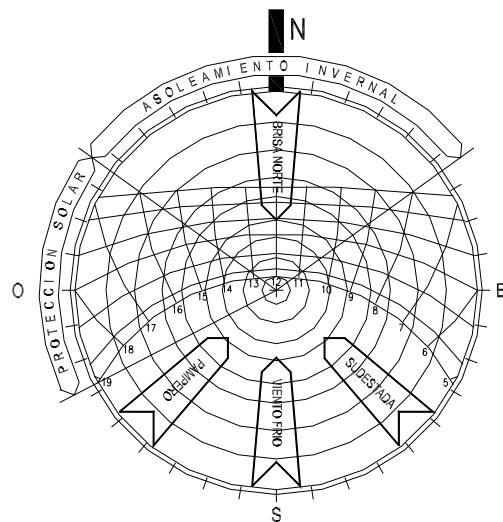


Figura 6 Buenos Aires, 34 ° Lat. S  
Trayectoria solar y vientos

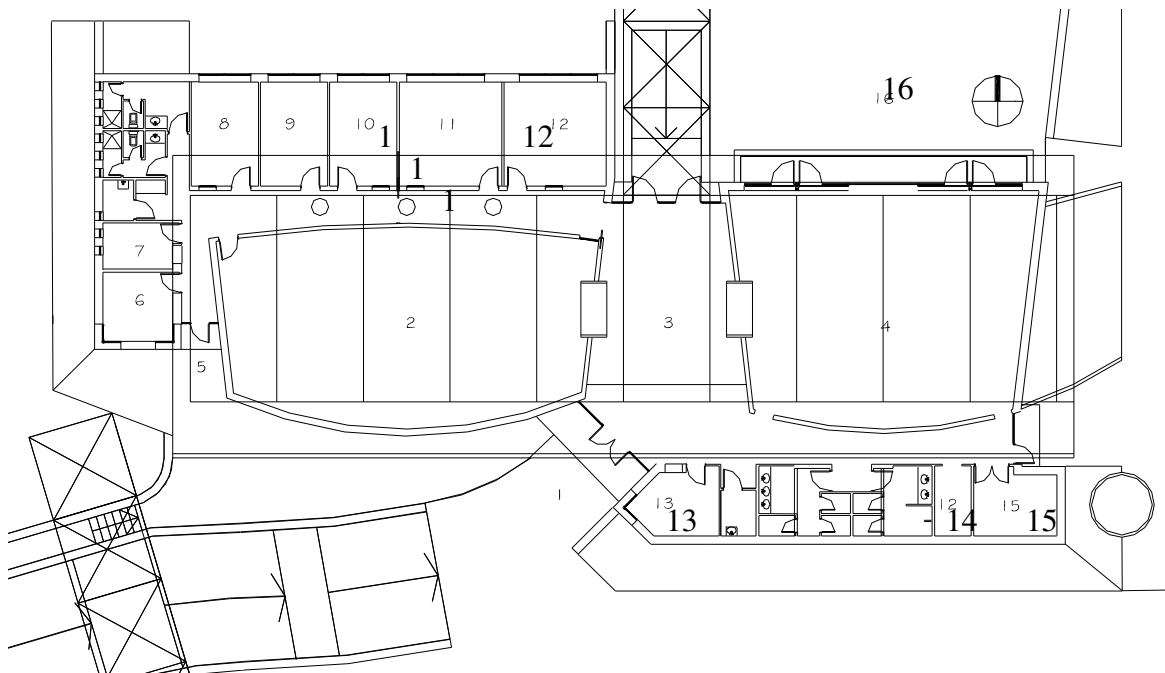


Figura 7. Planta baja:

1. Acceso principal,
2. Sala de Exposición,
3. Hall de acceso,
4. SUM Salón de usos múltiples,
5. Acceso personal,
6. Oficina de seguridad,
7. Recepción,

8. Administración,
9. Oficina guías,
10. Sala de reuniones,
11. Recepción público,
12. Sala máquinas,
13. Depósito,
14. Patio SUM.

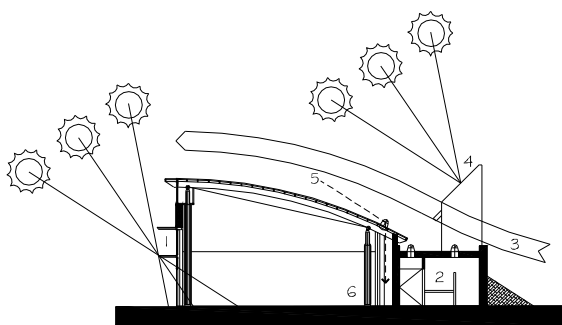


Figura 8. Corte transversal SUM:

1. ventanas captadoras y muro Trombe,
2. "colchón" de servicios,
3. protección de vientos,
4. colectores,
5. lumiductos,
6. muros y solados macizos.

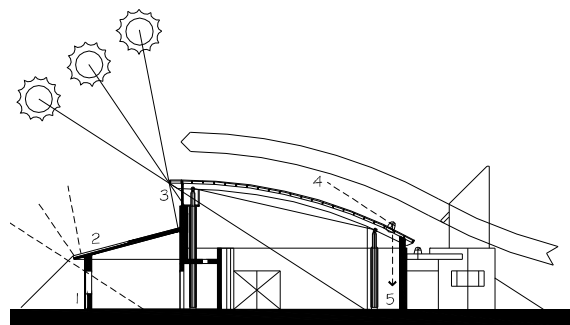


Figura 9. Corte transversal de la sala:

1. ventanas captadoras y muro Trombe,
2. fotovoltaicos,
3. ventanas captadoras,
4. lumiductos,
5. muros macizos para inercia térmica.

## CASA FUENTES-LOPEZ, BARILOCHE, PROVINCIA DE RIO NEGRO.

La casa se encuentra a 18 km al norte de la Ciudad de Bariloche, latitud 41°S, a 950 m de altura, en la Zona Bioambiental VI, muy fría, con 3681 grados días base 18°C. El comitente estableció como objetivo un proyecto energéticamente eficiente con energía solar para calefacción, agua caliente y electricidad, y de bajo impacto ambiental. Para resolver estos requisitos se incorporó gran inercia térmica en paredes que permitiese almacenar el calor de los sistemas solares pasivos y activos en invierno y atenuar las temperaturas interiores en verano. Se logró además excelente nivel de aislación térmica en techos, paredes y ventanas, superando el Nivel A de la Norma IRAM 11.605. Se incorporaron tres sistemas solares pasivos diferentes: ganancia directa, muro acumulador e invernadero, así como un sistema activo para almacenar el calor del invernadero en un lecho de piedras, y dos sistemas activos utilizando paneles fotovoltaicos para la generación auxiliar de electricidad y colectores solares planos para calentamiento de agua.



Figura 10. El estacionamiento cubierto protege la entrada y la fachada sur del los vientos fríos



Figura 11. La fachada norte de la casa en construcción, con colectores solares y FV.

**Clima:** Bariloche presenta una temperatura mínima de diseño de  $-5.8^{\circ}\text{C}$  en invierno, con una mínima absoluta de  $-21^{\circ}\text{C}$ . La nieve es frecuente en el terreno y las horas anuales de sol corresponden a 40 % del total, con días nublados y lluviosos distribuidos durante todo el año. La radiación solar en verano es intensa, combinada con temperaturas estivales máximas de  $24^{\circ}\text{C}$ . Las condiciones climáticas exigieron un cuidadoso estudio de las etapas de construcción, materiales y disponibilidad de mano de obra.

**Programa:** El programa de la vivienda, para un grupo de familiar de padres y cuatro hijos, previó un espacio central para estar-comedor-cocina, estudio y oficina para los padres, 3 dormitorios en la planta baja. La planta alta, concebida inicialmente como espacio abierto para juegos, se compartimentó sin dificultad configurando dormitorios adicionales y estudios, dado la flexibilidad de la misma (Figuras 7 y 8).

**Terreno:** El terreno, con frente de 55 m y 134 m de largo, tiene pendientes importantes con una diferencia de 20 m entre el acceso y el centro del terreno. Los retiros obligatorios y las pendientes con bosques naturales y caña colihue, están reglamentados para evitar la poda indiscriminada, motivos que condicionaron la implantación a fin de optimizar el acceso al sol con mínimo impacto a la vegetación existente (Figura 9).

**Estructura sismo-resistente:** Por encontrarse en una zona de potencial actividad sísmica, la vivienda incorpora una estructura especialmente diseñada para resistir las fuerzas generadas por los elementos de gran masa utilizados para almacenar calor en los sistemas solares.

**Materiales de construcción:** Se seleccionaron materiales de bajo impacto y se estudió la forma y provisión de los mismos. Aunque piedra y madera local fueron materiales seleccionados preferentemente, la disponibilidad, costo y calidad de los productos, así como plazos de entrega, fueron también considerados.

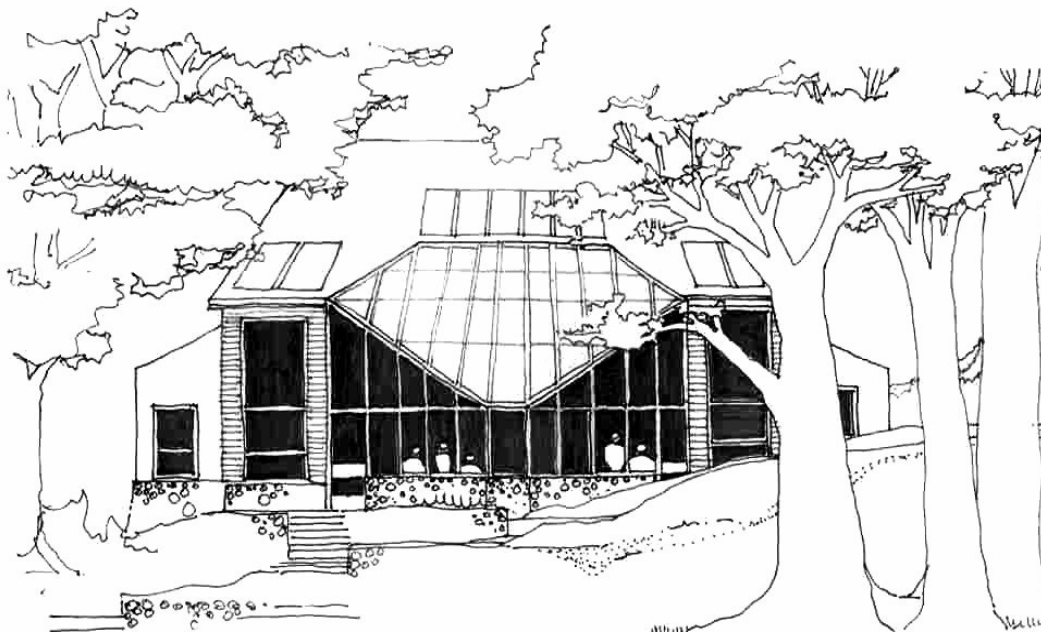
**Mano de obra local:** Si bien la mano de obra empleada no tiene experiencia en construcciones super-aisladas y durante la época turística estival disminuye la oferta de mano de obra calificada, los resultados son muy satisfactorios, ya que el contratista respetó las indicaciones especiales al colocar los materiales aislantes.

La fachada N incorpora tres sistemas solares pasivos:

**Invernadero** de gran volumen y superficie nominal de 48 m<sup>2</sup> expuesta al N, vinculado térmicamente al interior de la vivienda por 4 mecanismos complementarios de transferencia de calor: convección forzada al lecho de piedras debajo de las áreas del estar; convección natural a través de ventanas practicables; radiación directa a través de ventanas cerradas fijas y transmisión con demora de la onda de calor a través de muros de gran capacidad térmica.

**Ganancia directa** a través de aberturas con orientaciones favorables para la captación de radiación en invierno, ubicadas en la cocina, comedor, dormitorios en planta baja y aberturas en planta alta, con una superficie nominal de 7,50 m<sup>2</sup>.

**Muros acumuladores:** dos paneles de mampostería densa con vidrio fijo exterior sobre la fachada N, con un alero que proporciona sombra en verano. Superficie nominal expuesta al N: 16 m<sup>2</sup>.



*Figura 12. Vista de la fachada norte, con invernadero*

Los sistemas solares activos integrados en el techo son:

**Paneles fotovoltaicos:** La pendiente del techo orientado al N inclinado a 40°, incorpora dos sistemas solares adicionales: una superficie de 10 m<sup>2</sup> con paneles de silicio amorfo alimenta un sistema conectado a la red convencional de energía eléctrica. Este dimensionamiento permite un máximo aprovechamiento de la energía generada y un mínimo de exportación a la red, de acuerdo a los costos locales desfavorables.

**Colectores solares planos:** Para el calentamiento de agua, se emplean colectores planos montados sobre el techo y conectados a través de un sistema activo a un tanque de 250 litros ubicado en la planta alta (Figura 10).

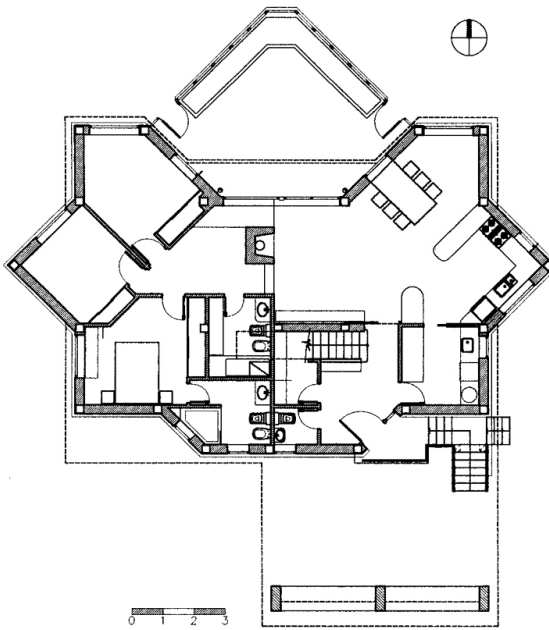


Figura 14. Planta Baja

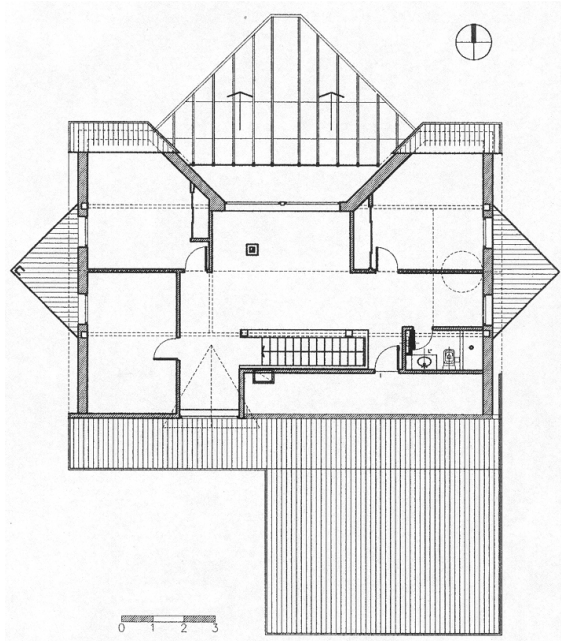


Figura 15. Planta Alta

Figura 16.

Corte Norte – Sur

A la izquierda, sur, la cochera y entrada, con leñera, depósito y bodega.

A la derecha, norte, el invernadero con el sistema activo con ventilador y conducto hacia el lecho de piedras.

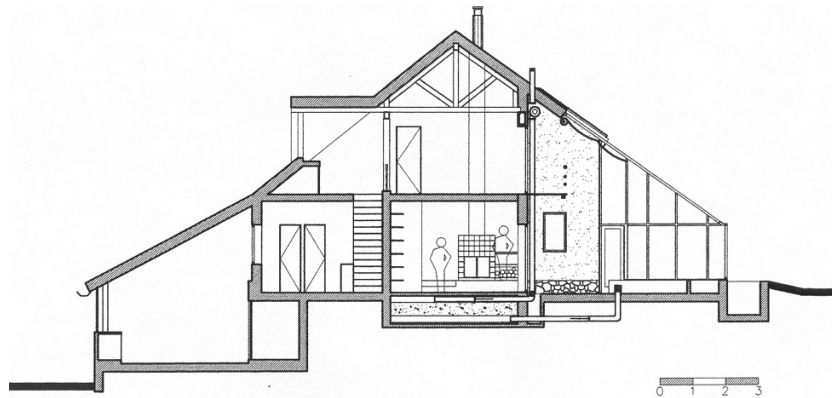


Figura 17  
Colectores solares en el techo



Figura 18.  
Lecho de piedra



Figura 20.  
Muro acumulador con ventana en el paño central.



Figura 19. Colocación de la segunda capa de aislación en el techo, sin puentes térmicos.  
Espesor: 20 cm (15cm + 5 cm).

## CENTRO DE BIOSFERA ‘YABOTI’, MISIONES

La Reserva de Biósfera Yabotí, se encuentra localizada en la Selva Misionera, dentro del Parque Provincial Esmeralda. Según la Norma IRAM 11.603, dicha ubicación geográfica corresponde a la Zona Bioambiental I, Sub-Zona b, caracterizada climáticamente como ‘Muy cálida’, con reducida amplitud térmica. Sin embargo, por la altura estimada de la Reserva de 500 m, se considera que las características climáticas corresponden a la Zona II b, con temperaturas levemente menores.

El análisis de las condiciones climáticas del lugar de emplazamiento y su comparación con las condiciones deseables de confort térmico de los ocupantes de la Reserva indican las estrategias generales de diseño bioambiental:

### Verano:

- Protección solar: protección de los rayos directos del sol durante todo el día, con aleros, vegetación y orientaciones favorables: protección solar especialmente al Oeste y Sudoeste. Techos aislados: colores exteriores claros y aislación térmica en el techo con el fin de reducir la transmisión de calor hacia el interior.
- Ventilación cruzada: captación de brisas y movimiento de aire a la altura de los ocupantes durante horas de calor, especialmente desde el mediodía hasta el atardecer.
- Protección de lluvias: importancia de espacios intermedios semi-cubiertos.

### Invierno:

- Captación de radiación solar: para aumentar la temperatura interna y reducir la demanda de combustibles convencionales.
- Control de la ventilación: reducir las pérdidas de calor y evitar el ingreso de lluvia.
- Inercia térmica moderada: almacenamiento de calor de la radiación solar y reducción del enfriamiento del interior a la noche.
- Aislamiento térmico: Control de pérdidas de calor desde el interior hacia el exterior.

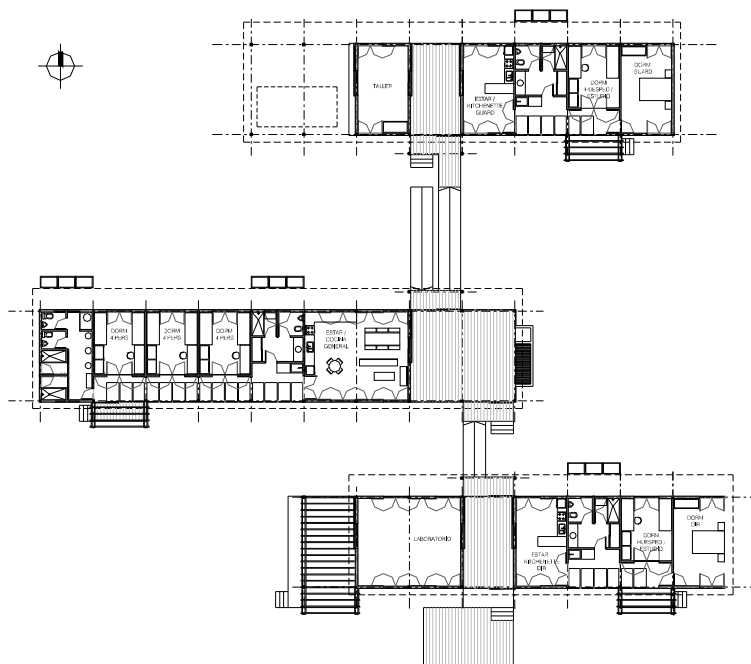


Figura 21. Plan de la estación de biosfera con tres sectores:

1. Guarda-parques, con garage y deposito
2. Alojamiento de pasantes o investigadores: estar, dormitorios y espacio de reuniones.
3. Laboratorio y casa del director de la estación.



Figura 22. Vista de las circulaciones



Figura 23. Fachada norte con colectores

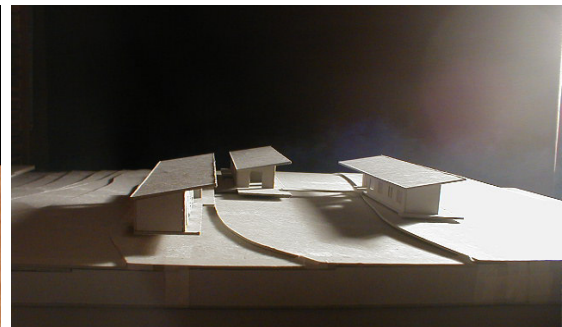
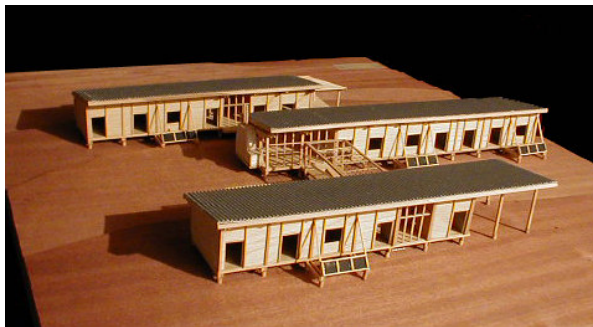
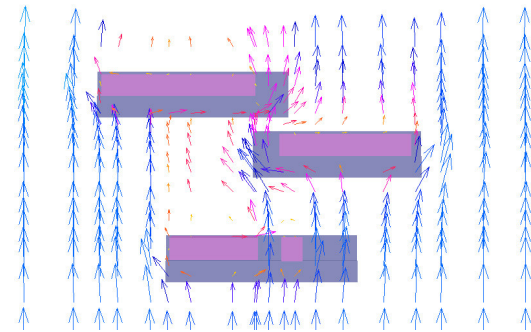
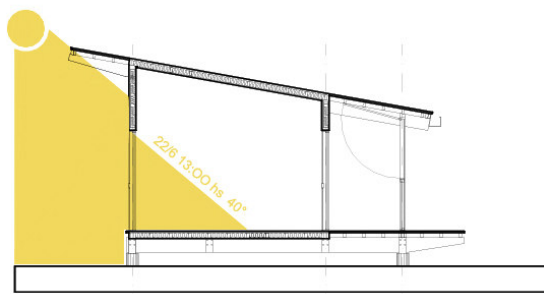


Figura 24. Estudios de sol y viento: simulación numérica y ensayos en laboratorio

## CONCLUSIONES

Estos proyectos demostrativos permiten la incorporación de innovaciones tecnológicas, tales como espesores inusuales de aislación térmica, módulos fotovoltaicos integrados en los techos, sistemas solares de calentamiento de agua, etc. Los espesores de aislantes livianos empleados en los techos de Buenos Aires y Bariloche tienen 20 cm (Figura 13) y 10 cm respectivamente, y 15 cm y 10 cm en las paredes, mientras el proyecto de Yabotí tiene 10 cm para protección del calor de verano. Con estos espesores se logran valores de transmitancia térmica significativamente inferior a los mínimos contemplados en el nivel más exigente de la Norma IRAM 11605 (1998).

En el desarrollo de los proyectos, se buscó la integración al medio y la adecuación climática utilizando una serie de técnicas y herramientas complementarias. En todos los casos, se realizaron series de diseños alternativos con las respectivas evaluaciones del comportamiento en relación con el impacto favorable o desfavorable del sol, mediante ensayos con maquetas en el Heliodón. Asimismo, se llevaron a cabo simulaciones numéricas del ingreso de radiación solar, régimen térmico de los locales y distribución de

temperaturas en potenciales puentes térmicos y detalles constructivos. Así se pudieron ajustar decisiones del diseño y verificar el probable comportamiento de propuestas de innovación tecnológica.

La materialización de proyectos demostrativos permite desarrollar y difundir soluciones innovadoras de bajo impacto ambiental, respuestas constructivas e instalaciones de sistemas energéticos no convencionales. Se prevé la realización de campañas de mediciones de comportamiento térmico, consumos, costos de operación y funcionamiento, así como evaluaciones post-ocupación, con el fin de evaluar los resultados, verificar la validez de los simulaciones y contribuir al mejoramiento de futuros proyectos, legislación y normativas.

## REFERENCIAS

- de Schiller, S., y Evans, J. M. (2000), Proyecto demostrativo: Vivienda solar de bajo consumo energético: Casa Fuentes-López, Bariloche, Río Negro, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, Vol. 4, N°1, Salta.
- de Schiller, S., Evans, J. M., y Labeur, A. (2000), Proyecto demostrativo: Centro de Interpretación, Reserva Ecológica Costanera Sur, Buenos Aires, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, Vol. 4, N°1, Salta.
- de Schiller, S., Evans, J. M. y Kozak, D. (2002), Estación de Biosfera Yaboti, Estudios para un proyecto demostrativo de bajo impacto ambiental, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, Vol. 6, N°1, pp1.29-1.33.
- Servicio Meteorológico Nacional, Estadísticas climatológicas 1981-1990, Serie B, N° 37, Buenos Aires.
- Norma IRAM 11.603 (1996), Acondicionamiento Térmico de Edificios: clasificación bioambiental de la República Argentina, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.
- Norma IRAM 11.605 (1996), Acondicionamiento Térmico de Edificios: Condiciones de habitabilidad en edificios, valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

## ABSTRACT

This paper presents three demonstration projects which respond to different environmental conditions, scales and functional requirements in Argentina. The Interpretation Centre of the Ecological Reserve, commissioned by the Government of the City of Buenos Aires, a single family house in Bariloche and a the Biosphere Station Yabotí, centre for biodiversity studies in the Misiones Forest for the UNDP, United Nations Development Programme. The three projects were undertaken by the Research Centre Habitat and Energy, of the Faculty of Architecture, Design and Urbanism, University of Buenos Aires, with design and working drawings prepared in the framework of the Technical Assistance Programme for Bioclimatic Architecture. These examples demonstrate the feasibility of projects with low environmental impact and high energy efficiency with comfort conditions achieved by natural means, implementing bioclimatic strategies and integrating solar systems in architecture, planned with a programme to monitor and audit energy performance, thermal characteristics and user satisfaction.



## **ENERGÍA EN EL HABITAT CONSTRUIDO: PANORAMA EN ARGENTINA**

**John Martin Evans**

Centro de Investigación Hábitat y Energía,  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires  
Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria, C1428BFA Buenos Aires, Argentina  
Tel: (+ 54 11) 4789 6274 evans@fadu.uba.ar

### **RESUMEN**

En este trabajo se presenta un análisis de la situación actual de los recursos energéticos en Argentina, con referencia especial al uso de energía en el hábitat construido, su impacto ambiental y la relación con el diseño arquitectónico. Durante los últimos 25 años, Argentina contó con un favorable panorama de recursos energéticos nacionales, disponibles a bajo costo y con limitado impacto ambiental. En el futuro, la situación de los recursos energéticos es menos favorable, dado el sostenido agotamiento de las reservas de gas natural para la próxima década, la cual produce una transformación hacia un contexto de energía mas cara y con mayor impacto ambiental. El trabajo demuestra que el uso racional de energía en el hábitat construido puede contribuir positivamente a mitigar estos impactos y lograr en forma simultanea beneficios sociales con mejoras en la calidad de vida.

### **PALABRAS CLAVES**

Recursos energéticos; Argentina; Gases Efecto Invernadero; Uso racional de energía en edificios; Estrategias bioclimáticas de diseño.

### **INTRODUCCIÓN**

La energía utilizada en edificios representa una importante proporción del total a nivel regional, nacional y local. Se estima que entre 35 y 40 % de todos los recursos energéticos primarios utilizados en Argentina se destinan al acondicionamiento del hábitat construido. Es relevante notar que, si bien los porcentajes de otros países son similares, ello se evidencia en climas muy fríos, con importante demanda de calefacción, o en climas muy cálidos, con gran demanda de refrigeración. Por ejemplo, Francia utiliza 39-40%, mientras Suecia destina 40% a edificios. Como indicador de la importancia del hábitat construido en Argentina, los recursos energéticos utilizados en edificios superan los totales tanto del sector industrial como del sector transporte.

Durante el ultimo año (2005), aparecen claras indicaciones de problemas en la provisión de energía, tanto del sector eléctrico como de gas, habiéndose interrumpido el suministro de gas a Chile a través de gasoductos transandinos, mientras se producían cortes en el suministro de electricidad con temperaturas mas elevadas al inicio de la época estival.

Este trabajo evalúa de situación de energía en Argentina, su impacto ambiental y la importancia que revisten las políticas de eficiencia energética en edificios, dado el gran potencial de ahorro de energía que presenta el sector del hábitat construido, habiéndose detectado una significativa posibilidad de reducir el impacto ambiental, en especial en el sector residencial. Se enfatiza particularmente el aporte de conceptos bioclimáticos y uso

de energías renovables en el desarrollo de edificios de bajo consumo energético al reducir la demanda de recursos de energía fósil y los impactos ambientales perjudiciales.

## **ENERGÍA ELECTRICA EN ARGENTINA**

Durante las últimas tres décadas, Argentina ha mantenido su independencia energética, debido principalmente a la disponibilidad de tres fuentes de energía: gas natural, petróleo e hidroelectricidad.

El sector eléctrico utiliza tres fuentes de energía: hidroelectricidad, energía de hidrocarburos y energía nuclear:

**En el sector hidroeléctrico**, la energía proviene de una serie de grandes represas sobre el Río Uruguay, Salto Grande (compartido con Uruguay), el Río Paraná, Yaciretá (compartido con Paraguay), el Río Neuquén, Bardas Blancas y el complejo Cerro Colorado, y el Río Limay, Piedra de Aguila, Chocón, y varias otras obras. Las represas del NE dependen de las grandes cuencas de Brasil, mientras las represas de la Patagonia son alimentadas con las aguas de deshielo provenientes de la Cordillera de los Andes. El tamaño y distribución de las grandes represas, suplementadas con otras en las Provincias de Salta, Córdoba y Tucumán, aseguran una razonable continuidad de generación, independiente de las lluvias o nevadas en una región u otra.

A pesar de contar con sitios de gran potencial en los Ríos Paraná (Paraná Medio), Colón Curá, Limay y Santa Cruz, la expansión del sector hidroeléctrico presenta dos problemas: la creciente oposición a nuevas obras por razones ecológicas y la falta de financiación para realizarlas. Además, los sitios disponibles presentan mayores costos que las obras ya construidas hace décadas con créditos blandos. La hidroelectricidad proporciona aproximadamente el 40 % de la demanda, aunque esta proporción se encuentra en franca disminución debido a la creciente demanda y la falta de nuevas obras.

**La energía térmica** satisface la mayor proporción de la demanda, principalmente en nuevos centrales de ciclo combinado alimentado con gas natural. Estos centrales son muy eficientes con relativamente bajos costos de inversión. La transformación del parque térmico de centrales tradicionales de fuel-oil con baja eficiencia a ciclo combinado con gas de alta eficiencia ha permitido la ampliación de la capacidad de generación. Sin embargo, en el futuro con reservas limitadas de gas y problemas de infraestructura de distribución, es probable que se requerirán nuevas centrales térmicas con combustibles fósiles líquidos, de mayor impacto y mayores costos de inversión.

**La energía nuclear**, con centrales en Atucha, Provincia de Buenos Aires, y Embalse, Provincia de Córdoba, proporciona aproximadamente 8-9 % de la demanda. El presupuesto nacional prevé la terminación de la tercera central nuclear en Atucha 2, aumentando la proporción nuclear a 12 %, sin perspectivas de nuevas obras en este campo.

Cabe notar que la demanda de energía eléctrica crece en forma sostenida, con importantes picos en las tardes de verano, especialmente al atardecer. Sin embargo, las perspectivas del sector eléctrico en el mediano plazo son menos favorables que la situación de las últimas décadas.

## HIDROCARBUROS EN ARGENTINA

La principal fuente de energía en Argentina es el gas natural, que proviene de una serie de yacimientos en el NO, Centro del país, y Patagonia Norte y Sur. Una red de gasoductos alimenta los centros urbanos, permitiendo el uso de gas para calefacción, cocción y agua caliente en edificios. Es también la fuente de energía principal en el sector industrial, debido a su bajo costo, flexibilidad de uso y relativa limpieza. En el sector transporte, Argentina tiene la más alta proporción de su parque vehicular con gas natural.

Si bien los hidrocarburos líquidos no son tan importantes como los hidrocarburos de gas, la producción de petróleo y sus derivados durante las últimas décadas ha permitido mantener autonomía energética. Por razones técnicas, se han exportado y se exportan combustibles livianos y se importan fracciones más pesadas.

Durante los últimos años, la falta de inversiones y la insuficiente capacidad de distribución, resultado del desfasaje entre los precios del mercado mundial y los precios internos, han producido problemas en el suministro. La exportación de gas a Chile fue interrumpida, al igual que el suministro a grandes industrias, y las ventas de las estaciones de servicio de GNC, Gas Natural Comprimido, también se vieron afectadas. El sector edilicio, el residencial en particular, no fue afectado directamente, dadas razones de seguridad que no permiten interrumpir el suministro.

La Figura 1 indica las reservas de gas natural en años, reservas comprobadas y potenciales expresadas como múltiplos de la demanda anual. En los 15 años comprendidos entre 1990 y 2004, las reservas disminuyeron de 25 a 12 años; casi un año menos de reservas por cada año transcurrido. Si bien las reservas en 1990 pudieron haber sido sobreestimadas, el cuadro es claro: sin nuevos descubrimientos significativos y con demanda en crecimiento, las reservas disminuyen, contándose con aproximadamente 10 años de reservas de gas en la actualidad. Con mayor desarrollo y demanda creciente, las reservas disminuirán aún más. Varias opciones permitirán suplementar estas reservas en disminución: la importación de combustibles líquidos a precios del mercado internacional, la importación de gas de Bolivia, y eventualmente Venezuela, y la extracción de yacimientos marginales o de alto costo. Todas estas opciones implican mayores costos y/o dependencia en fuentes ubicadas en zonas políticamente sensibles, y con mayor impacto ambiental.

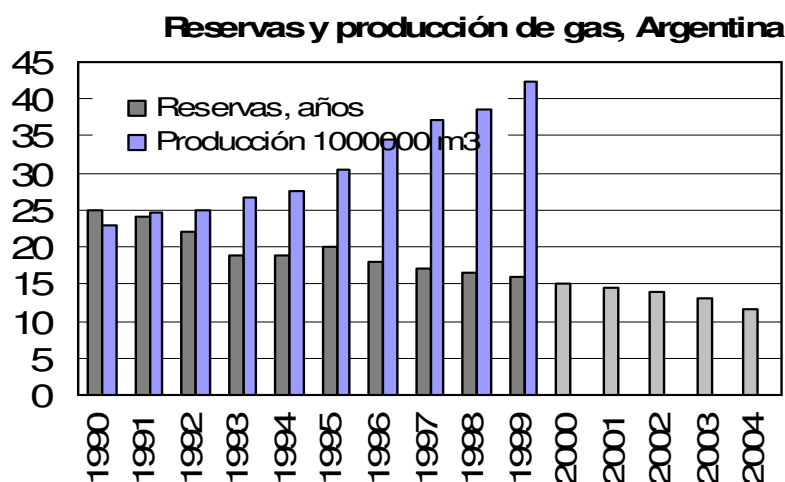


Figura 1. Reservas de gas en años y producción en 10 millones de metros cúbicos.

## ENERGÍA, EDIFICIOS Y GEI, GASES EFECTO INVERNADERO

Una alta proporción de los recursos energéticos son actualmente utilizados en edificios, principalmente para su acondicionamiento ambiental: calefacción, refrigeración, e iluminación y ventilación artificial. Además, y muy particularmente, es importante notar que la demanda de energía en edificios depende en forma sustancial de su diseño arquitectónico y su resolución constructiva. La forma y orientación de los edificios, el tamaño y diseño de las superficies vidriadas, los materiales y espesores de las capas aislantes tienen un fuerte impacto sobre el confort interior y la demanda de energía.

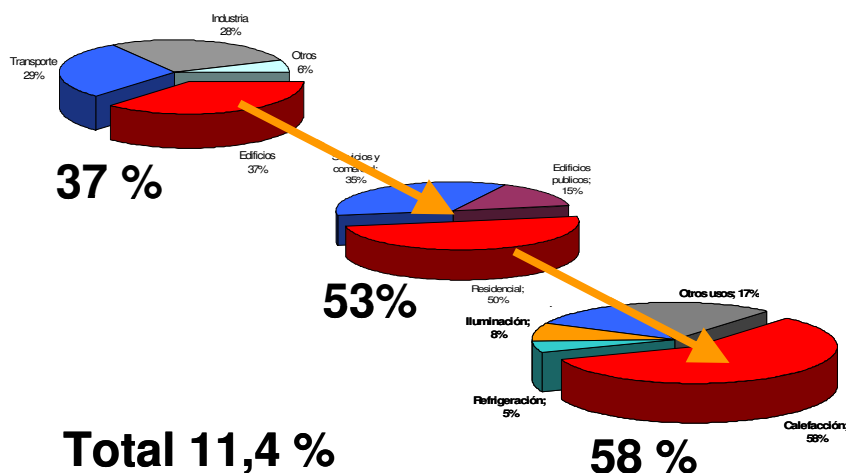


Figura 2. Energía en calefacción, sector residencial

- 37 % de los recursos energéticos en Argentina corresponde a edificios,
- 53 % de la energía del sector edilicio corresponde al sector residencial
- 58 % de la energía residencial corresponde a calefacción

La Figura 2 indica sucesivas etapas en el análisis de la demanda de energía entre sectores, en el sector edilicio y en el sector residencial. El 37 % de la demanda nacional corresponde a edificios, mientras 53 % de la demanda en edificios corresponde al sector residencial. Finalmente, 58 % de la energía en edificios residenciales corresponde a la calefacción de viviendas. Así, en total, 11,4 % de los recursos energéticos de Argentina son utilizados para la calefacción de viviendas.

Adicionalmente a los problemas de disponibilidad y costo de energía, se está evidenciando una creciente conciencia del impacto ambiental del uso de combustible fósiles. Las emisiones de GEI, gases efecto invernadero, y su impacto sobre el cambio climático, han motivado acuerdos internacionales para reducir su producción y mitigar su efecto.

En este marco, si bien Argentina es signataria del Protocolo de Kioto, no tiene obligación de reducir sus emisiones de GEI dada su condición de 'país en desarrollo'.

Sin embargo, es necesario tomar conciencia del rol que cumple el hábitat construido en las emisiones de GEI, a fin de evaluar su potencial capacidad de reducción en caso de activar medidas de mitigación a nivel nacional y regional. A tal efecto, el 'Inventario de emisiones de gases efecto invernadero', elaborado por la Subsecretaría de Medioambiente, permite detectar las emisiones de GEI correspondientes a edificios según rubros por usos, como muestra la Figura 3, útiles al momento de desarrollar acciones específicas para cada uno de ellos como para efectivizar la complementariedad de las mismas.

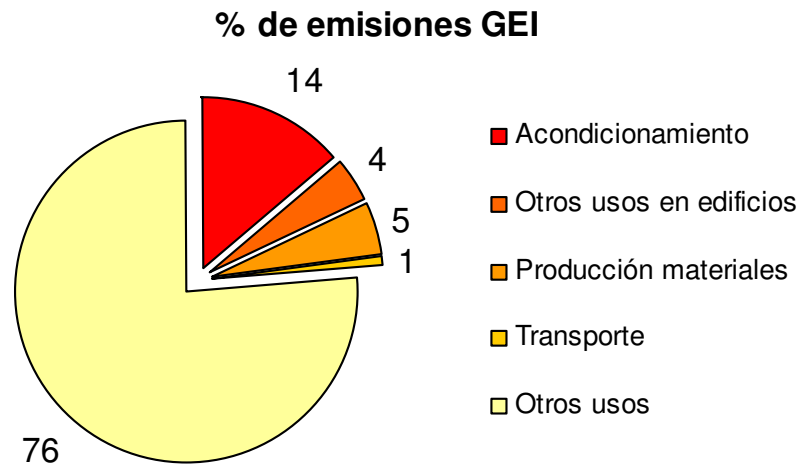


Figura 3. Emisiones de GEI, gases efecto invernadero, según distintos usos de la proporción correspondiente a edificios: 24 % del total nacional.

En total, los edificios emiten 24 % de todos los gases efecto invernadero, GEI, generados en Argentina, según la siguiente distribución de usos:

**Acondicionamiento:** La demanda de calefacción, refrigeración, iluminación y ventilación de edificios es responsable del 14 % de todas las emisiones de GEI.

**Otros usos en edificios:** Los procesos de cocción y calentamiento de agua, el bombeo de agua y uso de ascensores, los electrodomésticos y otros aparatos eléctricos, emiten 4 % de GEI.

**Producción de materiales:** Materiales tales como aluminio, acero y vidrio requieren importantes cantidades de energía para su fabricación. Adicionalmente, los procesos químicos en la fabricación de cal y cemento emiten importantes cantidades de anhídrido carbónico. En general, los materiales de la construcción emiten 5 % de GEI.

**Transporte:** El transporte de materia prima a las fábricas de materiales de construcción, así como la entrega de materiales y componentes a la obra, sumado al transporte de escombros en la etapa de demolición, emite en total 1 % de GEI.

**Otros Usos:** 76 % de los gases efecto invernadero son resultado de emisiones del transporte, el agro, cambios de uso de suelo y industrias no relacionados con la construcción.

## ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS

La situación de la disponibilidad e impacto de recursos energéticos en Argentina requiere medidas urgentes para reducir la demanda de energía en edificios y evitar los impactos ambientales perjudiciales. Las estrategias bioclimáticas permiten lograr este objetivo y asegurar adecuada calidad de vida con menor dependencia energética. Entre las estrategias bioclimáticas mas importantes se incluyen:

- **Formas edilicias** apropiadas para conservar energía en invierno, captar radiación solar en épocas frías, aprovechar la iluminación natural y lograr ventilación natural.
- **Características térmicas** de muros y techos aptas para reducir el ingreso de calor estival y controlar las pérdidas invernales.

- **Aberturas vidriadas** con ubicación, tamaño y orientación para lograr captación o protección solar, ventilación natural e iluminación natural.

El equilibrio de los requerimientos específicos en épocas calidas y frías dependen de las condiciones climáticas de cada región, definidas en la Norma IRAM 11.603, Figura 4. Todavía no se aplica ninguna norma obligatoria de aislamiento térmico en Argentina, salvo la exigencia de asegurar que techos y muros de vivienda de interés social cumplan con el Nivel C de la Norma IRAM 11.305. Es relevante notar que las normas obligatorias de aislamiento térmico de techos aplicables en el sur de Chile son cuatro veces mas exigentes que las normas voluntarias de regiones similares en el sur de Argentina. Las normas voluntarias de Uruguay también son mas exigentes que las normas argentinas para zonas climáticas similares.

Zona Bioambiental	Grados días
I. Muy cálida	> 400
II. Cálida	400 - 800
III. Templada	800 - 1200
IV. Templada fría	1200 - 2000
V. Fría	2000 - 2700
VI. Muy fría	> 2700

Fuente:  
Norma IRAM 11.603 (1998)

**Grados días:** Índice de la duración y severidad del invierno, proporcional a la demanda de energía de calefacción de un edificio.

Por ejemplo: una vivienda en Río Gallegos requiere 3 veces más energía que la misma vivienda en Buenos Aires.

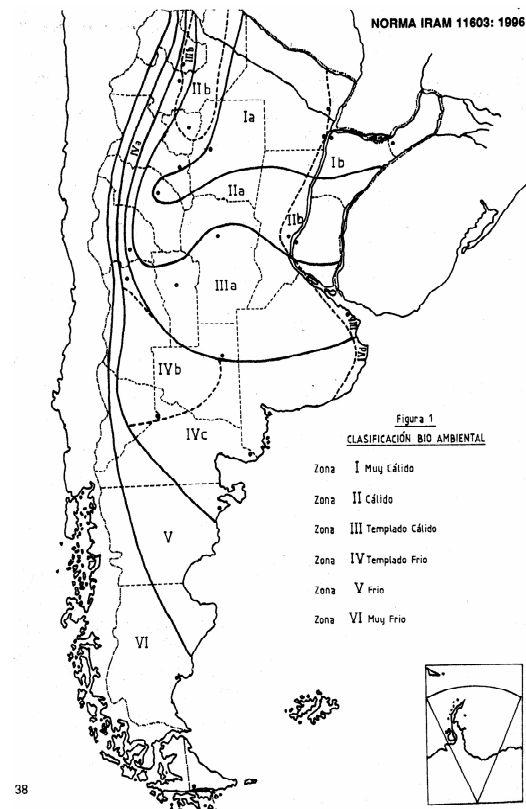


Figura 4. Zonas Bioambientales y demanda de calefacción según grados días anuales.

La Tabla 1 indica la distribución de población de Argentina en las Zonas Bioambientales definidas en la Norma IRAM 11.603 y la proporción de energía utilizada para la calefacción de viviendas, según la severidad y duración del periodo invernal.

Tabla 1. Distribución de la población de Argentina y demanda por Zona Bioambiental.

Zona	Zona Bioambiental	Población	Energía
I.	Muy cálida	12 %	2,3 %
II.	Cálida	18 %	9,6 %
III.	Templada	46 %	42,8 %
IV.	Templada fría	17 %	22,6 %
V.	Fría	4 %	9,6 %
VI.	Muy fría	3 %	9,6 %

Nota: estimaciones propias.

La Tabla 2 indica la transmitancia térmica y el espesor de la capa aislante requerida en techos, según las recomendaciones del Nivel A, ‘optimo’, Norma IRAM 11.605, para cada Zona Bioambiental. Es interesante notar que el Nivel C, ‘mínimo’, considerado obligatorio en vivienda de interés social y voluntario para otros tipos de vivienda, solo requiere una transmitancia térmica máxima de 1 W/m<sup>2</sup>K, la cual se obtiene con 20 mm de aislante liviano.

Tabla 2. Espesor aislante según Zona Bioambiental: Nivel A, ‘optimo’, Norma IRAM 11.605 (1998).

Zona	Zona Bioambiental	Transmitancia térmica máx	Espesor aislante liviano
I.	Muy cálida	0,32 W/m <sup>2</sup> K	100 mm
II.	Cálida	0,32 W/m <sup>2</sup> K	100 mm
III.	Templada	0,32 W/m <sup>2</sup> K	100 mm
IV.	Templada fría	0,29 W/m <sup>2</sup> K	110 mm
V.	Fría	0,26 W/m <sup>2</sup> K	120 mm
VI.	Muy fría	0,22 W/m <sup>2</sup> K	150 mm

En el largo plazo, se estima que la aplicación de este nivel de aislantes en techos puede reducir la demanda nacional de energía destinada a calefacción de vivienda en 17 %, alcanzando 4 % en los primeros 10 años.

La aplicación de mejores características térmicas en muros y ventanas, adicionalmente a las medidas en techos, alcanzaría a reducir la demanda de energía de calefacción de vivienda en 32 % en el largo plazo y 9 % en los primeros 10 años.

Es importante destacar que el costo inicial de estas medidas es inferior al 4 % del costo de construcción. Este dato es doblemente relevante si se contempla que la implementación de las mismas implica asimismo mayor confort, no solo en invierno sino también en verano. A este beneficio se suma la eliminación de patologías, producidas en gran medida por deficiencias constructivas de esta índole, tal como condensación superficial, que afecta la salud de los ocupantes en forma directa y significativa.

Adicionalmente a las medidas técnicas que permitan mejorar las características térmicas, reviste gran importancia la implementación de medidas complementarias, tanto a escala arquitectónica como urbana. Entre ellas se destacan: favorecer la captación de radiación solar a través del ‘derecho al sol’, promover la iluminación natural a través del ‘derecho a la luz’, y alentar la ventilación natural a través del ‘derecho al aire’.

## CONCLUSIONES

Argentina, como otros países de la región, está agotando sus reservas de energía al mismo tiempo que experimenta un fuerte crecimiento en la demanda. Las fuentes actuales de energía son relativamente ‘limpias’, considerando que el gas natural es la fuente fósil con menor emisiones de gases efecto invernadero, mientras la energía hidroeléctrica y nuclear no presentan emisiones significativas de GEI. En el futuro, el crecimiento de gas-oil importado, y posiblemente carbón, implica fuentes de energía más costosas y ‘sucias’.

La aplicación de estrategias bioclimáticas puede contribuir muy positiva y eficazmente a la creciente crisis energética y ambiental. Con mejor diseño, los edificios pueden lograr mejores condiciones de confort con menor demanda de energía y reducidas emisiones de gases efecto invernadero.

La aplicación de estas medidas requiere una decidida y combinada acción en varios frentes simultáneos, complementando una mejor y más eficiente formación de los profesionales de la construcción con un claro ajuste de normas urbanísticas y constructivas junto a nueva legislación sobre uso racional de energía en edificios, con el soporte de la investigación en este campo y la puesta en escena de proyectos demostrativos de edificios energéticamente eficientes.

La extensa vida útil de los edificios y la lenta tasa de renovación del parque edilicio implican beneficios a mediano y largo plazo. El gran número de actores involucrados, comitentes, profesionales y contratistas, dificultan la implementación de medidas, mientras la fuerte presión del mercado inmobiliario no favorece innovaciones sustanciales que, si bien son efectivas a mediano y largo plazo, inciden en los costos iniciales de construcción. Sin embargo, estas dificultades no justifican inacción y demoras. Al contrario, los beneficios resultantes de la aplicación de estrategias bioclimáticas en la producción del hábitat construido son muy importantes tanto a escala nacional como a escala del edificio individual y sus ocupantes. Una rápida implementación y aplicación de estas estrategias permitirá lograr mayor beneficio y menor impacto ambiental en plazos mas reducidos.

## REFERENCIAS

- IRAM, (1998), *Norma IRAM 11.603, Zonificación Bioambiental de la República Argentina*, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires.
- IRAM, (1996), *Norma IRAM 11.605, Acondicionamiento térmico de edificios: condiciones de habitabilidad en viviendas, valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.
- SRNDS, (1999a), *Inventario de gases de efecto invernadero de la Republica Argentina*, Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires.
- SRNDS, (1999b), *Revisión de la primera comunicación del Gobierno de la Republica Argentina, según la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático*, Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires.
- Evans, J. M., (2004), Clean Development Mechanism for building: potential in different climatic regions of Argentina, pp 909-914 in de Wit, M. H. (Ed), (2004), Proceedings, Built environments and environmental buildings, 21<sup>st</sup> International Conference PLEA, Technical University of Eindhoven, Eindhoven.

**ABSTRACT:** This paper presents the analysis of the current energy resources situation in Argentina, with special reference to energy use in the built environment, its impact and relation to architectural design. During the last 25 years, Argentina has experienced a favorable panorama of plentiful national energy resources, available at low cost with limited environmental impact. In the future, the energy situation is likely to be less favorable, given the progressive depletion of the natural gas reserves over the next decade, which will produce a transformation towards more expensive energy with greater environmental impacts. The paper shows that rational energy use in the built environment can contribute positively to mitigate these impacts and achieve simultaneous social benefits with improvements in the quality of life.



## **TAREAS DE DOCENCIA, INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN DEL IAA-FAU-UNT EN ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES**

**Guillermo E. Gonzalo y Jorge R. Negrete**

Instituto de Acondicionamiento Ambiental, Facultad de Arquitectura y Urbanismo,  
Universidad Nacional de Tucumán  
Av. Roca 1900, 4000, Tucumán, Argentina  
Tel.: 54-381-4364093 – Fax: 54-381-4364141  
Email: ggonzalo@herrera.unt.edu.ar – jrnegrete@arnet.com.ar

### **RESUMEN**

Se presenta una breve síntesis de más de 30 años de acciones realizadas en el campo de la arquitectura bioclimática y la utilización de energías renovables en el Instituto de Acondicionamiento Ambiental. Estos trabajos que abarcaron la docencia, investigación y extensión fueron realizados dentro de las actividades respectivas de las dos cátedras que componen el IAA: Acondicionamiento Ambiental 1 y 2. Algunas tareas se realizaron en forma conjunta, con la participación de integrantes de ambos grupos, siendo la mayoría realizadas por los respectivos equipos de docentes e investigadores de las cátedras mencionadas. Se muestra entonces algunas de las principales actividades del Instituto, a través de sus cátedras, en forma correlativa.

**PALABRAS CLAVE:** Arquitectura Bioclimática, Energías renovables, Acondicionamiento Ambiental, Docencia, Investigación, Extensión.

### **INTRODUCCIÓN**

#### **CÁTEDRA AA1. Prof. Titular: Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo**

La Cátedra de Acondicionamiento Ambiental 1 está integrada por un equipo de docentes e investigadores que pertenecen al Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la FAU-UNT. En los aspectos relacionados con la investigación y extensión, se agregan a este equipo o participaron en los programas de investigación, profesionales de distintas especialidades, tales como: diseño arquitectónico, derecho administrativo, salud mental, diversas ramas de la ingeniería, entre otras y según el trabajo realizado.

La Cátedra cuenta con un equipo docente constituido por un Profesor Titular, una Profesora Adjunta (actual Secretaria de Extensión de la FAU-UNT), una Jefa de Trabajos Prácticos y siete Auxiliares Docentes Graduados. Desde 1994 cuenta además con un grupo variable en su número de estudiantes, pasantes del país y del extranjero y profesionales recién recibidos, que realizan los “Seminarios de Iniciación en la Docencia e Investigación sobre Arquitectura Bioclimática” de uno o dos años de duración.

#### **CÁTEDRA AA2. Prof. Titular: Arq. Jorge Raúl Negrete**

Los docentes – investigadores, de la Cátedra de Acondicionamiento Ambiental 2, conforman un equipo dentro de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, integrado en el Instituto de Acondicionamiento Ambiental.

Tanto a nivel docencia como en Investigación y extensión, han sido abordados diferentes aspectos de la problemática ambiental del hábitat (acústica, lumínica y energética) Sin descuidar el acondicionamiento natural de estructuras arquitectónicas.

## **TAREAS EN DOCENCIA**

### **CÁTEDRA AA1. Prof. Titular: Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo**

En la cátedra se dictan materias de grado, que integran el currículum de la carrera en forma obligatoria (Acondicionamiento Ambiental 1) como en forma electiva (Arquitectura Bioclimática). A cargo de la cátedra también está el dictado de los Seminarios de Iniciación en la Docencia e Investigación sobre Arquitectura Bioclimática, de grado y de postgrado y del Magíster en Auditoría Energética, de postgrado.

Los programas de las distintas disciplinas pueden consultarse en el siguiente sitio de Internet: [www.herrera.unt.edu.ar/fauunt/ceema/inicio.htm](http://www.herrera.unt.edu.ar/fauunt/ceema/inicio.htm). Se destaca por su importancia para esta reunión que la materia electiva: “Arquitectura Bioclimática” fue la primera materia específica sobre la temática aprobada a nivel universitario en Argentina. Una síntesis de las materias citadas se muestra a continuación:

#### ***Acondicionamiento Ambiental I:***

La materia Acondicionamiento Ambiental I, es una materia regular del currículum de la Carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Se dicta en el tercer año de la carrera. El propósito principal de esta materia es de capacitar, ejercitar y promover en el alumno una conducta apropiada en la consideración y tratamiento de los aspectos bioclimáticos con el fin de lograr espacios confortables, aprovechando los recursos naturales disponibles y con el mínimo consumo de energías convencionales. Se incorpora además el estudio de las instalaciones complementarias y el uso de fuentes energéticas no convencionales en la edificación.

Objetivos: Proveer de información, fundamentos técnicos y generación de actitudes y valores que permitan al alumno considerar los aspectos climáticos desde el inicio del proceso de diseño, resolver en forma adecuada la relación Clima - Hábitat - Hombre, con disposiciones arquitectónicas y con la incorporación de fuentes energéticas renovables y resolver correctamente los trazados de instalaciones complementarias.

#### ***Electiva Arquitectura Bioclimática:***

Esta asignatura forma parte del conjunto de materias opcionales que se dictan dentro de la Carrera de Arquitectura. Se dicta en el último ciclo de la carrera. Esta materia profundiza los temas abordados en la asignatura Acondicionamiento Ambiental I, sobre aquellos aspectos que hacen a la arquitectura bioclimática y uso de energías no convencionales en los edificios y su hábitat, constituyendo una especialización en dicha temática.

Objetivos: Proveer de información y fundamentos técnicos que permitan al alumno desarrollar una postura reflexiva y crítica ante la situación energética actual y formar al estudiante a fin de que puedan convertirse en decisores apropiados y guías sociales en el uso racional de la energía y utilización de energías renovables en la edificación.



### ***Magíster en Auditoría Energética:***

El objetivo fundamental de esta carrera de postgrado aprobada por la CONEAU, es brindar la oportunidad al graduado universitario relacionado con la construcción y la ingeniería, profesionales de organismos públicos y de empresas privadas, de realizar una profundización y ampliación de conocimientos en los aspectos que hacen al diseño y evaluación del comportamiento energético de edificios y conjuntos urbanos, proporcionando una capacitación intensiva, con un conocimiento pormenorizado de los fundamentos y bases del área de conocimiento, con un acercamiento a las posibilidades de uso de nuevas fuentes energéticas y de metodologías de análisis de los aspectos energéticos que inciden en el hábitat.

#### Cuerpo Académico de la carrera:

Director Académico: Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo.

#### Consejo Asesor de la Carrera:

Arq. Jorge R. Negrete y Dr. Ing. Arq. Pablo F. Holgado.

#### Profesores que han participado de su dictado:

Ing. Leonardo Assaf (FCEYT-UNT), Dr. Ruben Calduch (FM-UNT), Ing. Thomas Ebbage (USA), Lic. Charles O. François (Bélgica), Arq. P. C. Ferro (Italia), Lic. Oscar J. Graieb (UTN), Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo (FAU-UNT), Dr. Ing. Arq. Roberto Gonzalo (Alemania), Ing. M. Hatten (USA), Dr. Ing. Arq. P.F. Holgado (FAU-UNT), Lic. Thomas A. Lawand (Canadá), Dra. Graciela Lesino (UNSA), Dra. Lidia Martorell (FCEYT-UNT), Arq. Jorge Negrete (FAU-UNT), Ing. Jorge G. Perera (UTN, FAZ-UNT), Lic. Ms. Sc. Juan C. Pérez (UTN), Lic. Ma. A. Pérez de Del Negro (FCE-UNT), Ing. C. N. Piquard (FCEYT).

### **CÁTEDRA AA2. Prof. Titular: Arq. Jorge Raúl Negrete**

En docencia, tanto la asignatura del currículo, Acondicionamiento Ambiental 2, como las materias electivas: “Acondicionamiento Natural” y “La Luz en Arquitectura”, sus objetivos apuntan al diseño arquitectónico contemplando los fundamentos del control ambiental y el manejo bioclimático de los edificios.

#### ***Acondicionamiento Ambiental 2:***

Acondicionamiento Ambiental 2 tiene como propósito delimitar un marco conceptual para la comprensión de los problemas "ambientales" utilizando inteligentemente los recursos propios del diseño y elementos constructivos como así también mediante el uso de instalaciones u otro medio específico. Posibilitando el desarrollo de criterios de interpretación y análisis que permitan compatibilizar la teoría y la práctica en el ámbito del diseño arquitectónico.

A partir de los enfoques comprensivos - reflexivo, la Cátedra contribuirá al logro de un objetivo básico dentro del proceso formativo de la carrera: Que el alumno tome conciencia de la importancia de no delegar la consideración de los aspectos "funcionales" y "ambientales", desde el primer paso que se encare en el diseño, asegurando la ejercitación permanente de este tipo de conducta.

### ***Electiva Acondicionamiento Natural:***

Es una asignatura optativa correspondiente a los últimos años de la carrera. En la misma se desarrolla el acondicionamiento natural higrotérmico de edificios. La temática que abarca y que propone la Asignatura Acondicionamiento Natural corresponde a la profundización de los temas de los acondicionamientos térmicos en régimen natural cuyas bases ya fueron dadas en las materias de currícula Acondicionamiento Ambiental 1 y 2, de cursado obligatorio en tercer y cuarto año de la carrera.

Así se desarrollan con profundidad aspectos bioclimáticos para la resolución de viviendas partiendo de un conocimiento adecuado en la práctica del diseño arquitectónico y con soporte en los aspectos térmicos y su relación con el hombre y el ambiente.

El dictado contempla una primera fase instrumental en la cual se afianza el manejo de los principales conceptos sobre: confort térmico, factores climáticos vinculados a la arquitectura, propiedades termofísicas de los materiales, conocimiento y aplicación de normativas y definición de estrategias bioclimáticas de acuerdo al clima. La implementación de esta primera fase se apoya en el manejo de software específico en cada uno de los temas tratados que el alumno utiliza en forma individual.

Una segunda etapa la constituye la fase de aplicación, que corresponde a la aplicación de los criterios bioclimáticos a un diseño prototípico de vivienda. Dicho modelo ubicado en un sitio específico. En esta etapa se deben integrar todos los conceptos analizados en la fase instrumental además de otros propios de aspectos funcionales, constructivos estructurales, estéticos y económicos.

### ***La Luz en Arquitectura:***

Es una asignatura optativa correspondiente a los últimos años de la carrera. Se ha incorporado a la oferta académica de la cátedra desde el periodo lectivo 2004.

Posibilita la profundización y actualización en el acondicionamiento lumínico, lo que no puede realizarse en la asignatura de currícula (Acondicionamiento Ambiental 2).

En cuanto al desarrollo de los contenidos propuestos se destaca la posibilidad del manejo de software actualizados y el apoyo de la infraestructura del Instituto de Luminotecnia.

## **TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN**

### **CÁTEDRA AA1. Prof. Titular: Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo**

Las actividades de investigación sobre la temática se iniciaron en forma sistemática en el año 1975, donde se trabajó en un proyecto dentro del Programa especial de Vivienda Popular de la Organización de Estados Americanos, O.E.A., (1975-1986), realizando tareas de investigación y extensión en Argentina, Colombia, México, EE.UU. y Canadá.

En los últimos años se pueden destacar los siguientes programas y proyectos:

- Proyecto de investigación trianual del Consejo de Investigaciones de la UNT, sobre:



"Auditoría energética y refuncionalización edilicia de edificios de la UNT", IAA-FAU-UNT, Mayo 1995 - Diciembre 1997.

- Proyecto de Investigación: "Propuestas de Normas para el acondicionamiento ambiental de edificios en Tucumán", financiado por el Consejo de Investigaciones de la U.N.T. y la Agencia Nacional para la Promoción Científica y Tecnológica, Mayo 1998 al 2000.
- Programa de Investigación: "Uso Racional y Nuevas Fuentes de Energía para Edificios Comerciales y del Sector Terciario en Tucumán.", financiado por el Consejo de Investigaciones de la U.N.T., Mayo 2001 a Mayo 2005.
- Proyecto de Investigación del Consejo de Investigaciones de la U.N.T. sobre: "Tecnologías apropiadas y pautas de diseño para mejorar las condiciones de habitabilidad en viviendas y escuelas de Tucumán.", Mayo 2005-2008.
- Proyecto COOPENER, "Renewable Energies and Energy Efficiency on the Built Environment: Training, Networking and Capacity-Building Actions", coordinando el grupo Latinoamericano (Argentina, Perú y México) y trabajando en conjunto con la Universidad de Florencia, Italia; Barcelona, España y Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea. 2005-2007.

### **CÁTEDRA AA2. Prof. Titular: Arq. Jorge Raúl Negrete**

En cuanto a la Investigación, se comienza en forma sistemática desde 1975, entre otros con el Programa de Vivienda Popular OEA, donde el Arq. Jorge Negrete (actual Titular de la Cátedra de AAI), fue el responsable de desarrollar el aspecto térmico en viviendas corrientes. A la fecha se cuenta con diversos programas de investigación concluidos y otros en marcha aprobados tanto por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán, como del CONICET. De los últimos cinco años, se pueden citar los siguientes Proyectos de Investigación desarrollados por el equipo de trabajo:

- Proyecto "Estudios y Propuestas para el Uso Racional de la Energía y Energías No Convencionales para Viviendas y Servicios Rurales en Tucumán" (Aprobado por el CIUNT) 1995 a 1997.
- Proyecto "Definición de Pautas de Diseño Bioambiental, Utilización de Energías no Convencionales y Tecnológicas apropiadas para el Sector Vivienda en Zona Rural de la Provincia de Tucumán". Aprobado por el CIUNT trianual 1998 - 2000.
- Proyecto "Interacción de la Ventilación, Iluminación, Control Térmico y Pautas Culturales en Viviendas Urbanas y Rurales " Aprobado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) y desarrollado entre los años 2000 - 2004.
- Proyecto "Impacto Ambiental Acústico y Térmico en el Sector Terciario y Residencial de San Miguel de Tucumán. Elaboración de Bases para una Normativa" Aprobado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) a desarrollarse entre los años 2005 -2008. Director: J. Negrete

- Proyecto PICTO UNT 2004. Código 870. “Tecnologías para el Hábitat, el Aprovechamiento Energético y el Desarrollo Productivo en Áreas Rurales de Tucumán”. Proyecto perteneciente a los proyectos PICT-Orientados financiados conjuntamente entre la Universidad Nacional de Tucumán y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), Periodo 2005 – 2008. Investigadores Integrantes (Grupo Responsable)

## **TAREAS DE EXTENSIÓN**

### **CÁTEDRA AA1. Prof. Titular: Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo**

Comienzan en forma sistemática en el año 1975 y como resultado de proyecto dentro del Programa especial de Vivienda Popular de la Organización de Estados Americanos, O.E.A., (1975-1986) se llegaron a formar dos entidades cooperativas de personas de muy bajos recursos, consiguiendo por auto-gestión la obtención de los terrenos y la construcción de barrios de 270 y 320 viviendas.

Entre otras actividades de los últimos años merecen citarse:

- Convenio con la Fundación Casa de la Juventud de Santiago del Estero. Transferencia de estudios bioclimáticos y propuestas de proyecto para el nuevo edificio de la Fundación. (2004-2005).

- Convenios con diversas instituciones del medio, entre ellas: Instituto Superior de Música, Colegio Santa Rosa, Sociedad Cooperadora Miguel Lillo de la Escuela Normal J.B. Alberdi, Escuela de Comercio Batalla de Tucumán, Acción Social de la UNT, Dirección de Construcciones Universitarias, Facultad de Psicología, Escuela de Música, Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Fundación San Javier, entre otras. Transferencias educativas, tecnológicas, estudios y asesoramiento sobre proyectos, talleres para construcción de equipos con energías renovables. (2000 a la fecha)

- Designados Consultores del Centro de Mediación de la Construcción del Colegio de Arquitectos de Tucumán, en el área Arquitectura Bioclimática, (2004 a la fecha).

- Invitación del Consorzio Interuniversitario per la Cooperazione Universitaria con i paesi emergenti, Universidad La Sapienza, Roma, en el dictado del curso de postgrado "Controlo ambiental e Energia Renovável na Arquitetura", Universidad Eduardo Mondlane, Mozambique, octubre-noviembre de 2003, Maputo.

- Pautas para el diseño bioclimático en San Miguel de Tucumán, Taller de Diseño de viviendas de interés social en Tucumán. FAU-UNT y Accademia di Architettura, Università della Svizzera Italiana. (2003).

- Propuesta de parque temático: Sistemas con energías renovables para el fomento del turismo sustentable (2002). Trabajo presentado a la Secretaría de Extensión y Medio Ambiente de la UNT, para su realización en el Parque Nacional reserva ecológica Horco Molle de la UNT, como parque temático sobre ecología y medio ambiente sustentable y con la inclusión de sistemas energéticos y productivos basados en energías renovables, con la transferencia de equipos y sistemas tecnológicos y constructivos que se desarrollaron y transfirieron en los últimos años.



- Caracterización climática y determinación de pautas de diseño bioclimático para la ciudad de Roma, Italia. Dentro del convenio con Universidad de Roma se planificó un seminario-taller dictado por el Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo (Mayo-Junio de 2001). Como base para estas tareas se realizó la caracterización climática y determinación de pautas de diseño bioclimáticas, tomando como base fuentes meteorológicas de la NASA y del World Methereological Service. Una tareas similar y seminario-taller se realizó por invitación de la Universidad Ricardo Palma, Perú. (2002)
- Convenios con el Instituto Provincial de la Vivienda y la Municipalidad de San Miguel de Tucumán. Transferencia de estudios urbanos y de habitabilidad, para definición de normas y reglamentaciones mediante el libro: “Habitabilidad en edificios. Propuestas de normas para Tucumán”, Ed. Santamarina, Tucumán, 2000. ISBN N° 987-43-2618-2.
- Anteproyecto y presupuestos estimativos recubrimiento y acondicionamiento térmico de pileta Escuela Universitaria de Educación Física. Asesoramiento sobre cubierta con colectores solares para calentamiento del agua. Estimación y cálculos de los sistemas propuestos con software RETScreen. (1999)

### **CÁTEDRA AA2. Prof. Titular: Arq. Jorge Raúl Negrete**

En extensión, se realizaron diversas acciones relacionadas al tema motivo de esta presentación: Así se tiene:

En el marco del Proyecto Universitario de Promoción Comunitaria. Tanto de transferencia concretas a organismos oficiales de la Provincia de Tucumán, en particular de sistemas energéticos alternativos a más de 14 Escuelas y Centros de Atención Primaria de alta montaña de la Provincia de Tucumán, como también se ejecutaron prototipos a escala reducida de estructuras productivas (invernaderos) transferidos a la comunidad del Valle Calchaquí.

Seminario de Preiniciación en Investigación y Extensión. Durante el año 2001 se desarrolló propuesto por la cátedra a mi cargo (Acondicionamiento Ambiental 2) cuyo propósito es crear una instancia para la aproximación de alumnos y docentes de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo al trabajo de extensión con comunidades rurales, instrumentándolos con elementos teóricos básicos que les permita enfrentar el problema educativo y comunicacional que surge de la relación entre agentes profesionales y los usuarios.

Se busca un equilibrio que compatibilice adecuadamente el logro de resultados cognitivos, prácticos y actitudinales. Como principal objetivo se planteó el permitir a los alumnos de la FAU, iniciarse en tareas de extensión en el área específica del desarrollo rural, a través de su participación, en el desarrollo de diferentes trabajos relacionados con la demanda edilicia de organizaciones civiles de comunidades del Valle Calchaquí, donde se desempeña el Proyecto UNIR.

Como así también el profundizar conocimientos específicos de la disciplina y relacionados a su aplicación en el ámbito rural. Así se pudo de desarrollar, como contenido de un módulo, el Taller "Caracterización Climática del Valle Calchaquí". Relación Hombre – Clima Arquitectura. Cartas bioclimáticas específicas de la zona.

---

Estrategias bioclimáticas en edificios – utilización de energías alternativas. Duración 16 horas. Contenidos estrechamente vinculado a los resultados del Proyecto 26 / 211

Transferencia al IPVDyU de los resultados del Proyecto CIUNT – 26/B 211. Publicación sobre: Definiciones de Estrategias y Principales Pautas Bioclimáticas En la Zona Rural de la Provincia de Tucumán – Valle Calchaquí.

Esta publicación cubre ampliamente el tema del acondicionamiento natural higrotérmico en edificios, particularmente en viviendas en el Valle Calchaquí. También aporta sobre las características de vivienda tradicionales de la zona, sus materiales más comunes, como así también características climáticas y geográficas de la micro región mencionada. Mayo de 2003.

### **ABSTRACT**

A brief synthesis is presented of more than 30 years of tasks carried out in the field of the Bioclimatic Architecture and the use of Renewable Energies in the Institute of Environmental Control. These works that included the teaching, investigation and extension were carried out inside the respective activities of the two subjects that the IAA composes: Environmental Control 1 and 2. Some tasks were carried out in combined form, with the participation of members of both groups, being most carried out by the respective teams of professors and investigators of the aforementioned subjects. It is shown some of the main activities of the Institute then, through their subjects, in correlative form.

Password: Bioclimatic Architecture, Renewable Energy, Environmental Control, Teaching, Investigation, Extension.



**VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y USO DE LA ENERGÍA  
EN VIVIENDAS ESPONTÁNEAS Y OFICIALES DE INTERÉS SOCIAL:  
ANÁLISIS Y PROPUESTAS.**

**Garzón, Beatriz S.**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo-Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de Tucumán - CONICET. Av. Roca 1900. P.O.B. 143. 4000. San Miguel de Tucumán. C.P. 4000. Tucumán, Argentina.Tel. +.54.381.4364093 - +.54.381.4344588 – Fax +.54.381.4364141.

E-mail: bgarzon@cgcet.org.ar; bsgarzon@hotmail.com

**INTRODUCCIÓN:** Con el convencimiento de los efectos que derivan del Hábitat, en general, y de la vivienda, en particular, el presente trabajo tiene como propósito constituirse en un aporte a los campos disciplinares involucrados y al diseño y producción, del mismo en relación a los sectores populares, urbanos y rurales. Además, busca establecer las variables que condicionan su definición y configuración con el objeto de elaborar diagnósticos y propuestas alternativos y ajustados a los ambientes en consideración mediante procesos de intervención y producción que integren los diferentes aspectos intervinientes y tiendan al mejoramiento de dichas comunidades y a la consolidación de su desarrollo progresivo, autogestionario y sustentable. Las experiencias que aquí se muestran, se desarrollan desde el Proyecto "Estrategias y Tecnologías para un Hábitat Popular Sostenido y Saludable".

• **MARCO CONCEPTUAL:** Para la consideración del Tema propuesto se han tomado, fundamentalmente, los conceptos de:

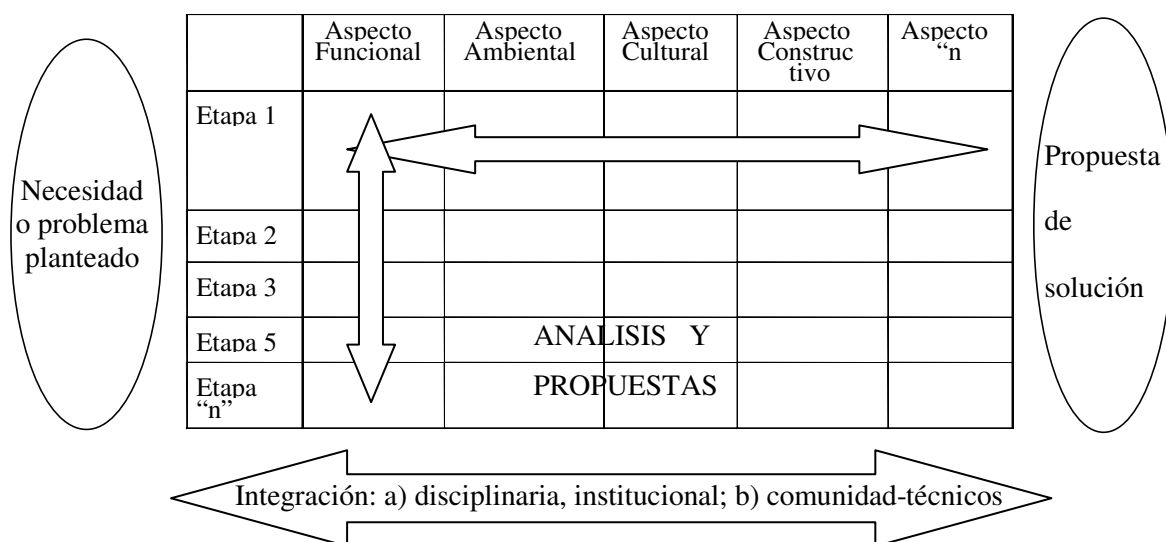
a) "Participación y Organización Comunitaria" como factores de cambio, pues "Participación y Organización" significan: "ser parte de algo", "tomar parte de algo", "tener parte en algo"; además, porque se considera que "lo que viene de arriba, viene como un misterio" y que aquello en lo que se ha invertido algún sentimiento –compromiso, autoestima, solidaridad, ayuda mutua, etc.- y esfuerzo -material, económico, etc.- adquiere o incrementa su valoración. b) "Arquitectura Bioambiental", que es aquella que "Intenta la rehabilitación, aprovechamiento y mejoramiento de las posibilidades brindadas por las condicionantes de diseño -climáticas, materiales, tecnológicas, etc.- del lugar de implantación de los edificios, buscando que las construcciones y los hombres que las ocupen restablezcan sus lazos con su medio natural y sus tradiciones". c) "Tecnología", es un medio y no un fin en sí misma. Dentro de una estrategia de desarrollo debe ser considerada una dimensión más pues una tecnología es apropiada y apropiable cuando responde a las reales necesidades y recursos disponibles y da respuesta integral a los problemas específicos que la originaron y contribuye a disminuir otros del contexto.

• **MARCO METODOLÓGICO:** Se ha empleado la "Investigación Acción Participativa" -IAP-, no sólo para el diagnóstico y definición de los problemas de hábitat sino también para el planteo de las soluciones con el propósito de la satisfacción integral de necesidades o problemas concretos (ambientales, económicos, sociales, culturales, habitacionales, etc.). La IAP, es el "encuentro entre teoría y práctica"; Rodríguez Rojo, M. (1991) la describe como: "modelo de investigación que observa y estudia, reflexiva y participativamente, una situación o realidad social para mejorarla y/o transformarla."

	<b>RECONSTRUCTIVO</b>		<b>CONSTRUCTIVO</b>
<b>DISCURSO</b> Entre participantes	● Reflexión	_____	● Planificación
<b>PRÁCTICA</b> En el contexto social	● Observación	_____	● Acción

Se plantea, además, la “planificación estratégica”, la cual es “autoprojectar para el futuro un plan”, teniendo en cuenta la experiencia presente y pasada, desde situaciones concretas y reales y con los actores intervinientes, tomando como base el autodiagnóstico y retroalimentada a través de evaluaciones continuas”.

La estructura metodológica propuesta (Garzón, B. 1995) para tal fin es la siguiente:



Esta estructura se plantea para el desarrollo local, grupal y doméstico sostenible con el objeto de permitir el logro de una mejor calidad de vida y la posibilidad de dejar “capacidades instaladas” en la población en cuestión.

Sobre esta base, se desarrolla la puesta en práctica de un proceso de enseñanza-aprendizaje apostando a un efecto multiplicador a través del taller como propuesta socio-pedagógica donde el conocimiento popular y la adquisición de otros conocimientos por parte de los pobladores a través del “aprender – haciendo”, el aprovechamiento de sus posibilidades y habilidades adquieren importancia y sirven como instrumentos para el cambio. Para ello, se plantea el “Taller” como una forma instituyente de Capacitación Popular para la difusión y adopción de estas tecnologías y como espacio que articule el ámbito educativo y el productivo de los sectores populares, trabajando dentro de los supuestos de la IAP, desarrollando la metodología de Talleres Integrados (Garzón, B.; Abella, M. L.; Auad, A.; Brañes, N. 2004) e implementando un “*practicum reflexivo*” y de “*producción social*” de objetos, hechos y conocimientos, a través de la acción, reflexión y conceptualización. Los Destinatarios fueron: Integrantes de Organizaciones de Base (centros vecinales; comedores infantiles; centros comunitarios; etc.), Representantes de Comunidades Educativas; (comedores escolares; cooperadoras; etc.), Albañiles, Sanitaristas, Electricistas, Familias y Vecinos interesados, etc. de áreas populares rurales y urbanas.

Para ejemplificar como se ha trabajado en relación al tema de este artículo, se ha considerado una estructura de 3 ejes:

1. Envoltente arquitectónica: - cerramientos verticales alternativos en tierra
2. Instalaciones complementarias: - sistemas tecnológicos no convencionales para cocción y horneado de alimentos
3. Disposición arquitectónica: -la vivienda de interés social, a) espontánea, b) estatal, que posibilita mostrar los análisis de las problemáticas en cuestión, las alternativas de solución planteadas y las experiencias y resultados desarrollados a tal efecto.

A continuación, se describen los mismos.

## 1. ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

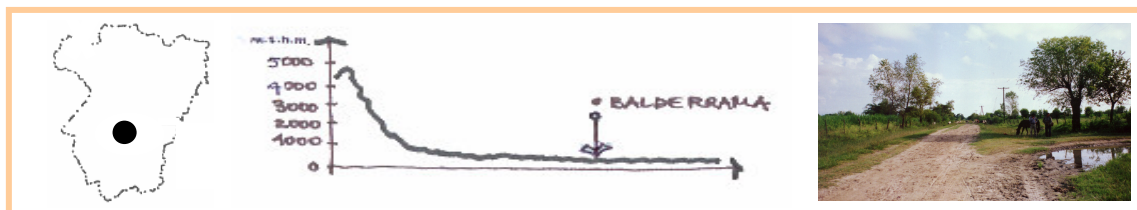
### 1.1. CERRAMIENTOS VERTICALES ALTERNATIVOS EN TIERRA

Esta sección tiene como **propósito**: “presentar el desarrollo y evaluación bioambiental de sistemas alternativos en tierra (Garzón, B.; 2005) apropiados y apropiables. Sus **objetivos** son contribuir a: 1) dar respuesta a uno de los componentes constructivos del hábitat doméstico rural: los cerramientos verticales; 2) rescatar y/o adaptar las técnicas tradicionales a las necesidades de producción de la vivienda popular rural, apreciando esos principios de construcción y revalorizando la artesanía e ingenio popular; 3) responder a los principios de cuidado del ambiente; 4) el aprovechamiento y uso racional de los recursos locales disponibles (el poblador, los conocimientos, la tierra, la caña, el clima, etc.); 5) cumplir con las exigencias de las normas de confort térmico para alcanzar condiciones habitables superiores.

### ÁREA GEOGRÁFICA EN CONSIDERACION

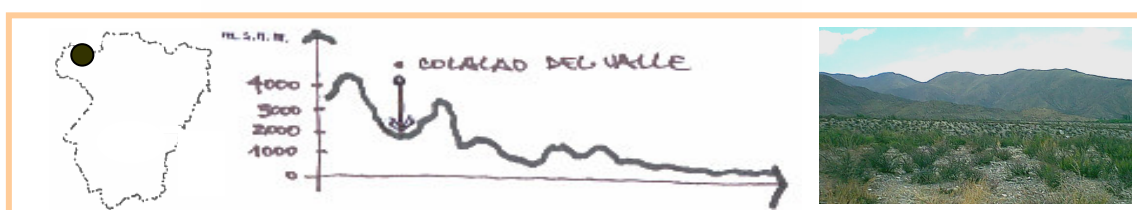
- Se ha tomado en consideración para el estudio de los beneficios de esta propuesta 2 zonas de la provincia de Tucumán: El área cañera, particularmente, la localidad de Balderrama, Departamento Simoca. Esta población se halla en la llanura, al Sudeste de la provincia y a una altitud de 400 m m.s.n. Su clima se caracteriza por un período estival muy cálido y húmedo (las temperaturas mensuales máximas absolutas alcanzan los 41°C, los niveles de humedad relativa, aproximadamente, el 85% y las precipitaciones, los 200 mm mensuales. Cuenta con una época invernal, más seca y con temperaturas relativamente bajas, con registros absolutos de -2°C, con humedad relativa del 50% y precipitaciones de 26 mm mensuales. Posee una moderada a baja amplitud térmica.

- Localización geográfica Balderrama:



- El área montañosa, específicamente, la localidad de Colalao del Valle en el Valle Calchaquí Tucumano, en el Departamento Tafí del Valle. Esta población se encuentra al Noroeste de la provincia y a una altitud de 1900 m.s.n. El clima se caracteriza: por un período estival cálido y seco: las temperaturas mensuales máximas absolutas alcanzan los 38°C, los niveles de humedad relativa el 60% y las precipitaciones, los 65 mm mensuales; posee una época invernal más seca y con temperaturas bajas, con registros absolutos de -9°C, con humedad relativa del 50% y precipitaciones que no superan los 5 mm mensuales. Posee una gran amplitud térmica.

- Localización geográfica Colalao del Valle:



## CERRAMIENTOS VERTICALES EN TIERRA TÍPICOS

Entre los sistemas presentes en las áreas rurales de Tucumán, los cerramientos verticales en tierra son los predominantes.

Presencia de Algún Cerramiento Vertical en Tierra en Viviendas Rurales de Tucumán. Fuente: Garzón, B.; 2004.

	BALDERRAMA	COLALAO DEL VALLE
Caña +barro	72 %	-----
Adobe	18 %	87 %

- ENTRAMADO DE CAÑA Y BARRO en Balderrama:



- MAMPOSTERÍA DE ADOBE: -En Balderrama: - En Colalao del Valle:



## COMPONENTES CONSTRUCTIVOS PROPUESTOS

Se presentan aquí cerramientos verticales en tierra con el objeto de: 1) reconsiderar aquellas apreciaciones sobre las mismas de temporalidad, pobreza y precariedad; revalorizando sus propiedades y ventajas, y buscando resolver sus limitaciones y desventajas; 2) promover la utilización de elementos modulares y simples, que posibiliten su "difusión" y "apropiación" por parte de la comunidad destinataria y cuyo mantenimiento y reparación puedan ser hechos por los mismos usuarios.

## EFICIENCIA TÉRMICO-ENERGÉTICA DE LOS TIPOS PRESENTADOS:

### 1. Paneles de tierra–cemento/caña/madera:

- Energéticas:* El gasto de energía para su producción y reciclaje es reducido.

Energía necesaria para la Producción de Materiales. Fuente: MacKillop, A. "Low energy housing".

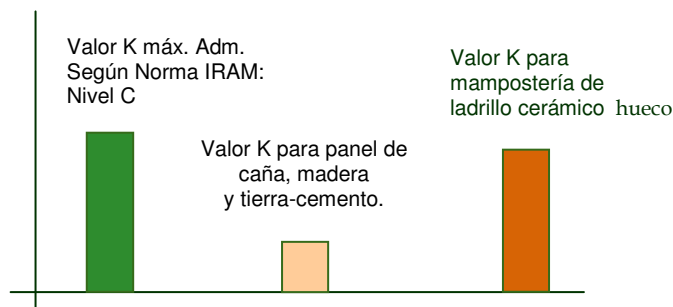
BLOQUE HORMIGÓN	LADRILLO	MADERA	REVOQUE DE BARRO
3830 kcal/unidad	379 kcal/unidad	160 kcal/unidad por m2	28 kcal por m2

- **Bioclimáticas:** La baja conductividad de este sistema en tierra brinda un comportamiento adecuado para la construcción de cerramientos verticales.

Valores de Propiedades Térmicas de Materiales. Fuente Norma IRAM 11601. 1996.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD [W/m <sup>2</sup> K]	MASA ESPECÍFICA [kg/m <sup>3</sup> ]
ENTRAMADO DE CAÑA	0,13	400
LADRILLO HUECO	0,49	1200

Se verificó su transmisión térmica (K) mediante: 1) ensayo con “caja caliente y caja fría”, según norma (IRAM96); y 2) cálculo con planillas computacionales. Se ha verificado su comportamiento para la situación climática de verano y se ha comparado los valores obtenidos (K=0,48 W/m<sup>2</sup>C) según normas (IRAM96), según zona bioambiental (II) y nivel adoptado para los valores máximos admisibles (KNivel C= 1,80 W/m<sup>2</sup>C; K Nivel A=0,45 W/m<sup>2</sup>C). Se ha contrastado su comportamiento en relación a una mampostería de ladrillo cerámico hueco de 0,18 cm de espesor (K=1,74 W/m<sup>2</sup>C), debido a que es el cerramiento vertical comúnmente usado por los organismos oficiales para la ejecución de viviendas de interés social.



Comparación de la Transmisión Térmica (K) de Cerramientos Verticales



## 2. Mampostería de adobe:

- **Energéticas:** El gasto de energía para su transformación es cero. Además, al usar tierra del lugar se consigue el ahorro de energía y dinero al reducirse los costos de transporte.

Energía necesaria para Fabricar Mampuestos. Fuente: MacKillop, A. “Low energy housing”.

BLOQUE HORMIGÓN	LADRILLO	BLOQUE TIERRA-CEMENTO	ADOBE
3830 kcal/unidad	379 kcal/unidad	94 kcal/unidad(10% cemento)	13 kcal/unidad

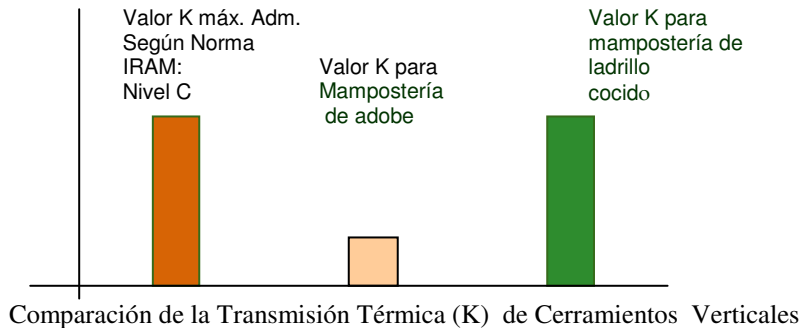
- **Bioclimáticas:** La baja conductividad de estas mamposterías en tierra brindan un comportamiento adecuado para la construcción de cerramientos verticales pues, si analizamos la tabla a continuación, podemos deducir que la conductividad del adobe es un 37.5 % de la del ladrillo cocido.

Valores de Propiedades Térmicas de Mampuestos. Fuente Alfonso Alvarenga, M. A. 1998.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD [W/m <sup>2</sup> K]	MASA ESPECÍFICA [kg/m <sup>3</sup> ]	CALOR ESPECÍFICO [J/kg °K]
ADOBE	0,25	1000	840
LADRILLO COCIDO	0,67	1700	840

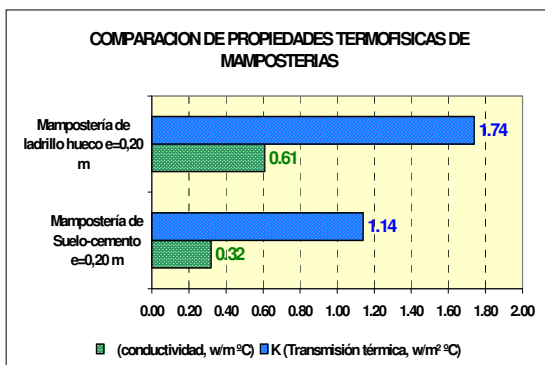
La verificación de su transmisión térmica (K) se hizo sólo mediante cálculo con planillas computacionales. Se ha verificado su comportamiento para la situación climática de verano

según zona bioambiental (III) y nivel adoptado para los valores máximos admisibles (KNivel C= 2 W/m<sup>2</sup>C; K Nivel A=0,50 W/m<sup>2</sup>C). Se ha confrontado su comportamiento con el de la mampostería de ladrillo cocido de 0,20 de espesor (K=1,79 W/m<sup>2</sup>C), ya que es, también, comúnmente usada por los organismos oficiales para la ejecución de viviendas de interés social. De este modo, se verifica su aislación capacitiva al paso del calor .

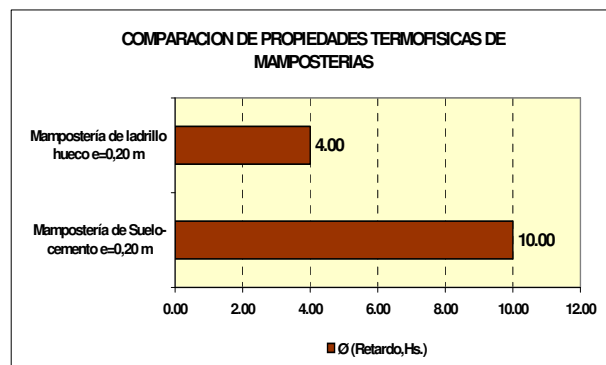


### 3. Mampostería de tierra-cemento:

- **Ecológicos:** Su uso es conveniente debido a que el ladrillo de suelo-cemento es un componente constructivo biodegradable. A diferencia del ladrillo hueco o macizo, no requiere cocción por lo que no utiliza energía proveniente de la leña como combustible para su elaboración y permite, además, ser reciclado pues puede ser reutilizado.
- **Bioclimáticos:** Para las condiciones climáticas antes descriptas, el suelo cemento es un material con un adecuado comportamiento térmico; registra un bajo coeficiente de conductividad térmica, lo que garantiza una adecuada resistencia al paso del calor en verano. Se ha determinado que una pared de suelo-cemento de 20 cm de espesor ofrece una aislación térmica equivalente a otra de 30 cm de ladrillos comunes. Posee una elevada capacidad térmica y un gran retardo permitiendo en invierno acumular la energía recibida durante el día y disiparla al interior durante la noche. También, permite la anulación de la condensación de la humedad ambiente por ser mal conductor calor. Además, debido a ello, las paredes construidas con este material no dan la sensación de frías en el invierno.



Comparación de Propiedades Termo-físicas de Mamposterías: λ, φ.



Comparación de la Transmisión Térmica (K) de Mamposterías

Por otro lado, si se calcula y analiza la carga térmica diaria que ingresa en la estación crítica, verano, a través de una mampostería de ladrillo de suelo-cemento y se la compara con una de ladrillo hueco cerámico, se determina que la solución óptima de diseño de mampostería para conseguir una disminución significativa de la ganancia energética en una vivienda, en verano y para la zona bioambiental II, es con la primera, pues la carga a través de la misma es un 35% menor que en la segunda. Esto permite, además, alcanzar márgenes

de la misma es un 35% menor que en la segunda. Esto permite, además, alcanzar márgenes adecuados de confort en los espacios interiores. Así, este material de construcción responde al objetivo de adecuación climática, con la utilización de recursos locales.

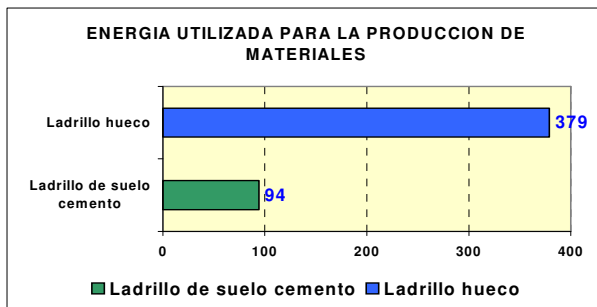
• **Económico-Energéticos:** Es un sistema de construcción que se adapta a condiciones económicas ventajosas y al ahorro y uso racional de la energía.

**Costo y consumo energético para su producción:** Disminuye el gasto energético en la producción del material de construcción. El consumo de energía para la producción de ladrillos de Suelo-Cemento es 4 veces menor que la de ladrillos huecos cerámicos.

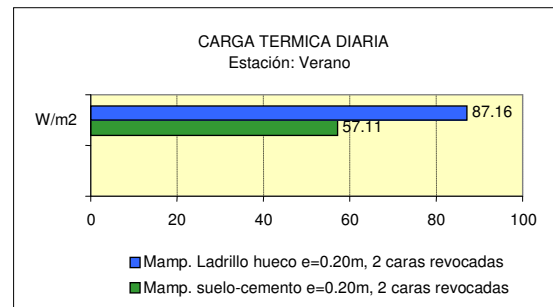
**Costo y consumo energético de transporte:** La tierra a utilizar debe hallarse en la zona donde se utilizará suelo-cemento, pues así se reducen al mínimo, también, los costos de transporte; con el consiguiente ahorro de dinero y energía.

**Costo y consumo energético para el acondicionamiento térmico de la vivienda:** Sobre todo por estar dirigidas al sector que tiene acceso restringido a la provisión de confort por medios artificiales, provisión que trae aparejado un elevado consumo energético, con consecuencias negativas, tanto para el propietario (elevado gasto de energía), como para la sociedad en general (deterioro del ambiente), el acondicionamiento de las viviendas de interés social debe realizarse por medios pasivos. Como se ha visto, si un cerramiento vertical se resuelve con mampostería de ladrillo de suelo-cemento, el consumo de energía necesario para eliminar dicha carga por medios mecánicos, en la estación crítica: verano, permitirá lograr un ahorro energético del 35 %, en relación a la de ladrillo hueco cerámico.

**Costo y consumo energético para su transformación o reciclaje:** Es cero.



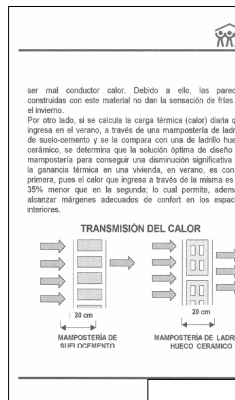
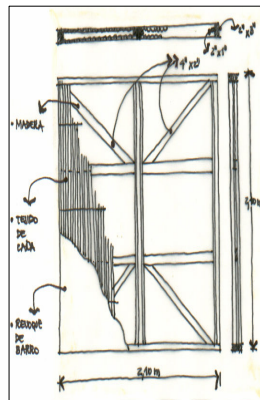
Comparación de Energía para la producción de mampuestos



Comparación de carga térmica ingresante en mamposterías

## TRANSFERENCIA, CAPACITACION Y ADOPCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS:

Para ello, se han utilizado diferentes técnicas: reuniones, talleres, exposiciones, manuales didácticos, folletos, modelos demostrativos, etc.

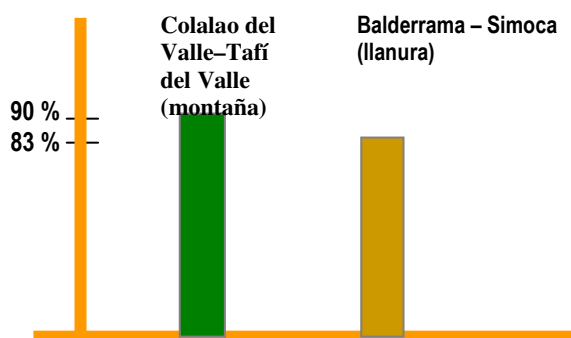


## 2. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

### 2.1. SISTEMAS TECNOLÓGICOS NO CONVENCIONALES PARA COCCIÓN Y HORNEADO DE ALIMENTOS

Esta parte del trabajo tiene como propósito presentar el desarrollo y transferencia de sistemas alternativos, apropiados y apropiables para cocción y horneado de alimentos, con el objeto de mejorar la calidad de vida de los sectores de escasos recursos y reducir los efectos negativos sobre el ambiente.

**SISTEMAS Y ESPACIOS POPULARES PARA LA COCCIÓN Y HORNEADO DE ALIMENTOS:** La preparación de alimentos depende de la instalación o dispositivos que se usan para disponer los recipientes donde se preparan los alimentos y de la cantidad de comidas que se preparen por día, entre otros. Lo típico es emplear para la cocción el tradicional “braseo”, elemento metálico construido con chapa de acero que sirve para contener la zona de combustión, soportar la olla u otro recipiente y recolectar las cenizas. Pero, el rendimiento en estos dispositivos es muy bajo; existe un muy bajo aprovechamiento de la leña como combustible, con gran disipación del calor al ambiente, aprovechándose muy poco del calor generado, con gran emisión de partículas y gases a la atmósfera. En muchos casos, tampoco se dispone de ellos y está reducido a una mínima expresión, procediéndose al quemando de leña directamente sobre el suelo, a la intemperie y sosteniendo las ollas u otros recipientes con piedras o ladrillos, usando travesaños metálicos o no. Algunos, también, disponen para hornear el tradicional “horno de barro” semiesférico. Todo ello se ha constatado en algunas escuelas rurales, organizaciones vecinales, etc. donde apenas han logrado establecer el funcionamiento de un precario comedor. Generalmente, el recinto destinado al espacio cocina es muy reducido y con insuficiente ventilación. En algunos casos, también, se observa el uso de artefactos a gas envasado pero van siendo dejados de lado ya que no pueden adquirir este combustible en cantidad suficiente para atender a sus necesidades. Según relevamientos propios, el 75 % de las familias de escasos recursos en la Provincia de Tucumán usa leña para cocinar, higienizarse y calefaccionar.



Viviendas con cocinas a leña y carbón.  
Fuente: Garzón, B.; 2004



Sistemas y Espacios para Cocción y

Efectos de la Deforestación:  
-Eliminación del Bosque  
-Río desbordado.



En otro sentido, por año se generan cientos de accidentes domésticos por quemaduras, especialmente de niños, por el vuelco de recipientes inestablemente soportados sobre leños en combustión y el riesgo de incendios tiene elevada factibilidad. A esto se suman la inevitable inhalación y efecto del monóxido de carbono, humos y otros gases provenientes de la combustión y, según el tipo de combustible usado -algunas maderas producen mareos, náuseas, irritación en las mucosas respiratorias, de los ojos, etc.-. La combustión de residuos plásticos, cauchos y otros rezagos combustibles que se usan en la emergencia, generan gases altamente tóxicos, deteriorando también el ambiente, siendo generalizado el desconocimiento sobre los peligros derivados de su uso como combustibles. También, se ha comprobado que la exposición a altas temperaturas produce daños en los órganos internos, particularmente, en los sistemas cardiovascular y digestivo, causando efectos acumulativos que afectan las condiciones de vida, capacidad laboral, productividad, etc. Por otra parte, debido a las graves consecuencias del calentamiento global y los cambios climáticos que se producen, es necesario realizar los esfuerzos posibles para disminuir el impacto que producen miles de hogares consumiendo leña en forma ineficiente. Si se considerara, la situación en Tucumán, se observaría que sobre una población de 1.350.000 personas, según estadísticas, 355.050 usarían leña para cocinar cotidianamente.

## UNIDADES PROPUESTAS

A partir de esto, se han diseñado y transferido, participativamente, unidades para cocción y horneado de alimentos (Garzón, B.; Fernández Abregú, L.; 2005): 1) “Unidad Integrada de Cocina-Horno Eficiente -UICHE-” y 2) a la Cocina Eficiente -CE-.



UICHE



CE

Las ventajas de estos sistemas son:

- Poseen varios usos simultáneos: cocer, hornear o calentar alimentos, calefaccionar el lugar donde se halla y calentar agua.
- Reducen los tiempos de cocción y horneado.
- Reducen los riesgos sobre la salud de las personas que los usan, evitando que reciban calor directo del fuego, ni respiren gases venenosos, ni humo pues son eliminados hacia el exterior por una chimenea.
- Reducen el consumo de leña pues aprovecha toda su capacidad de “entrega” de calor y permite que éste sea “guardado” en su interior y en sus “paredes” para ser “recuperado” aunque no quede leña.
- Reducen los efectos negativos sobre el ambiente, por su bajo consumo de leña por combustión “completa”, sin emisión de gases tóxicos.
- Son de bajo costo pues se pueden realizar con material disponible.
- Son de construcción sencilla y permiten revalorizar y recuperar una tradición constructiva a nivel local: la construcción con tierra.
- Pueden ubicarse en el exterior y, también en el interior, instalando la chimenea correspondiente con salida al exterior.

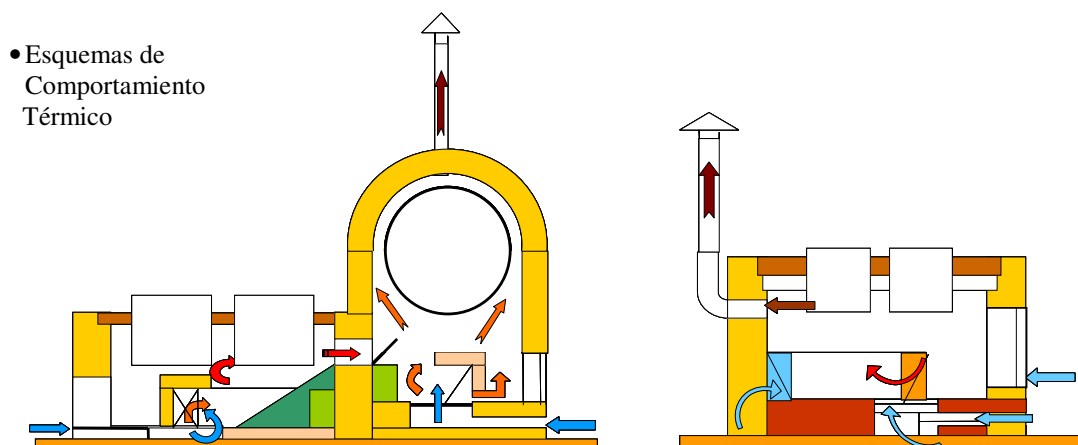
## PROCESO TÉRMICO-ENERGÉTICO EN EL INTERIOR DE LAS UNIDADES

- **Unidad cocina horno eficiente – UICHE:** Cuando se realiza el proceso de cocción, los gases de combustión primero calientan las ollas y luego son derivados hacia el recipiente para el horneado, constituido por un tambor metálico de 200 litros, que es también calentado, pudiendo realizarse de esta manera los dos procesos simultáneamente. Esto permite un gran ahorro de combustible y de tiempos en los procesos mencionados. Eventualmente, se puede acelerar el proceso de horneado con una pequeña cantidad de leña debajo del tambor de horneado, en el hogar del horno. La Unidad tiene un Sector de Cocción, donde se colocan las ollas y otro de Horneado, con sus cámaras de combustión correspondientes, pero de diseño similar. Analizando la zona donde colocamos las ollas, tenemos la puerta donde cargamos leña, ubicada lateralmente para evitar radiación térmica. El Aire Primario ingresa por un conducto instalado debajo de esta puerta y sale por debajo de la parrilla del hogar, donde se realiza la combustión o sea el fuego. El aire se precalienta al pasar por este conducto, evitando su ingreso a temperatura ambiente. Para realizar una combustión completa, sin humos ni gases venenosos, es necesario más aire. Por eso usamos otra corriente de aire adicional, llamada de Aire Secundario, que ingresa por un conducto especial, ubicado convenientemente. Esta corriente de aire se bifurca y ambas circulan por dos canales o conductos de Aire Secundario, que rodean al hogar, de modo que éste resulta precalentado a mayor temperatura. Finalmente, desembocan a ambos lados de la parrilla, produciéndose de este modo una combustión completa. La puerta para cargar leña permanece cerrada para evitar ingreso de aire frío. No es conveniente que ingrese aire frío adicional porque absorberá calor que luego será perdido por la chimenea, restando entonces capacidad a la Unidad. Cuando empieza el fuego, puede salir humo por la chimenea, hasta que se alcancen las temperaturas de régimen. En funcionamiento normal salen gases transparentes, difíciles de percibir a simple vista. El calor es radiado en todas direcciones, hasta impactar con los recipientes y paredes, techo y piso del hogar. La intensidad absorbida es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y en nuestro caso las distancias son reducidas, especialmente entre el fondo y paredes de las ollas, las que absorben rápidamente el calor. Las paredes también absorben calor lentamente y lo reflejan casi totalmente, aumentando la temperatura de la cámara de combustión y el rendimiento del sistema. Parte del calor es absorbido por el aire que está ingresando al recinto, como aire primario o secundario, lo cual aumenta más la temperatura de combustión, alcanzando así un muy buen rendimiento en el sistema. Luego la combustión se completa en el interior, con el intercambio de gases generados en la leña y el oxígeno del aire, a medida que estos gases circulan a través de las ollas. Los gases calientes son guiados por una rampa hasta los conductos de paso al otro sector, el de Horneado, por las ventanas de intercomunicación ubicadas en la pared central que separa ambos sectores -cocción y horneado-. Adosadas a estas ventanas se ha instalado una chapa, llamada deflector que guía los gases alrededor del tambor de horneado para finalmente salir al exterior por la chimenea. Como los gases calientes rodean al tambor de horneado, se puede hornear o simplemente precalentar alimentos. En caso de ser necesario más calor hacemos funcionar el hogar instalado abajo del Sector de Horneado. El diseño y el funcionamiento de este Sector es similar al de cocción. Existe, además, un conducto de Aire Primario, ubicado debajo de la puerta para cargar leña que sale por debajo de la parrilla, y un conducto para el ingreso del Aire Secundario. La corriente de aire se bifurca, es decir circula por dos conductos que rodean al hogar, puesto que están ubicados junto a las paredes que sostienen el tambor de horneado, lográndose así un eficiente precalentamiento del mismo. En este caso, también, se logra una completa combustión de los gases destilados de la leña debido a la adecuada mezcla de estos gases con las corrientes de Aire Primario y Aire Secundario.

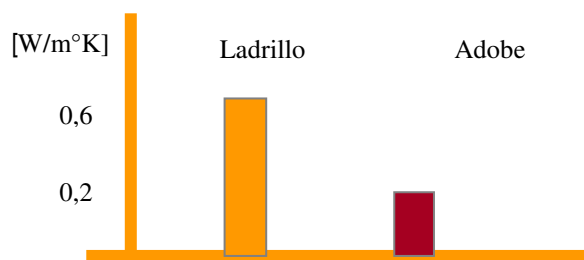
Luego los gases calientes rodean al tambor de horneado y finalmente salen por la chimenea. Como los gases rodean todo el tambor, a lo largo del mismo, obtenemos un calentamiento uniforme del interior y los alimentos se cocinan en forma homogénea. Es necesario colocar el deflector en posición vertical para que cierren las ventanas de intercomunicación cuando la Unidad funciona en forma exclusiva para horneado. Se evita así que el humo generado salga por los agujeros destinados a colocar las ollas. En el sector horneado, cuando los gases llegan al mismo, éstos rodean el tambor metálico para el horneado de los alimentos permitiendo la transferencia de calor al mismo. En el sector cocina, el “techo” del hogar lo constituye la “tapa” de la cocina. La misma está construida con una chapa de hierro reforzada convenientemente y, sobre la cual, se coloca una capa de barro con 5 cm. de alto. Para completar, colocamos una capa de asiento de cal y arena y, finalmente, baldosas que evitan fugas de calor por la parte superior del hogar. En base a lo comentado antes, sobre la gran capacidad de aislamiento del barro, podemos deducir que el revestimiento de barro sobre la tapa equivale, prácticamente, a una mampostería de 15 cm de ladrillos. Además, contribuyen al aislamiento térmico las capas mencionadas del revestimiento superior de la tapa (baldosas, tejas, etc.).

- **Cocina Eficiente - CE** -: Variados autores sostienen que con fuego abierto, o bien usando algunas piedras para sostener los recipientes, solamente un 10% del calor producido se aprovecha, lo cual implica un consumo de combustible 10 veces superior al necesario. El funcionamiento de la cocina eficiente es similar a la UICHE. El aire primario ingresa por debajo de la puerta de carga de leña y continúa por un conducto bajo piso, desembocando bajo la parrilla. El flujo de aire secundario ingresa por el conducto correspondiente y después se bifurca, existiendo dos conductos adosados a las paredes, rodeando el hogar. el aire se precalienta absorbiendo calor de la cámara de combustión, antes de tomar contacto con los gases en combustión.. Luego, se produce la transferencia de calor a los recipientes y, finalmente, los gases salen al exterior por un conducto lateral en dirección a la chimenea que está ubicada en dirección opuesta a la entrada de combustible. El conducto que desemboca en la chimenea no interactúa con el interior de la habitación, es totalmente cerrado, imposibilitando afectar a las personas y que se contaminen los alimentos. Cuando la cocina eficiente está en el interior de una vivienda –siendo recomendable en regiones con climas o períodos fríos- es necesario prever una entrada de aire exterior, para renovar continuamente el aire consumido por la combustión durante su funcionamiento.

Cabe acotar que el consumo de leña en las UICHES y CEs se halla entre el 30% al 50%, en relación a los sistemas tradicionales de cocción y horneado.



**Materiales de la envolvente de las unidades:** Las temperaturas que podría alcanzar la zona del hogar en condiciones ideales, serían elevadas, suponiendo usar leña absolutamente seca. Pero, estas elevadas temperaturas afectarían la resistencia mecánica de un bastidor o contenedor de acero. En este caso, sería recomendable usar material especial de tipo refractario. Pero, estas temperaturas no se alcanzarán en condiciones reales y, además, los ladrillos refractarios tienen un costo inaccesible por lo que no se justifica su uso. Para nuestras Unidades las temperaturas constantes esperadas estarían alrededor de los 500 °C en la zona de mayor temperatura por lo cual resulta aceptable usar mampostería de adobes asentados con barro; pero, en centros urbanos, conseguirlos o fabricarlos no resulta fácil por la escasa disponibilidad de la tierra. El material para fabricar adobes, debe ser preparado preferentemente con tierra colorada y mezclado con estiércol de caballo y aserrín. La mezcla debe reposar varios días y estar constantemente húmeda para alcanzar un elevado poder “ligante”, antes de su moldeado y secado. En el gráfico siguiente se observan valores relativos de la Conductividad Térmica de adobes y ladrillos comunes, comparando iguales espesores y otros parámetros. La conductividad térmica del adobe es un 37.5 % de la del ladrillo. Esto significa que una pared de adobes tiene una capacidad de aislamiento al paso del calor, muy superior a la capacidad o poder de aislamiento de una pared construida con ladrillos comunes. Para las paredes envolventes de las Unidades UICHE construidas en centros urbanos, en general, se ha empleado mampostería de ladrillos comunes asentada en barro y en las áreas rurales, adobes. Las condiciones de resistencia de estos materiales a las temperaturas de servicio y su baja conductividad térmica, brindan un comportamiento adecuado para la construcción de las Unidades. La mampostería tradicional de arena y cal no soportaría la acción térmica en la zona del hogar. Para mejorar el aislamiento térmico de las paredes, se aplica en el exterior una capa de revoque grueso de barro y, finalmente, una capa de revoque a la cal, para proporcionar protección contra la lluvia y los agentes atmosféricos. La unidad está asentada en una base de hormigón de cascotes de ladrillos o de hormigón ciclópeo, rodeada por una pequeña plataforma circundante para permitir la circulación y el trabajo higiénico. De este modo, colabora con su gran masa para impedir las pérdidas de calor hacia el suelo. En base a todo esto, es baja la radiación térmica sobre las personas que operan los Sistemas: UICHES y CEs.



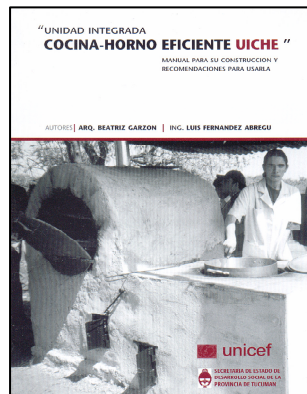
Conductividad Térmica. Fuente: Garzón, B.; 2004.



## TRANSFERENCIA, CAPACITACION Y ADOPCIÓN DE LAS UNIDADES

Los objetivos que se plantearon a tal efecto fueron:

1. Determinar, participativamente, las condiciones en que desarrollan sus actividades, las los espacios y las relaciones espaciales que se establecen, los modos de uso de los espacios y sistemas complementarios, para resolver problemas de alimentación.
2. Propiciar el reconocimiento y la adopción de tecnologías no convencionales,
3. Rescatar los propios conocimientos y prácticas cotidianas de los habitantes
4. Mejorar la alimentación y las condiciones en que se preparan los alimentos.
5. Proteger el Medio Ambiente a través de un uso racional de los recursos, propiciando el uso de la leña como combustible, evitando el uso de combustibles no renovables y promover campañas de reforestación.
6. Incentivar el trabajo cooperativo a escala familiar y comunitaria.
7. Posibilitar fuentes de empleo o de ingreso adicional, usando tecnologías alternativas como herramientas que permitan iniciar micro-emprendimientos
8. Replicar las experiencias en otras realidades.



Las experiencias se desarrollan en la periferia urbana de San Miguel de Tucumán y en zonas rurales de la Provincia de Tucumán. Además, se realizan tareas de capacitación y transferencia de la UICHE -por solicitud- desde la Secretaría de Estado de Políticas Sociales de la Provincia de Tucumán con fondos de UNICEF a través del el componente “Adopción de Cocinas y Hornos Eficientes” del Proyecto “Fortalecimiento Familiar desde Comedores Comunitarios” (desde 2004). También, se desarrollaron dichas tareas en: a) el Centro de Desarrollo de Energía Solar -CEDESOL- en Capiatá, Paraguay (2004) y en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción para la Carrera de Ingeniería en Ecología Humana; y b) el Centro de Tecnología Apropiada de la Universidad Nacional de la Patagonia, el Instituto de la Vivienda y la Comuna de Cushamen en la Provincia del Chubut (2004). Los medios para llevar adelante las mismas son: diseño participativo; manuales de construcción, uso y mantenimiento; asistencia técnica para la construcción y producción; etc.

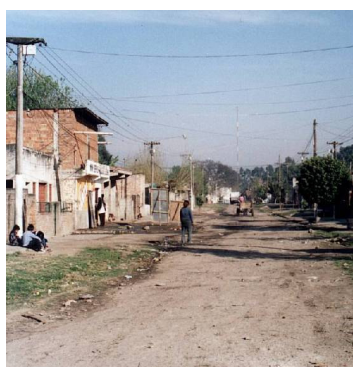
### 3. LA DISPOSICIÓN ARQUITECTÓNICA

#### 3.1. LA VIVIENDA URBANA DE INTERÉS SOCIAL ESPONTÁNEA

El trabajo se desarrolla según los siguientes objetivos: a) Formular pautas orientadoras tendientes al mejoramiento de la producción habitacional popular urbana; b) Desarrollar propuestas que evidencien tanto su adaptación al sitio y el control de los elementos del ambiente -adecuación a las condiciones naturales (orientaciones, radiación solar, temperatura, humedad, vegetación, suelo, etc.) y culturales- como a los requerimientos de confort (higrotérmico, lumínico, etc.) bienestar y salubridad (físicos y síquicos) de sus habitantes, a los procesos de gestión y productivos inherentes y al acogimiento a una serie ordenada de actos que permitan el normal desarrollo de la vida familiar; c) Promover la participación y capacitación de grupos beneficiarios, durante las distintas etapas, procurando que puedan identificar sus problemas, diseñar e implementar soluciones a los mismos, d) Disminuir el impacto sobre el ambiente para mejorar las precarias condiciones de Hábitat que afectan a los sectores populares.

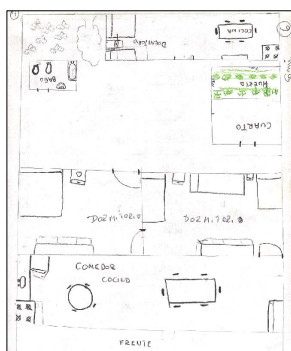
#### ZONA GEOGRÁFICA CONSIDERADA

Corresponde al barrio Tiro Federal se halla en la zona este de San Miguel de Tucumán, en la Llanura Tucumana Nordeste. Tiene una población de 300 familias -con un promedio de 6 miembros-, distribuidas en 8 manzanas y su antigüedad es de 34 años.



#### EXPERIENCIAS DESARROLLADAS

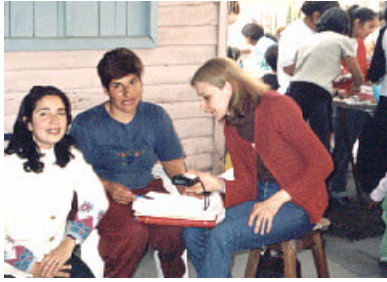
Para la elaboración de las alternativas de diseño se implementan técnicas que permiten el diseño participativo (Garzón, B.; Míguez, G. 2005). Las propuestas integran los aspectos bioclimáticos, energéticos, tecnológicos, sanitarios, económicos, sociales, educativos y son confrontadas en cada etapa con los interesados, generando una retroalimentación y evaluación constantes, proceso que permite seleccionar la propuesta “superadora” para cada situación particular.



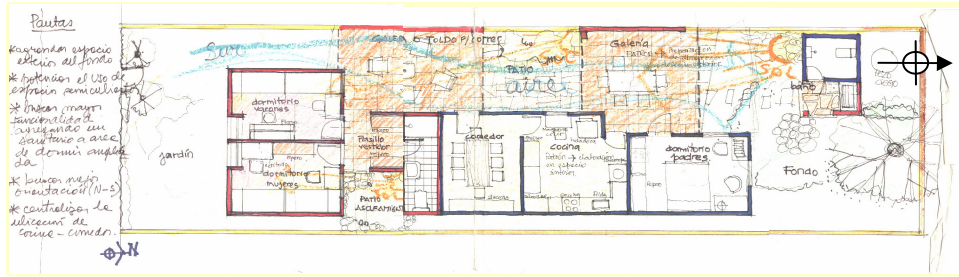
Autodiagnóstico

Propuesta Participativa de Diseño





### Diseño y Evaluación Participativos



Durante su materialización, se realiza el acompañamiento técnico para brindar apoyo en la mejor solución y ajuste de cada instancia del proceso constructivo con los técnicos del Proyecto y Especialistas invitados. Los propietarios de las mismas disponen de los materiales, ya sea mediante su compra, o la reutilización de aquellos desechados. La mano de obra, surgió del aprovechamiento de las horas de trabajo de los “Planes Jefes y Jefas de Hogar” (planes asistenciales otorgados por el Estado Nacional, consistentes en una asignación monetaria mensual, a cambio de una contraprestación laboral de 3 hs. diarias) gestionados en conjunto. Por medio de la metodología de trabajo adoptada, se obtiene un beneficio doble, por un lado los propietarios de las viviendas consiguieron realizar mejoramientos en ellas, por otro, los albañiles, ayudantes y electricistas beneficiarios de los planes asistenciales gubernamentales recibieron capacitación técnica mediante “talleres a nivel grupal e individual para la resolución conjunta de las soluciones arquitectónicas y constructivas necesarias y para la planificación, gestión y ejecución de las obras”. Cabe destacar, que la experiencia de trabajo con los vecinos del barrio -“Proyecto Verde”- dentro del cual se llevan adelante estas tareas ha merecido el 1er. Premio 2001 del Centro Nacional de Organizaciones Comunitarias -CENOC-.



Capacitación



Materialización de las Propuestas



## EXPERIENCIAS DESARROLLADAS

En talleres participativos se elaboraron con los pobladores beneficiarios las necesidades mínimas requeridas del prototipo que incluyen: dormitorios, baño, cocina-estar-comedor, galería de invierno y verano e invernáculo adosado. El partido arquitectónico se sintetiza en una planta con orientación Norte para lograr la mayor captación y colección posible de radiación solar, doble acceso y galerías (verano-invierno) e incorporando el invernáculo al desarrollo funcional de la vivienda. La experiencia es sostenida por una fuerte intervención de los usuarios para desarrollar un modelo de vivienda rural que responda a sus reales necesidades y/o condicionantes ambientales, tecnológicas, funcionales, de superficie, etc. para alcanzar un proceso sostenido de arraigo y de revalorización de su medio natural y cultural. Esta propuesta ha dinamizado el compromiso y la capacidad de la comunidad para asumir colectivamente y de manera autónoma, consciente, reflexiva y crítica el curso de su propio destino. Así, se construyen 9 viviendas por autoconstrucción y asociación de los mismos beneficiarios con acompañamiento del equipo técnico responsable del programa.

- Organización, Planificación Estratégica y Capacitación



- Adecuación al sitio de las Propuestas y Materialización de las mismas



## CONSIDERACIONES GENERALES

Con el desarrollo de estas experiencias, se pretendió ofrecer una propuesta metodológica y un conjunto de herramientas y técnicas de fácil aplicación y apropiación para el mejoramiento del hábitat popular -urbano y rural- de Tucumán, Argentina-, que puedan ser replicables en otras realidades. Sirvieron, además, para que los pobladores pudieran discernir sobre sus expectativas y capacidades y acceder en forma autogestionaria a un mejoramiento de su hábitat. Todo ello, a través del aprovechamiento de sus ambientes natural y cultural y para “reconquistar” la dignidad de las personas mediante su propio esfuerzo y alcanzar una mejor calidad de vida.



## BIBLIOGRAFÍA

- Garzón, B. “Enfoque Conceptuales y Metodológicos Básicos para el Mejoramiento del Hábitat Popular”. FAU-SeCyT, UNT -CONICET. Tucumán, Argentina. 1995.
- Garzón, B.; Auad, A.; Brañes, N.; Abella, M. L. Talleres de Investigación-Acción Participativa como un Camino hacia la Autogestión del Hábitat Popular. IV Encuentro Nacional I Latinoamericano La Universidad como Objeto de Investigación. Facultad de Filosofía de Letras UNT ISBN 987-9390-59-8. Tucumán, Argentina. 2004.
- Garzón, B. Propiedades Termo-Energéticas de Cerramientos Verticales Alternativos en Tierra para el Hábitat Popular de Tucumán, Argentina. COTEDI. México 2005.
- Garzón, B., Fernández Abregú, L. Unidad Integrad Cocina-Horno Eficiente: Manual para su construcción y Recomendaciones para usarla. Formulario 74402 ISBN 987-43-9069-7. Tucumán, Argentina. 2005.
- Garzón, B.; Míguez, G. Bioenvironmental Technological Processes for Urban Popular Habitat IAC-NOCMAT. Brasil 2005.
- Mele, E.; De Benito, L.; Garzón, B; Piva, R. Adecuación bioclimática y producción estatal de viviendas de interés social. Programa de Mejoramiento del Hábitat y las Condiciones Productivas para Pobladores Rurales Dispersos y de Pequeñas Comunidades de la Provincia del Chubut. Chubut, Argentina. 2004.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito constituirse en un aporte a los campos disciplinares involucrados (Arquitectura, Ingeniería, Salud, Educación, etc.) y al diseño y producción en relación a los sectores populares, urbanos y rurales.

Se ha empleado la “Investigación Acción Participativa” -IAP-, no sólo para el diagnóstico y definición de los problemas de hábitat sino también para el planteo de las soluciones con el propósito de la satisfacción integral de necesidades o problemas concretos ambientales - climáticos, energéticos, etc.-, sanitarios, tecnológicos, económicos, sociales, culturales, etc. El mismo se ha estructurado en 3 ejes:

1. Envolvente arquitectónica: - cerramientos verticales alternativos en tierra
2. Instalaciones complementarias: - sistemas tecnológicos no convencionales para cocción y horneado de alimentos
3. Disposición arquitectónica: -la vivienda de interés social, a) espontánea, b) estatal, que posibilitan mostrar los análisis de las problemáticas en cuestión, las soluciones planteadas y las experiencias y resultados desarrollados a tal efecto.

## PALABRAS CLAVES

Adecuación bioambiental; Viviendas espontáneas y oficiales de interés social; Análisis y propuestas.

## ABSTRACT

The present study hopes to be a contribution to the disciplines involved (Architecture, Engineering, Health, Education, etc.) as well as to the design and production in the popular sectors, both urban and rural.

The "Participative Research–Action" -PRA- has been used, not only for the diagnosis and definition of the habitat problems, but alsotop ropose integral solutions, in order to satisfy

---

environmental needs or problems (climatic, power, etc.), as well as the technological, economic, social, cultural, etc. involved in it.

This has been structured in 3 axes:

1. External architectural elements: alternative earth-vertical closings.
2. Complementary installations: non-conventional technological systems for cooking and baking food.
3. Architectural disposition: low income housing a) built spontaneously, or b) built by the state, that makes possible to show the analyses of the problematic, the solutions offered and the experiences developed and the final results.

## **KEY WORDS**

Bio-environmental adjustment; Low income homes: spontaneously constructed and built by the state; Analysis and proposals.



## DE LO SOLAR A LO BIOCLIMÁTICO. UN TRAYECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA

Elías Rosenfeld <sup>(1)</sup>, Gustavo San Juan <sup>(1)</sup>, Carlos Díscoli <sup>(1)</sup>

Grupo de Investigación del Instituto de Estudios del Hábitat (IDEHAB), de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP).  
Argentina. Calle 47 N° 162. La Plata. CP 1900. La Plata

### RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto exponer una serie de 10 trabajos que ejemplifican de alguna manera el desarrollo de una trayectoria de 25 años en la temática del diseño arquitectónico a partir de la experiencia desde la investigación científica, mediado por una conciencia ambiental. Sus inicios se remontan a la arquitectura solar y actualmente asentándose en la Bioclimática, hacia el concepto de sustentabilidad. Se muestran sucintamente obras y proyectos en las temáticas, vivienda de interés social, salud, educación, cultura y recreación. Los trabajos se refieren a obras del grupo de investigación, asesorías y transferencias al medio.

### PALABRAS CLAVE

Arquitectura solar, arquitectura bioclimática, diseño, tecnología.

### 1. INTRODUCCIÓN

Haciendo un poco de historia, a partir de la crisis del petróleo, esto es el aumento sustancial de los precios con importantes picos en los años 1973-74 y 1979, se produce un cambio cualitativo en cuanto al uso indiscriminado de los recursos energéticos convencionales. El estilo de desarrollo petrolero comienza a ser cuestionado y se incrementan en forma simultánea la búsqueda de un uso más eficiente de la energía conjuntamente con un desarrollo y aprovechamiento de las denominadas *energías alternativas*, o términos similares referidos a la energía solar, eólicas y otras *fuentes no convencionales*. En julio de 1973 la UNESCO convocó a un congreso internacional bajo el lema “alborada de la era solar”, presentándose allí *el estado del arte* de las investigaciones e iniciativas en desarrollo. En EEUU entre los años 1930-70 se habían realizado unos 25 edificios solares, y en respuesta al nuevo escenario, para 1975 se construyeron 140 y hacia 1976 aumentó la cifra a 280. En este nuevo contexto energético, se comienza a difundir a nivel internacional y local la **arquitectura solar**.

El término **arquitectura bioclimática** se difundió con amplitud con el libro de Izard y Guyot, aparecido en francés en 1979 y en castellano en 1980. Se originó a partir de textos de Izard y un colectivo de autores cercano al grupo ABC (Ambientes bioclimáticos), equipo de investigación interdisciplinario establecido en la Escuela de Arquitectura de Marsella desde 1976, con apoyo del CNRS y el PIRDES, Plan I+D Francés en Energía Solar. Pero ya en la década del 30 algunos de los más destacados arquitectos modernos como Walter Gropius y Le Corbusier incorporaron en su producción estudios de asoleamiento con una clara conciencia hacia un ambiente más sano. Al mismo tiempo

---

<sup>1</sup> Investigador CONICET

aparecieron en diversos países la utilización de diagramas solares y herramientas específicas como las Tablas de Insolación, los diagramas heliotransportadores y el heliodón. En la Argentina, en la década del '40 ya son notorios los trabajos de E. De Lorenzi, W. Acosta, J. Servetti Reeves, J. Borgato y E. Tedeschi. (Liernur y Aliata, 2004a). Aparecen los primeros manuales sobre la relación con el clima y la arquitectura como el de J. E. Aronin (Liernur y Aliata, 2004b). En 1932 J.F. Keck en EEUU, construyó sus primeras casas solares, y en ese mismo año en Buenos Aires Wladimiro Acosta comenzó sus proyectos y artículos pioneros. En la década posterior, F. Beretervide, E. Sacriste, A. Williams y E. Tedeschi producen obras o proyectos notables que pueden inscribirse en una orientación "protobioclimática". Si bien fueron realizados con rigurosidad y gran intuición, no recurrieron a las técnicas vigentes de predicción del comportamiento helioenergético. Pero en 1974, existiendo grupos de investigación en energía solar en San Miguel, Capital Federal, Salta, Rosario, San Luis, Tucumán, San Juan y Mendoza, se crea ASADES, la Asociación Argentina de Energía Solar (2). En sus reuniones anuales y publicaciones se discutieron a través de los años las investigaciones realizadas. En los tiempos siguientes empezaron a funcionar grupos dedicados a la arquitectura solar pasiva en Rosario, Mendoza, Salta y La Plata.

Nuestro grupo de investigación de La Plata se formó en 1976, constituyendo el Instituto de Arquitectura Solar, IAS/FABA (con el auspicio de la Federación de Arquitectos de la Provincia de Buenos Aires), y desde 1986, U.I.2, IDEHAB, FAU, UNLP (Unidad de Investigación N° 2 del Instituto de Estudios del Hábitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata). El grupo se dedicó inicialmente a los estudios climáticos y helio-energéticos para luego abordar temas urbanos y regionales. Se pueden mencionar los estudios de ahorro de energía para el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y la microregión de Río Turbio, Prov. de Sta. Cruz y el de Mejoramiento de la habitabilidad en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Desde su inicio realizaron docencia de posgrado y desde 1986 de grado.

En el último lustro a nivel internacional y latinoamericano se está difundiendo una concepción más amplia del bioclimático bajo la denominación **arquitectura ambientalmente consciente** y alternativamente **diseño sustentable**. Se trata ya no sólo de sistemas pasivos, ahorro y URE, sino también del diseño ambiental y paisajístico con sus implicancias ecológicas; del uso de materiales locales, renovables, de apropiado ciclo de vida y el cuidado con los nocivos o energo-intensivos; del uso racional y reciclado de las aguas (potable, servida, pluvial) y otros fluidos; del logro de ciertos niveles de autonomía energética, cuando ello es conveniente. Todo integrado en un conjunto arquitectónico coherente.

Realizando un balance, puede afirmarse que la difusión de la arquitectura bioclimática y sustentable es escasa en nuestro país, más allá de los falsos rótulos. Como han sido escasas a lo largo del tiempo las políticas de estímulo a la investigación, innovación, difusión y transferencia. En verdad hubo dos períodos de excepción en este sentido. Durante los '70 las Secretarías de Vivienda (SVOA) y Ciencia y Técnica (SECYT) financiaron proyectos. Otro tanto ocurrió en el período 1981-88, pero además se creó la Dirección Nacional de Conservación y Nuevas Fuentes de Energía en el ámbito de la Secretaría de Energía que enmarcó diversos programas en el Decreto N° 2.247/85. Durante la década del '90 dichas acciones fueron desarticuladas, implementándose solamente emprendimientos asociados al

---

<sup>2</sup> En la actualidad, la Asociación Argentina de Energía Solar y Ambiente. ASADES.

mercado disperso en convenio con países europeos, y aplicado en áreas ajenas al mercado energético interconectado privatizado. De hecho la energía dejó de ser conceptualmente *un bien* asociado a un servicio básico y pasó a ser un medio de cambio, donde el negocio de las privatizadas fue vender más en el marco de un gobierno con escasas capacidades reales de regular el mercado. Esto llevó a establecer una conciencia falsa en cuanto a las consecuencias reales del consumo indiscriminado, con la consecuente sobre explotación de los recursos vigentes. Actualmente, y de alguna manera acosados por los efectos del cambio climático consecuente de las emisiones antropogénicas y la reducción significativa de reservas en particular de gas, la Argentina asumió compromisos en el marco del protocolo de Kioto, retomando así las acciones dejadas de lado en la década del '80, comenzando a delinear políticas orientadas por un lado a minimizar los consumos de recursos convencionales y por el otro a establecer vías de sustitución de fuentes.

Es en cambio estimulante observar que a pesar de los meandros institucionales, existió un interés sostenido en los grupos de investigación mencionados, preservando un nivel de capacidades significativo, el que permitió conformar estructuras académico-tecnológicas crecientes en las universidades e institutos de investigación, aportar equipamiento y transferir conocimientos. Hoy día no se discute que el futuro depende en buena medida de ello.

## 2. DESARROLLO

A continuación se describen sucintamente 10 obras y proyectos que ejemplifican la trayectoria del grupo de investigación, desde las primeras experiencias solares a las bioclimáticas, describiendo sus pautas de diseño:

### 2.1. Casa Solar en Santa Rosa, provincia de La Pampa. (1980-81)

El proyecto implicó un desafío, pues se requería un edificio de demostración de todas las posibilidades de la energía solar para el acondicionamiento edilicio, incluyéndose expresamente el aire acondicionado solar. El proyecto se localizó en la Zona Bioambiental IVc (Templada fría, Norma IRAM 11603), con 1.332GD18, 297GDe25, temperatura media anual de 15,5°C.

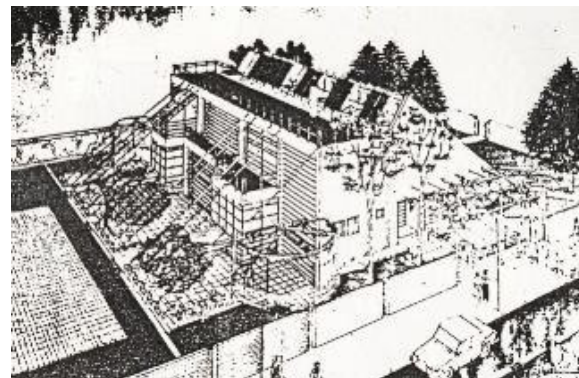


Figura 1. Perspectiva de la Casa Solar de La Pampa.

El planteo general trató de dar una respuesta integral: el cuerpo edilicio se abre hacia el Norte mediante aterrazamientos cubiertos con techos jardín e invernaderos. El eje circulatorio es Este-Oeste, con el fin de duplicar el área de colección Norte, manteniendo las proporciones edilicias compactas a efectos de minimizar las pérdidas. El conjunto se halla protegido en la orientación Sur por las áreas de servicio (quincho-garage), por los desniveles y el techo jardín. Los muros colectores acumuladores de calor en agua cuentan con una versión automatizada del modelo realizado en el Prototipo Solar de La Plata (Ver punto 2.2). La nueva versión cuenta con protecciones solares que se mueven según la trayectoria solar hasta cerrarse ante la falta de ella. El aire se distribuye por conductos que sirven a los colectores del sistema de aire acondicionado. Para la climatización de verano se consideró una fuente de

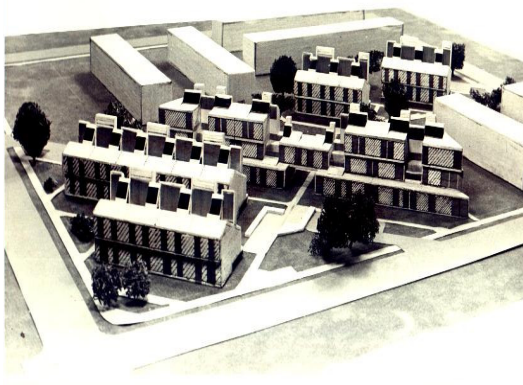
refrescamiento central adoptando un sistema de evaporación adiabática de agua. Se previó un sistema centralizado de acumulación de calor-frío en agua para 12 días. El esquema edilicio prevé lugar también para los colectores solares de agua caliente de uso doméstico. Figura 1.

## **2.2. Conjunto habitacional CESAD. (1983. La Plata, provincia. de Buenos Aires) Prototipo solar de La Plata. (1983. Unidad demostrativa de Investigación)**

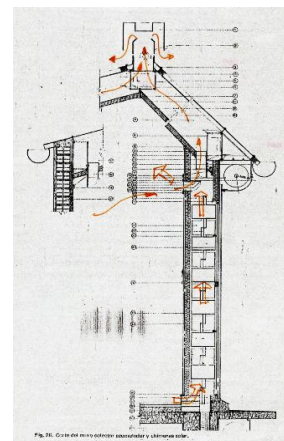
El conjunto habitacional CESAD compuesto por 30 viviendas solares, se localizó en la ciudad de La Plata, Zona Bioambiental IIIb (Norma IRAM 11603), 34.9° latitud sur, 57.9° latitud oeste y 1178GD18 y 139GD25 el cual contempló un clara orientación helioenergética, conservación de energía, calefacción solar, refrescamiento pasivo y calentamiento solar de agua. Se construyó como unidad demostrativa una vivienda Prototipo solar la cual fue premiada con Medalla de Plata y certificado del Distrito de Columbia, USA

en la Segunda Bienal Internacional de Arquitectura de la UIA, INTERARCH-83 en Bulgaria.

El prototipo contó con: i. Muro acumulador en agua conformado por celdas distribuidas en tresbolillos, conformando una unidad para calefacción en el período invernal y de refrescamiento pasivo en el período estival; ii. Ventilación cruzada selectiva; iii. Ventilación de todos los espacios habitables utilizando la cubierta como chimenea solar; iii. Invernadero adosado y secadero de ropa; iv. Aislación térmica en toda su envolvente; v. Sombreo de aberturas para el período estival; vi. Ganancia directa por aventanamientos; vii. Colectores planos para calentamiento de agua. El edificio funcionó como laboratorio durante 10 años, siendo monitoreados todos sus componentes y sistemas con excelente respuesta. Actualmente se encuentra desmantelado. Figuras 2 y 3.



*Figura 2: Conjunto CESAD*



*Figura 3: Prototipo Solar. Vista y Detalle corte Muro Colector*

## **2.3. Centro Comunal Río Turbio, provincia de Santa Cruz. (1988, Unidad demostrativa)**

Corresponde a un edificio bioclimático de demostración de uso de tecnologías adecuadas al clima y condiciones de la región, destinado a tareas comunitarias, emplazado en la Villa Minera carbonífera de Río Turbio, provincia de Santa Cruz a 51° 33' de Latitud Sur y a 72° 26' Longitud Oeste sobre la frontera con Chile en la zona Bioambiental VI (Muy Fría,

Norma IRAM 11603). Se trata de una región aislada la mayor parte del año, con 4.000GD<sub>18</sub>.

Se diseñó un edificio bioclimático con áreas diferenciadas en función de su uso-inercia térmica con un área total: 340m<sup>2</sup> (Oficinas: 49m<sup>2</sup>; Aulas: 99m<sup>2</sup>; SUM: 73m<sup>2</sup>; Servicios: 71m<sup>2</sup>; Hall y circulaciones: 47m<sup>2</sup>).

Las pautas bioclimáticas son las siguientes: i. Aislación térmica de la envolvente: pisos (5cm de poliestireno expandido, densidad 20kg/m<sup>3</sup>), muros (10 y 12cm) y techos (15cm); ii. Muros pesados, con alta inercia térmica en locales de ocupación intensiva (Coeficiente Volumétrico de pérdidas térmicas “G”= 0,5 a 0,6w/m<sup>3</sup>°C); iii. Muros livianos, de baja inercia térmica, en locales de ocupación eventual (“G”= 0.7 a 0.9w/m<sup>3</sup>°C); iv. Ganancia solar (GAD) a

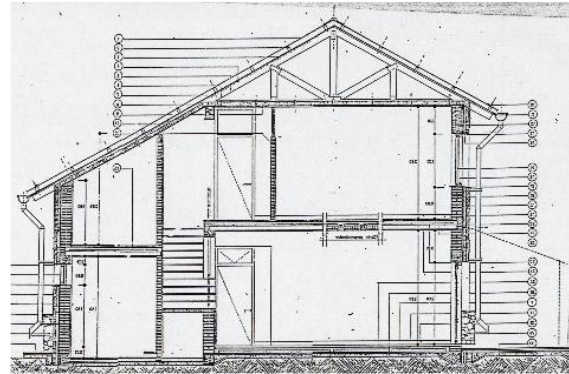


Figura 4. Detalle del corte del edificio.

partir de área vidriera con orientación norte, con una ganancia solar directa del 37% de la energía anual para calefacción en las áreas de mayor ocupación, e invernadero con una fracción de ahorro solar (FAS) del 20%; v. Iluminación natural uniforme en la totalidad de los espacios habitables en los que se calibró su profundidad; vi. Calefacción central termosifónica complementaria, integrando una caldera de agua caliente con radiadores y recuperadores de calor del aire de ventilación con una eficiencia mínima del 25%; vii. Espacio de acceso de doble puerta y área de servicios al sur como espacios “tapón”, amortiguando las pérdidas térmicas; viii. Disposición de espacio de servicios y pendiente de cubierta, de modo de disipar los vientos y generar un espacio de sombra de vientos sobre la plaza de acceso; ix. Disminución de los puentes térmicos; x. Tecnología constructiva tradicional: ventanas de madera, con doble vidrio con un alto porcentaje de paños fijos reduciendo las pérdidas térmicas por infiltraciones de aire; platea de hormigón armado, zócalo perimetral de piedra bola de un metro de alto; cubierta de chapa; xi. Inclusión de una fuente de calor auxiliar en el centro del hall de acceso. Figura 4.

La simulación (Trnsys) demostró un comportamiento térmico del edificio aceptable en relación a las rigurosas condiciones climáticas y la baja radiación solar incidente. Las estrategias adoptadas permiten un buen aprovechamiento de los distintos aportes energéticos, dándole un importante espacio a la ganancia solar por ventanas

#### 2.4. Hospital Materno Infantil de San Miguel de Tucumán. (1993)

Este proyecto corresponde a la solicitud de asesoramiento bioclimático al Concurso Nacional de Proyectos para el Hospital Materno-Infantil del hospital de San Miguel de Tucumán, por parte del estudio Sessa- Ripari, el cual fue galardonado con el 1° premio.

San. M. de Tucumán se encuentra localizado en la Zona Bioambiental Iib (Cálida, Norma IRAM 11603), a 28.8° latitud sur, 6502 longitud oeste, con 481 GD<sub>18</sub> y 370GD<sub>25</sub> de refrescamiento.

Para mejorar la habitabilidad de las distintas áreas de servicios del hospital, fundamentalmente las que no reciben tratamiento por sistemas electromecánicos, se planearon diferentes estrategias de diseño bioclimático, basadas en el refrescamiento de los

espacios exteriores e interiores y masa edilicia: i. Aprovechamiento de las brisas predominantes (N, S, SO) en verano; ii. Sombreo mediante un anillo de vegetación caduca de alto porte, flanqueado por cortinas verticales deflectoras caducas en verano; iii. Macizos deflectores perennes de distinta altura, dispuestas en forma de cuña como barreras de viento para el invierno; iii. Diferencia térmica (aproximadamente 3°C), producida por el pulmón vegetal que rodea la estructura edilicia; iv. Ventilación cruzada y nocturna, en los casos que lo permitan; v. Sistemas eólicos de succión de aire en áticos, sobre cubrerías; vi. Rejillas laterales de presión y succión, según la cara expuesta, incorporadas a la mampostería, de modo de barrar internamente el espacio entre cielorraso y losa; vii. Baja absorción de los elementos asoleados; viii. Aislación higrotérmica aplicada a la envolvente; ix. Muros aislados con cámara de aire ventilada; x. Interconexión de los sistemas de ventilación verticales y horizontales.

La diferencia de entalpía entre los estados medios (30°C, 50% HR y 19°C, 80% HR) es de 15.4 Kcal/kg – 11 Kcal/kg = 4.4 Kcal/kg de aire. Este potencial permite refrescamiento nocturno con ventilación cruzada. Se trató de evitar que las temperaturas del ático no superen en ningún caso las temperaturas máximas exteriores evitando sobrecalentamientos. Se consideraron 10 renovaciones de aire para el ático por extracción eólica (88%) y rejillas en los muros en un 12% del área calculada (Norma IRAM 11604). Las simulaciones fueron realizadas con el programa CODYBA (Insa de Lyon, Institut National des Sciences Appliquées). Se logró dar respuesta Bioclimática frente a tres condiciones complejas: Actuar a partir de un diseño predeterminado; los requerimientos climáticos severos; y la magnitud y complejidad de la estructura edilicia. Si bien se obtiene una baja reducción del consumo energético considerando sólo aislamiento térmico de la envolvente (10.6%), bajo distintos escenarios se obtienen ahorros en refrigeración del 64.4%, para el caso de climatización de áreas críticas como laboratorios y áreas de diagnóstico y un 83.6% cuando se consideran sólo áreas críticas. Figura 5.

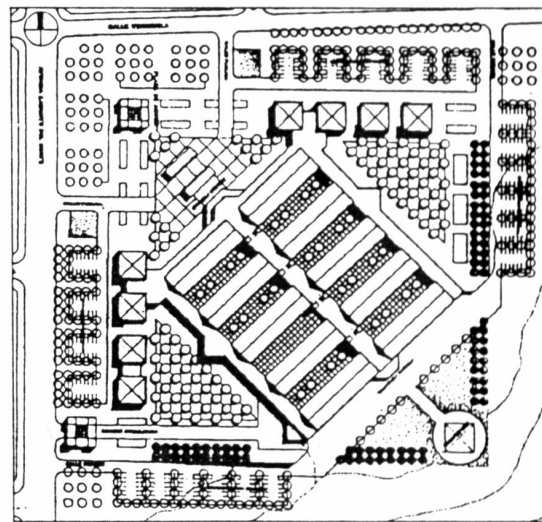


Figura 5. Planta de Conjunto.

## 2.5. Escuela Municipal N°1 “El Molino” de Trévelin, prov. de Chubut. (1996)

El proyecto nace a partir de la necesidad de contar con la adecuación edilicia de la Escuela provincial Municipal N°1 de “El Molino” en la localidad de Trévelin a 20km de la ciudad de Esquel, provincia de Chubut, en la Zona Bioambiental VI (Muy fría), con 3684°D18, con una radiación Global media de 11,7MJ/m<sup>2</sup>, una temperatura media invernal de 4°C y una humedad relativa anual de 60% (Junio 78%).

Las pautas de diseño implementadas se fundamentaron en los conceptos del diseño bioclimático considerando la localización y la modalidad de funcionamiento de la escuela. Estas fueron: i. Tecnología tradicional y materiales existentes en la zona; ii. Edificio compacto protegido de la rigurosidad climática en sus orientaciones Sur-Oeste y Sur-este, optimizando el factor de Exposición (Fe) y su compacidad (Co), minimizando pérdidas

térmicas y reduciendo su volumen a calefaccionar; iii. Adopción de espacios “tapón” (cocina, servicios, accesos); iv. Orientación Norte permitiendo un buen aprovechamiento de la ganancia solar directa (GAD); v. Aportes de calor solares por GAD, y muros colectores livianos; vi. Diseño del corte del edificio con el objeto de optimizar la iluminación natural; vii. Aislación térmica en la envolvente (piso, techo y muros), con diferentes diseños tecnológicos según el uso de los ambientes. Se incluyeron sectores constructivos semipesados (con significativa masa térmica) y sectores livianos (con poca masa térmica), en función de dar respuesta al tipo de uso y a la cantidad de horas (concepto de edificio de uso continuo, discontinuo y mixto). Los espesores de aislamiento utilizados en muros fueron de 10cm de poliestireno expandido 20Kg/m<sup>3</sup> de densidad, y en cubiertas de 12,5cm .viii. Adecuación de los espacios exteriores utilizando al edificio como estructura de protección; ix. Dobles vidrio en aberturas; x. Equipo adicional de calefacción por aire caliente de 12.500kcal/h. Figura 6.

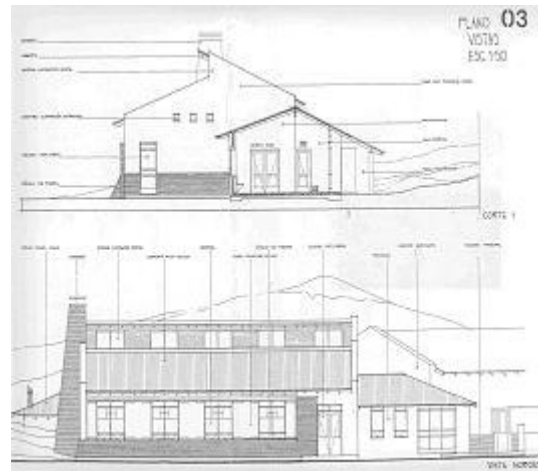


Figura 6: Corte y Vista Norte

La simulación frente a la implementación sin conciencia ambiental implicó un ahorro del consumo energético del 45%; una fracción de ahorro solar (FAS) del 10%; y una reducción de la potencia adicional del equipo de calefacción de un 45%. Las simulaciones higrotérmicas y calefacción fueron realizadas con el programa “CODYBA” (Insa de Lyon), Iluminación: “Rafis” (UPC, Barcelona) con un coeficiente de luz diurna medio de 4.6% (CLD). Se verificó el riesgo de condensación en los sectores críticos para diferentes escenarios de HR y Temperatura exterior. La iluminación artificial se resolvió en forma sectorizada en función del complemento natural y de las diferentes actividades a realizar.

## 2.6. Viviendas de Interés Social. (1997)

Los proyectos que se presentan resultaron 1ros. Premios del “Concurso Nacional de Diseño, Tecnología y Producción, convocado por la Dirección de Tecnología e Industrialización, Subsecretaría de Vivienda, Secretaría de Desarrollo Social de la Nación.

1997. Categorías: Zona Centro, Categoría A y Zona Patagonia, Categoría A.

Se trabajó sobre el desarrollo de viviendas de interés social, donde ambas propuestas ganadoras incorporaron premisas de diseño en cuanto a conservación de energía e incorporación de sistemas alternativos para calentamiento de agua y refrescamiento pasivo. Se trabajó con un sistema industrializado liviano de montaje en

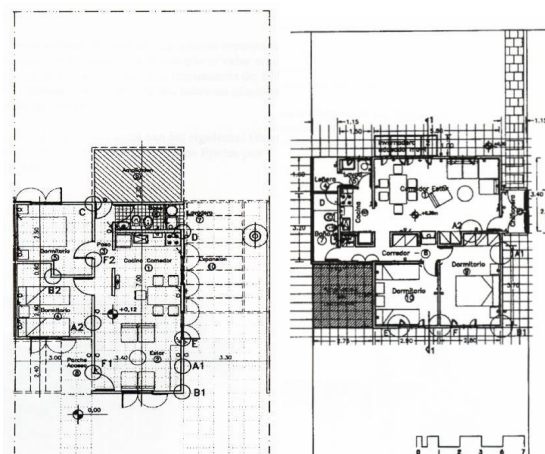


Figura 7: Plantas de las dos tipologías de vivienda.

seco, existente en el mercado, diseñado viviendas de 44m<sup>2</sup> y 58m<sup>2</sup> para zona Centro y Patagonia respectivamente, con un costo base máximo estipulado en los pliegos del concurso. Las características climáticas para cada región correspondieron a: Zona III (templada) y Zona VI (Muy fría). Para la primera propuesta se incorporó: i. Aprovechamiento de la Ganancia solar; ii. Aislación térmica de la envolvente; iii. Ventilación cruzada selectiva; iv. Ventilación de ático con chimenea solar; v. Protección solar de la aberturas en el período estival; vi. Provisión de agua caliente solar; vii. Sistema fotovoltaico; viii iluminación natural. Par el segundo caso: i. Diseño compacto; ii. Aislación térmica en toda su envolvente; iii. Zonificación de usos; iv. Aporte calórico adicional por estufa hogar en el centro de la vivienda; v. Incorporación de “chiflorera de acceso” a modo de espacio “tapón”; vi. Invernadero-secadero de ropa; vii. Control de infiltraciones y diseño de carpinterías; viii. Iluminación natural. Para el caso de las viviendas de zona templada, los niveles térmicos se simularon para una temperatura base de 18°C y máxima de 22°C con una demanda para mantener los niveles térmicos de 21kwh/día (18.103Kcal/h), lo que equivale a una estufa de tiro balanceado funcionando al mínimo y para la iluminación natural se registró un CLD de 7,5% para estar y cocina y 5% para dormitorios (para una iluminancia de 10.000 lux, cielo nublado). Para la vivienda en el sur patagónico se trabajó con una temperatura base de 18° y máxima de 20°C, con una demanda de energía necesaria de 54,9Kwh7día (47.327Kcal/h) lo que equivale a un consumo de una estufa de tiro balanceado de 2000Kcal/h. Los niveles de iluminación interior se diseñaron con indicadores resultantes como el caso anterior. Figura 7.

## 2.7. Módulo Sanitario Solar. Ensenada. Provincia de Buenos Aires. (2003-2004)

Este trabajo tiene por objeto transferir tecnología apropiada a sectores de escasos recursos (actualmente el 45% de la población en la Argentina se encuentra bajo la línea de pobreza y el 15% bajo la línea de indigencia). Se trabajó con la comunidad construyendo un pequeño módulo edilicio con función sanitaria, el cual incorpora un muro colector para calentamiento de aire incorporado en el muro y colectores solares para calentamiento de agua. Todos los trabajos fueron realizados por autoconstrucción y utilizando tecnología de bajo costo. Este proyecto llevó a consolidar



Figura 8: Vista Módulo edilicio y detalle de colector de aire.

una línea de trabajo en el grupo sustentada por Proyectos y Becas del CONICET, UNLP y CIC sobre la investigación y desarrollo de este tipo de sistemas. Figura 8.

## 2.8. Complejo en la ribera del Río de la Plata. (2003)

El proyecto fue presentado en la 3ra Bienal “José Aroztegui”, concurso latinoamericano para estudiantes, de arquitectura Bioclimática en Curitiba, Brasil, siendo premiados con mención honorífica. Sus autores son:

G. Viegas. M. Melchiori, S. Medici. M.S. Silva. P. Julio. El programa desarrollado se definió como respuesta a las necesidades de un lugar de playa sobre el río de La Plata, con turismo regional: un auditorio, utilizado como espacio tapón para la protección de la orientación oeste; un restaurante, locales comerciales y servicios generales conectados

todos por una galería que resguarda al edificio en todas las estaciones del año. Su localización corresponde a la zona Bioambiental IIIb (templada cálida), 34.9° latitud sur, 57.9° latitud oeste, 1178GD18 y 139GD<sub>25</sub>.

El proyecto se compone de dos líneas que definen un espacio intermedio entre el río y la ciudad. Cada una de estas cumple una función diferente: una como protección del viento y otra como protección del sol, respondiendo su orientación a su finalidad, proteger el espacio generado. La propuesta se resuelve con una tecnología liviana, utilizando la chapa y la madera, materiales tradicionales del lugar. La elección de estos responde además a las características de uso del edificio- discontinuo- y a las condiciones climáticas. La poca amplitud térmica entre el día y la noche conducen a la utilización de materiales con baja inercia térmica y a la incorporación de aislación. La estructura propuesta se compone de cabreadas de madera y apoyos puntuales de hormigón debido a su constante exposición al agua; todo el edificio se eleva para protegerse de las inundaciones frecuentes. El muro ubicado al sur está compuesto por dos capas; una de ellas oblicua para desviar la dirección del viento y se despega del piso para favorecer la ventilación selectiva dentro del edificio. El muro norte se pensó como una pantalla que protege del sol sin impedir las visuales al río incorporando ganancia directa y muros “trombre” acumuladores. Se incorpora además un sistema de iluminación natural y de ventilación del ático. Figura 9.

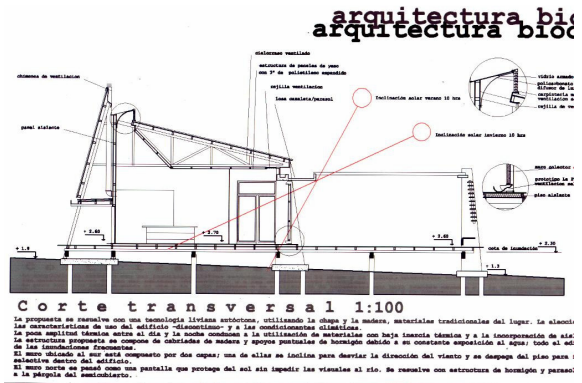


Figura 9: Corte del edificio.

## 2.9. Campus de la Universidad Nacional de Misiones”. (2004)

El proyecto corresponde a la solicitud de asesoramiento bioclimático para el Concurso Nacional de Proyectos para el Edificio de la Universidad Nacional de Misiones, en la ciudad de Posadas en la Zona Bioambiental: Ib. (Muy Cálida), a 27.4° lat. Sur, 56° Long. Oeste y 133mts de ASNM y 546GD<sub>25</sub> de refrescamiento. Corresponde al 1° Premio del Concurso cuyos autores son el estudio: Fondado, Miranda, Pagani, Quiroga. Actualmente uno de los edificios correspondientes a laboratorios y aulas se encuentra en construcción.

La caracterización bioclimática del sitio de emplazamiento, en función de la normativa vigente (Norma IRAM 11603), diagramas bioclimáticos (Según B.Givoni) y de estadísticas meteorológicas, brindan la información suficiente como para plantear las pautas de diseño sobre las siguientes estrategias centrales: i. Protección Solar; ii. Ventilación cruzada; iii. Forma Edilicia; iv. Tecnología Constructiva; y v. Diseño del paisaje. Se trabajó sobre las siguientes pautas de diseño bioclimático:

1. Sombreo de espacios exteriores y

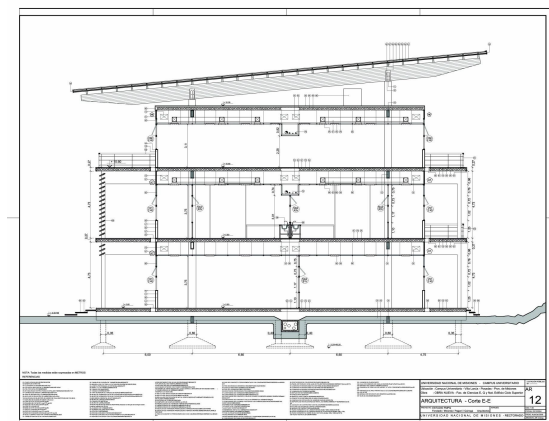


Figura 10: Corte representativo del edificio.

aprovechamiento de brisas para el acondicionamiento ambiental. Se registró un potencial climático en base a la diferencia de la entalpía (día-noche) de 10.5 Kcal/kg en el período estival, permitiendo refrescamiento nocturno aprovechándose en base a ventilación cruzada. Esta característica posibilita en el período estival capturar y direccionar brisas predominantes del E-SE, para lograr ventilación cruzada y/o selectiva, incorporando aire fresco a los ambientes, con el objeto de eliminar el calor emergente de la propia masa térmica del edificio (capacidad térmica) y el calor remanente del funcionamiento operativo diario; 2. Diseño de los espacios exteriores a partir de la conformación de un paisaje natural entre vegetación, topografía y espacios de uso, sombreando el terreno y manejando las brisas en base a las siguientes características: • Barreras de forestación vertical axiales a las brisas predominantes • Barreras horizontales de forestación de fuste alto de hoja perenne y rápido crecimiento, con lo cual producir un “techo” o masa vegetal perenne encausando las brisas, aprovechando la calidad del aire más benigno debido al sombreado de la superficie del terreno. • Barreras forestales horizontales con follaje caduco y alto fuste delante de las fachadas con orientación N-NO, sombreando los espacios con solados y al propio edificio; y especies de hojas ralas, a modo de “tamiz” natural, entre las galerías y las visuales privilegiadas, sin ocluir las totalmente. • Forestación sobre los estacionamientos con el objeto de disminuir la carga térmica terrestre de este tipo de espacios. • Sombreado vegetal sobre los solados exteriores, minimizando la carga térmica sobre ellos y colaborando con el sombreado de los edificios; y 3. Diseño edilicio en función de las estrategias planteadas a partir de protección solar en verano, otoño y primavera, acceso del sol en invierno y ventilación cruzada: • Utilización de galerías perimetrales. En los edificios implantados con el eje heliotérmico E-O la adición de este espacio intermedio redundaba en un fácil control solar en el verano (altura solar: 85° a las 12hs y 50° a las 9 y 15hs). • Para los edificios con orientación de su eje en sentido N-S, se adicionó en las galerías un sistema de protección solar, logrando un “tamiz” sobre la radiación incidente, permitiendo la ventilación cruzada. 4. • Ganancia directa (GAD) y calentamiento de los espacios intermedios en el período invernal, si bien es un período corto y poco riguroso ( $GD_{18}$ : 62°C) se prevé a partir de la existencia de radiación solar de baja altura, incorporarla al interior del edificio. 5. La cubierta de sombra tiene una pendiente hacia el N, con ático ventilado de modo de conformar una tobera de captación de las brisas del sector E-SE y acelerando el flujo de aire. • Los áticos cerrados en su periferia con mallas, evitando el acceso de insectos. 6. Ventilación cruzada entre losas y cielorrasos, refrescando el edificio, eliminando el calor excedente. 7. Ventilación cruzada en locales a partir de aventanamientos a altura media y superior. 8. Los edificios se encuentran apenas sobre elevados del suelo mejorando la ventilación. 9. Tecnología constructiva de poca inercia térmica. • Se utiliza una tecnología liviana minimizando la incidencia de la inercia térmica en paramentos verticales y cielorrasos (Tecnología pesada sólo en pisos y estructura resistente, de hormigón armado), • Las galerías perimetrales se diseñaron minimizando al máximo los puntos de contacto con el volumen interior habitable a los efectos de evitar puentes térmicos. Se incorporó un módulo de rejillas en el piso para favorecer y reducir la temperatura sol-aire. 10. Envoltente con una transmitancia térmica de adecuada. 11. Colores de los techos y paramentos exteriores claros.

## **2.10. Arquitectura Escolar.** Dirección de Infraestructura Escolar (DPI), de la Dirección General de Escuelas de la provincia de Buenos Aires. (2004-2005)

Este es un ejemplo de transferencia al medio productivo a partir de Reciclado edilicio y Diseño Ambientalmente Consciente en establecimientos educativos para la Dirección Provincial de Infraestructura Escolar de la provincia de Buenos Aires. El trabajo fue



desarrollado por los Arquitectos Silvio Acevedo y Valeria Aspiazu ambos de la planta permanente de la Dirección de Proyectos.

Se está trabajando en la incorporación paulatina de criterios sobre: i. Ventilación cruzada en aulas y en sectores como baños y cocina; ii. Iluminación bilateral en aulas; así como la incorporación de patios de luz y mejoramiento de locales mediterráneos iii. Incorporación de estantes de luz y cielorrasos difusores; iv. Protección solar por galerías y aleros, calculados en función de la altura y el acimut correcto; v. Estudio de alternativas de corte. Esta experiencia que es puntual pero de gran valor surgió a partir de un curso de posgrado sobre arquitectura Bioclimática escolar dictado en la FAU-UNLP. Figura 11.3.

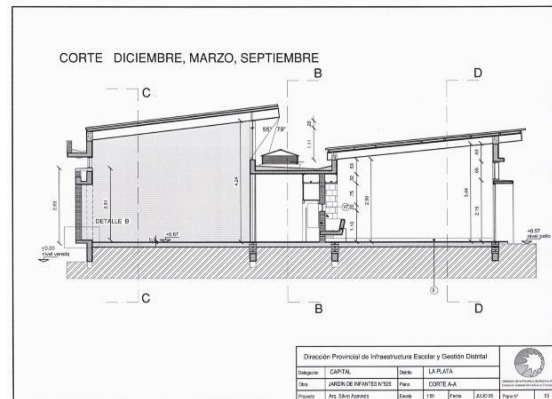


Figura 11. Corte representativo de uno de los edificios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Wladimiro, *Vivienda y Clima*, Nueva Visión, Bs.As., 1984;
- Aronin J.E., *Climate and Architecture*, Reinhold, New York, 1953;
- Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES), *Actas de las Reuniones de Trabajo de los años 1977 a 1997*;
- AVERMA, *Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES)*, años 1997 a 2005;
- Banham Reyner, *La arquitectura del entorno bien climatizado*, Infinito, Bs.As., 1975;
- Bardou P. y Arzoumanian V., *Sol y Arquitectura*, Gili, Barcelona, 1980;
- Bouwcentrum Argentina, *Orientación de viviendas y radiación solar en la Argentina*, INTI, Bs.As., 1973;
- Brazol D., *Bosquejo bioclimático de la República Argentina en Meteoros, octubre-diciembre 1954*;
- Brazol Demetrio, *La temperatura biológica óptima en Meteoros*, S.M.N., Bs.As., enero 1951;
- Givoni Baruch, *Man, Climate and Architecture*, Elsevier, 1969;
- Izard J.L. y Guyot A., *Arquitectura bioclimática*, Gili, México, 1983;
- Kreider Jan y Kreith Frank, *Solar Energy Handbook*, McGraw-Hill, 1981;
- Kozak, D. Koffsmom, E. Fernández, A (1999). "Wladimiro Acosta y el sistema Helios. Estudios de casos: viviendas unifamiliares en La Falda, Córdoba y Bahía Blanca, Buenos Aires. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 3. Nro.1. Pág 05.33 - 05.36.
- Lelio Gustavo et.al., *Arquitectura solar*, LAHV, IADIZA, Mendoza, 1980;
- Liernur, J. F. Aliata, F. (2004a). Voz. "Asoleamiento" en "Diccionario de Arquitectura en la Argentina". Vol "a-b", Ed. Clarín, Bs. As, Pág 84-86.
- Liernur J. F. Aliata, F. (2004b). Voz. "Bioclimática" en "Diccionario de Arquitectura en la Argentina". Vol "a-b", Ed. Clarín, Bs As, Pág 157-162.
- Mazria Edward, *El libro de la energía solar pasiva*, Gili, México, 1983;
- Olgay Victor y Aladar, *Desing with climate*, Princeton, N.Jersey, 1963 y Gili, Barcelona, 1998;

- 
- Rosenfeld Elías, *El uso de la energía solar en el hábitat del hombre en el mundo occidental (500aC-1960)*, CEA, UBA, Buenos Aires, 1993, IDEHAB, La Plata, fotocop.;
- Rosenfeld E. et.al., *Conjuntos habitacionales son energía solar*, Summa, Suplementos 15, Bs.As., 1979;
- Shurcliff BW.A., *Solar Heated Buildings a brief survey*, Cambridge MA, 1977;
- Szokolay S.V.SW., *Energía solar y edificación*, Blume, Barcelona, 1978;
- Tedeschi Enrico, *Arquitectura+energía solar*, Summarios 2, Bs.As., 1976;
- Williams Amancio, *Archivo A.Williams*, Bs.As., 1990;
- Yañez Guillermo, *Energía solar, edificación y clima*, MOPU, Madrid, 1982;



## ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS EN APLICACIONES AGROINDUSTRIALES: PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE ALTA CALIDAD #

A. Iriarte<sup>1</sup>, V. García, G. Lesino<sup>1,2</sup>, S. Flores Larsen<sup>2,4</sup>, C. Matías<sup>3</sup>  
INENCO, Facultad de Ciencias Agrarias – U. N. Catamarca  
M. Quiroga 93 - 4700 Catamarca, Argentina - iriarte@plab.unca.edu.ar

### RESUMEN

La necesidad de obtener plantas de alta calidad y con variedades de consumo en los mercados, exige disponer de ambientes que favorezcan el enraizamiento de esquejes (estacas), la germinación de semillas, la propagación de meristemas y/o la microinjertación de plantines, según el tipo de reproducción seleccionada. Con estos propósitos se construyeron una casa de vegetación para propagación agámica de estacas y una cámara para germinación - microinjertación de plantines de árboles frutales, ambas fueron diseñadas teniendo en cuenta una estrategia bioclimática y un uso racional de la energía. En el presente trabajo se describen los aspectos constructivos, se realiza el balance de calor y masa, y se analizan los resultados de las simulaciones numéricas mediante el programa SIMEDIF. Los resultados demuestran la factibilidad de la producción de plantas de alta calidad bajo condiciones controladas. Además se discute la estrategia de diseño para el acondicionamiento de un centro de propagación in – vitro.

### PALABRAS CLAVE

Enraizamiento, microinjerto, bioclimática, producción plantas, in-vitro

### 1. INTRODUCCIÓN

La Provincia de Catamarca se encuentra ubicada en el Noroeste argentino, su Valle Central se localiza entre los 27,9 ° y los 29° de latitud Sur y entre los 65° y los 66° longitud Oeste a 600 m s.n.m.. El clima es árido con deficiencia hídrica permanente, elevada heliofanía y temperaturas altas, produciendo valores de evapotranspiración elevados, lo que unido a las bajas precipitaciones configuran las condiciones de un clima semidesértico. Los vientos predominantes son del Noroeste y soplan prácticamente durante todo el año, intensificándose en primavera.

La instalación de establecimientos agrícolas de gran envergadura amparados en la ley de promoción para la radicación de emprendimientos agropecuarios, provoca una gran demanda de plantas, especialmente de nogal (*Junglans regia* L.), olivo (*Olea europaea* L.), higuera (*Ficus carica* L.) y aromáticas en general. Este requerimiento creciente, ha originado la instalación de una gran cantidad de viveros – invernaderos, calentados en forma tradicional. Fueron montados sin tener en cuenta las necesidades energéticas de las plantas y sin un criterio adecuado de uso racional y ahorro de energía.

# Parcialmente financiado ANPCyT, UNCa, INTA

<sup>1</sup> Investigador del CONICET

<sup>2</sup> INENCO – U. N. Salta - Argentina

<sup>3</sup> E.E.A., INTA – Catamarca – Argentina

<sup>4</sup> Becaria CONICET

### **Propagación agámica de estacas**

La propagación agámica de estacas consta de tres etapas: enraizamiento, endurecimiento y rusticación. El enraizamiento se realiza en un ambiente controlado donde se estimula el proceso; se emplean estaquillas herbáceas y/o semileñosas de 0,15 a 0,20 m tratadas en la zona basal con hormonas, implantadas en una cama caliente y bajo condiciones controladas. Durante este proceso es conveniente reducir la transpiración de las hojas, lo que se logra con la formación de una película de agua sobre la superficie de la misma, para lo cual se requiere un ambiente con alta humedad.

El recinto en donde se produce el enraizamiento, se denomina casa de vegetación o de propagación. Su construcción debe ser hermética y con renovaciones de aire controladas, a fin de regular adecuadamente la temperatura y la humedad, conforme a las necesidades del material a multiplicar o reproducir. Para su diseño se han tenido en cuenta las recomendaciones de Barranco *et al.*, 1998:

- La temperatura del ambiente dentro de la casa de vegetación debe mantenerse entre 18 y 25 °C durante el día y alrededor de  $18 \pm 2$  °C en la noche.
- La temperatura en la parte basal de la estaca (zona de rizogénesis) debe estar comprendida entre 20 °C y 22 °C.
- El ambiente alrededor de las estaquillas debe ser muy húmedo y más fresco que el sustrato. Con humedades relativas entre 70 y 90 %.
- El nivel de iluminación debe ser bajo, compatible con la mínima actividad fotosintética.

### **Microinjertación de plantines**

La producción nogalera en la República Argentina se estima en las 6.000 Tn siendo el consumo interno de 8.000 Tn. Estas cifras denotan la necesidad de aumentar esta producción. Catamarca es una de las provincias donde el cultivo del nogal (*Juglans regia* L.) tiene gran importancia para desarrollo económico, lo que induce a mejorar las técnicas de obtención de plantas de alta calidad.

La actividad viverística local no está preparada para satisfacer la demanda de plantas injertadas, asegurando a su vez calidad de plantas y rapidez en la distribución de nuevas variedades. Asimismo, la injertación de nogal es una práctica poco difundida por las dificultades que presenta, siendo considerada como una operación poco rentable desde el punto de vista comercial debido a los escasos logros alcanzados (Moraldi *et al.*, 1993).

Esta técnica requiere de instalaciones adecuadas que permitan controlar los factores involucrados en el crecimiento de los plantines: temperatura, iluminación y humedad. En general se especifican las siguientes condiciones para utilizar esta técnica:

- La temperatura del ambiente dentro de la cámara debe mantenerse entre 25 y 35 °C durante el día y entre 15 y 20 °C en la noche.
- La temperatura en la parte basal del plantón a injertar debe estar comprendida entre 24 °C y 26 °C.
- El ambiente alrededor de los plantines debe ser muy húmedo y más fresco que el sustrato, con humedades relativas entre 60 y 70 %.
- La zona de injerto debe mantenerse a una temperatura entre 28 y 31 °C.
- El nivel de iluminación debe ser bajo, compatible con la mínima actividad fotosintética.

En el presente trabajo se describe una casa de vegetación y una cámara de germinación - microinjertación, construidas en el INTA, que imponen una estrategia bioclimática y un concepto de uso racional y ahorro de energía para la producción eficiente de plantas a bajo costo. Se detallan aspectos relevantes del balance de calor y masa, la distribución de temperaturas en la estructura, aire y camas de enraizamiento, y humedad en el interior de la casa y de la cámara, en contraste con las variaciones del ambiente exterior. Se indican los resultados térmicos obtenidos en la simulación numérica y el comportamiento en el interior de las mismas y se detallan los resultados agronómicos obtenidos mediante la multiplicación por propagación agámica y microinjertación.

## 2. MATERIALES Y METODO

### 2.1. Casa de Vegetación: Diseño construido

La casa de vegetación fue construida con un tinglado a dos aguas de 25 m de largo, 20 m de ancho, 2,60 m de altura lateral y 4,60 m de altura máxima. Las paredes que constituyen los cerramientos laterales y frontales están compuestas por dos placas de cemento de 0,03 m de espesor con una estructura de hierro interior ( $\varnothing = 0,004$  m), separadas 0,10 m entre ellas. Entre cada placa se ha incorporado poliestireno expandido rígido de 0,03 m de espesor en contacto con la placa exterior del lado interno, rellenándose el resto de la cámara entre las dos placas con tierra seca de la zona. Esta estructura ha sido complementada con:

- **Cubierta de baja transparencia con posibilidad de ser refrescada en verano:** se utilizaron chapas de poliéster semitraslúcidas y verdes, ubicadas en forma alternada una con otra. En la parte exterior de la misma se han instalado aspersores para mojar su superficie y de esta forma disminuir su temperatura. Para no interferir con la circulación y el refrescamiento evaporativo, se ha colocado a 0,30 m por encima de la cubierta una malla aluminizada de media sombra (60 %) corrediza. La diferente coloración de las chapas y la instalación de la media sombra se utilizan para disminuir el ingreso de radiación a la casa de vegetación, evitar el sobrecalentamiento en verano y la necesidad de calefacción en invierno (Figura 1).
- **Túneles:** se han construido siete túneles de plástico transparente de 2,50 m de alto, 2,50 m de ancho y 20 m de largo por donde circula aire húmedo. En el extremo este de cada túnel, se encuentra el ingreso que tiene un ancho de 0,50 m por 2,50 m de alto, mientras que en el extremo oeste, se ha realizado una abertura en la parte superior en cada túnel de 0,50 de ancho por 0,20 m de alto, por donde sale el aire húmedo. Entre los túneles y el techo se ha instalado una malla aluminizada de media sombra (60 %) corrediza a los efectos de regular la radiación solar incidente de acuerdo a las necesidades térmicas y fisiológicas requeridas por cada sistema de producción.
- **Mesadas calefaccionadas:** son de hierro, tipo cajón, de 0,20 m de altura, 1 m de ancho, y 3 m de largo, con patas que la elevan 0,80 m del piso. Cada mesada se reviste interiormente con una malla tipo media sombra y se rellena con material inerte expandido (perlita) de 0,1 m de espesor que llega hasta el borde. Se han construido 14 hileras con seis módulos de 3 m cada uno. Cada túnel contiene dos hileras de mesadas con un pasillo central.
- **Sistema de calentamiento de mesadas:** el calentamiento de las mesadas se realiza utilizando un sistema de tubos de polietileno de 0,0127 m de diámetro separados entre sí 0,05 m por donde circula agua caliente. El agua proviene de una caldera de 25 kW y es impulsada por una electrobomba de 746 W. La temperatura se regula de acuerdo a las

necesidades térmicas del sustrato.

▪ **Sistema de refrescamiento evaporativo:** para disminuir la temperatura de la casa se ha incorporado en la parte frontal (Este) un panel de refrescamiento evaporativo (hydrocooling), formado por una pared de viruta de paja de 20 m de ancho, 1,20 m de alto y 0,10 m de espesor. Lleva adosado un distribuidor de agua en su parte superior para mojar la paja en forma uniforme y dispone de una canaleta que recoge el agua sobrante y la conduce a un reservorio para su recirculación. La circulación del aire a través del panel húmedo se realiza mediante cinco extractores de 1,5 kW cada uno, que están ubicados en el extremo opuesto. En pleno funcionamiento, se ha previsto 50 renovaciones por hora, lo que equivale a un caudal de  $25,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . La cantidad de extractores en funcionamiento depende de la época del año.

▪ **Sistema de nebulización:** el sistema de nebulización o sistema Mist permite crear artificialmente niebla en el ambiente, manteniendo alta la humedad relativa y disminuyendo la temperatura a nivel de las hojas. En cada túnel se han colocado dos líneas de 38 nebulizadores, una para cada mesada. Su funcionamiento se regula de acuerdo a las necesidades higrotérmicas.

▪ **Sistema de medición y control:** la medición de las principales variables de interés se realizó mediante una computadora PC/AT provista con tarjetas de adquisición de datos Keithley 1600 y PClab 812, colocadas en el bus de expansión de la computadora. Las temperaturas de aire y agua se midieron con diodos de silicio 1N914, la humedad relativa con puntas capacitivas Vaisala, la radiación solar interior y exterior con radiómetros Kipp & Zonen y Black & White y el nivel de iluminación con un luxómetro Digital Illuminance Meter Model TES-1330. Los sensores para la medición de temperaturas fueron colocados en el interior y exterior de la casa de vegetación, en las caras internas y externas de cada pared y en el piso, a 0,05 m de profundidad. Los sensores de humedad relativa y radiación solar se ubicaron en el interior y en el exterior de la casa.

El control de funcionamiento de la cámara de vegetación (bomba, ventiladores, cama calefaccionada, aspersores etc.) se realizaron mediante termostatos programados adecuadamente para cada uno de los requerimientos. La rutina de funcionamiento de la casa de vegetación establece que para valores de temperatura del aire sobre los túneles mayores que  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  se encienden los extractores y la bomba de recirculación de agua asociados al sistema de enfriamiento evaporativo. Por otro lado, la caldera, que funciona con gasoil como combustible, mantiene la temperatura del sustrato que contienen las mesadas dentro de un intervalo comprendido entre  $20$  y  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ .



*Fig. 1. Vista exterior e interior de la casa de vegetación*

## **2.2. Material vegetal para la casa de vegetación**

En los ensayos de enraizamiento de estacas herbáceas y semileñosas se utilizaron las

siguientes especies y variedades:

- Olivo. Variedades: Albequina, Picual, Pendolino, Manzanilla, Arauco, Frantoio y Lección. Las plantas madres son de Catamarca con más de 40 años de edad, que fueron sometidas en 1993 a una poda de rejuvenecimiento.
- Higuera. Variedades: Guarinta, Turco y Kadota.
- Aromáticas: Romero (*Rosmarius officivalis* L.) y Orégano (*Organum vulgare* L.).

Para el enraizamiento, se extrajeron estaquillas medias y basales de 0,15 m de longitud de las plantas madres seleccionadas, estimuladas para la iniciación de raíces con una solución de ácido indol - 3 - butírico (AIB).

### 2.3. Análisis teórico de un túnel de la casa de vegetación

Para una adecuada descripción de la evolución de la temperatura y el contenido de humedad del aire a lo largo del túnel, en régimen estacionario, se hicieron los respectivos balances de energía y masa. Los límites físicos del volumen elegido para realizar el balance están constituidos por la parte superior de las mesadas y la carpa que forman el túnel, como se ve en la Figura 2. En la Figura 3 se muestra el interior de uno de los túneles, apreciándose los elementos constitutivos del mismo.

El balance de energía a lo largo del túnel, en un elemento diferencial  $dx$ , está dado por la ecuación (1):

$$m_{p,a} (C_{p,as} + w(x)C_{p,v}) \frac{dT}{dx} + \frac{dm_{p,w}}{dx} \lambda_{fg} = d [\alpha H_i - ph_{c2}(T - T_p) + sh_{c3}(T_{a,s} - T)] \quad (1)$$

donde se supone que el contenido de agua del aire a lo largo del túnel es constante, no incluyéndose los términos que contienen su derivada espacial, por lo tanto no se considera la ecuación de balance en agua. En esta ecuación se tiene en cuenta el cambio de calor sensible y latente del aire húmedo, las transferencias por convección y el ingreso de radiación solar a través del techo del túnel.

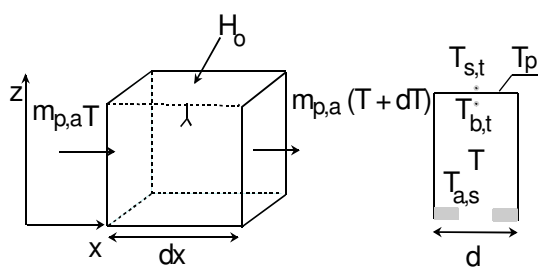


Fig. 2. Vista y corte de la parte superior del túnel.



Fig. 3. Vista del interior de un túnel con estacas implantadas en las mesadas.

El balance de energía en el techo del túnel, está dada por la ecuación (2), en donde se desprecia la masa del plástico:

$$p h_{c2}(T_{a,bt} - T_p) = p h_{c1}(T_p - T_{a,st}) - (H_o - H_i) \quad (2)$$

El balance de masa se hace considerando que hay un aporte de agua al aire por el sistema

de nebulización ( $G_w$ ) que está ubicado a lo largo del túnel:

$$\frac{dm_{p,w}}{dx} = h'_m s d \left[ P_{vs}(T_{a,s}) - P_{va}(x) \right] + G_w \quad (3)$$

en donde:  $h'_m = h_m \rho_a \frac{M_w}{M}$

Para la estimación del coeficiente de transferencia de masa ( $h_m$ ) se ha adoptado la similitud de las capas límites térmica y de concentración, (ecuación 4), válida tanto en régimen laminar como turbulento. Se puede tomar  $n = 1/3$ :

$$h_m = h_c 3 \frac{1}{(C_p \rho)_a L_e^{1-n}} \quad (4)$$

en donde:  $L_e = \frac{k}{D_v \rho C_p} = \frac{\alpha_a}{D_v}$

#### 2.4. Descripción de la cámara para microinjertación. Diseño utilizado

La cámara tiene una superficie cubierta de 46,67 m<sup>2</sup> con eje central orientado Norte - Sur. Las paredes laterales y frontal Sur están construida con mampostería de ladrillos de 0,15 m con revoque interior y exterior, asentados sobre cimiento de hormigón, mientras que el frontal Norte se compone de un panel para el sistema de refrescamiento en la parte inferior y una superficie vidriada en la parte superior. Sobre los muros laterales se ha colocado un cerramiento de carpintería metálica con portavidrios, sobre la cual se asienta la cubierta superior formada por cabreadas de perfiles metálicos que soportan el material de cobertura (Figura 4).

La estructura de la cámara se completa con:

- **Cubierta de baja transparencia** de fibra de vidrio semitraslúcida. Por encima de la cubierta se colocó una malla de media sombra corrediza, separada de la misma 0,20 m.
- **Tres mesadas** de hierro, tipo cajón de 0,20 m de altura, con la base de material desplegado metálico y están montadas sobre patas de 0,80 m de altura. En su interior se colocó una capa de ripio (0,05 m) y una de perlita (0,05 m). Sobre esta capa se colocó un sistema de tuberías de polietileno (PE) de 0,0127 m de diámetro, separadas entre ellas una distancia de 0,10 m. Este sistema se cubrió totalmente con perlita hasta el borde superior de la mesada.
- **Sistema de refrescamiento evaporativo:** en el frontal norte se ha incorporado un panel de refrescamiento evaporativo (cooling system o hydrocooling) para disminuir la temperatura de la cámara. Las dimensiones del panel son 3,80 m de ancho, 1,00 m de altura y 0,20 m de espesor, con virutas de pajas en su interior. La distribución del agua para el mojado de la paja se realiza por la parte superior. El agua sobrante se recoge en una canaleta para su recirculación. El aire circulante se mueve mediante un extractor de 1,5 kW, ubicado en el frontal opuesto (Sur).
- **Sistema de medición y control:** para el monitoreo de las principales variables de interés de la cámara y del ambiente exterior, se utilizó una computadora AT provista con tarjetas de adquisición de datos Keithely 1600 y PClab 812. Se usaron sensores para la medición de la temperatura del aire tipo LM (semiconductor); humedad relativa con puntas capacitivas Vaisala; radiación solar interior y exterior con radiómetros Kipp &

Zonen y piranómetros LICOR 200SA; nivel de iluminación con un luxímetro LICOR analógico.

### **2.5. Material vegetal de la cámara de microinjertación**

En los ensayos se utilizaron plantines de nogal criollo de seis meses de edad obtenidas a partir de semillas cultivadas en la cámara y púas de nogal cv. Sunland de 0,025 a 0,030 m de longitud, recolectadas y conservadas en una cámara de frío a 5 °C, provenientes de plantas seleccionadas por su productividad y calidad de fruto.



*Fig. 4. Vista exterior e interior de la cámara*

### **2.6. Modificaciones en la cámara**

Debajo de la cubierta de baja transparencia de fibra de vidrio semitraslúcida se instaló una cobertura de plástico LDT de larga duración térmica, con tratamientos UV para mejorar la hermeticidad del recinto y lograr una adecuada refrigeración, Figuras 5 y 6.



*Fig. 5. Vista interior con el revestimiento de plástico*



*Fig. 6. Vista interior con microinjertos recién realizados*

## **3. RESULTADOS Y DISCUSION DE LA CASA DE VEGETACION**

### **3.1. Evaluación de un túnel**

En el interior del túnel seleccionado para el análisis, la temperatura del pasillo hasta la altura de mesada, tuvo una variación máxima a lo largo del túnel de 1,5 °C, no observándose cambios significativos en el perfil vertical del mismo. Similar situación presentó el piso. En la figura 7 se muestran las temperaturas promedio del piso ( $T_s$ ), aire debajo de la mesada ( $T_{a,bm}$ ), del sustrato a nivel de raíz ( $T_{su}$ ), sobre la superficie del sustrato ( $T_{a,s}$ ) y del aire por arriba del nivel de las mesadas ( $T_{a,in}$ ), incluido el pasillo,

para seis horas de funcionamiento del sistema de refrescamiento evaporativo (11:00 a 17:00 horas).

Las temperaturas que tienen mayor variación son las que corresponden al aire en la superficie del sustrato y al aire en el interior del túnel. Esto se debe fundamentalmente al calor de la calefacción del sustrato y al aporte de la energía solar. Las temperaturas del aire en la superficie del sustrato y en el aire por encima de la mesada alcanzaron valores de 25 °C y de 22 °C respectivamente, los cuales están dentro de los límites establecidos para este tipo de producción. La humedad en esta zona no baja del 70 %, en los momentos de máxima radiación exterior ( $R_{a,ex} = 710 \text{ W m}^{-2}$ ).

La humedad relativa del aire fuera de la cámara de inyección llegó a valores mínimos de 30 %, no teniendo influencia sobre los contenidos de agua en el aire que circula por el interior de los túneles. De igual forma se comportó la humedad relativa a 0,10 m del sustrato, cerca del injerto, pero con valores superiores. La diferencia de humedad relativa entre el aire dentro del túnel y el exterior ( $HR_{a,ex}$ ) fue del orden del 40 %.

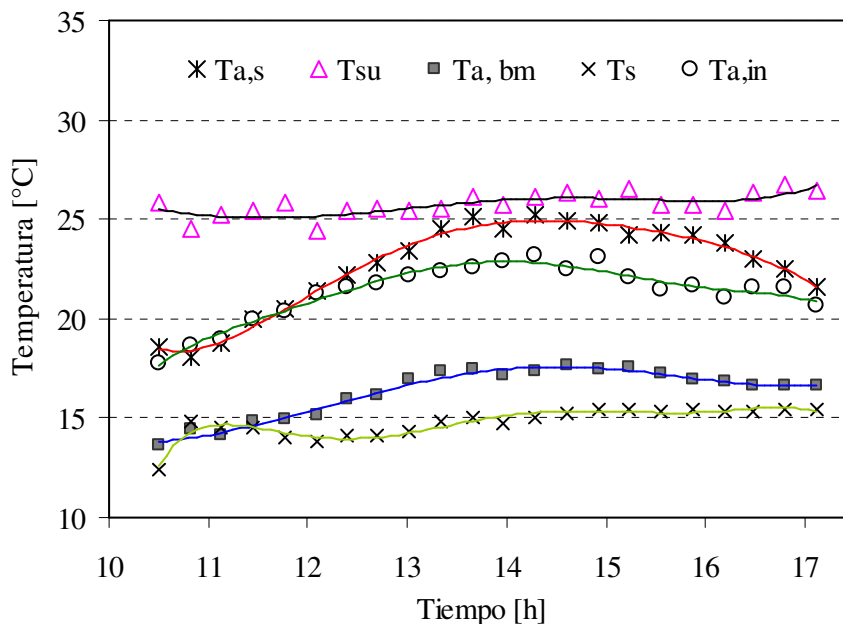


Fig. 7. Variación de la temperatura en diferentes lugares del túnel

Del análisis de los datos medidos en tres lugares diferentes para cuatro días consecutivos, se infiere que la variación de la cantidad de agua en el aire a lo largo del túnel es mínima, lo que justifica las simplificaciones realizadas en el modelo. Los resultados obtenidos con las simplificaciones realizadas fueron satisfactorios (Figura 8), con un error relativo porcentual del 2 %, nivel dentro del margen de error de las mediciones. El ajuste del modelo se logra con valores del coeficiente global de absorción de radiación incidente en el interior del túnel igual a 0,3 para temperatura de la cubierta de plástico de 28,5 °C.

### 3.2. Evaluación experimental de la cámara

Durante los cinco días de ensayos, al mediodía solar la radiación solar exterior sobre superficie horizontal superó los  $1000 \text{ W m}^{-2}$ , mientras que en el interior de los túneles fue, en promedio, de alrededor de  $100 \text{ W m}^{-2}$ , como consecuencia de que la misma debe atravesar: media sombra (60 %) - cubierta de poliéster - media sombra (60 %), esta última sobre los túneles. Los niveles de iluminación para días nublados ( $>300 \text{ lux}$ ) fueron

suficientes para activar la fotosíntesis que requieren los esquejes para su enraizamiento. Esta situación evitó el sobrecalentamiento.

En la Fig. 9 se advierte que la temperatura promedio del aire en el interior del túnel ( $T_{a,it}$ ) se encuentra entre las temperaturas del hydrocooling y fuera del túnel y muy por debajo de la temperatura del ambiente exterior ( $T_{a,ex}$ ). En la misma figura se compara la humedad relativa afuera ( $H_{a,exT}$ ) y adentro del túnel ( $H_{a,iT}$ ), observándose que la humedad relativa promedio sobre las estacas fue de 87 %. La variación de la humedad exterior nocturna no determina el contenido de humedad del aire dentro de los túneles.

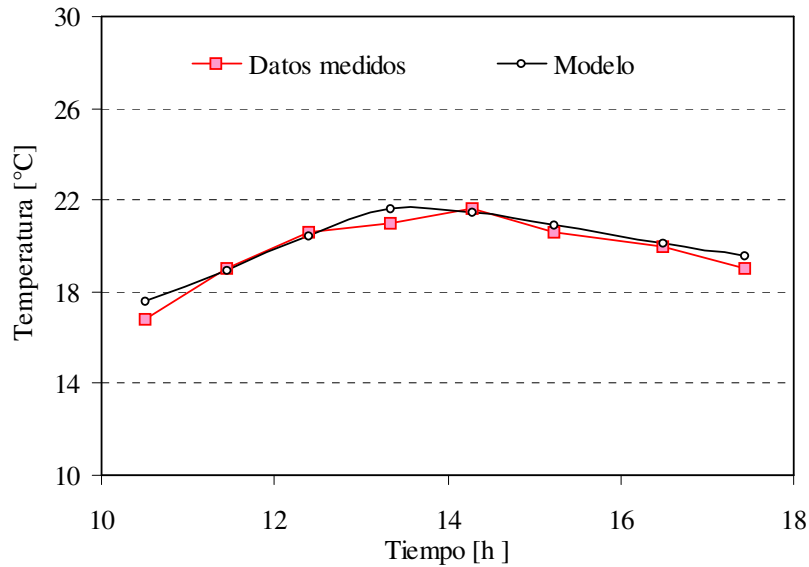


Fig. 8. Temperaturas del aire en el interior del túnel experimentales y teóricas en función del tiempo.

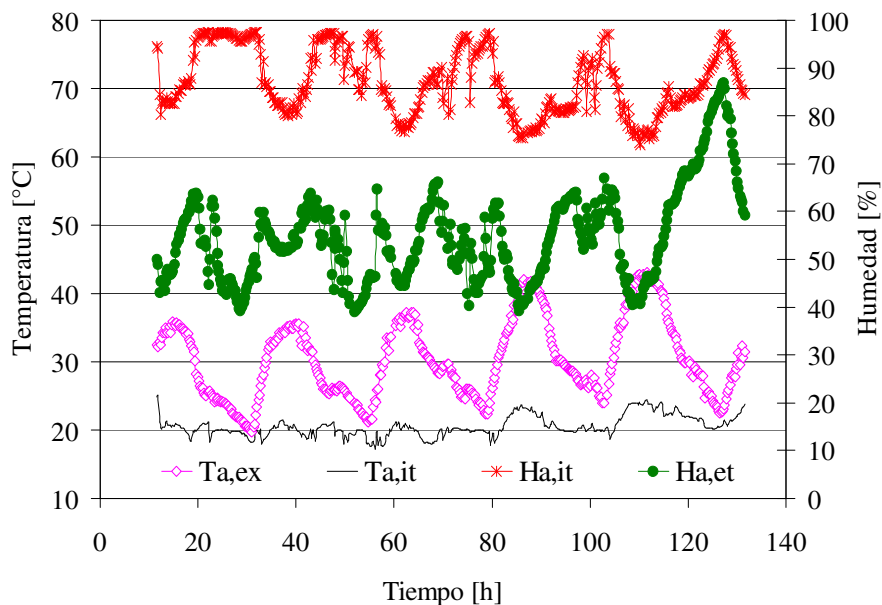


Fig. 9. Variación de las temperaturas del aire dentro del túnel y ambiente exterior. Humedades del aire adentro y afuera del túnel

Desde el punto de vista agronómico las estacas de olivo enraizadas fueron obtenidas en 45 días. Los resultados conseguidos para las variedades Manzanilla, Arauco y Frantoio

fueron: 80,3 %, 43 % y 75 % de enraizamiento total; 7,7 %, 27 % y 15 % con formación de callos y 12 %, 30 % y 10 % descartadas por contaminación y/o descomposición. En cuanto al orégano, el enraizamiento se inició a los 20 días, lográndose el 85 % de material autoenraizado. Los ensayos preliminares de injertación de platines de nogal alcanzaron un prendimiento del 75 %. En la Figura 10 se muestra las estacas de olivo enraizadas en el interior de un túnel de la casa de vegetación.



Fig. 10. Vista de las estacas de olivo enraizadas en el interior de un túnel de la casa de vegetación

### 3.3. Simulación del comportamiento de la casa

El periodo de monitoreo abarca desde el 20 al 30 de Agosto, seleccionándose los 6 últimos días del mes para la realización de la simulación. Debido a que la casa de vegetación es un edificio liviano, se utilizaron tres días previos de simulación a fin de entrar en régimen y ajustar los datos iniciales monitoreados. Durante el invierno no es necesario el uso del sistema enfriamiento evaporativo, por lo que éste no fue considerado. A los efectos de la simulación de la casa de vegetación se consideró como un único local de  $1800 \text{ m}^3$  de volumen, siendo las variables de ajuste el área de suelo que recibe radiación solar y las renovaciones horarias de aire.

Se fijaron los coeficiente convectivos interiores sobre paredes, pisos, techos y tabiques sin ganancia solar en  $6 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  y en  $8 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  para los asoleados. Los coeficientes convectivos externos se fijaron en  $10 \text{ W m}^{-2}$ . Las variables de ajuste fueron las renovaciones de aire por hora y el área de radiación del piso, encontrándose que 1 renovación de aire horaria y  $150 \text{ m}^2$  de área de radiación fueron los valores que mejor ajustan los datos medidos. En esta área de radiación del suelo se consideran la sombra de las mesadas que componen las camas de enraizamiento y el efecto de los túneles de plástico sobre la radiación que incide en el piso.

En la Figura 11 se muestran las curvas correspondientes a la temperatura interior medida de la casa de vegetación ( $T_{a,inE}$ ), y la temperatura interior simulada ( $T_{a,inS}$ ). Del análisis de los datos obtenidos se observa que para el primer día que la temperatura interior medida experimentalmente dentro de la casa de vegetación tiene un comportamiento similar a la obtenida utilizando el programa *SIMEDIF*. Durante el periodo ensayado, la temperatura media exterior fue de  $11,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , mientras que la correspondiente a la del aire en el interior de

la casa es 16,7 °C.

La simulación mediante *SIMEDIF* arroja un valor medio de temperatura de 16.8 °C. Entre las 10 y las 16 horas del primer, quinto y sexto día la curva simulada se aparta del orden de 3 °C respecto de la medida, esto es debido a las variaciones de las condiciones internas de la casa por apertura y cierre de la puerta por el personal encargado de mantenimiento del material vegetal que se estaba propagando.

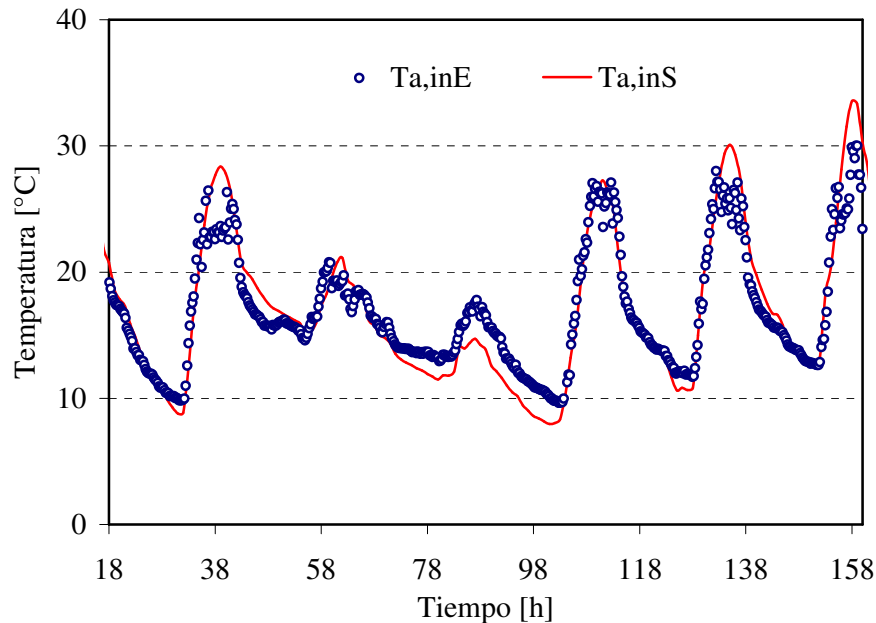


Fig.11. Variación de la temperatura ambiente en los días de simulación.

Durante los días nublados (segundo y tercer día) la temperatura dentro de la casa disminuye alcanzando un mínimo de 10 °C, siguiendo a la temperatura ambiente externa que desciende hasta los 5 °C.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION DE LA CAMARA DE MICROINJERTACION

### 4.1. Análisis y discusión del monitoreo

Para la evaluación de la cámara se realizaron mediciones de temperatura, radiación, humedad del ambiente exterior e interior y nivel de iluminación interior. Durante los meses de Febrero y Marzo, la evaluación se realizó con cobertura de malla media sombra plateada sobre cubierta, con y sin sistema de enfriamiento, mientras que durante los meses de Marzo y Abril, las mediciones se efectuaron con la cámara sin cobertura de media sombra, con y sin sistema de enfriamiento. Los datos máximos obtenidos en el interior de la cámara para el mes de Marzo para una radiación diaria exterior sobre superficie horizontal de 26 MJ m<sup>-2</sup> se destacan: temperatura 50 °C; radiación solar incidente sobre superficie horizontal 400 W m<sup>-2</sup>, nivel de iluminación 9.000 lux,

En la figura 12 se muestran las variaciones de las temperaturas interior y exterior de la cámara y la variación de la radiación solar incidente sobre superficie horizontal en el interior y exterior de la misma para los ensayos realizados con cobertura de media sombra exterior y con enfriamiento evaporativo. La temperatura en el interior, cuando se pone en funcionamiento el sistema de enfriamiento oscila entre 15 y 30 °C, notándose en los dos

últimos días que ésta se encuentra por debajo de la temperatura ambiente exterior.

#### 4.2. Comportamiento y simulación de la cámara

La simulación de la cámara se realizó mediante el programa SIMEDIF para Windows para situación en que la cámara funcionaba sin cobertura exterior y sin enfriamiento evaporativo, para cuatro días consecutivos del mes de Abril. Como la cámara es considerada como un edificio liviano fue suficiente utilizar tres días previos de simulación a fin de entrar en régimen y ajustar los datos iniciales de monitoreo. Se la consideró como un único local de  $140,93 \text{ m}^3$ , siendo las variables de ajuste el área irradiada y las renovaciones horarias de aire. Se fijaron los coeficiente convectivos interiores sobre paredes, piso, techo y tabiques sin ganancia solar en  $6 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  y en  $8 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  para los asoleados. Los coeficientes convectivos externos se fijaron en  $10 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . Los valores que mejor ajustan los datos experimentales son 1 renovación de aire por hora y  $27 \text{ m}^2$  de área de radiación del piso. En esta área de radiación del suelo se excluye la sombra de las mesadas que componen las camas de enraizamiento.

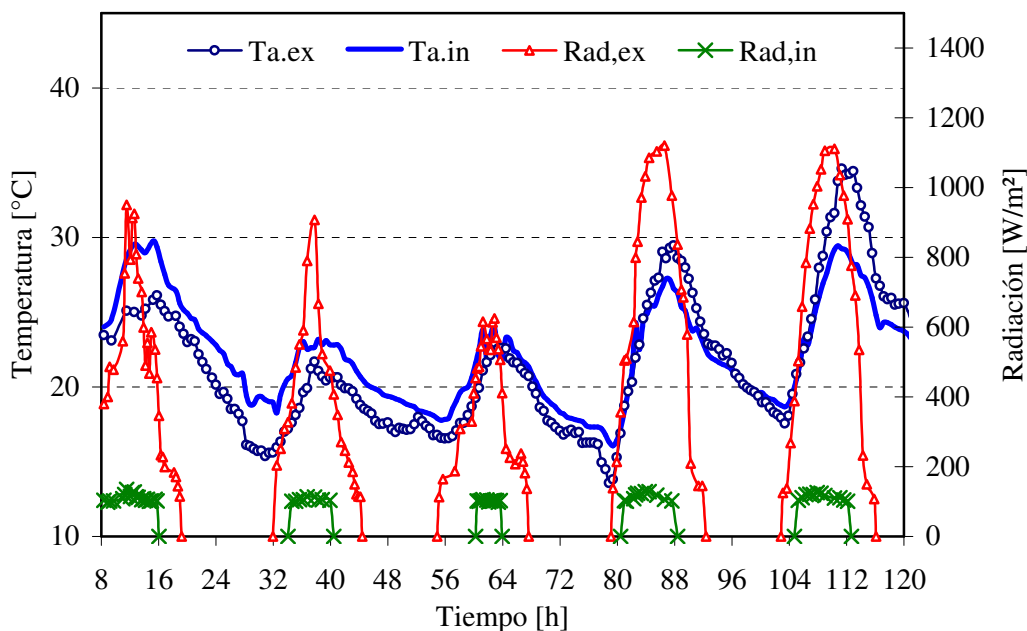


Fig. 12. Temperatura y radiación interior y exterior con media sombra y sistema de enfriamiento.

En la figura 13, se muestra el comportamiento térmico de la cámara de injertación donde se grafica la temperatura ambiente obtenida de la simulación en contraste con la temperatura del ambiente interior experimental  $[T_{a,in} (Ex)]$  y la temperatura ambiente exterior. Del análisis de los datos se observa que la temperatura del ambiente interior medida experimentalmente tiene un comportamiento similar a la obtenida utilizando el programa SIMEDIF. Durante el periodo ensayado se observa que la temperatura ambiente exterior oscila entre los 9 y 20 °C, mientras que en el interior se midieron valores comprendidos entre los 10 y 30 °C.

Las nueces (semillas) fueron sembradas en la mesada con calentamiento basal de 22° C descrita en el apartado anterior. La germinación se produjo a los 30 días de la siembra, obteniéndose un porcentaje del 70%. A los 45 día de la germinación se transplantó el material vegetal a bolsas de plástico negro que se colocaron sobre la misma mesada. Cuando los plantines alcanzaron una altura de 0,30 m y un diámetro de tronco de 0,05 m, se

procedió a realizarles el injerto.

Las macetas con los plantines injertados fueron ubicadas en la mesada con calentamiento basal a la cual se le adicionó dos líneas de mangueras a ambos lados de la zona de injertación, separadas 0,05m del injerto, por las cuales se hizo circular agua caliente entre 28° C y 31° C. Esta temperatura se mantuvo durante el proceso de cicatrización hasta que aparecieron los brotes de las yemas, alrededor de los 21 días.

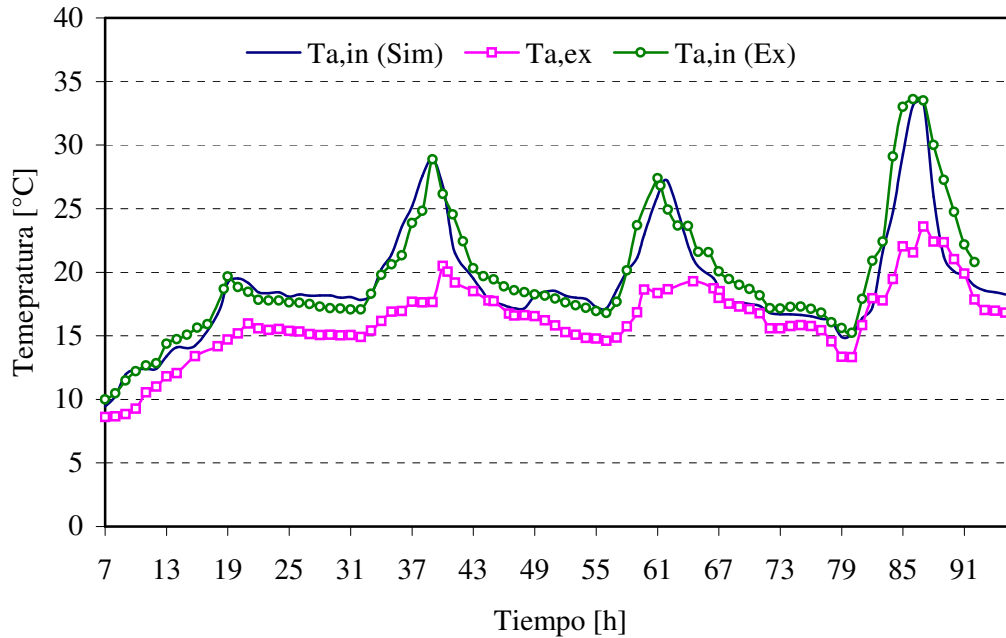


Fig. 13. Temperatura experimental y simulada interior en contraste con el ambiente exterior de la cámara de injertación

Si bien los valores de humedad relativa ambiente fueron los adecuados, se aseguró que la humedad en la zona de cicatrización y la hidratación de la púa se mantuvieran en los valores recomendados mediante la cobertura con bolsas de plástico transparente (Figura 14). De los 100 nogales injertados, utilizando cuatro tratamientos de injertos (25 injertos por tratamiento), los resultados de prendimiento logrados fueron de 48 %, 84 %, 16 % y 56 %. Para los tratamientos utilizados, los valores de prendimiento fueron sensiblemente más elevados que los resultados obtenidos en campo abierto. El porcentaje de plantas que no prendieron puede disminuirse mejorando en el futuro el empleo de la técnica de microinjertación. En la Figura 15 se muestra un injerto logrado.



Fig. 14. Bolsas de plástico protegen de la evaporación a los microinjertos



Fig. 15. Planta de nogal microinjertado dentro de la cámara

## 5. CENTRO DE PROPAGACIÓN AGÁMICA IN - VITRO. ESTRATEGIA DE DISEÑO

El objetivo de la propuesta es el diseño y la evaluación térmica - económica de las alternativas tecnológicas de envolventes y equipos solares de un centro de propagación agámica in – vitro para la producción de plantas de alta calidad. Las propuestas a analizar serán energéticamente eficientes, de bajo mantenimiento y realizadas con los materiales y la calidad de mano de obra de la región.

Se diseñará y evaluarán cámaras bioclimáticas que permitan conseguir condiciones higrotérmicas y lumínicas para la propagación de meristemas y microestacas (estacas uninodales), mediante un uso racional de los recursos energéticos convencionales y no convencionales, para lograr mayor rentabilidad. Para ello se realizará una auditoría energética del Centro de Propagación Agámica in – vitro, existente en el INTA – Catamarca, y se propondrán diferentes alternativas tecnológicas de la envolvente y de los cerramientos; mejoramiento y sustitución parcial de luz artificial por natural y acondicionamiento higrotérmico. La optimización se hará mediante simulación numérica.

La simulación higrotérmica de todos los locales estudiados en el proyecto tiene dos objetivos principales. El primero será proveer los resultados de las simulaciones necesarias para el desarrollo del proyecto y generar herramientas cuantitativas de diseño, amigables para la transferencia de resultados a instituciones y productores. El segundo objetivo es realizar un análisis comparativo de distintos programas de simulación de edificios y producir recomendaciones dirigidas a sus usuarios habituales destacando fortalezas y debilidades de cada uno.

A las ventajas mencionadas anteriormente para el INTA y los productores, debe añadirse la reducción de emisiones de gases contaminantes. El documento de Naciones Unidas WEA-2000 establece que las actividades energéticas son responsables del 5 % de las emisiones antropogénicas de SO<sub>2</sub> y que el 78 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen su origen en la combustión. Por otro lado, Lenssen y Roodman, (1995) consideran que 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, son la causa de gran parte del deterioro ambiental. Contemplando sólo el consumo energético de los edificios para su funcionamiento y excluyendo el proceso de construcción, en 1992, las edificaciones fueron responsables de casi un tercio del consumo energético mundial: un 26 % de los combustibles fósiles, un 45 % de la energía hidroeléctrica y un 50 % de la energía nuclear.

Los resultados del presente proyecto contribuirán muy positivamente a la solución de los problemas ambientales mencionados, en la medida en que las propuestas reducirán el consumo de energía convencional (eléctrica, de combustibles fósiles y/o de biomasa) y/o la sustituirán por energía solar, renovable, disminuyendo la generación de CO<sub>2</sub>.

## 6. CONCLUSIONES

**Casa de Vegetación:** El comportamiento térmico de la casa de vegetación fue muy satisfactorio, de acuerdo a los requerimientos del material vegetal para el enraizamiento. La construcción es adecuada para este tipo de aplicación, reduciendo significativamente el ingreso de calor y la energía convencional utilizada, comparada con los sistemas que



emplean aire acondicionado. Se observa una reducción de la radiación con la incorporación de la media sombra, sin perjudicar el proceso de rizogénesis de la estaca. Las temperaturas y humedades relativas han sido adecuadas, a pesar de los fuertes condicionantes exteriores, demostrando que el sistema dispone de capacidad de enfriamiento y humidificación, conforme a los requerimientos. No fue necesario utilizar el refrescamiento de la cubierta.

La incorporación de túneles de polietileno mejora las condiciones higrotérmicas del ambiente que circunda a los esquejes y permite independizar el aporte de humedad al ambiente dentro de los túneles del sistema de refrigeración. La humedad del ambiente alrededor de la estaca depende del aporte de los microaspersores para la producción de la niebla. Los resultados del modelo matemático de los túneles de plástico interior a la cámara de cría esta dentro de los márgenes de errores de los datos experimentales.

La versatilidad del diseño de la casa de vegetación permite su uso para otros tipos de producción de plantas frutícolas, ornamentales y hortícolas. Con estos resultados se asegura la posibilidad de trabajar simultáneamente con distintas condiciones ambientales en cada túnel, obtener una mayor rentabilidad y menor tiempo de amortización de la infraestructura y del equipamiento interior a la casa.

**Microinjertación:** La estructura de la cubierta de la cámara presentó una serie de problemas estructurales que se han visto magnificados con las operaciones de mantenimiento provocando un aumento en las infiltraciones, especialmente en las superficies vidriadas y algunos sectores de la cobertura de fibra de vidrio. En función de los resultados obtenidos y de los problemas surgidos fue necesario instalar una cobertura interior de plástico de larga duración térmica, con tratamientos UV del tipo LDT para mejorar la estanqueidad del recinto (disminuir las infiltraciones producidas por rotura) y lograr refrigerar, mediante el sistema de enfriamiento evaporativo, la cara interna de la cubierta de fibra de vidrio (cámara de aire entre las dos coberturas), como una forma de disminuir su influencia sobre las plantas que se encuentran en las mesadas.

En ambos casos los resultados obtenidos en las simulaciones de la casa de vegetación y de la cámara, utilizando el programa *SIMEDIF para Windows*, predicen aceptablemente los datos medidos experimentalmente, lo cual evidencia la utilidad del programa para predecir el comportamiento de sistemas para la producción de plantas.

Desde el punto de vista agronómico, la eficiencia de producción de plantas y el tiempo en que éstas se obtienen están acordes con lo propuesto.

## NOMENCLATURA

Cp,as	Calor específico del aire seco [J kg <sup>-1</sup> °C ]	Mw	Peso molecular del agua
Cp,v	Calor específico del vapor de agua [J kg <sup>-1</sup> °C ]	M	Peso molecular del aire húmedo
D	Ancho del túnel [m]	P	Relación perímetro/ancho
Dv	Difusividad del vapor en el aire [m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]	Pv,a	Presión de vapor del aire [J kg <sup>-1</sup> ]
Gw	Aporte de agua del sistema de nebulización [kg m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ]	Pv,s	Presión de vapor saturado [J kg <sup>-1</sup> ]
Hi	Radiación solar incidente dentro del techo del túnel [W m <sup>-2</sup> ]	Tp	Temperatura de la cubierta de plástico del túnel [°C]
		Ta,bt	Temperatura del aire debajo del techo del túnel [°C]
		Ta,st	Temperatura del aire sobre el techo del túnel [°C]

Ho	Radiación solar incidente sobre el techo del túnel [W m <sup>-2</sup> ]	Ta,s	Temperatura del aire sobre la superficie del sustrato [°C]
K	Conductividad térmica del aire [W m <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> ]	Tsu	Temperatura del sustrato a nivel de la raíz [°C]
Hc2	Coeficiente convectivo entre plástico y el aire interior al túnel [W m <sup>-2</sup> °C <sup>-1</sup> ]	el S	Relación entre el ancho de mesada y ancho del túnel
Hc3	Coeficiente convectivo entre sustrato y el aire interior al túnel [W m <sup>-2</sup> °C <sup>-1</sup> ]	X	Coordenada a lo largo del túnel [m]
Hc1	Coeficiente convectivo entre plástico y el aire exterior al túnel [W m <sup>-2</sup> °C <sup>-1</sup> ]	el ρ <sub>a</sub>	Densidad del aire [kg m <sup>-3</sup> ]
Hm	Coeficiente de transferencia de masa de agua al aire (moles) [m s <sup>-1</sup> ]	λ <sub>fg</sub>	Calor de vaporización [J kg <sup>-1</sup> ]
h'm	Coeficiente de transferencia de masa de agua al aire (kg y Pa) [m s <sup>-1</sup> ]	w(x)	Contenido de agua [gr kg <sup>-1</sup> as ]
L	Longitud del túnel [m]	α	Coeficiente global de absorción de la radiación incidente en el interior del túnel
		α <sub>a</sub>	Difusividad térmica [m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]
		m <sub>p,w</sub>	Flujo másico del agua [kg s <sup>-1</sup> ]
		Le	Número de Lewis
		m <sub>p,a</sub>	Flujo másico del aire [kg s <sup>-1</sup> ]

## BIBLIOGRAFIA

- Alderete Salas, S. (1999). Cadena agroalimentaria de la nuez para la Provincia de Catamarca. Informe E.E.A. Catamarca.
- Avanzato D. y Tamponi, E. (1987). L'innesto a marza del noce (*Juglans regia* L.): una nuova técnica. Revista di Frutticoltura N° 12 pp. 23 - 26.
- Barranco D., Fernandez Escobar R., Rayo L.. El Cultivo del Olivo. pp 91-113.
- Flores Larsen S., Lesino G., (2001). Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios. Energías Renovables y Medio Ambiente Vol 9, pág. 15 - 23.
- García V., Iriarte A. y Flores S. (2002). Simulación del comportamiento térmico de una casa de vegetación para la producción de plantas frutales. Avances en energía renovable y medio ambiente. Vol. 6, N° 2.
- Hartmann, Hudson y Kester. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Traducido por Antonio Ambrosio. México, Compañía Editorial Continental S.A. pp 810, 1981.
- Iriarte A., Lesino G., Matias C., González A., y Tomalino L. Casa de vegetación para producción de plantas: ensayos y resultados experimentales. Avances en Energías Renovables y Ambiente, Vol. 2 N° 1 pp 01/9 -12, 1998.
- Kuniyuki, H. y Ford H. I. (1981). Propagation In: Walnut orchard management 38 - 46. Coop. Ext. University of California.
- Moraldi M. y Lanzi, P. (1993). Il riscaldamento localizzato dell' innesto nella produzione vivaistica del noce. Rivista di Frutticoltura, N° 1, pp 53 – 556.
- Sitton B. G. (1993). Vegetative propagation of the black walnut, Tech. Bul., N° 119, Mich. State Univ., pp 119.
- United Nations Development Programme, United Nations Departments of Economic and Social Affairs, and World Energy Council, 2000, World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability.



## ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL PARA ZONAS HÚMEDAS

**Jorge Daniel CZAJKOWSKI<sup>Φ</sup>**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata  
Calle 47 N° 162 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

[www.fau.unlp.edu.ar](http://www.fau.unlp.edu.ar) [www.arquinstal.com.ar](http://www.arquinstal.com.ar)

Email: [czajko@ing.unlp.edu.ar](mailto:czajko@ing.unlp.edu.ar)

### RESUMEN

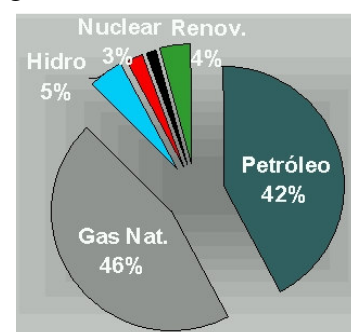
En la República Argentina más del 70 % de la población reside en zonas húmedas sea en climas muy cálidos a muy fríos. Esto implica la posibilidad de patologías ambientales provocadas por un mal diseño de la envolvente, orientaciones y otros factores relacionados. Se ha detectado que en los últimos cuarenta años la calidad térmica de la envolvente de viviendas y otros edificios viene cayendo a la par que crece la demanda de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este trabajo se muestran resultados de mediciones realizadas en tres puntos del país, se discuten causas y medidas de mejoramiento. Por otra parte se mencionan los proyectos de investigación que está llevando adelante el grupo.

### PALABRAS CLAVE

Viviendas, arquitectura bioclimática, eficiencia energética, confort ambiental, climas húmedos.

### INTRODUCCIÓN

Desde su entrada en vigencia en febrero de 2005 el Protocolo de Kyoto compromete a nuestro país a conocer y reducir el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Hasta la fecha salvo la serie de Normas IRAM sobre acondicionamiento térmico de edificios no existen propuestas y medidas efectivas para la mitigación del cambio climático por parte de nuestro país. La matriz energética de nuestro país depende en un 88% de fuentes fósiles no renovables (Fig. 1). Este tipo de energía emite en su utilización mediante combustión grandes cantidades de GEI (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, MP, etc) haciendo que nuestro país a pesar de la escasa cantidad de población, bajo nivel de industrialización, gran parte de la población bajo la línea de pobreza, tenga un lugar destacado en el grupo de países no incluidos en el anexo 1.



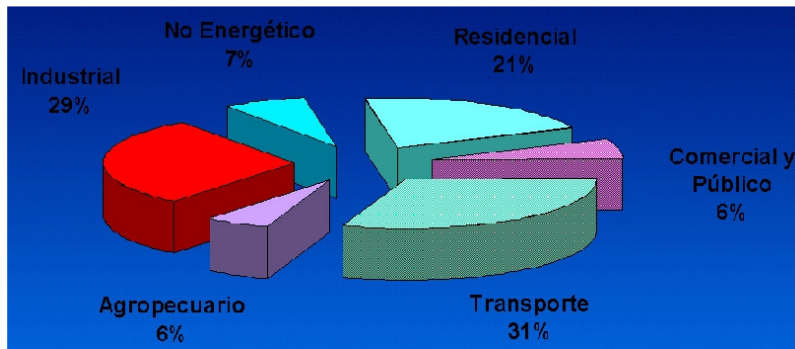
**Figura 1:** Matriz energética de la Argentina. Fuente: MECON.

Así a nivel global dentro de este grupo de países solamente estamos por debajo de Indonesia y por sobre Kazajistán con ~250.000 Gg CO<sub>2</sub> equivalente. Y si nos comparamos con las partes incluidas en el Anexo I (países desarrollados) estamos por sobre Grecia y por debajo de Bélgica. Si tomamos como referencia solamente Latinoamérica ocupamos el tercer

<sup>Φ</sup> Profesor Titular Instalaciones I-II. Investigador Adjunto CONICET.

lugar por debajo de Brasil y México (R. Acosta Moreno, 2004).

La pregunta a realizarnos es: ¿Cuál es la participación del sector edilicio que cae bajo la incumbencia de los profesionales de la arquitectura?



**Figura 2:** Discriminación por sectores del consumo final de energía en Argentina al 2000. Fuente: MECON.

La figura 2 muestra como se distribuyen los 45.1 millones de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) en nuestro país. Un análisis nos muestra que el 58% (residencial, comercio y público y transporte) se encuentra dentro del campo de incumbencias del arquitecto y del cual el 27% son edificios. Así

podemos estimar que los edificios para habitación humana en nuestro país están emitiendo 24.200 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Pero a partir de aquí no hay antecedentes de cómo estas emisiones se distribuyen a nivel edilicio ni que medidas de mitigación son posibles y factibles y mucho menos una estimación de las inversiones que serían necesarias en el mediano y largo plazo para reducir las emisiones del país.

El grupo ha trabajado y trabaja desde hace dos décadas en el monitoreo y evaluación de las características térmicas y de eficiencia energética edilicia en varias zonas climáticas del oriente del país y ha desarrollado metodologías y herramientas para abordar un universo de análisis complejo. Para esto puede trabajarse a nivel macro, a nivel de tipos representativos y a nivel de edificio.

Se han desarrollado modelos de ahorro de energía en calefacción y refrigeración de edificios que son antecedentes de los estándares de calidad establecidos en las Normas IRAM 11604 y 11659. Además se coordinó la redacción del decreto reglamentario de la ley 13059 de la Provincia de Buenos Aires sobre eficiencia energética en las edificaciones.

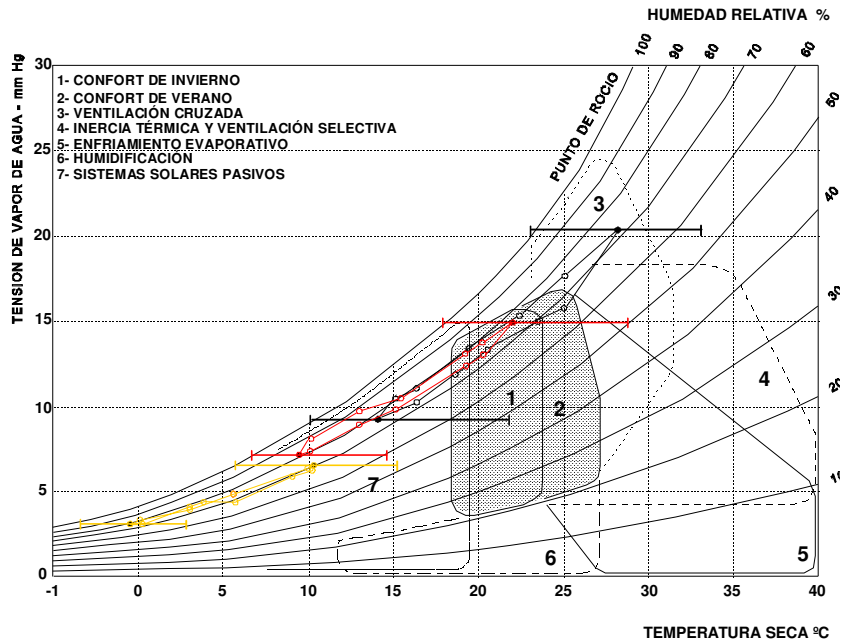
Se trabajo sobre la desagregación de consumos en viviendas a nivel de calefacción, cocción y agua caliente sanitaria en un modelo de consumo basado en mediciones. Se continúa trabajando a nivel de vivienda individual y colectiva en altura, sea de producción privada o pública, en edificios de oficinas en tres regiones del país (Misiones, Buenos Aires y Tierra del Fuego).

Todos estos antecedentes son el soporte de una nueva fase necesaria en el avance de los trabajos de investigación que se vienen realizando, a fin de generar propuestas de mejoramiento del parque edilicio que tengan una posible incidencia de fondo en las políticas de eficiencia energética.

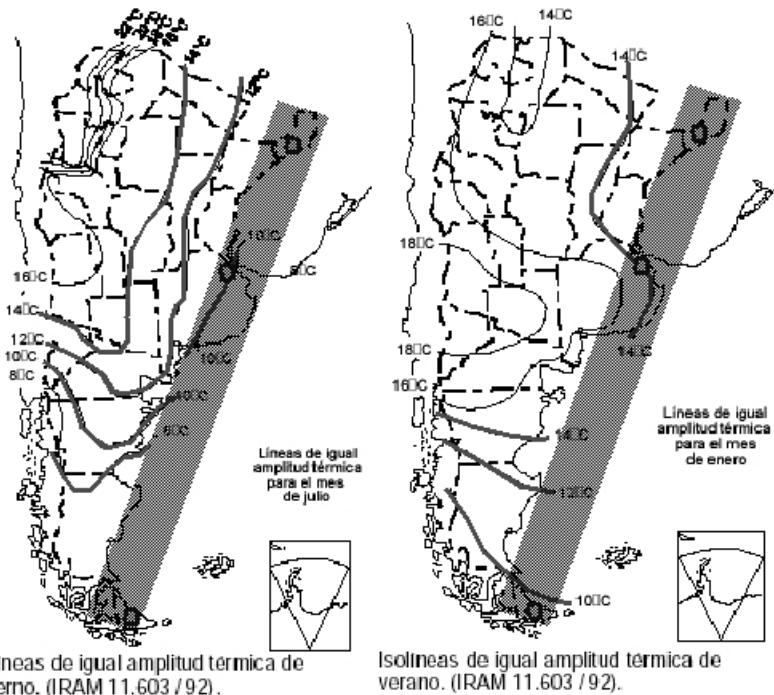
Los estudios se orientaron a verificar y profundizar conocimientos relacionados con el comportamiento higrótérmico en viviendas de bajo costo de producción estatal, con la definida intención a mediano plazo de propender a un diseño arquitectónico ambientalmente adecuado y su transferencia al medio. Todo ello con el fin último de elevar la calidad de vida de sus ocupantes.

En la figura 3 se muestran las características de las tres zonas en estudio donde las gráficas de datos medios mensuales de temperatura y humedad muestran valores de HR media siempre superiores al 70% con temperaturas medias que van desde  $-0,8^{\circ}\text{C}$  en Tierra del fuego a  $28^{\circ}\text{C}$  en Misiones. La figura 4 muestra mapas climáticos del país con la zona en estudio.

En todo el país con diferentes operatorias y planes mediante el financiamiento del Fondo Nacional de la Vivienda FONAVI, Institutos provinciales de vivienda, municipios y entidades intermedias construyen viviendas de interés social. Mientras en el interior del país las provincias mantienen centralizada la gestión de dichos recursos en la provincia de Buenos Aires actúa como un estudio de proyecto operando con convenios específicos con municipios y organizaciones intermedias. En 2003 se sancionó una Ley Provincial (13059/03 BsAs) que exigiría el cumplimiento de Normas IRAM aunque se encuentra sin reglamento. El objetivo de los proyectos consiste en evaluar la situación ambiental edilicia en viviendas de gestión pública o privada, proponer medidas de mejoramiento, reducción de emisiones, revisión de normativas y otros afines.



**Figura 3:** Características bioclimáticas de la zona en estudio desde muy cálido húmedo (Oberá, Misiones), templado cálido (La Plata, Buenos Aires) a muy frío (Río Grande, Tierra del Fuego).



**Figura 4:** Mapas de la Argentina indicando las isolneas de igual amplitud térmica para invierno y verano. Considerando húmedas las zonas con amplitud mayor o igual a  $14^{\circ}\text{C}$ .

El objetivo de los proyectos consiste en evaluar la situación ambiental edilicia en viviendas de gestión pública o privada, proponer medidas de mejoramiento, reducción de emisiones, revisión de normativas y otros afines.

## HERRAMIENTAS Y MÉTODOS

La metodología a utilizar es la que se ha venido desarrollando durante los últimos veinte años en la evaluación y mejoramiento del hábitat en zonas muy cálidas, templadas y muy frías del país. En la propuesta de tecnologías innovadoras en cuanto a eficiencia energética de viviendas y edificios. En el desarrollo y transferencia de modelos de ahorro de energía en calefacción y refrigeración. Revisión de normas sobre acondicionamiento térmico edilicio. Entre otros.

En el proyecto se utilizaron los métodos y técnicas desarrollados por el IDEHAB-FAU-UNLP que asimismo proveyó la mayor parte del instrumental de medición hasta que se consoliden con subsidios específicos los nuevos grupos de la Facultad de Ingeniería-UNaM y Facultad de Arquitectura-UNLP. En las mediciones se utilizó el siguiente instrumental: 2 Termohigrógrafo S.I.A.P. THG – 103 – DS, 8 termo-higrómetros de máxima y mínima digitales TFA, 4 termómetros de máxima y mínima, 2 luxómetros digitales TES 1332 y 1330 con rangos 200-200000 lux y 20-20000 lux respectivamente, 14 microadquisidores de datos de dos y cuatro parámetros HOBO H8-004. En la calibración de los termohigrógrafos se utilizó un higrómetro de precisión SIAP.

Las mediciones se realizaron a lo largo de siete días en climas templado a frío y cinco días en clima muy cálido. La muestra total alcanzó a 65 casos con auditoria detallada y 30 casos con auditoria global.

En la auditoria global se realiza una encuesta socio-energética desarrollada por la UI-IDEHAB que comprende los siguientes aspectos: características de la vivienda, datos de los integrantes del hogar, características ocupacionales de los miembros del hogar, factor de ocupación de la vivienda, equipamiento energético, consumo de combustibles discriminados mensualmente, hábitos de cocción, hábitos de agua caliente, iluminación. Opinión sobre: confort térmico y lumínico. Movilidad del grupo familiar. Percepción de la situación ambiental del entorno y del equipamiento barrial. Acceso, percepción y sustitución de servicios urbanos. Características formales, dimensionales y constructivas de la vivienda. En la auditoria detallada se registra el comportamiento higrotérmico y lumínico, más el gasto de energía del período medido.

Para la caracterización del parque habitacional se utiliza el “método de reducción de espacio de atributos” mediante análisis multivariado “cluster” (Czajkowski, 1992). En la modelización ambiental edilicia las herramientas informatizadas “EnergCAD” y “AuditCAD” (Czajkowski, 1994-04) y en la simulación numérica “Codyba” (INSA, Lyon), “SIMEDIF” (INENCO, UNSa) y “EnergyPlus” (US, Department of Energy).

## DISCUSIÓN

*Situación clima muy cálido húmedo:*

La figura 5 muestra uno de los barrios auditados en el verano del 2005 correspondiente a la tipología bloque bajo. Del análisis de los datos puede observarse que en los tres primeros días (cielo claro) la amplitud térmica exterior fue de 12°C mientras la amplitud térmica en el interior de la vivienda fue de 3.5°C. Esto muestra el efecto amortiguador de la masa del edificio con ventilación cruzada permanente y presencia de arbolado de porte cercana a una de las caras del departamento. Pero si analizamos la respuesta del edificio

en relación al exterior (Figura 6) vemos que mientras la temperatura media exterior fue de 29.8°C (9 registros), la temperatura media en el interior del departamento fue levemente superior 30.5°C (8 registros). Esto muestra una mala respuesta que “a priori” puede deberse a una mala calidad de la envolvente (muros  $K= 1,84 \text{ w/m}^2\cdot\text{K}$ ), alta exposición, escasa protección solar, ventilación inadecuada, alta carga térmica interior, mala orientación, entre otros. Por otra parte se registra un comportamiento higrotérmico medio interior que dista del confort 30.5°C y 39.8%.

En la Figura 7 se analiza el comportamiento higrotérmico de un caso de vivienda mediante el diagrama de Givoni donde se puede observar (puntos y líneas de trazo) que la variación de los registros exteriores indican que si se diseña un edificio con inercia térmica, adecuadamente aislado

térmicamente del exterior, con buena protección solar en aberturas y mínima ventilación diurna y luego buena ventilación cruzada nocturna pueden lograrse adecuados niveles de confort higrotérmico. Si ahora analizamos la respuesta del edificio respecto del diagrama podemos notar que salvo el extraño día de 38°C (valor dudoso: manipulación incorrecta del instrumental, objeto cercano caliente o ingreso rayo solar, etc) los días restantes la estructura del edificio no solamente logró amortiguar significativamente la gran amplitud térmica exterior sino que mantuvo al local en una situación mixta entre necesidad de inercia térmica, ventilación selectiva, ventilación cruzada y enfriamiento evaporativo.



Figura 5: Viviendas interés social media densidad en Misiones. Fotos: Czajkowski, 02/2005).

GRAFICO EN FUNCION DE TEMPERATURAS, MEDIA EXTERIOR E INTERIOR

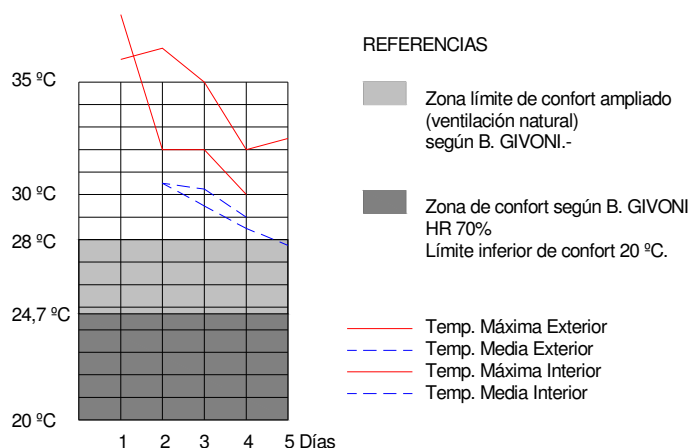


Figura 6: Gráfico elaborado a partir de los datos obtenidos de los termohigrógrafos TH-I y TH-IV. (Czajkowski et al, 2005)

De este análisis surge que con mínimas mejoras en la envolvente del edificio (aislamiento térmico en techos y la cara exterior de muros, protección solar en aberturas) junto a un adecuado entrenamiento a los habitantes respecto de ventilar mucho en el período nocturno y muy poco durante el día, manteniendo en penumbra la vivienda y utilizando ventilación mecánica para favorecer la evapotranspiración corporal con un mínimo agregado de vapor de agua es posible obtener una significativa mejora en el confort.

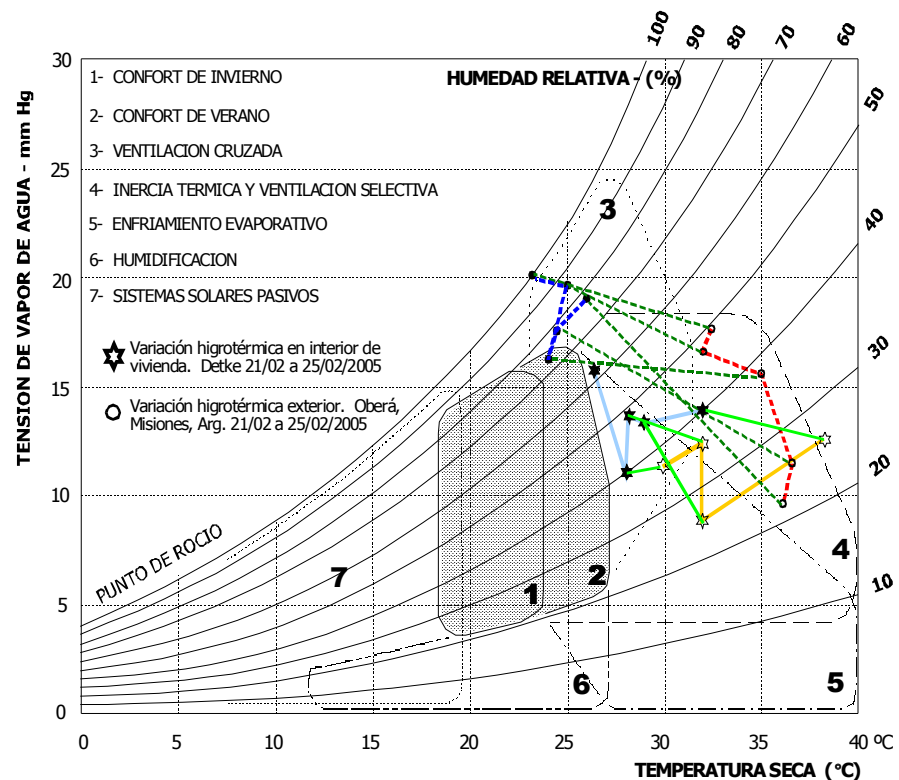


Figura 7: Confort higrotérmico de vivienda auditada contrastando interior - exterior. Oberá, Mnes, Arg. 21 a 25 feb 2005. (Czajkowski et al, 2005)

*Situación clima templado húmedo:*

En la zona pampeana donde se encuentran la ciudad de La Plata, provincia de Buenos Aires prima un ambiente húmedo todo el año (Figura 1) y son frecuentes los problemas de humedades en encuentros de muros y techos. Es una zona donde a lo largo de 20 años se han realizado la mayor cantidad de mediciones en prácticamente todos los tipos edilicios sean de producción pública o privada. Se encontró una constante y es una continua degradación de la calidad térmica edilicia (Figura 8). Esta situación de

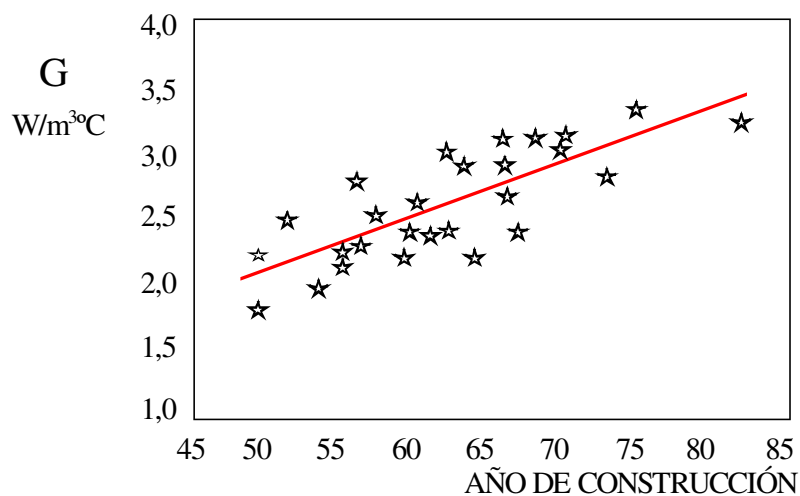


Figura 8: Relación entre el coeficiente volumétrico G y el año de construcción de viviendas unifamiliares económicas. (Czajkowski, 1992)

degradación, falta de reglamentaciones, no obligatoriedad de cumplimiento de normas nacionales llevó a patologías tales que en el 2003 se sancionó la ley provincial 13059 a fin de regular la construcción de edificios para habitación humana. En la figura 9 puede observarse el interior de una vivienda de interés social en el sur bonaerense a solo un año de ser habitada.



Figura 9: Patologías higrotérmicas en el interior de una vivienda de interés social en Buenos Aires.

Respecto del confort higrotérmico se seleccionaron los días críticos en cada época del año, registrándose los datos horarios en un diagrama psicrométrico, comparándose este ciclo con las zonas de confort de B. Givoni (figura 10). Puede observarse que durante el 70 % del día en invierno la vivienda se encuentra fuera de la zona de confort, aunque dentro del área donde se alcanza el confort con radiación solar. Se presentan resultados de medición de dos viviendas (invierno y verano), a efectos de mostrar el comportamiento del registro y su diagnóstico.

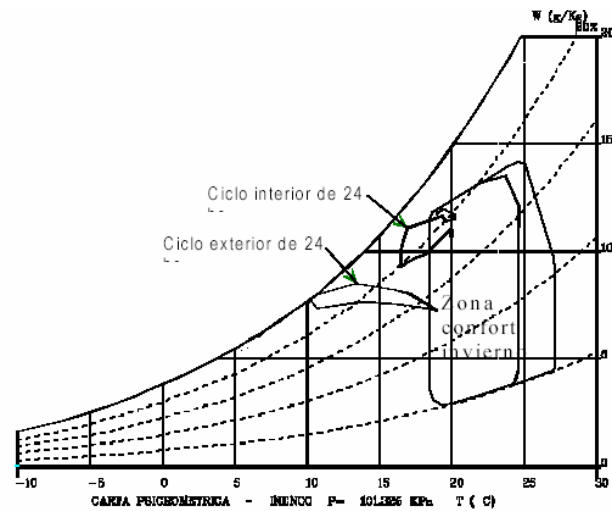


Figura 10: Confort higrotérmico invernal en una vivienda económica en La Plata. (Czajkowski et al, 1999).

Otro análisis de confort continuo se realizó para la situación de verano. Registrándose los datos de la semana de medición con un intervalo de 30 minutos sobre un diagrama de confort, con el fin de determinar la frecuencia y respuesta de la estructura edilicia en el amortiguamiento de los picos de temperatura exterior (figura 11).

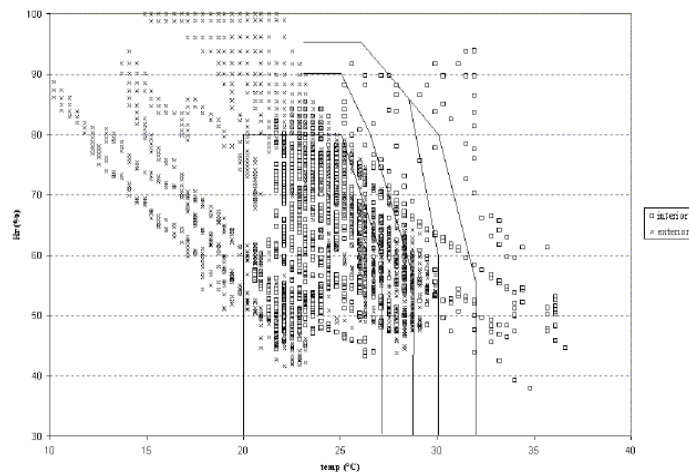
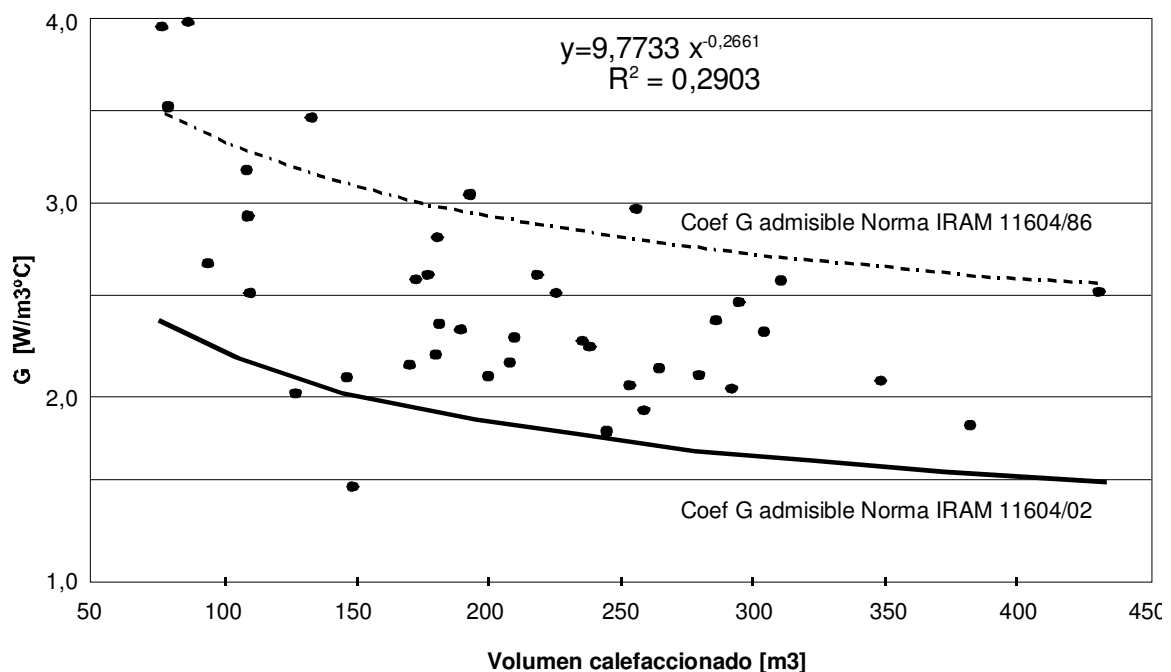


Figura 11: Confort higrotérmico estival en una vivienda económica en La Plata, Buenos Aires. (Czajkowski et al, 1999).

La figura 12 muestra claramente la no obligatoriedad de las normas nacionales de eficiencia energética edilicia y también la continua actualización y revisión de las mismas. Cada punto es un caso auditado donde puede verse la bajísima calidad de las viviendas de menor tamaño (34 a 45 m<sup>2</sup>), que corresponden casi en su totalidad a viviendas de interés social con valores de G entre 3,0 y 4,0 W/m<sup>3</sup>°C. También puede notarse una muestra sesgada hacia los sectores de ingresos medios con tamaños entre 55 y 115 m<sup>2</sup> pero con valores de G entre 2,0 y 3,0 W/m<sup>3</sup>°C y una gran dispersión. Salvo tres casos de viviendas bioclimáticas de la región el resto del parque se encuentra fuera de lo establecido en normas.

Normas a solamente implican el equivalente a 0,025 m de aislamiento térmico ( $\lambda = 0,035$  W/m.K) en muros y 0,05 m en techos para una relación vidriado/opaco menor al 30%. Hemos encontrado que este nivel de aislamiento permite ahorrar entre el 30 y el 40% de energía, mejorando el nivel de confort, minimizando patologías, reduciendo emisiones con sobre-costos en obra nueva no superiores al 1% y amortizables en tres años. Aún así no se logra consenso en las ventajas de aplicación de las normas.



**Figura 12:** Gráfico donde se muestra la nube de puntos correspondiente a la muestra de viviendas auditadas en La Plata respecto del cumplimiento de la Norma IRAM sobre ahorro de energía en calefacción en las versiones de 1986 y la actualización vigente desde el 2002. (Czajkowski et al, 2002).

#### *Situación clima muy frío húmedo:*

La figura 1 mostraba la rigurosidad del clima sur patagónico calificado como zona VI, muy frío (Norma IRAM 11.603, 1992). Posee veranos fríos e inviernos muy rigurosos (Datos medios anuales: T<sub>máx.med.</sub>: 15,8 °C, T<sub>mín.med.</sub>: - 3,6 °C, con una HR: 73%, vientos muy fuertes, en la mayor parte del año, de SO y 5482 grados día (Base 20 °C). La temperatura mínima de diseño en invierno es de -11,6 °C. Se realizaron veinte auditorías energéticas detalladas en la ciudad de Río Grande y seis en la ciudad de Tohulin. La localidad de Río Grande se ubica al NE de la provincia de Tierra del Fuego a 53° 40', 67° 40' y 70 m, de latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar, respectivamente, con una población de aproximadamente 55.000 habitantes.

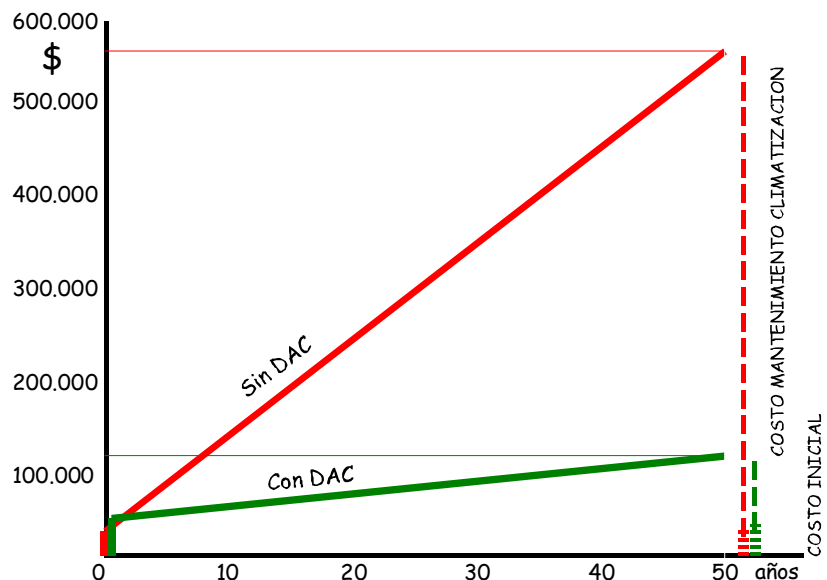
En los últimos 20 años se han construido tantas viviendas por parte del estado que en la actualidad es la única provincia sin déficit habitacional y donde más del 75% de las viviendas fueron construidas por el Instituto Provincial de la Vivienda. Una investigación que está realizando el grupo muestra una gran dispersión en los sistemas constructivos y en la calidad térmica pero con altos valores de G similares a los mencionados para zonas templadas. El confort no solamente se alcanza sino que se llega al sobrecalentamiento con medias superiores a 25°C en el interior de las viviendas auditadas. Este derroche se consigue debido a los grandes subsidios directos que reciben los usuarios en sus facturas. Con la contradicción de que se subsidia la energía pero no la eficiencia energética edilicia.

Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina.  
Latitud: 57° sur.



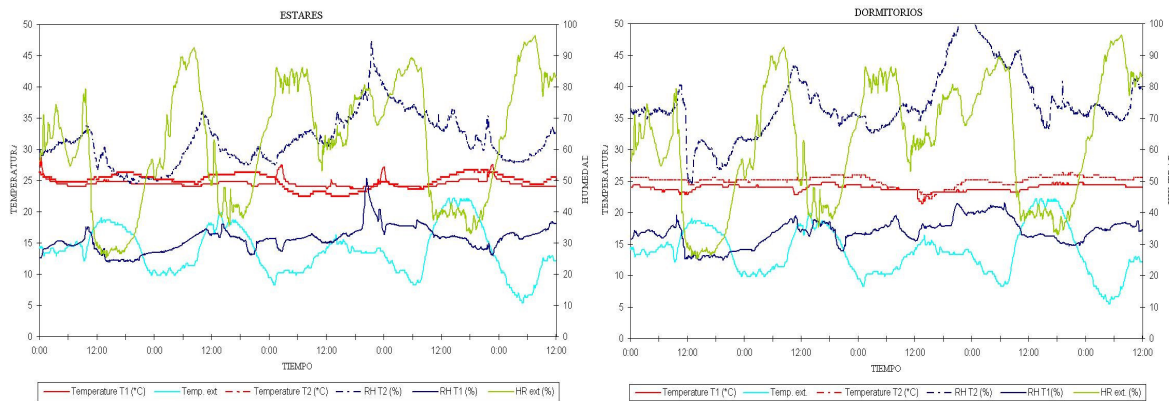
**Figura 13:** Viviendas de interés social en Tierra del Fuego.  
Fotos: Czaikowski, 2005.

Un análisis para ver la eficacia en la implementación de medidas de eficiencia energética puede verse en la figura 14. Aquí una vivienda fueguina estándar en su vida útil (50 años) consumirá a valores de gas sin subsidio 15,5 veces el valor de costo inicial de construcción. Mientras que de aplicarse la normativa vigente solamente se invertiría 0,14 veces el costo inicial reduciendo en la vida útil a 1,75 veces el consumo de energía en climatización.



**Figura 14:** Gráfico que muestra la diferencia de gasto de energía en una vivienda de interés social construida sin Diseño Ambientalmente Consciente DAC y con DAC (Czajkowski – Gómez, 2001).

La figura 15 muestra el comportamiento higrotérmico en algunos casos medidos en Río Grande donde en línea roja se ve como la temperatura se mantiene prácticamente constante a lo largo de 7 días de medición entre 24 y 26°C con temperaturas exteriores que oscilan entre 1°C y 20°C en verano. No se muestran valores de invierno debido a que se están procesando las mediciones realizadas en agosto de este año.



**Figura 15:** Comportamiento higrotérmico de los estar y dormitorios del Tipo 1 y 2 (Díaz, C et al 2005).

## CONCLUSIONES

Lo expuesto es una apretada síntesis de la situación de la calidad térmica y comportamiento higrotérmico de las viviendas de interés social en el universo de análisis en estudio. Es importante remarcar que el trabajo con centro en La Plata se realiza con un pequeño nuevo grupo 1500 km al norte en la zona subtropical Argentina y otro trabajo de tesis 3000 km al sur estos con muy bajo presupuesto.

Se ha buscado demostrar que a pesar de existir normativa no es de cumplimiento obligatorio, pero por otra parte hay una constante degradación de la calidad térmica de la edificación. Calidad que es más baja cuando menores recursos tiene el grupo social al cual se dirige y que cuando aparecen serias patologías la solución es subsidiar los combustibles.

Lamentablemente para la clase política resulta más sencillo cobrar un impuesto a los habitantes de la zona templada para que subsidien el derroche de la zona fría. En la zona muy cálida los resultados son preliminares pero puede notarse que no hay interés en ver la eficiencia energética y el confort higrotérmico como un problema.

En los siguientes proyectos financiados o presentados se buscará dar respuestas y propuestas de mejoramiento a los problemas detectados en los próximos años:

*Aprobado y/o financiado:*

# *Integración de sistemas solares y diseño ambientalmente consciente en edificios en altura para oficinas y viviendas de bajo costo.* Beca Doctoral Arq. Cecilia Corredera.

# *Evaluación y mejoramiento ambiental de viviendas de interés social sur - patagónicas.* Beca Doctoral Arq. Cristian Díaz.

# *Evaluación del comportamiento higrotérmico de viviendas de interés social en la provincia de Misiones.* FI-UNaM.

# *Evaluación del potencial de ahorro y uso racional de energía en viviendas de la provincia de Misiones.* PIP CONICET 2004.

# *Eficiencia Energética en el Hábitat Construido.* PAV - ANPCyT 2004.

Presentado:

# *Edificios para habitación humana en climas húmedos. Evaluación y propuesta de medidas para la mitigación del cambio climático.* FAU-UNLP 2005.

# *Eficiencia energética edilicia en la provincia de Buenos Aires. Aporte a la mitigación del cambio climático.* Concurso PICT 2005.

## REFERENCIAS

1. Acosta Moreno, Roberto (2004). Inventario de gases de efecto invernadero de las partes incluidas y no incluidas en el Anexo I. Trabajo presentado en el Seminario sobre la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina. Organizada por UNFCCC. Buenos Aires.
2. Czajkowski, J. y Rosenfeld, E. “Procedimiento de calificación tipológico-energética mediante el uso del método REAT. Aplicación a unidades de internación hospitalaria”. *Actas ASADES’19, Mar del Plata, 1996. Pág 09.9-12.*
3. Czajkowski, J. et Al “Monitoreo de contaminantes urbanos”. *Actas ASADES’19, Mar del Plata, 1996. Pág 09.25-28.*
4. Czajkowski, J. et Al “ENERNORM: Sistema informatizado para la evaluación bioambiental de edificios y sus partes según normas nacionales”. *Actas ASADES’19, Mar del Plata, 1996. Pág 06.5-8.*
5. Czajkowski, J. y Rosenfeld, E. “EnergocAD: Sistema informatizado para el diseño bioclimático de alternativas edilicias”. *Actas ASADES’15, Catamarca, 1992. Pág 127-136.*
6. Czajkowski, J. y Rosenfeld, E. “Resultados del análisis energético y de habitabilidad higrotérmica de las tipologías del sector residencial urbano del área metropolitana de Buenos Aires”. *Actas ASADES’14, Mendoza, 1990. Pág 131-136.*
7. Czajkowski J. y Rosenfeld E.(1995). Sistema informatizado en ambiente CAD EnergocAD para el diseño bioclimático y diagnóstico energético de edificios en múltiples escenarios. *Actas III Encontro Nacional y I Encontro Latino-Americano de Conforto No Ambiente Construido. Gramado, Brasil*
8. Czajkowski, Jorge. (1999) Desarrollo del programa AuditCAD para el análisis de edificios a partir de auditorías ambientales. *En Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Pág. 08-5 a 8. Vol 3. Nro 2.*
9. Czajkowski Jorge, Carlos Discoli, Cecilia Corredera y Elías Rosenfeld. (2002). Comportamiento energético ambiental en viviendas del gran La Plata. *En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 6, Tomo 1, Pág 01.61 a 01.65.*
10. Czajkowski Jorge, Corredera Cecilia y Saposnik Mariana. (2003) Análisis de la relación entre demanda de gas natural en calefacción según “EnergocAD” y consumos reales en viviendas unifamiliares del gran La Plata. *En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 7, Tomo 1, 6 Pág.*
11. Czajkowski J; Corredera C; Díaz C; Belloni P. (2004) Evaluación del comportamiento energético de un conjunto edilicio de alta densidad en Neuquén. *En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 8, Tomo 1, 6 Pág.*
12. Czajkowski, J. y Brázzola, R. (2005) Auditorías energéticas en viviendas de interés social en Oberá, Misiones. Situación de verano. *En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 9, Tomo 1, 6 Pág.*

13. Diaz, C. Corredera, C y Czajkowski, J. (2005). Resultados de mediciones de confort higrotérmico en viviendas de interés social en Tierra del Fuego. Campaña de verano. *En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 9, Tomo 1, 5 Pág.*
14. Díaz C; Czajkowski J. (2004) Comportamiento térmico de viviendas populares en Tierra del Fuego (Argentina). *En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 8, Tomo 1, 6 Pág.*
15. Givoni, B. "Man, Climate and Architecture". 2nd ed. Applied Science Publishers, Londres, 1979.
16. Givoni, B. "Models of Passive Cooling System". *Actas PLEA'88 Energy and Buildings for Temperate Climates. Pergamon Press. Porto, Portugal, 1988. Pág 521-526.*
17. IRAM. "Acondicionamiento térmico de edificios". Serie de normas nacionales: 11525, 11601, 11603, 11604, 11605, 11625, 11630, 11659-1 y 2.
18. Olgyay, V. "Design with Climate". Princeton University Press. 1963.
19. Rosenfeld, E. et Al "Pautas para mejorar la habitabilidad higrotérmica en la provincia de Buenos Aires". *Actas ASADES'16, La Plata, 1993. Pág 81-86.*
20. Rosenfeld, E. et Al. "Evaluación del sector residencial consumidor de gas envasado en el área metropolitana de Buenos Aires". *Actas ASADES'14, Mendoza, 1990. Pág 145-150.*
21. Rosenfeld, E. et Al. "Mejoramiento de las condiciones energéticas y de habitabilidad a nivel regional. El caso bonaerense". *Actas ASADES'15, Catamarca, 1992. Pág 79-86.*
22. Rosenfeld, E. et al. "El consumo de energía en el sector residencial del área metropolitana de Buenos Aires. Potencial de URE". *Actas ASADES'13, Salta, 1988. Pág 281-288.*
23. Rosenfeld, E. et al. "Consumo y conservación de energía en el sector residencial de la villa minera de Rio Turbio". *Actas ASADES'13, Salta, 1988. Pág 357-364.*
24. Rosenfeld, E. et Al "Reducción de la contaminación urbana por ahorro energético en el sector residencial. El caso del área metropolitana de Buenos Aires, Argentina". *Actas ASADES'19, Mar del Plata, 1996. Pág 08.5-8.*

## AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a mis becarios los Arqs. Cecilia Corredera y Cristian Díaz por la colaboración brindada en los proyectos, a la Arq. Analía Gómez por sus constantes observaciones y críticas constructivas, al Ing Rubén Brázzola de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones y otros colaboradores. A la EEET N°1 "Campañas al Desierto" de Trenque Lauquen por el gentil préstamo de instrumental. Al Gobierno de la provincia de Tierra del Fuego por facilitar los gastos de transporte. A la Dra Graciela Lesino y a los miembros de la Red CyTED por permitirnos mostrar nuestro trabajo. A todos los que de una u otra manera nos brindaron su apoyo en este difícil año 2005.



## **ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN DE RESERVAS DE BIENES CULTURALES EN MUSEOS**

**Prof. Arq. Analía Fernanda Gómez<sup>1</sup>**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata  
Cátedra de Instalaciones 2 — GruFoNC: Grupo Formación Nodos Culturales  
Calle 47 N°162 CC 478 — B1900GGD La Plata, Buenos Aires, Argentina.

[www.mouseion.com.ar](http://www.mouseion.com.ar) // [www.arquinstal.com.ar](http://www.arquinstal.com.ar)

Tel. +54-221-4236587 al 90 Int.255. [afgomez@mouseion.com.ar](mailto:afgomez@mouseion.com.ar)

### **RESUMEN**

Desde 1997 se viene trabajando en el relevamiento de las condiciones ambientales en museos, se han auditado desde esa fecha los siguientes museos: Museo Dardo Rocha (La Plata); Museo de Bellas Artes (La Plata); Museo Nacional del Grabado (Buenos Aires); Museo Nacional Histórico Sarmiento (Buenos Aires); Museo de Instrumentos Musicales Dr. Emilio Azzarini (La Plata); Museo del Holocausto “Shoá” (Buenos Aires); Museo de la Casa Rosada (Buenos Aires); Museo Quinquela Martín (Buenos Aires); Museo Judío – Templo Libertad (Buenos Aires)

De todos los análisis desarrollados se han separado los espacios en: salas de exposición, administración y reserva ó depósitos. En estos últimos se ha hecho hincapié a partir de la importancia planteada por los responsables de conservación de los museos, por ser estas las áreas más vulnerables y las muchas veces menos estudiadas y controladas.

Es por este motivo y en la inquietud planteada desde las mediciones realizadas, en el año 2000 los responsables del Museo del Holocausto, museo en formación, plantean la posibilidad de trabajar su reserva con acondicionamiento bioclimático. Es así que se plantea un proyecto de refuncionalización del área de documentación y reserva.

Se realizaron mediciones pre-refuncionalización para manejar los parámetros de temperatura y humedad relativa existente y así seleccionar la mejor ubicación de la zona de reserva.

Se presenta a continuación detalles de cómo fue concebida la reserva en el Museo del Holocausto y resultados de mediciones realizadas pos-ocupación de la misma. Hay que resaltar que este fue un proyecto integral que no solo abarcó la cuestión edilicia, sino también, el acondicionamiento de todo el acervo para su guarda posterior en condiciones de conservación, este trabajo fue realizado en el Taller de Conservación, que detallaremos mas adelante.

### **RESERVA DEL MUSEO DEL HOLOCAUSTO –SHOÁ–**

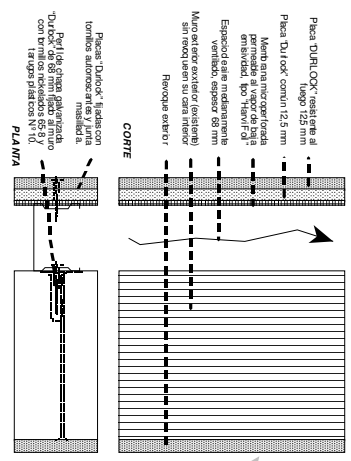
Sistema DEV - Doble Envolverte Ventilada: Tiene como objetivo reducir la carga higrotérmica de un local a fin de acondicionar el aire mediante técnicas pasivas.

---

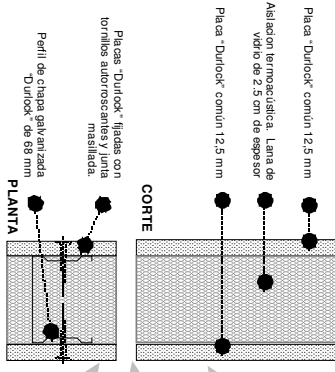
<sup>1</sup> Investigadora Adjunta CONICET  
Profesora Adjunta Cátedra de Instalaciones FAU-UNLP



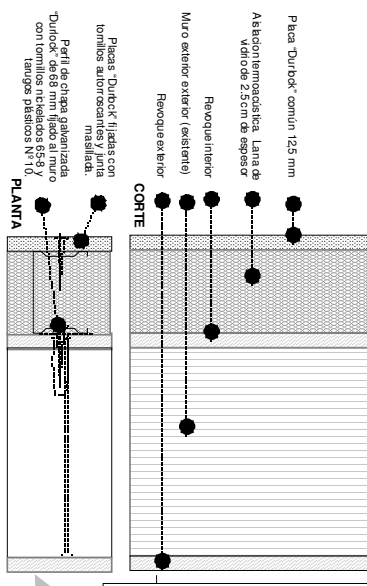
**DETALLE MURO RESERVA**



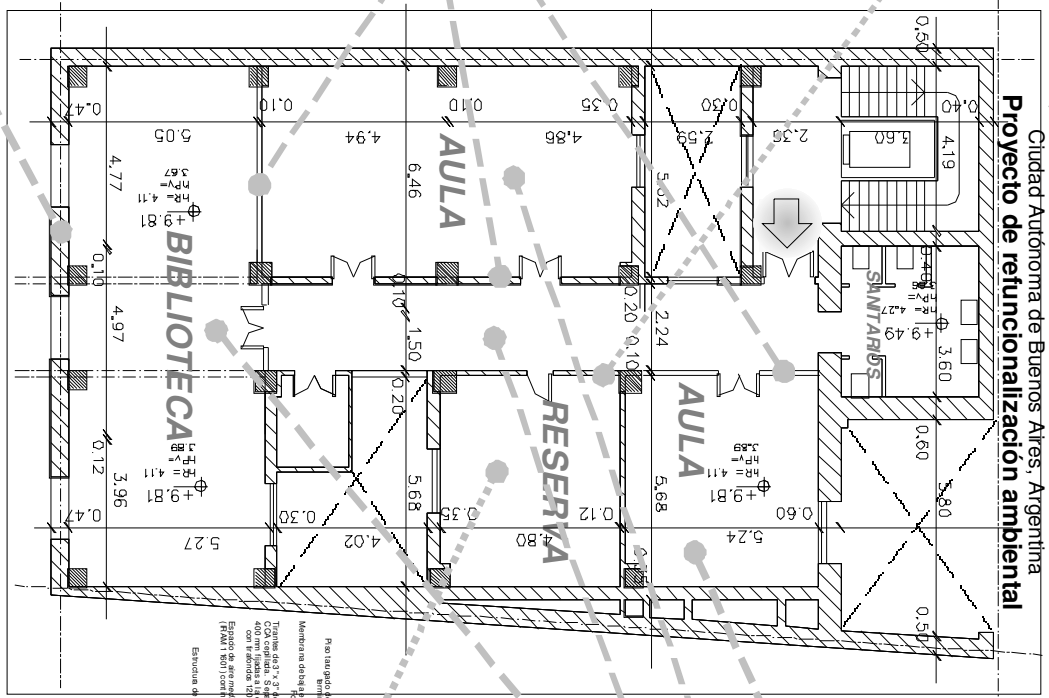
**DETALLE MURO INTERIOR AULA A CIRCULACION**



**DETALLE MURO EXTERIOR BIBLIOTECA**

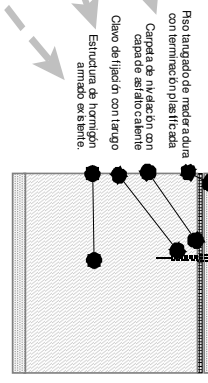


FMH, Fundación Memoria del Holocausto. Museo de la Shoah  
 Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina  
**Proyecto de refuncionalización ambiental**

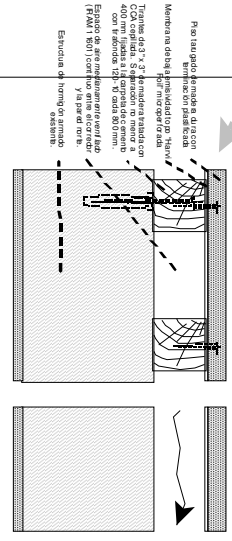


**Planta 2º piso**

**DETALLE PISO DE BIBLIOTECA AULAS Y CIRCULACION**



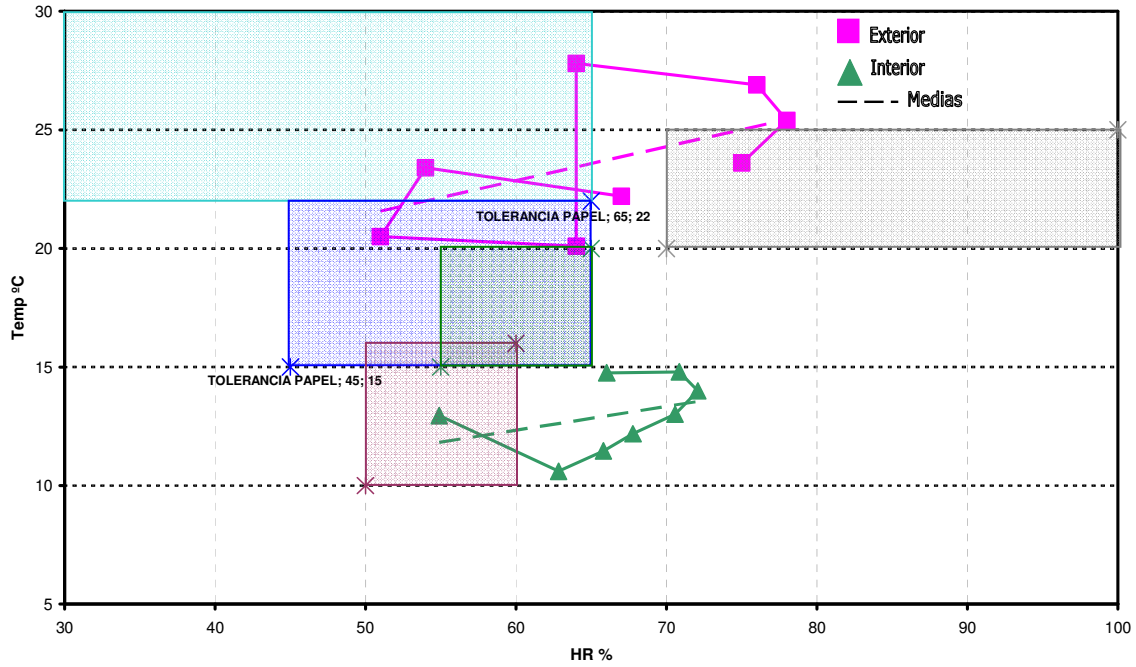
**DETALLE PISO RESERVA**



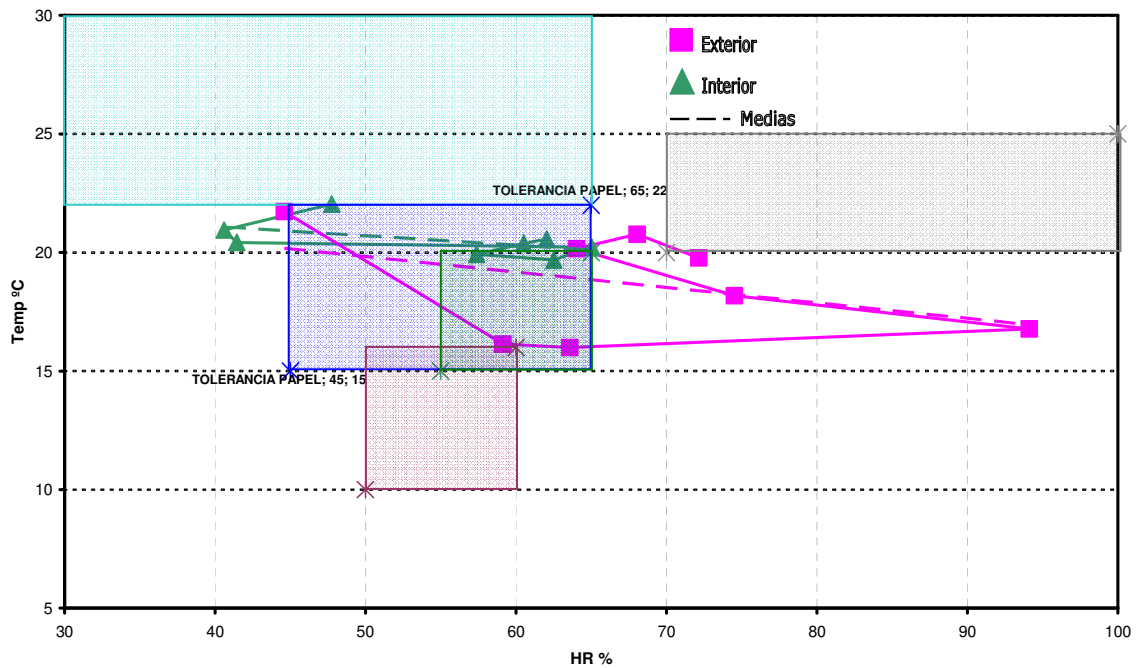
Prof. Arq. Anelie Fernández Còmez  
 www.mousicion.com.ar

Resultados de las mediciones realizadas en el recinto de reserva antes y después de la intervención.

Reserva Museo del Holocausto — mediciones previas (10 al 17 de Julio del 2002)



Reserva Museo del Holocausto — mediciones actuales (11 al 18 de abril del 2005)



## TALLER DE CONSERVACIÓN DEL MUSEO DEL HOLOCAUSTO

Trabajo sobre la colección del museo: Se realizó la estabilización de la colección, mediante limpieza y, en algunos casos, intervenciones. Se confeccionaron acondicionamientos y cajas para el guardado según la tipología de la pieza. Se entrenar a voluntarios para la realización del proyecto. Se documento fotográficamente toda la colección. Se implementaron pautas de utilización y circulación del material. Se trasladaron las piezas a un ambiente controlado y monitoreado.



*Figura 1: Estado de la documentación antes de la intervención*



*Figura 2: Trabajo en el Taller (limpieza y guarda a medida de los documentos)*



*Figura 3: Estado de la guarda en reserva*

## NOMOGRAMA BIOAMBIENTAL APLICADO A LA CONSERVACIÓN DE DOCUMENTACIÓN DE INTERÉS CULTURAL

Mientras se avanzaba en el análisis pormenorizado de las reservas, se comenzó a trabajar en herramientas que posibilitaran a los responsables de estos espacios, contar con datos fidedignos sobre cual debería ser el comportamiento medioambiental.

Es así que tomando la base climática y la regionalización bioambiental planteada por la Norma IRAM 11 603, se realiza un análisis de las situaciones a la cual nos enfrentamos en el extenso territorio nacional; la instancia nacional fue la base, se realizó un estudio tomando como las estaciones correspondientes a la Provincia de Buenos Aires (sede de la mayoría de los museos auditados) siguiendo la regionalización de la IRAM y en estos momentos se está trabajando en una regionalización mas acotada con respecto a los microclimas reinantes en el territorio bonaerense.

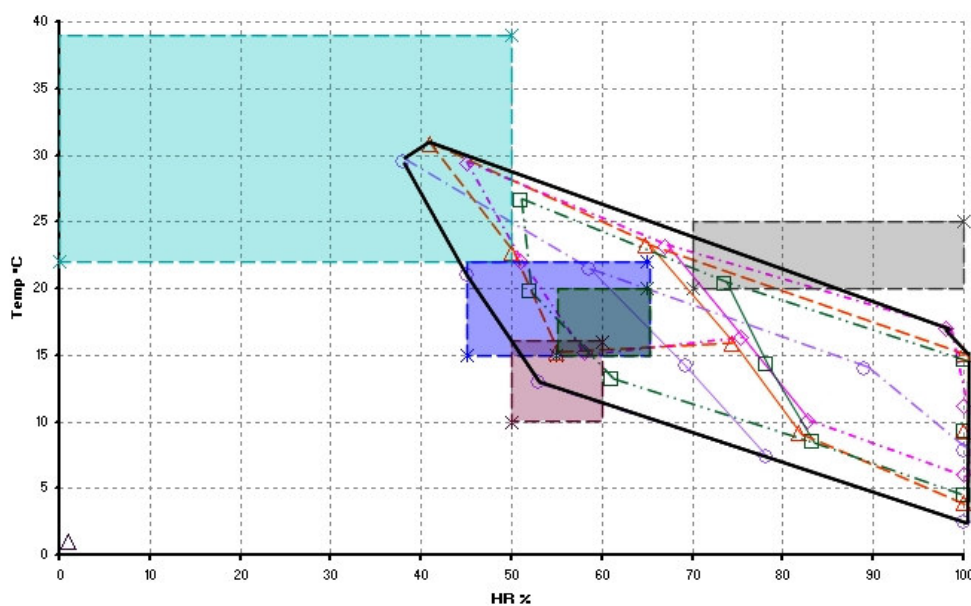


Figura 4: Zonificación para Clima Templado Cálido y Templado Frío — Provincia de Buenos Aires

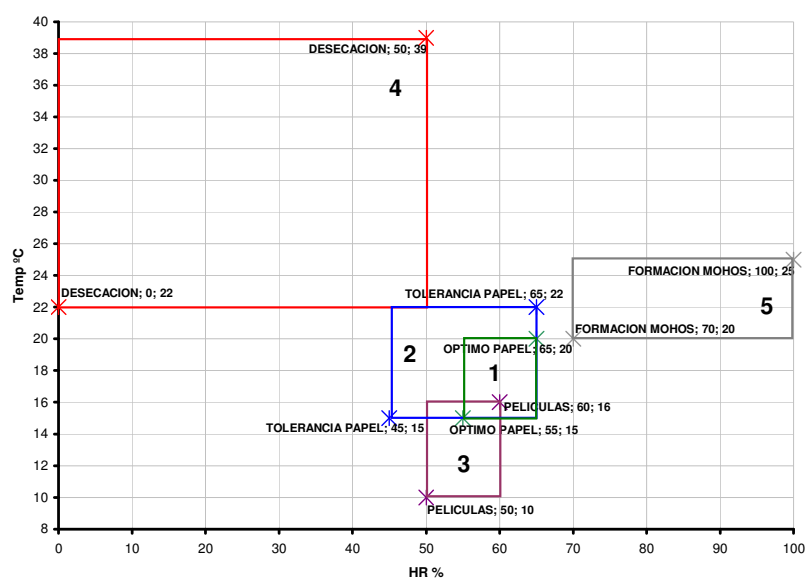


Figura 5: Nomograma de Bell y Fayed

## LOS PROYECTOS RELACIONADOS

“Mejoramiento de las condiciones ambientales en nodos edilicios de interés cultura”. Arq. Analía F. Gómez: 2004-2006. Carrera de Investigador CONICET

“Módulo sustentable para muestras culturales itinerantes”. Arq. Patricia L. Belloni. 2005-2007. Beca Doctoral CONICET

“Guía básica para el relevamiento de las condiciones ambientales en museos”. PIP-CONICET: 2005-2007

“Evaluación de las necesidades de control del entorno para la conservación de los museos de la Red de Museos de la UNLP. Adecuación del procedimiento del Getty Conservation Institute (GCI)”. PIP-UNLP: 2006-2009

## AGRADECIMIENTOS

Al equipo de trabajo actual y el que paso a lo largo de estos años:

Arq. Patricia Belloni (CONICET-FAU-UNLP)

Arq. Cecilia Corredera (CONICET-FAU-UNLP)

Lic. Valeria Ugarte (Museo de la Casa Rosada)

Mus. Elida Reissig (Museo Azzarini UNLP)

Arq. Liliana Meza (FAU-UNLP)

Arq. Susana Cerutti (FAU-UNLP)

Arq. Claudia Rubini (FAU-UNLP)

Cons. Claudia Porcellana (Museo Judío)

Estudiantes IUNA/UMSA: Mus. Cecilia Jorge, Lic. Cynthia Lutzky, Srta. Elisabet Carnero, Srta. Luciana Feld, Srta. Mercedes Fraguas

Estudiantes Bellas Artes UBA/UNLP: Srta. Mariana Luterstein, Srta. Brenda Czajkowski

Arq. Cristina Domínguez (FAU-UNLP) (Mediciones Museo del Grabado y Museo Azzarini)

Arq. Susana Stange (FAU-UNLP) (Mediciones Museo del Grabado e Histórico Sarmiento)

## REFERENCIAS

Bell L. y Faye B. (1980). La concepción de los edificios de archivos en los países tropicales. Colección Documentación, bibliotecas y archivos. UNESCO, París, Francia.

Czajkowski J. y Rosenfeld E. (1992). Regionalización bioclimática de la Provincia de Buenos Aires. Actas de la 15ª Reunión de Trabajo de ASADES. Catamarca.

Gómez, A y Czajkowski, J (1999). "Condiciones ambientales en museos". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 3. pp177 a 180. [www.asades.org.ar](http://www.asades.org.ar)

Gómez, A y Czajkowski, J (1999). "El confort en la conservación de bienes históricos y culturales". Anais del V Encontro de Conforto no Ambiente Construido. 6 págs. CD.

Gómez, A. (2002) "Programa para la Evaluación y control de las condiciones ambientales en museos. "Programa MOUSEION". Jornadas "Técnicas de restauración y

conservación del Patrimonio” CIDEPINT; centro de Investigación y desarrollo en tecnología de Pinturas. LEMIT, Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinar para la Investigación Tecnológica.

Gómez, A. (2003) “Evaluación del comportamiento higrotérmico en áreas de reserva y conservación de bienes culturales. Caso Museo Nacional del Grabado”. Avances en Energías Renovables y medio Ambiente. Vol.7 N°1. 05.49-05.53. [www.asades.org.ar](http://www.asades.org.ar)

IRAM. Norma 11 603 Regionalización Bioclimática de la República Argentina.

Gómez, A y Gentile, M. “Refuncionalización bioclimática del área de documentación de la Fundación Memoria del Holocausto, Museo de la Shoá, Buenos Aires, Argentina”. ENCAC-COTEDI 2003. VII Encuentro Nacional sobre Confort en el Ambiente Construido (ENCAC) — III Biental "José Miguel Aroztegui" — III Conferencia Latinoamericana sobre Confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones (COTEDI). Curitiba, PR, Brasil, del 5 al 7 de noviembre de 2003.

Gómez, A. “Desarrollo de nomograma bioambiental para la Provincia de Buenos Aires. Aplicado a la conservación de documentos de interés cultural”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 8, N° 1, 2003. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. [www.asades.org.ar](http://www.asades.org.ar)

Gómez, A; Ugarte, V; Corredera, C. “Comportamiento medio-ambiental en la Reserva del Museo del Holocausto (Shoá) — Fundación Memoria del Holocausto” IV Jornadas Técnicas sobre conservación, exhibición y extensión educativa en museos. Mayo 2005. Ediciones Magna. ISBN 987-9390-71-7.

Gómez A y Belloni P. “Nomograma Bioambiental aplicado a la Conservación de Documentación de interés cultural”. IV Jornadas Técnicas sobre conservación, exhibición y extensión educativa en museos. Mayo 2005. Ediciones Magna. ISBN 987-9390-71-7.

Gómez, A; Corredera, C.; Ugarte, V. “Museo del Holocausto (Shoa) - Fundación Memoria del Holocausto de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina. Mediciones higrotérmicas en la reserva”. ENCAC-ELACAC. Maceio, Alagoas, Brasil. Octubre 2005.



## TRANSFERENCIAS REALIZADAS POR EL LAHV EN EDIFICIOS Y VIVIENDAS SOCIALES BIOCLIMÁTICAS

**Jorge Alberto Mitchell<sup>1</sup> y Basso, Mirza<sup>2</sup>**

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)  
Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) - CONICET  
Avda. Ruiz Leal s/n Parque Gral. San Martín - 5500, Mendoza, Argentina.  
Tel.: 54-0261-4288797 / Fax: 54-0261-4287370  
Email: jmitchel@lab.cricyt.edu.ar

**RESUMEN** El Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV) es una Unidad de Investigación del Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA), que tiene su sede en el Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) en la Ciudad de Mendoza-ARGENTINA, depende del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Desde sus orígenes en 1975, el LAHV ha desarrollado investigaciones interdisciplinarias dirigidas a mejorar el hábitat humano regional. Las investigaciones están estrechamente relacionadas con el aprovechamiento energético y los aspectos ambientales, con el objetivo de alcanzar el bienestar térmico y lumínico de edificios públicos y privados a través del uso de recursos renovables.

**Palabras clave:** Hábitat social, edificios escolares, bioclimatología, confort térmico, iluminación natural, diseño y tecnología.

### INTRODUCCIÓN

Los proyectos del LAHV se han caracterizado por la transferencia de los resultados de la investigación a la comunidad. Tanto a instituciones privadas como gubernamentales se han beneficiado con el asesoramiento en aspectos relacionados con el ahorro energético y el uso de sistemas solares pasivos. Desde 1985 en particular, ha participado activamente en proyectos para la construcción o mejoramiento energético de vivienda sociales y edificios de escuelas primarias. Los proyectos han sido evaluados académicamente y financiados por el Consejo Nacional de Investigaciones, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT), y en ocasiones por el propio Gobierno de Mendoza. Sus resultados han sido la concreción de edificios escolares y viviendas bioclimáticas en diversos lugares de la provincia, así como la transferencia de cocinas y hornos solares en zonas energéticamente aisladas. Asimismo se ha realizado una activa transferencia de conocimientos a través de cursos realizados tanto en la sede del CRICYT como fuera de ella.

### GRUPO DE TRABAJO

Director: Carlos de Rosa.  
M.A. University of Pennsylvania  
Investigador Ppal. CONICET  
cderosa@lab.cricyt.edu.ar

Basso, Mirza  
Arquitecta (UM)  
Profesional Principal CONICET  
mbasso@lab.cricyt.edu.ar

Ganem, Carolina  
Arquitecta (UM)  
Becaria Doctoral CONICET  
cganem@lab.cricyt.edu.ar

<sup>1</sup> Arquitecto, profesional del CONICET.

<sup>2</sup> Arquitecto, profesional del CONICET.

Esteves, Alfredo  
Ingeniero Industrial (UNC)  
Investigador Adjunto CONICET  
aesteves@lab.cricyt.edu.ar

Pattini, Andrea  
Diseñadora Industrial (UNCu)  
Investigadora Asistente  
CONICET  
apattini@lab.cricyt.edu.ar  
Cantón, Alicia  
Arquitecta (UM)  
Investigadora Asistente  
CONICET  
macanton@lab.cricyt.edu.ar

Mesa, Alejandro  
Dr.en Arquitectura (UM)  
Investigador CONICET  
amesa@lab.cricyt.edu.ar

Arena, Alejandro Pablo  
Doctor en Energética(Politecnico  
di Torino)  
Investigador CONICET  
aparena@lab.cricyt.edu.ar

Bárbara Civit  
Ingeniera Química – UTN  
Becaria CONICET  
bcivit@lab.cricyt.edu.ar

Cortegoso, José Luis  
Ing.en Electrónica y Electricidad  
(UM)  
Profesional Principal CONICET  
jcartego@lab.cricyt.edu.ar  
Fernández, Esteban  
Arquitecto (UM)  
Profesional Principal CONICET  
jeferna@lab.cricyt.edu.ar

Fernández Llano, Jorge  
Ingeniero Industrial (UNCu)  
Profesional Principal CONICET  
jcflano@lab.cricyt.edu.ar

Mitchell, Jorge  
Arquitecto (UM)  
Profesional Adjunto CONICET  
jmitchel@lab.cricyt.edu.ar

Betman, Ernesto  
Ing.en Electrónica y Electricidad  
(UM)  
Profesional Principal CONICET  
ebetman@lab.cricyt.edu.ar

Mariela Arboit  
Arquitecta – UM  
Becaria CONICET  
marboit@lab.cricyt.edu.ar

Córica, María Lorena  
Arquitecta (UM)  
Becaria CONICET  
lcorica@lab.cricyt.edu.ar

Mercado, María Victoria  
Arquitecta (UM)  
Becaria ANPCYT  
mvmercado@lab.cricyt.edu.ar

Ferrón, Leandro  
Diseñador Industrial  
Esp.Productos (UNCu)  
Becario ANPCYT  
lferron@lab.cricyt.edu.ar

Martinez, Claudia  
Ing.Agrónoma (UNCu)  
Becaria ANPCYT  
cmartinez@lab.cricyt.edu.ar

Chambouleyron, Mercedes  
Diseñadora Industrial (UNCu)  
Becaria CONICET  
mercedesch@lab.cricyt.edu.ar

Martín Endrizzi  
Diseñador Industrial – UNCu  
Becario ANPCYT  
mendrizzi@lab.cricyt.edu.ar

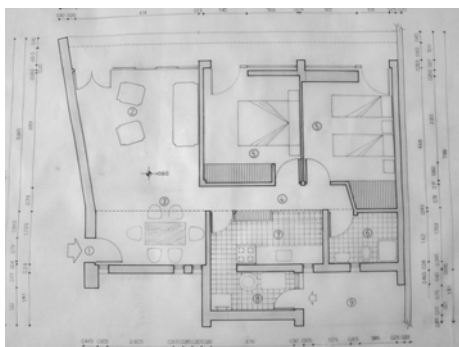
## **VIVIENDA SOLAR EXPERIMENTAL ENRICO TEDESCHI. PRIMER PROTOTIPO SOLAR DE ARGENTINA. 1980**

*Introducción:* Uno de los programas desarrollados ha sido la construcción del primer prototipo experimental argentino de vivienda con aprovechamiento de energía solar “Enrico Tedeschi”, dentro del Programa Especial de Investigación y Desarrollo de Vivienda Popular de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Este programa fue iniciado en 1977, con el apoyo de contrapartidas nacionales de la Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (SECYT), Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUV) e Instituto Provincial de la Vivienda del Gobierno de Mendoza (IPV), y con la inauguración de este prototipo, el LAHV da término a una etapa dentro de su amplio programa de investigaciones, y abre el camino hacia nuevos objetivos en el campo de la construcción y el ahorro energético.

Dicho prototipo se proyectó bajo los lineamientos de la Ley FONAVI del Estado argentino, programas de vivienda de interés social. Permitió experimentar diferentes sistemas de calefacción pasiva, constituyendo en la práctica un laboratorio experimental.

*Objetivo:* El objetivo de este prototipo fue experimentar sistemas activos y pasivos que funcionaran en forma independiente. Vista la experiencia exitosa en todo el mundo de los sistemas pasivos, se decidió no continuar con la implementación de los activos.

**Memoria Descriptiva:** La vivienda responde a un esquema funcional simple, con las zonas de estar diurno y nocturno orientadas al norte, y los servicios al sur. En los dormitorios los sistemas solares fueron: muros acumuladores de 0,20 m y 0,40 m de espesor, combinados con puertas-ventanas para ganancia directa, el objetivo de la diferencia de espesor fue evaluar la capacidad acumuladora. Muros interiores: de hormigón de 0,12 m de espesor exteriormente aislados con 0,05 m de poliestireno expandido entre dos láminas de papel de aluminio, separada ½ cm. de la cara exterior del tabique, con revoque mezcla de alearita y cemento, sobre tela metálica. Todo el frente norte es protegido, durante las noches de invierno, con cortinas de enrollar de madera, para evitar las pérdidas del calor acumulado durante. En la zona de servicios realizó una diferencia de techos en todo su desarrollo, que aporta ganancia directa para permitir la penetración solar. Sobre esta zona se ubica el ático técnico, al que se accede por la torre de tanques de agua. Este ático fue construido como estructura de sostén para experimentar distintos tipos de colectores planos para agua y aire, de los que se fabrican en el país.



Planta



Fachada Norte



Fachada Sur

**Localización y clima:** Barrio Parque Sur, Godoy Cruz, Mendoza, Latitud: - 32.86, Altitud: 780 m.s.n.m. Temperaturas: Media Enero: 30.1 °C, Media Julio: 7.9 °C, Media Anual 15.9 °C, Radiación Solar media anual 18 Mj. /m<sup>2</sup> día, Humedad Media de Verano 49%, Humedad Media de Invierno 66 %, GD Calefacción (Base 18 °C) 1384 Grados día de enfriamiento (T° base 23°C) 138

**Sistemas Solares pasivos:** Estar Comedor ganancia directa 1 vidrio + protección nocturna, doble vidrio en aberturas al Sur. Dormitorios Ganancia directa idem Estar, Muro Acumulador de H°A° de 0.20 m y 0.40 m de espesor con termocirculación y protección nocturna.

**Sistema activo:** colectores de aire, permitía tres variantes de circuito: a) colector-ambiente-colector, b) colector-acumulador-colector, c) acumulador-ambiente-acumulador

**Acondicionamiento Térmico:** Aislación de la envolvente de poliestireno expandido: cubierta 0.075m, muros 0.05m. Todas las aberturas vidriadas al sur tienen doble vidrio. Masa térmica distribuida alrededor del espacio, con una relación de 7.48 veces la superficie de la masa expuesta respecto a la superficie colectora neta. Para el calentamiento del agua se colocaron colectores planos.

**Comportamiento Térmico:** *Estar Comedor:* En los meses más fríos, junio y julio, las temperaturas mínimas interiores, sin calor adicional, descendieron por debajo del rango de confort 18°C. Aun en estas situaciones extremas la temperatura media interior es 10°C superior a la media exterior. *Dormitorios:* las temperaturas interiores se mantienen en todos los casos dentro del rango de confort con máximas de 23 a 24°C y mínimas de 18°C sin aporte de calor auxiliar. **La fracción de ahorro solar (FAS) 95%.**

Por su carácter, se ha dado al prototipo el nombre de "estructura experimental". Desde fines de 1981 quedó totalmente instrumentada para la evaluación de su comportamiento térmico, mediante un programa de mediciones que se prolongó hasta mediados de 1986.



*Estar: Ganancia Solar Directa*



*Dormitorio: Muro Acumulador*

## VIVIENDAS SOLARES EN TUNUYAN-MENDOZA. DISEÑO-CONSTRUCCION Y EVALUACION. 1984

Condiciones de habitabilidad higrotérmica deficitarias son una situación común para la mayor parte de las viviendas de bajo costo construidas en el país a través de operatorias masivas. Este cuadro es particularmente grave en la provincia de Mendoza, Argentina. La necesidad creciente de construir mayor cantidad de viviendas con menores recursos va imponiendo una degradación progresiva en el parque habitacional, al priorizar los aspectos cuantitativos del problema en detrimento de los cualitativos. Dos motivos se suman para acentuar el deterioro de la calidad de vida de amplios estratos de población: la falta de calidad térmica de las envolventes edilicias y la imposibilidad económica de acceso a combustibles tradicionales para calefacción de espacios por parte de los usuarios. Las viviendas solares están apareadas a una vivienda convencional, hacia el lado E de la misma.

Su configuración general es idéntica, al igual que su superficie. Las estrategias de conservación de energía utilizadas son las siguientes:

**Aislación térmica adicional de poliestireno expandido** Techos: (e = 5 cm). Muros exteriores: (e = 7.5cm). Protección de la aislación: azotado de concreto y revoque sobre tela metálica (e = 2.5cm) en *Vivienda Solar I*, y ladrillo común de soga (e = 12.5cm) en *Vivienda Solar II*. Fundaciones: (e = 5 cm)

**Carpintería exterior:** Marcos y hojas de pino de doble contacto sin burletes. Ventanas al N: vidrio simple. Ventanas al S y sobre muros acumuladores: vidrio doble. **Protecciones exteriores:** cortinas de enrollar de PVC blanco y taparrollos de chapa con aislación excepto en ventanas al S. (cocina y baño). **Puerta Trampa** (en *Vivienda Solar I*, únicamente).

La experiencia realizada en Mendoza sobre la "solarización" de dos viviendas económica de la Operatoria FONAVI, construidas por el IPV dentro de un conjunto de 100 unidades en Tunuyán, permite evaluar la efectividad económica de las estrategias de conservación de energía y sistemas solares pasivos implementados, para el clima de la localidad.

**Descripción de las viviendas:** El proyecto de las viviendas solares fue realizado introduciendo modificaciones mínimas al diseño original del IPV, que presentaba buenas características de adaptabilidad, en la configuración, materiales y orientaciones. En tal sentido puede asimilarse más a un “retrofit” que a un proyecto totalmente nuevo. Las viviendas típicas del barrio, todas de tres dormitorios, responden a una tipología compacta, con sus lados mayores orientados en el sentido N-S y apareados en sus muros E y O respectivamente.

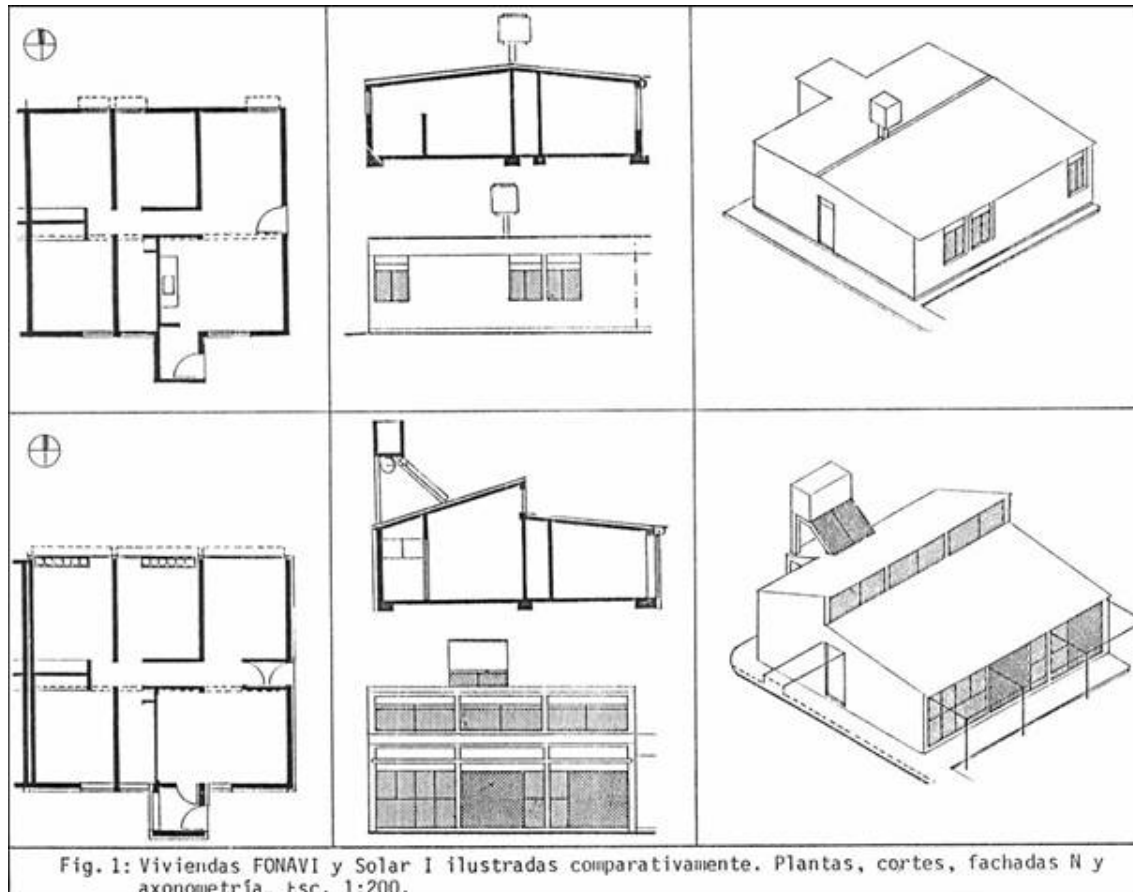


Fig. 1: Viviendas FONAVI y Solar I ilustradas comparativamente. Plantas, cortes, fachadas N y axonometría, tsc. 1:200.

**Localización y clima.** La ciudad de Tunuyán está ubicada en el Valle de Uco, a 80 km al S de la ciudad de Mendoza. Latitud: - 33°33', Longitud: 69°03', Altitud: 869 m s.n.m. El clima de la localidad es típicamente continental, con estaciones bien diferenciadas, grandes amplitudes térmicas estacionales y diarias e inviernos particularmente fríos. TBS (°C): Media Anual: 12.6, Temperaturas °C: Mínima Media (julio): -2.3, Máxima Media (enero): 29.5, HR (%): Media verano: 51, Media invierno: 68. Radiación Solar Global Media Anual (Mj/m<sup>2</sup>día):18, GD Calefacción (base 18°C):2129, GD Enfriamiento (base 23°C): 42.

**Sistemas Solares Pasivos:** Ganancia Directa (1 vidrio + cortinas de enrollar de PVC): Viviendas Solares I y II: Muros Acumuladores: (2 vidrios + cortinas de enrollar). *Vivienda Solar I:* Dormitorios N (muros de agua:220 lts/m<sup>2</sup> de vidrio):*Vivienda Solar I:* Dormitorios N (muros de hormigón de 2400 Kg/m<sup>3</sup>, sin termocirculación, (e=25 cm): 8.35 m<sup>2</sup>

**Sistema de Enfriamiento:** Convectivo Nocturno: para lo cual se han redimensionado algunas aberturas al S, dirección de los vientos nocturnos dominantes de verano. Se han agregado además estructuras metálicas para sostener parrales, que proporcionan sombra a la fachada N. Las viviendas fueron terminadas y habitadas en 1984. Han sido evaluadas desde el punto de vista del confort mediante mediciones en invierno y verano, con un comportamiento satisfactorio en ambas estaciones.



Vivienda Solar I



Vivienda Solar II



Vivienda FONAVI

**Análisis de confort:** El análisis del comportamiento energético de las viviendas se ha realizado utilizando el método simplificado del Los Álamos National Laboratory (LAN). Para la vivienda FONAVI y Solar I se han obtenido los siguientes valores globales:

	FONAVI	SOLAR I
Superficie cubierta (m <sup>2</sup> )*	76.08	81.02
Fracción de Ahorro Solar (FAS) %	10.69	75.69
Calor auxiliar necesario (Kcal./año)	13.259.367	1.355.242

\* La superficie útil es idéntica. La diferencia es por el mayor espesor de muros exteriores.

Se realizaron dos campañas anuales de mediciones térmicas en las *viviendas solares* y en una *vivienda FONAVI*, durante estaciones extremas de 1984 y 1985. Se obtuvieron los registros de temperatura exterior e interiores en los espacios principales y de radiación solar global. Los resultados mostraron para invierno que la mayor parte de los espacios se encuentran dentro del rango de confort. En los espacios al Sur las temperaturas descienden por debajo de los 18°C en horas nocturnas. Los usuarios, en las *viviendas solares*, confirmaron que solo era necesario encender una estufa a kerosén de 2000 Kcal/h durante 2 horas en la noche. Por el contrario en la *vivienda FONAVI*, las temperaturas interiores estaban durante todo el día por debajo del rango de confort aun teniendo en funcionamiento una estufa similar en todo momento.

En verano, para las *viviendas Solares*, sólo en un caso la temperatura exterior trepó los 41°C, y por consiguiente las máximas en los espacios interiores sobrepasó el límite superior de confort. El único recurso de enfriamiento fue la brisa nocturna asociada con la amplitud térmica y el enfriamiento nocturno de la masa estructural del edificio que actúa durante el día como absorbedor.

En las *viviendas FONAVI*, el comportamiento térmico es aceptable debido al buen funcionamiento del enfriamiento nocturno por ventilación. Sin embargo para la misma secuencia de días cálidos las temperaturas interiores máximas superan los 30°C y la media de los espacios habitables es entre 3 y 4°C superior a los homólogos de la *Vivienda solar*.

Es necesario señalar que el comportamiento térmico de ambas viviendas, para la estación de invierno y verano sería netamente superior, en mejores condiciones de control térmico por parte de los usuarios de las mismas.

### Conclusiones generales

La vivienda económica, puede ser optimizada energética y ambientalmente como consecuencia de optimizar su *diseño* (buen factor de forma, una correcta orientación y el acceso al sol durante las 6 horas centrales del día en el solsticio de invierno) y *utilizar las tecnologías más aptas* (masa térmica, una baja conductancia de los elementos de la envolvente y carpinterías estancas que eviten las fugas de calor por infiltraciones).

## ACONDICIONAMIENTO ENERGETICO AMBIENTAL DE ESCUELAS RURALES AISLADAS EN LA PROVINCIA DE MENDOZA

En 1990, el Gobierno de la provincia de Mendoza, puso en marcha un programa de proyectos de investigación y desarrollo sobre problemas de interés provincial con resultados de transferencia inmediata. Se suscribió un ACTA ACUERDO DE COLABORACION, entre el Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) y el Ministerio de Obras y Servicios Públicos de Mendoza (MOSP) dando marco y respaldo institucional al Proyecto N°15.

El objetivo fue el desarrollo de edificios escolares rurales energéticamente eficientes, incluyendo medidas de conservación, calefacción solar pasiva, iluminación natural, calentamiento solar de agua y sistema fotovoltaico minimizando consumos de energía convencional y dentro de criterios de racionalidad en el uso de los recursos.

### Escuela 1-374 Petroleros del Sur - Malargüe - Provincia de Mendoza

Escuela de frontera, distante a 15 km de la población más cercana. Se ubica en la localidad La Junta, en el departamento de Malargüe - Provincia de Mendoza - Argentina, y sus coordenadas geográficas son: Latitud: 35.26, Longitud 69.47 y Altitud 950 msm. GD base 18°C: 2600, Radiación Solar Media Anual: 16.5–18 Mj/m<sup>2</sup> día.

El edificio es un volumen simple compacto de forma rectangular, comprende: 5 aulas y salón de usos múltiples con ganancia solar directa y además, zona de servicios del lado sur. El mismo esta unido a la vivienda del director a través del acceso a la escuela (puerta trampa). La vivienda, también solar, consta de 2 dormitorios, estar comedor y servicios. Ambos componentes están físicamente ligados pero térmicamente independientes debido a la diferencia de uso (escuela-vivienda).

El edificio fue construido según prácticas tradicionales locales: techos de losa y muros de ladrillón.

**Conservación de energía:** aislación exterior en techos, muros y fundaciones, carpinterías eficientes energéticamente (doble contacto con 2 vidrios y burletes).

**Sistemas solares:** ganancia solar directa para todos los espacios principales (escuela y vivienda), muros acumuladores en las aulas de la escuela y en los dormitorios de la vivienda del director, colectores solares para calentamiento de agua, Iluminación natural: los niveles en las aulas superan ampliamente los valores exigidos por el Código Rector 1974 (300 – 500 lux). Este recurso también está aplicado en el salón de usos múltiples.



Vista de comedor y aulas

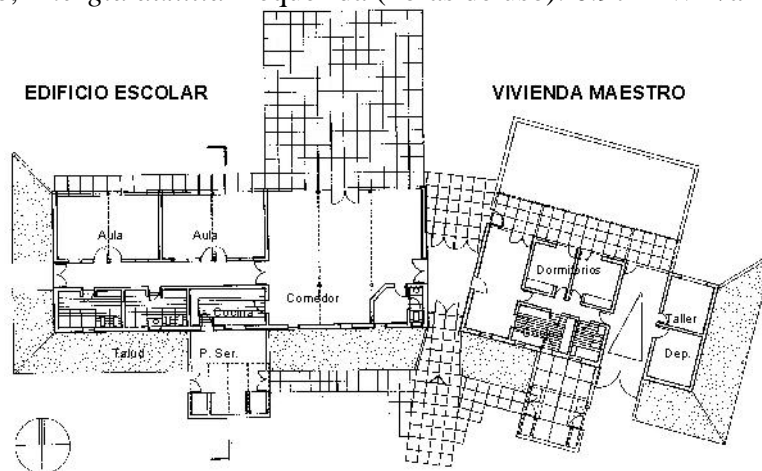


Vista Norte de la Escuela y Vivienda del director

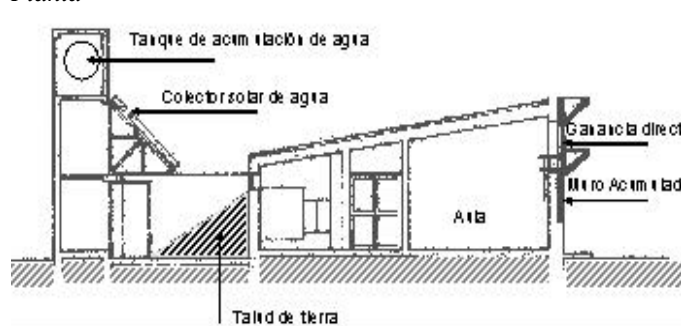
Las condiciones ambientales de los espacios en que se materializa el proceso de aprendizaje son un factor determinante de la eficiencia del mismo. La toma de conciencia respecto de los beneficios ambientales y energéticos que genera un edificio bioclimático, se logra a través del tiempo. Además, es fundamental el contacto directo con los

proyectistas no solo desde la elaboración del proyecto sino también después de terminado, a fin de compartir experiencias beneficiosas tanto en el uso de la escuela como en la elaboración de nuevos proyectos.

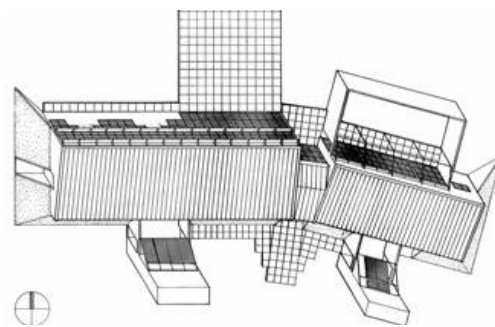
**Ahorro energético:** El área colectora total: 63.98 m<sup>2</sup>, Ganancia directa: 57.98 m<sup>2</sup>, Muros Trombe: 6.05 m<sup>2</sup>, Coeficiente Neto de Pérdidas (CNP): 494.81 W/°C, Coeficiente Volumétrico de Pérdidas (CVP): 1.11 W/ °C m<sup>3</sup>, Relación Carga/Colector: 7.73 W/ °C m<sup>3</sup>, Fracción de Ahorro Solar (24hs): 54.47%, Energía auxiliar: (24hs.): 10.26 MWh /año, Energía auxiliar requerida (horas de uso): 0.97 MWh /año



Planta



Corte



Axonométrica

Las temperaturas exteriores máximas y mínimas entre 0 y 20 °C, arrojaron como resultado temperaturas medias en aulas y salón de usos múltiples, del orden de los 25 °C y una amplitud aproximada de 7°C durante las 24 hs. Durante el verano se realizaron mediciones en los meses de Diciembre y Enero con temperaturas exteriores máximas y mínimas de 15 y 33°C. Las temperaturas medidas en el interior de aulas y salón de usos múltiples arrojaron valores medios de 24 °C con una amplitud térmica de 3°C para las 24 hs. Cabe destacar que en este último caso, el edificio estuvo desocupado por el receso escolar.

## ESCUELA TÉCNICO AGRARIA MOISES CHADE. 1995

**Localización y datos climáticos:** Departamento de San Martín, Alto Verde, Mendoza. Latitud: 33.08° S, Longitud: 68.42° W, Altitud: 613 msnm. Temperatura de Bulbo Seco Junio (°C): Máxima Media: 15.6, Mínima Media: 1.5, Radiación Solar Junio: 10 MJ/m<sup>2</sup> día. Grados-día Anuales (°C): Enfriamiento (B 23°C) 56, Calefacción (B 18°C) 1465, dad relativa media anual (%): 60.

**Premisas de diseño:** Configuración de un bloque único, compacto en 2 plantas con gran desarrollo de superficie expuesta al norte. Circulación principal longitudinal. Integración

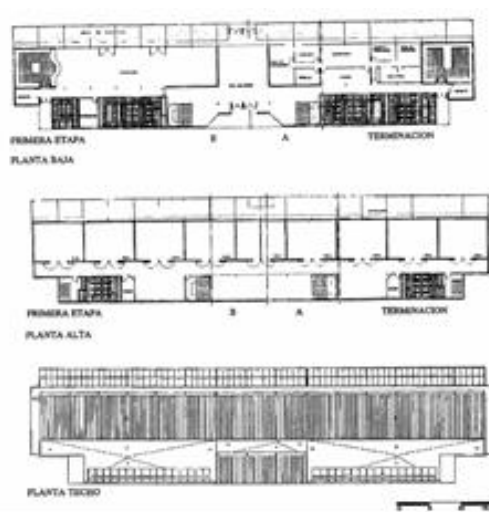
del invernadero solicitado por programa, con el bloque edificio principal. Aulas al Norte, en planta alta para ingreso de iluminación natural desde la ventana superior al norte. Espacios de servicio ubicados al sur en ambos niveles. Zona administrativa, comedor, cocina y laboratorios en planta baja.

**Premisas de diseño bioclimático:** Provisión de Ganancia Directa superior sobre expansión de la circulación en planta alta. Masa Térmica. Invernadero: Entrega de calor convectiva forzada a las aulas.

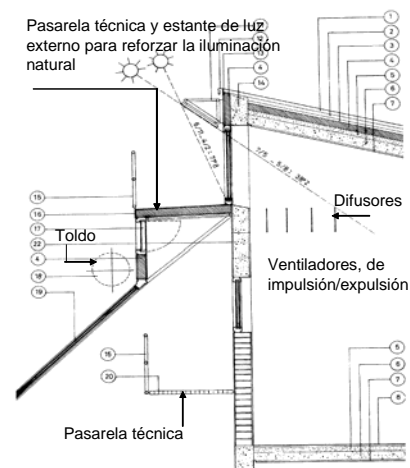
**Conservación:** aislación térmica de poliestireno expandido: muros y fundaciones (0.05 m), en cubiertas (0.075 m). Carpintería: doble contacto con burletes y dobles vidrios. Adecuados controles para evitar sobrecalentamiento del invernadero en verano. Estante de luz externo para reforzar la iluminación natural por ventanas superiores de las aulas. Ventilación cruzada de los espacios de ambas plantas.

**Sistemas pasivos:** Ganancia Solar Directa, Invernadero Adosado, Sistema Solar de Calentamiento de Agua. Radiación directa ingresando, a través del invernadero, por superficies vidriadas entre espacios e invernadero.

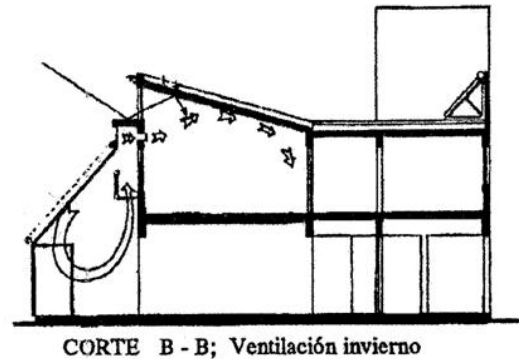
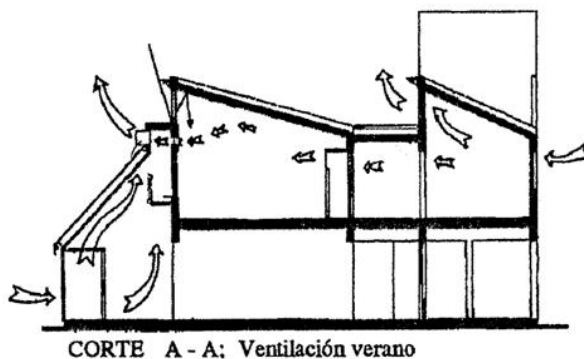
Transferencia por convección natural mediante apertura de ventanas o puertas entre los espacios y el invernadero. Transferencia por conducción a través de muros de mampostería entre los mismos espacios. Transferencia convectiva forzada, utilizando pequeños ventiladores, de impulsión/expulsión, ubicados en la parte superior del muro de cierre entre el invernadero y las aulas.



Plantas

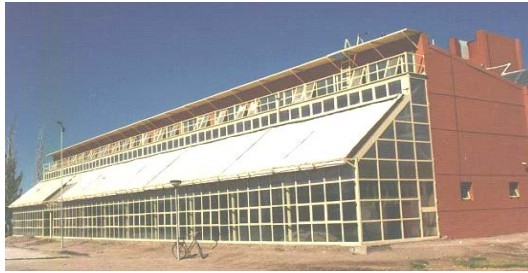


Corte Invernadero



**Cálculo energético (SLR-LANL):** Fracción de Ahorro Solar (FAS) 96.9 %, Coeficiente Global de Pérdidas: 2871.8W/°C, Coeficiente Volumétrico de Perdidas (G): 0.46 W/°C m<sup>3</sup>. Simulación SIMEDIF: Secuencia de días de invierno, radiación día claro, temperatura exterior: 19 Y 4 °C: Temperatura Aulas: 26 Y 19 °C, Temperatura Invernadero: 28 y 15 °C.

Mediciones térmicas edificio en uso, secuencia de días invernales soleados y nublados, temperatura exterior entre 19 y 4 °C: Temperaturas Aulas: 27 y 18.4 °C , Temperatura Invernadero: 31 y 14 °C.



Vista Norte del Edificio



Ventilación Invernadero



Fachada Norte

### **Conclusiones**

La incorporación del Invernadero Adosado ha sido una práctica exitosa, con beneficios en ahorros sustanciales de energía en la escuela. Dado los valores térmicos medidos demuestra que no es necesario incorporar aire del invernadero a las aulas ya que es suficiente la transferencia de calor por conducción y radiación.

Las temperaturas interiores están dentro del confort térmico en el edificio y son suficientes en el invernadero para producir cultivos anuales. La iluminación natural no se altera, al contrario, el diseño ha respetado su implementación de modo que se logra una buena intensidad y homogeneidad de los valores.

## **EDIFICIO ALBERGUE ESCUELA N° 8-597 PEDRO SCALABRINI**

**Introducción:** La oficina de Recursos Físicos del gobierno Escolar Provincial es el organismo adoptante en éste caso de la transferencia del proyecto de investigación llamado: “Refuncionalización energético-ambiental de Escuelas rurales albergues. Un procedimiento factible hacia la sustentabilidad”. Dicho proyecto tiene como metodología visitas a las escuelas y reuniones con su personal. Se contaba con un anteproyecto y estaba en trámite de licitación. Interiorizarlos de nuestro proyecto y lograr su interés era un desafío para el grupo, el que ha logrado una amplia experiencia debido a la realización de una decena de proyectos de escuelas bioclimáticas y su posterior construcción.

**Localización geográfica y clima:** El Sosneado, ubicado en el sur-oeste de la provincia de Mendoza, Argentina. Latitud: 35° 03’ S, Longitud: 69°50’O y Altitud: 1420 msnm. GD calefacción anual: 2300°C. Vientos promedios mensuales entre 10 y 15 km./h. Radiación solar es moderada.

**Programa de necesidades:** El programa consistía de las siguientes unidades funcionales: dos dormitorios (para alumnos), dos dormitorios para docentes, dos grupos de sanitarios (para alumnos) y otro para los maestros, una lavandería y un depósito. El primer anteproyecto tenía una superficie de 349,02 m<sup>2</sup>, y la reestructuración logró reducirla a 302,08 m<sup>2</sup>.

**Diseño:** Se partió de un anteproyecto que se muestra en la **figura 1d**, su planta está organizado por un eje longitudinal con orientación este-oeste. El diseño simétrico no discrimina entre espacios principales (dormitorios) y secundarios o de servicios, por lo tanto la mitad del edificio goza de buena orientación, sin interesar si se tratan de dormitorios o depósito. Otro aspecto negativo del proyecto es el eje de simetría que está

materializado por un muro estructural de mampostería, lo que imposibilita la ventilación cruzada del edificio y la estrategia de enfriamiento convectivo para verano.

Se trabajó el esquema funcional que se desarrolla en la menor superficie **figura 1e**. En consecuencia fue la primera tarea a realizar por los proyectistas. De este modo se pudo revertir la desconexión entre los bloques edilicios y lograr la continuidad funcional. Este punto de conexión es central en el proyecto que se construyó, a partir del mismo se concibió un eje de simetría que expone a la cara norte del edificio, a todos los dormitorios (de alumnos y maestros). Se reducen áreas innecesarias, ésta fue la clave que posibilitó la construcción del edificio, y que a diferencia del esquema original, había que circular longitudinalmente para llegar a los servicios.

**Tecnología y sistemas solares:** El balance térmico permite predecir un ahorro de energía del orden del 75% respecto del mismo edificio construido en forma tradicional<sup>3</sup>. En aquellos espacios donde no era posible la iluminación natural se colocaron 7 lucernarios de techo. Estos elementos construidos con estructura metálica están completamente aislados con 5cm de poliestireno expandido y ubicados en la cumbrera del techo.

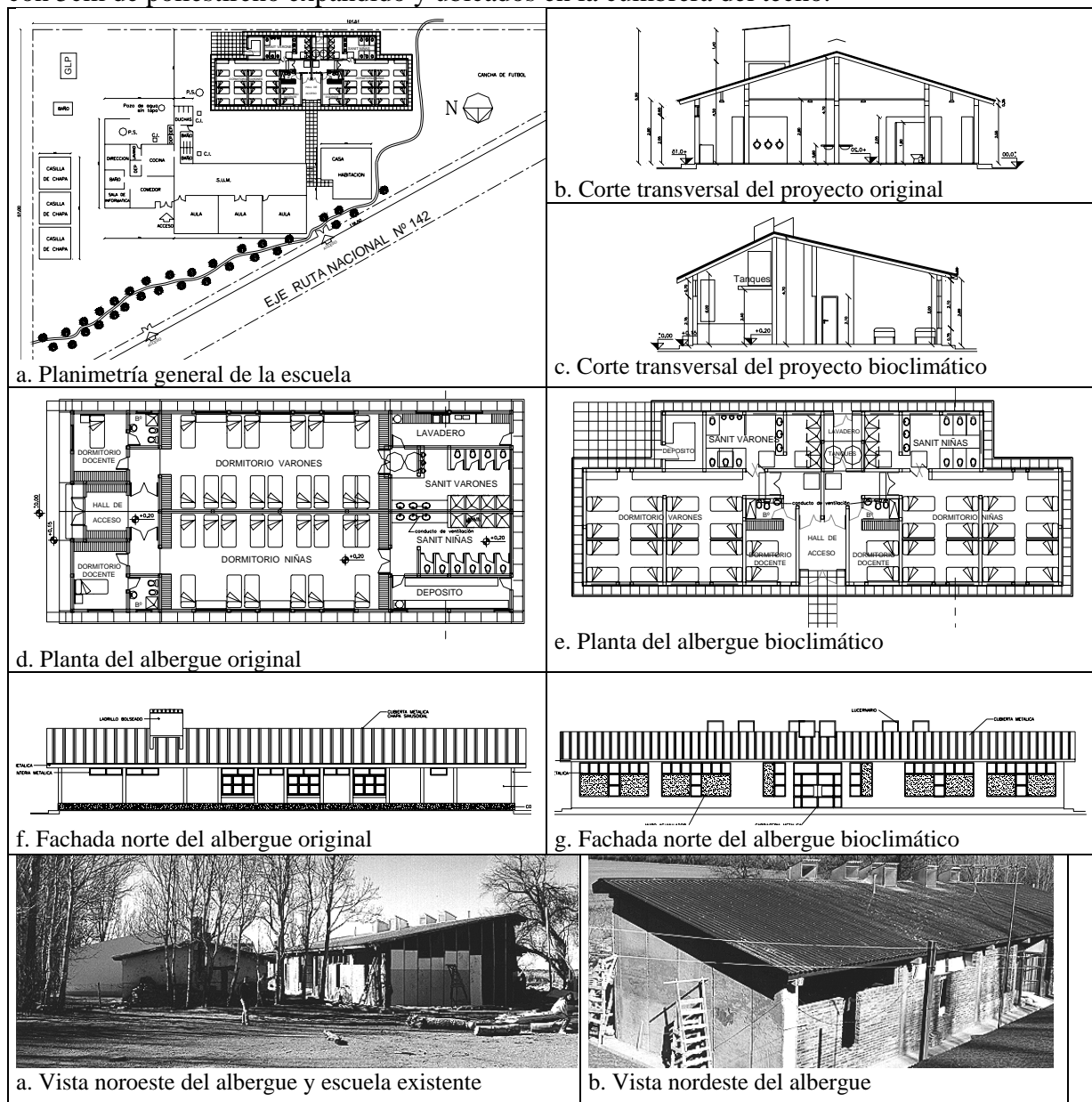


Figura 1. Planta, cortes y fachadas del edificio de albergue original y el bioclimático

Los componentes constructivos principales son los siguientes:

- Techos en pendiente de chapa galvanizada N°24 tipo sinusoidal, con aislación térmica de poliestireno expandido de 10 cm de espesor. ( $K=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- Muros exteriores de mampostería de ladrillón con aislación térmica de poliestireno expandido de 5 cm de espesor, y revoque con enlucido interior. ( $K=0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- Muros acumuladores: de mampostería de ladrillón con revoque y enlucido interior. La cubierta es de policarbonato alveolar transparente de 10 mm de espesor. La carpintería que aloja la placa transparente es metálica y con ruptura de puente térmico, ya que ésta es parte del conjunto de la ganancia directa. **Figura 3**
- Fundaciones: convencionales sin aislación, ( $K=0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- Carpintería metálica de chapa doblada, doble contacto y burletes; vidriados superiores (por arriba de 2,10 m): 1 hoja de policarbonato alveolar transparente de 10 mm de espesor; inferiores (por debajo de 2,10 m): 2 capas de vidrio de 4 mm de espesor, separado por contravidrio de aluminio perforado que alojará sales deshidratantes del tipo silicagel o similar y sellados con sellador a base de siliconas. ( $K=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).
- Control solar: aleros exteriores fijos que permiten asoleamiento pleno de las ventanas colectoras y muros acumuladores, desde el 06/05 hasta el 06/08 y plena sombra desde el 06/11 al 06/02.

## UN EDIFICIO ESCOLAR ENERGETICAMENTE EFICIENTE EN EL CENTRO - OESTE DE ARGENTINA

**Introducción:** La Dirección de Escuelas de la Provincia de Mendoza comisionó al LAHV-INCIHUSA, unidad de investigación y desarrollo perteneciente al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la confección de los proyectos de tres edificios escolares de demostración, energéticamente eficientes actualmente en construcción avanzada en diferentes localizaciones urbanas del oasis norte de la provincia de Mendoza. Las obras se iniciaron en octubre de 1998 y su terminación está programada para agosto de 1999. El trabajo presenta dos de tales proyectos.

La tecnología Bioclimática utilizada fue: 1. *techos* en pendiente de chapa metálica y horizontales de losa de hormigón, ambos con aislación térmica de poliestireno expandido, ( $K = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ ); 2. *Muros exteriores*: doble muro de mampostería de ladrillo con aislación térmica intermedia, ( $K=0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ ); 3. *Fundaciones*: convencionales sin aislación, ( $K=0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ ); 4. *Ventanas*: chapa doblada, simple contacto y burletes; vidriados superiores: 2 hojas de vidrio transparente; inferiores: hoja exterior de vidrio transparente e interior de policarbonato alveolar de 8 mm, ( $K=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). *Control solar*: aleros exteriores fijos que permiten asoleamiento pleno de las ventanas colectoras, desde el 06/05 hasta el 06/08 y plena sombra desde el 06/11 al

### Escuela N° 4-041, “ALICIA MOREAU DE JUSTO”

**Localización Geográfica y Clima:** Ubicada en el departamento de Lavalle, pequeño oasis agrícola del norte de la provincia de Mendoza, a 33 Km. al noreste de su ciudad capital, en la planicie aluvial árida, de alta sismicidad. Latitud: 32.75 S, Longitud: 68.07 O y Altitud: 600 msnm. GD de calefacción (B16°C): 980°C día/año, GD de enfriamiento (B 23°C): 270°C día/año, radiación global horizontal media anual: 18,4 MJ/m<sup>2</sup>, iluminancia exterior horizontal media anual al mediodía solar: 65800 lux.

**Terreno y Programa de Necesidades:** El terreno, de forma trapezoidal, tiene una superficie de 4364.65 m<sup>2</sup>. Está ubicado en una zona peri urbana, sobre la ruta de acceso a la ciudad y aproximadamente 600 m. de su centro. El programa de necesidades espaciales está constituido por 7 aulas de 45 m<sup>2</sup> c/u, 4 talleres, (informática, recursos pedagógicos, ciencia y tecnología) 56 m<sup>2</sup> c/u, salón de usos múltiples (SUM) 240 m<sup>2</sup>, oficinas administrativas 60m<sup>2</sup> y servicios. El área total a construirse es de 1518 m<sup>2</sup>.

### **Diseño y Tecnología**

El partido resultante queda integrado por una serie de componentes edilicios compactos con desarrollo de fachadas predominante al norte y la posibilidad pleno de asoleamiento a través de ventanas superiores por diferencias de techos. Los bloques funcionales son los siguientes sectores: *Gobierno, Aulas, Talleres, SUM, Laboratorios de: Informática y Centro de Recursos Pedagógicos.* En la distribución dentro del terreno se ubican dos zonas: Aulas y Talleres del lado oeste y el sector Gobierno y de uso comunitario sobre el lado este. La distribución de los volúmenes, enmarca por tres lados el espacio abierto principal de la escuela.

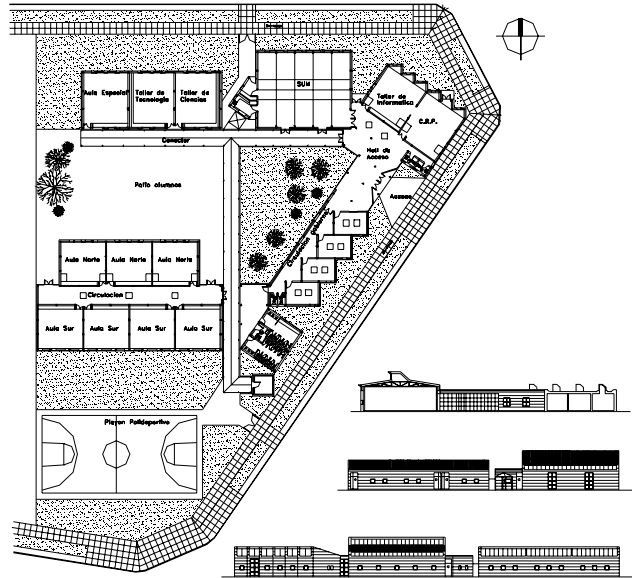


Figura N°1: Planta, Cortes y Fachadas

Los diferentes bloques que componen el edificio se vinculan funcionalmente a través de dos espinas perpendiculares de circulación abierta en el sentido E-O y N-S que al mismo tiempo canaliza los ingresos y egresos de alumnos en forma independiente sin comprometer las distintas zonas. Este conector principal que vincula a cubierto los distintos sectores es una galería metálica liviana.

Los elementos funcionales compartidos con el sector comunitario (SUM, Laboratorio de Informática y Centro de recursos Pedagógicos) se sitúan sobre la RUTA Provincial N° 34 y la calle Centenario; a estos dos últimos se realzan volumétricamente mediante una rotación de 16° siguiendo la directriz del terreno, quedando orientados exactamente hacia el norte geográfico con un movimiento en su fachada norte. El Hall de Acceso y el Sector Gobierno está desviado en la misma magnitud angular hacia el este, obteniendo la ganancia solar directa por lucernarios orientados al N. El sector ubica además sanitarios para S.U.M, este último tiene plena orientación N. Su ubicación permite una expansión directa al patio en el caso de ser necesario.

Sobre el costado Oeste del terreno se ubican los bloques de talleres y aulas (en dos volúmenes), obteniendo ganancia solar desde patios hacia el norte de cada bloque y a través de ventanas superiores por diferencia de techos en las aulas ubicadas al Sur de dicho bloque. La ventilación cruzada de las aulas norte se efectiviza por ventanas superiores ubicadas en los techos.

**Comportamiento Térmico:** Todos los espacios principales han sido simulados con el programa de cálculo SIMEDIF (1), y utilizando las modificaciones para edificios de escuelas indicadas en Esteves (2). Las simulaciones térmicas se llevan a cabo para cada edificio particular del conjunto total edilicio que compone la escuela: bloque de aulas,

talleres, SUM y zona administrativa. Las superficies de los sistemas solares pasivos se han determinado teniendo en cuenta la simulación térmica en dos meses: mayo y agosto. En el gráfico N°1 se puede observar la simulación térmica para aulas en el mes de mayo durante dos días soleados seguidos de tres nublados. La temperatura se encuentra entre 20°C y 27°C, durante las horas de clase. Posteriormente en los días nublados la amplitud va disminuyendo, pero siempre manteniéndose entre 18°C y 23° C. Estas temperaturas resultan sin considerar aportes internos de energía auxiliar. El grafico N° 2 muestra las temperaturas en el CRP y sala de informática, alcanzan 22 °C, en días soleados, hacia horas de la tarde. En el hall de acceso las temperaturas varían entre 13 y 16°C.

**Comportamiento Lumínico:** En todos los casos simulados con el programa LUMEN MICRO (3), para aulas, SUM y Talleres, los valores medios superaron los 500 lux, registrándose valores menores a 300 lux en simulaciones correspondientes a las primeras horas de la mañana (hasta las 9.30 hs.). La tabla 1 muestra la distribución horaria en la que la iluminación natural exterior disponible en la región es suficiente para alcanzar el valor mínimo recomendado para las tareas visuales en escuelas. Los valores calculados en rango de 300 a 500 lux. El coeficiente de luz Diurna (CLD) para cielo claro fue calculado con:  $IL/lehd \times 100$ , horas en que de ser necesario, se encenderían las luminarias en forma gradual, ya que la distribución de las mismas se realiza en forma paralela a las ventanas norte, posibilitando la combinación de la luz natural con la artificial.

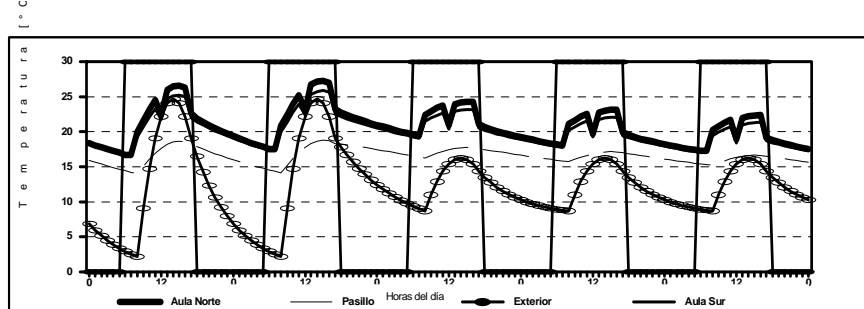


Gráfico N° 1 · Simulación de las Temperaturas Interiores en Aulas ( Norte v Sur) v Pasillo

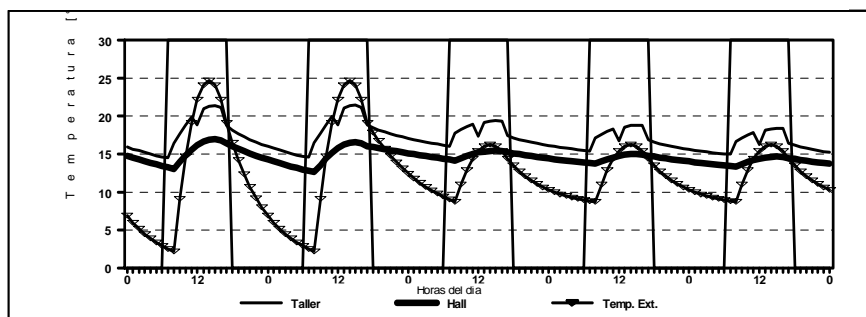


Gráfico N° 2 : Simulación de las Temperaturas Interiores en el Centro de Recursos Pedagógicos, Informática v Hall de Acceso



Imagen del Salón de Usos Múltiples



Vista interior de un aula

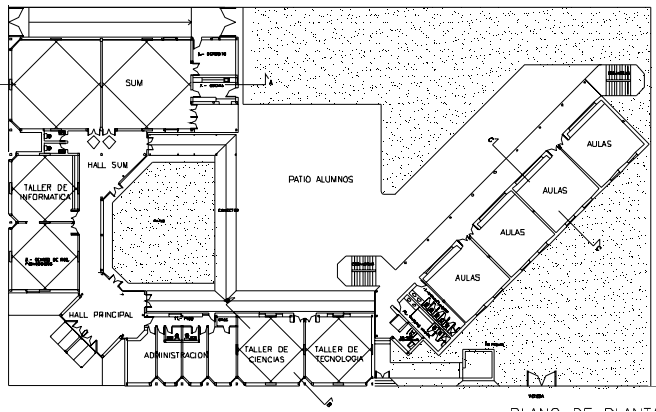
**Conclusiones Provisorias y Comentarios Finales:** Los resultados obtenidos a través de análisis de simulación y cálculos de ahorro energético son claramente alentadores, considerando la simplicidad del diseño y de las soluciones tecnológicas adoptadas. También los resultados económicos muestran que la aplicación de diseño y tecnologías energéticamente eficientes en edificios educacionales es posible en la región.

## EDIFICIO ESCOLAR EN UN TERRENO CON ORIENTACION INTERMEDIA

**Localización geográfica y clima:** La villa de Medrano está situado en el oasis norte de provincia de Mendoza, en el Departamento de Rivadavia. Sus coordenadas geográficas son las siguientes: latitud:  $-33,18^\circ$ , longitud:  $68,66^\circ$ , altitud: 690 m.s.n.m. Los datos climáticos relevantes son: GD cal. (base  $16^\circ\text{C}$ ): 1215 ; GD enf. (base  $23^\circ\text{C}$ ): 165; radiación solar global horizontal media anual ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ): 19,21; iluminancia global horizontal media anual al mediodía solar (lux): 68.705

**Terreno y programa de necesidades:** El terreno tiene una superficie es de 3138  $\text{m}^2$ , su forma es rectangular y sus directrices presentan ángulos de  $33^\circ$  y  $57^\circ$  respecto al norte geográfico. El programa de necesidades consta de: 8 aulas comunes: 50  $\text{m}^2$  c/u.; 4 talleres, (Informática, Recursos Pedagógicos, Ciencia y Tecnología): 58  $\text{m}^2$  c/u., salón de usos múltiples: 200  $\text{m}^2$ , sector administrativo: 60  $\text{m}^2$  y servicios.

**Diseño y tecnología:** Se partió de optimizar las condiciones ambientales interiores, con máximas economías de energía convencional, implementando las siguientes estrategias: medidas de conservación de energía, calefacción solar pasiva, iluminación natural, enfriamiento convectivo nocturno y ventilación natural higiénica y de confort.



El partido arquitectónico se estructuró según los siguientes objetivos: 1. Obtener la mejor orientación para todos los espacios principales. 2. Articular los distintos espacios enmarcando un espacio abierto principal. 3. Zonificar el funcionamiento del edificio para facilitar su uso por parte de sectores de la comunidad local. La orientación de los espacios principales se resuelve: para los

talleres y el SUM, con la provisión de grandes lucernarios de techo, girados  $45^\circ$  con respecto a las directrices principales de los espacios de planta cuadrada. En el caso de las aulas, se estructura un volumen en dos niveles, también a  $45^\circ$  respecto a las directrices del terreno, con galerías abiertas orientadas al N. La planta alta de aulas obtiene radiación solar e iluminancia por ventanas superiores. La iluminancia necesaria se alcanza, incrementando el área de las ventanas sobre la fachada sur del bloque. El diseño del edificio posibilita la ventilación cruzada de confort y de enfriamiento convectivo nocturno.

**Confort Térmico:** Se simuló el comportamiento térmico de todos los espacios principales del edificio para los meses de abril, junio y noviembre, considerando: ganancias internas, alta tasa de ventilación, (3RAH) y aporte nulo de calefacción auxiliar.

**Confort Lumínico:** Las simulaciones computacionales se realizaron para las aulas comunes de ambos niveles, obteniéndose valores de iluminancia máximos y mínimos, sobre el plano de trabajo, para días de cielo claro de los meses de junio y noviembre al mediodía solar. Los valores obtenidos, comparados con el valor mínimo admisible de 500 lux sobre el plano de trabajo.

**Ahorros de Energía:** Los cálculos de las economías de energía para calefacción de espacios han sido realizados a partir de los grados - hora, base 16°C, para la temporada escolar: 185 días/año y 9,5 horas/ día, incluyendo un receso de 0,5 horas entre turnos. El ahorro de gas natural es del 85% del de un edificio convencional equivalente.

Las economías de energía eléctrica para iluminación alcanzan un 90% de lo que consumiría el mismo edificio con las luminarias encendidas durante todas las horas de uso, teniendo en cuenta además, que el inicio y el fin del día escolar se producen a - y + 4,75 horas respecto al mediodía solar.

**Conclusiones provisionarias:** Los resultados en lo económico, el proyecto ha podido enmarcarse adecuadamente dentro de los límites presupuestarios fijados. A la oferta adjudicada correspondió un incremento del 3.88 % sobre el presupuesto oficial. Las documentaciones de obra completas para las tres escuelas fueron terminadas en un plazo de 90 días cumpliendo con las condiciones establecidas por el comitente.



Vista interior de un Aula



Vista interior de un Taller



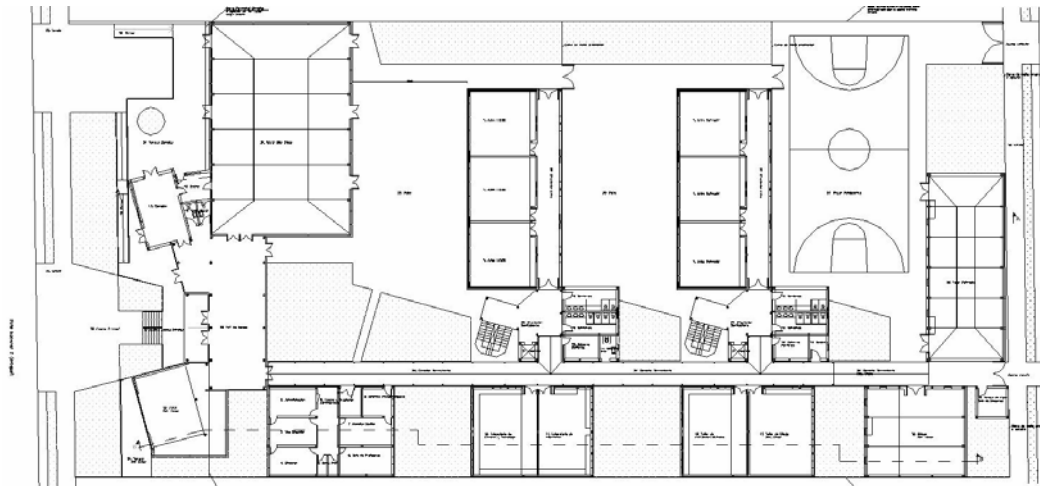
Vista Interior del SUM

## ESCUELA N° 4-110 "PRESIDENTE NICOLAS AVELLANEDA"

**Localización y datos climáticos:** Departamento de San Martín, Mendoza. Latitud: 33.08° S Longitud: 68.42° W, Altitud: 613 msnm. Temperatura de Bulbo Seco Junio (°C): Máxima Media 15.6, Mínima Media 1.5, Radiación Solar Junio: 10 MJ/m2día, GD Anuales (°C): Enfriamiento (B 23°C) 156, Calefacción (B 18°C) 1465, Humedad relativa media anual (%): 60

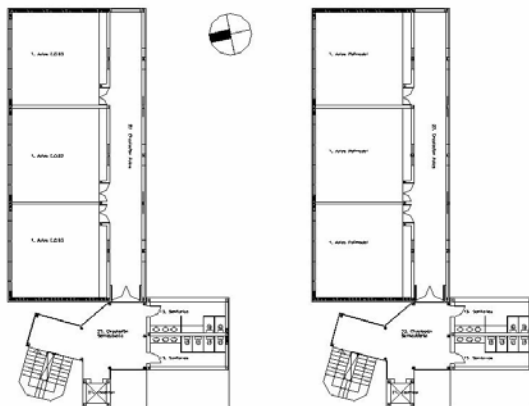
**Premisas de diseño:** Accesos diferenciados para los distintos grupos usuarios: Comunitario, EGB3 y Polimodal. Integrado por una serie de componentes edilicios compactos. Desarrollo predominante de fachadas al norte. Asoleamiento pleno a través de ventanas o aberturas superiores por diferencias de techos. Bloques de aulas: idénticos para los dos niveles de escolaridad. Ventilación cruzada en las aulas: ventanas superiores enfrentadas (muro externo del lado sur y muro divisorio entre la circulación y el aula).

Los diferentes bloques que componen el edificio se vinculan funcionalmente a través de una espina de circulación abierta en el sentido N-S que al mismo tiempo canaliza los ingresos y egresos de alumnos en forma independiente, EGB-3 desde el norte Ruta N° 7 y Polimodal y acceso a patios de vehículos para el caso de emergencias desde el sur.



Planta Baja del edificio escolar

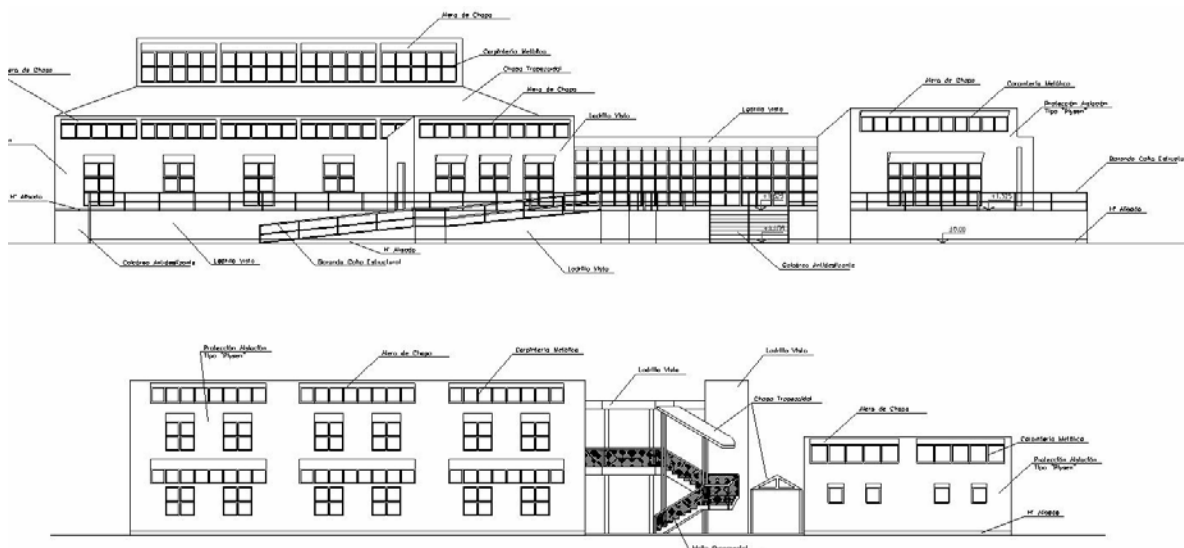
**Conclusión final:** Se espera que los resultados positivos contribuyan a convencer los representantes estatales sobre la factibilidad técnica y económica de los edificios escolares energéticamente eficientes. Si esto ocurre, será posible aplicar estas estrategias en forma masiva en el futuro, lo que representa un gran paso hacia el lejano objetivo de la sustentabilidad ambiental.



Plantas Primer piso de aulas



Vista Norte Bloque de Aulas.



Fachada Norte del SUM, Ingreso y Biblioteca. Fachada Norte del Bloque de Aulas

## **Referencias**

1. "Solar energy applications for building in developing countries". International Conference Solar Building Technology de Londres, Julio de 1977.
2. Lelio, G y ot. (1985). Evaluación de confort. Análisis de datos, Viviendas solares Arroyo Claro, Tunuyán, Mendoza. Actas de la X Reunión de Trabajo de ASADES. Neuquén, Argentina.
3. U.S. Department of Energy (1981). Passive solar design handbook. Volume three. Washington D.C.
4. Esteves, A., et al. "Transferencia de tecnología solar y educación en escuelas. Un desafío hacia la sustentabilidad". Resúmenes de la Conferencia Internacional Medio Ambiente Siglo 21. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba. Junio de 1999. Pp67.
5. Esteves, A., Et Al. "Construcción Edificio Albergue Escuela N° 8-597 Pedro Escalabrini. Acondicionamiento Térmico y Lumínico". Presentado en la XXII Reunión de Trabajo, ASADES'99.
6. de Rosa, C., et al. "An Eenergy Efficient Secondary School Project For Central Western Aargentina". Proceedings de la Conferencia Solar 99 de la American Solar Energy Society. Portland, Maine, 1999.
7. Casermeiro, M., Saravia, L. (1984): "Cálculo Térmico Horario de Edificios Solares Pasivos". Actas de la IX Reunión de Trabajo de ASADES. San Juan.
8. Lighting Technologies. Inc. (1993): "Lumen Micro – Versión 6.0. Boulder, Co. USA.
9. Schiler M. Editor.(1989): "Simulating Daylight with Architectural Models".U.S. DOE. USA.



## 10 AÑOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA

Celina Filippín<sup>1</sup> y Alicia Beascochea<sup>2</sup>

CONICET Spinetto 785, Santa Rosa, La Pampa (6300) ARGENTINA-

TelFax 54 2954 434222 E-mail: [cfilippin@cpenet.com.ar](mailto:cfilippin@cpenet.com.ar)

Universidad Nacional de La Pampa- Dirección de Arquitectura -Gil 353, Santa Rosa, La Pampa (6300), ARGENTINA- Tel 54 2954 451600 E-mail:arquitectura@unlpam.edu.ar

### RESUMEN

El trabajo muestra una descripción cuali - cuantitativa de los edificios bioclimáticos construidos en la provincia de La Pampa en la región central de Argentina con estrategias de diseño pasivas: calentamiento solar, refrescamiento e iluminación natural. Se observa el diseño y la tecnología de cada uno de ellos y los resultados del monitoreo térmico y energético. Los edificios, en localizaciones geográficas diferentes, han mostrado una buena performance durante el invierno. En algunos, se observa cierto sobre - calentamiento en períodos cálidos. El ahorro de energía fue de alrededor del 50 % según los casos, llegando hasta el 90 % en una escuela. Mejorando los hábitos de uso de cada edificio y su sistema de acondicionamiento artificial es posible maximizar el ahorro. La experiencia desarrollada en los últimos diez años permitió: evaluar diferentes tecnologías de envolventes, capitalizar errores y aciertos para optimizar próximos proyectos, y establecer pautas de diseño para concebir edificios confortables con bajo consumo de energía convencional en la región en estudio. Las escuelas bioclimáticas permitieron integrar el propio edificio a las actividades de enseñanza - aprendizaje en proyectos educativos institucionales.

**PALABRAS CLAVES** Arquitectura bioclimática – Ahorro de energía – Confort ambiental

### 1. INTRODUCCION

Los edificios son manifestaciones de las innovaciones técnicas. Dan cobijo, se adaptan a nuestras necesidades y expresan deseos, representan cultura. Las tecnologías empleadas para proyectarlos y ejecutarlos tienen consecuencias inmediatas respecto al consumo de energía, que depende en gran medida de la tecnología usada durante el proyecto, ejecución, operación y mantenimiento. Los edificios consumen la mitad de la energía que los seres humanos utilizan (Behling y Behiling, 2002). En general el hombre pasa el 80% de su vida en el interior de los edificios. En consecuencia la disponibilidad de un ambiente saludable y confortable no sólo se refiere al standard de vida sino que se acopla al consumo de energía y polución del ambiente (Zhao, Sun y Ding, 2004). Los edificios son devoradores de energía (una porción significativa proviene de combustibles fósiles). En Estados Unidos el 38% del consumo de energía en el año 2000 corresponde al sector edilicio; los combustibles fósiles representan entre el 70 y el 85% del total de energía consumida. El sector es un contribuidor significativo de la polución, en 1999 el 48.5% de dióxido de sulfuro fueron atribuidas a los servicios de los edificios. En el mismo año el 35% de la emisión de CO<sub>2</sub> correspondió al sector edilicio (Vine, 2003). En la provincia de La Pampa el diseño de los edificios no responde a pautas que tiendan a minimizar el consumo de energía fósil y optimicen las condiciones de confort de sus usuarios. Poseen coeficientes globales de transmisión térmica que superan los valores establecidos por la Norma IRAM

11603. Dentro del total de energía consumida anualmente el consumo de gas natural, de alta variabilidad estacional, absorbe un porcentaje de alrededor del 90%, y su destino final es la calefacción de los espacios. En este contexto la Universidad Nacional de La Pampa y el Ministerio de Educación de la provincia de La Pampa, y con un fin energético - ambiental y educativo, inició en 1994 la construcción de edificios bioclimáticos. La Figura 1 muestra la ubicación de la provincia de La Pampa en la República Argentina y las localidades donde se emplazan los edificios solares. En la Tabla 1 y 2 se observan las coordenadas geográficas y algunos datos climáticos de cada localidad.

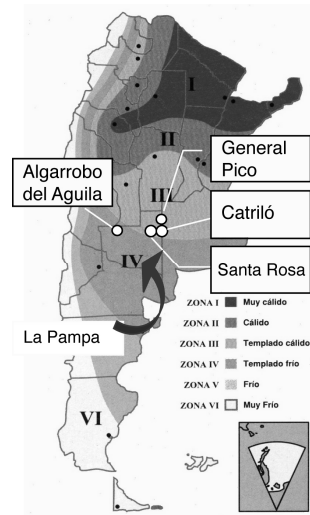


Figura 1: Ubicación de las localidades donde se emplazan los edificios

Localidad	Latitud	Longitud	Altura sobre el nivel del mar (m)
Algarrobo del Aguila	36°26'	67°09'	320
General Pico	35°70'	63°80'	141
Catriló	36°24'	63°25'	180
Santa Rosa	36°34'	64°16'	191

Tabla 1: Localización geográfica de los edificios construidos

Localidad	Temperatura media			Grados-día anual (base 18°C)	Radiación solar anual sobre superficie horizontal (MJ/m <sup>2</sup> )	Precipitaciones (mm)
	Anual	Julio Mínima	Enero Máxima			
Algarrobo del Aguila	15.6	-0.6	33.3	1646	18.8	340
General Pico	16.4	3.1	31.0	1187	16.4	933
Catriló	15.1	0.5	30.5	1620	16.3	980
Santa Rosa	15.5	1.4	31.0	1545	16.3	726

Tabla 2: Algunos datos climáticos

## 2. EDIFICIOS NO-RESIDENCIALES

### 2.1. Escuela en Algarrobo del Aguila

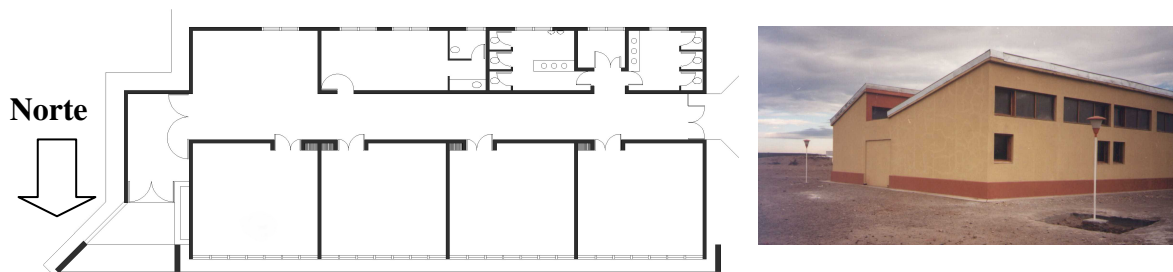


Figura 2: Planta, corte y vista. Referencias 1: aula

La escuela en Algarrobo del Aguila fue la primer experiencia de un edificio bioclimático construido en el ámbito oficial de la provincia (Fig.2). Está ubicada en el oeste de La

Pampa en un ambiente típicamente desértico. La región acusa una densidad poblacional de 0.06 a 0.1 hab/km<sup>2</sup> con el mayor índice de analfabetismo y el mayor porcentaje de necesidades básicas insatisfechas. El proyecto se desarrolló en una tira de 8 módulos (superficie total: 357 m<sup>2</sup>). Mediante un quiebre en la cubierta, además de las aulas, también poseen ganancia directa al Norte la zona de administración y servicios, ubicadas al Sur. Las paredes son tri - capa con poliestireno expandido de 0.05m de espesor como aislación térmica. La envolvente superior está formada por: la estructura resistente (losa prefabricada), sobre ella, y entre el contrapiso y una capa protectora de mortero, se ubica la aislación térmica. El conjunto sirve de base a la colocación de una cubierta de chapa galvanizada. El edificio si bien no fue monitoreado en forma sistemática, fue posible realizar durante 1995 experiencias con las maestras y los alumnos quienes tomaban los registros de temperatura tres veces por día mediante un termómetro común. Con temperaturas exteriores de -10°C, en el mes de julio, las aulas treparon a 14 °C al mediodía sin calor auxiliar. Según un informe del personal se consumieron en promedio 10 litros de kerosene por día (el edificio no contaba con red de gas natural). Para un período crítico de cuatro meses durante ocho horas diarias la energía auxiliar se acerca a 280 litros, valor inferior al estimado durante el pre - diseño para alcanzar los 16°C con una fracción de ahorro solar (FAS) de casi el 70% ( Ver Filippín y de La Mata, 1995). Durante 2003 (cuenta con gas natural) las temperaturas observadas durante un nuevo monitoreo se muestran en la Tabla 3. El consumo de energía diario (calefacción) (Tabla 4) corresponde a un ahorro del 90% respecto a una escuela convencional. Aún con temperaturas medias de 17°C los usuarios manifestaron estar en confort.

<i>Periodo</i>	<i>Aula 1</i>	<i>Aula 2</i>	<i>Aula 3</i>	<i>Aula 4</i>	<i>Pasillo Este</i>	<i>SUM</i>	<i>Oficina</i>	<i>Depósito</i>	<i>Exterior</i>
<b>1º Semana</b>	16.6	16.7	16.7	16.7	15.3	16.3	17.1	15.8	13.3
<b>2º Semana</b>	18.4	18.5	18.5	18.5	16.7	17.8	17.2	17.3	19.8

Tabla 3: Temperaturas medias (°C) de los locales durante las horas de ocupación, entre las 8:00h y las 18:00h.

<i>hora</i>	<i>Lunes</i>	<i>Martes</i>	<i>Miércoles</i>	<i>Jueves</i>	<i>Viernes</i>
8	10431	10433	10435	10439	10444
14	10433	10435	10439	10444	10446
		2 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup>	4 m <sup>3</sup>	5 m <sup>3</sup>
18	10433	10435	10439	10444	10446

Tabla 4: Valor de lectura del medidor de gas y consumo diario.

## 2.2. Pabellón de Ecología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPAM)

El diseño tuvo desde el inicio un fuerte condicionamiento, su costo, que no debía superar al de un edificio de tecnología convencional. Las estrategias de diseño fueron: ganancia solar directa, inercia térmica, conservación de la energía y ventilación natural (Fig.3). Es de tipología compacta con sus seis oficinas orientadas al norte. Los laboratorios se ubican al sur pero con captación solar a través de ventanas altas al norte. Las distintas áreas funcionales ocupan una superficie de 315 m<sup>2</sup> y un volumen de 631.5 m<sup>3</sup>. La envolvente vertical, de tres capas con aislación térmica, tiene un valor de R=1.66 °Cm<sup>2</sup>/W. La envolvente superior posee un valor de R=2.58 °Cm<sup>2</sup>/W. Las fundaciones son de cimientos corridos con una resistencia R=1.66 °Cm<sup>2</sup>/W. La carpintería se construyó con perfilera standard de aluminio de dos hojas corredizas y con cortinas de enrollar de PVC con

taparrollo exterior. El sistema de refrescamiento está integrado por intercambiadores de calor aire - tierra y aspiradores estáticos en la cubierta. El sistema refuerza la ventilación cruzada a través de ventanas. Se monitoreó el ala oeste del edificio. Los resultados fueron relevados entre el 25 de Marzo y el 1° de Abril de 1999. El local más frío del edificio es el área de servicios al sur, con una amplitud térmica despreciable y una media de 21°C. El local más caliente es el invernadero donde se observó el efecto de mayor área de ganancia directa y del conjunto de 7 lámparas de 250 W cada una, colocadas por requerimientos experimentales. Se observó que el laboratorio al sur, pero con ganancia directa al norte a través de ventanas altas, evidencia una temperatura media de 23°C con una amplitud térmica del orden de 3°C, superior a la de las oficinas (Filippín *et al.*, 1998; Hernandez, Salvo, Filippín y Lesino, 1999). El consumo de energía en calefacción superó al valor



Figura 3: Planta, corte y vistas al norte

estimado en el pre - diseño. La temperatura media medida superó en 3°C la usada en aquél momento, y además las cortinas de enrollar no se levantaban totalmente disminuyendo el área de ganancia directa.

### 2.3. Pabellón para la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLPAM.

El proyecto del edificio cubre un área de más de 600m<sup>2</sup>. Se localiza en el campus de la Universidad Nacional de La Pampa a 10 km de la ciudad de Santa Rosa. La región corresponde a un clima templado frío. En marzo de 2000 fue inaugurado el auditorio con capacidad para 200 personas, primer etapa prevista del conjunto. Por la función específica del edificio y por tratarse de una construcción de uso intermitente y de alta densidad de ocupación, las pautas de diseño fueron: edificio energéticamente eficiente y lumínicamente controlable y rápida respuesta del ambiente interior al sistema de climatización artificial (Fig.4). El diseño involucró las siguientes estrategias: envolvente con baja permeabilidad térmica, construcción liviana, prescindencia de ganancia solar directa y ventilación natural reforzada con aspiradores eólicos. La Figura 5 muestra el

interior del auditorio terminado. En el mes de Junio del 2000 se inició el monitoreo para analizar el comportamiento térmico del auditorio bajo condiciones reales de uso, y sin usuarios pero con climatización artificial concentrada en tres días.

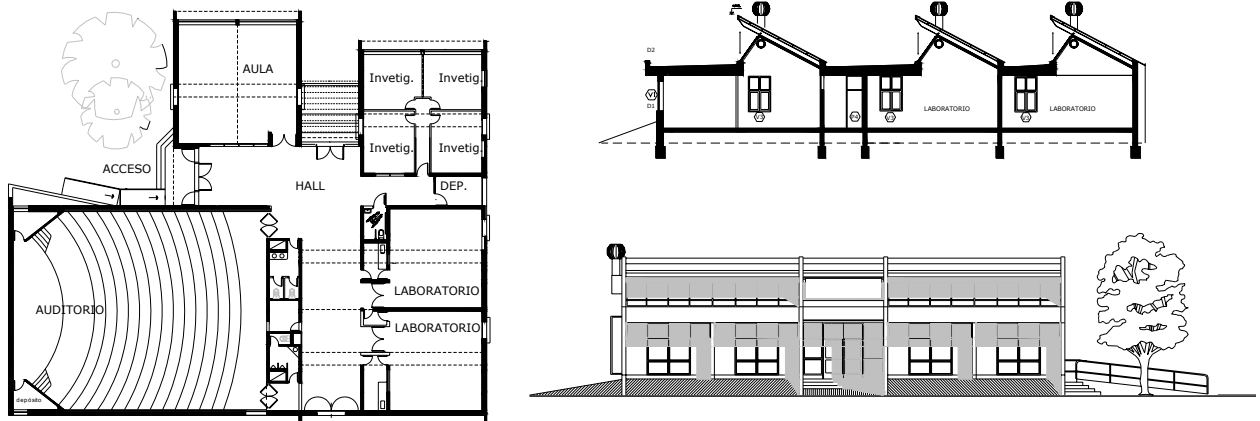


Figura 4: Planta y corte del Pabellón de Ciencias Exactas

En el interior de la sala se colocó una red de termocuplas a 2.00m del nivel del piso para evitar obstrucciones visuales. Se ubicaron cinco sensores paralelos a la pared norte y seis paralelos a la pared sur. Para el período comprendido entre el 19 y el 30 de Junio de 2000 los registros mostraron una respuesta inmediata del edificio al encendido de la calefacción. Posterior a los días sábado y domingo, sin acondicionamiento artificial, la temperatura interior cayó a 12.5°C. En el inicio de las actividades del día lunes, la temperatura pasó de 15.8°C a las 10h a 25.2°C a las 12h. No se observaron mayores diferencias entre la temperatura del lado norte y sur. Para el período sin actividad, luego de un período de días muy rigurosos, con temperaturas que llegaron a los -5°C, sin radiación y sensaciones térmicas que trepan a -14°C, la temperatura interior cayó hasta 1°C y no superó los 10°C en su valor máximo. En este período, comprendido entre el 10 de julio y 6 de agosto de 2000, sí se observó cierta diferencia entre la temperatura del lado norte y sur. Encendida la calefacción en horarios determinados, se observó nuevamente la rápida respuesta del edificio al acondicionamiento artificial. Se acentuó la estratificación térmica. A 0,60m del nivel del piso la temperatura se encuentra 7°C por debajo de la temperatura a los 2,00m (Filippín, Beascochea y Lesino, 2000).



Figura 5: Interior del auditorio

#### 2.4 Escuela en Catrilo

Las pautas de diseño fueron:

- obtener una clara zonificación de las áreas funcionales
- definir volumétricamente las diferentes áreas
- optimizar el consumo de energía convencional
- lograr confort térmico y lumínico de los espacios con un uso racional de la energía

Se plantearon como estrategias de diseño:

- una orientación acorde con la captación solar pasiva para calentar e iluminar los espacios
- el uso de masa térmica para captar, acumular y disipar energía en el momento requerido
- diseño y disposición de la ganancia directa que tienda a minimizar la zonificación térmica dentro del edificio
- una envolvente de baja permeabilidad térmica
- protección solar
- refrescamiento pasivo a través de ventilación natural reforzada con aspiradores eólicos y de intercambiadores de calor aire - tierra
- espacios adyacentes al edificio diseñados para atenuar el efecto de la temperatura sol - aire

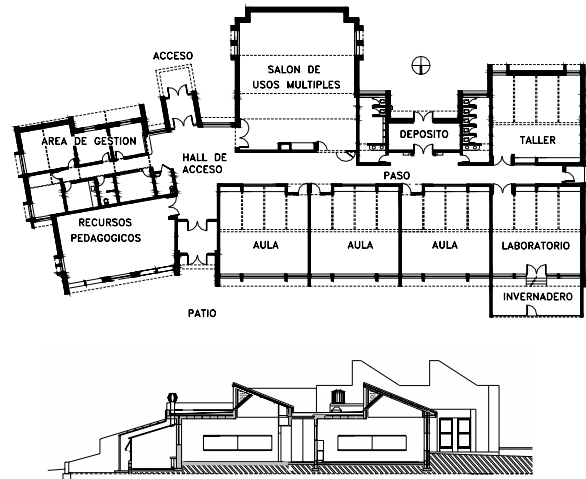


Figura 6 : Planta y corte

El edificio se ubica al norte en el sector sur de una 1 hectárea. Se localiza en un entorno de viviendas de baja densidad de una sola planta. El acceso principal se plantea hacia el SE. Un espacio abierto al norte permite el desarrollo de actividades lúdicas y deportivas. La Figura 6 muestra la planta y el corte del edificio. Todas las áreas destinadas a las actividades de enseñanza - aprendizaje tienen ganancia solar directa. El área de recursos pedagógicos combina ganancia solar directa e indirecta (colectores de aire). Los colectores de aire permiten minimizar el deslumbramiento que podría originar una mayor área vidriada colectora. Se adosa al laboratorio un invernadero concebido como espacio destinado a actividades pedagógicas y de compensación térmica. Entre la circulación y las áreas pedagógicas se incorporan ventanas, como estrategia de diseño para integrar visualmente los espacios, y como estrategia de climatización para minimizar la zonificación térmica. La tecnología empleada en la envolvente persiguió dos aspectos: almacenar en el interior la energía captada y minimizar las pérdidas. La superficie vertical de la envolvente está formada por tres capas, una interior de ladrillo macizo, una intermedia de poliestireno expandido de 0.05m de espesor, y una exterior, como protección mecánica de la aislación térmica, de bloque de hormigón que, además, le confiere la impronta al edificio. La envolvente horizontal está integrada por la estructura resistente, un contrapiso de hormigón con puzolanas y una capa de poliestireno expandido de 0.07m de espesor. Las áreas transparentes se resuelven con carpintería de aluminio con doble vidriado hermético, y con cortinas de enrollar de color blanco con lamas rellenas con poliuretano inyectado, sólo en el área de gestión. El edificio posee un coeficiente volumétrico de pérdidas (G) de  $0.94 \text{ W/}^\circ\text{Cm}^3$ . La cifra ofrece una reducción de más del 50% respecto al valor G promedio de edificios escolares en la región en estudio. En la Figura 7 se observan vistas del edificio. El monitoreo mostró algunos valores de temperatura que están por encima de los  $24^\circ\text{C}$ , valores que correspondieron al mediodía y a las primeras horas de la tarde, período en el cuál la lectura del medidor de gas mostró que la calefacción estaba encendida.



Figura 7 : Vistas exteriores e interiores

Aún con un elevado consumo de gas durante la noche que alcanzó el 100% respecto al diurno, los resultados mostraron con claridad que la escuela solar consumió menor volumen de gas/m<sup>2</sup> en el período, con un ahorro respecto a la escuela convencional de alrededor del 40%, valor que, bajo determinadas pautas de uso, podría crecer perfectamente sin perturbar el bienestar de los usuarios. En esta etapa de monitoreo se vio reflejada con claridad la influencia de los hábitos de uso en relación al consumo de energía y al comportamiento térmico. El análisis de los resultados del monitoreo permitió hacer sugerencias al personal directivo y de maestranza de la escuela solar para eficientizar el sistema de calefacción sin perturbar el bienestar.

### 2.5 Edificios de alta carga interna en la Facultad de Veterinarias de la UNLPAM

El conjunto está formado por: auditorio, sala de informática y sala de lectura y se ubica en General Pico. Actualmente se concluyó e inauguró el primero de ellos descripto en Filippín, Beascochea y Flores Larsen (2004 y 2005) (Fig.8 y 9) y se encuentran en construcción los otros dos. El monitoreo térmico y energético del auditorio se inició el 22 de junio de 2005. Se colocaron sensores tipo Hobo a 2.00m de altura en el lado norte, sur, escenario, hall de acceso, y debajo de las butacas, a 0.40m del nivel del piso. En la Tabla 5 se observa la temperatura promedio. El hall sin calefacción mecánica pero con ganancia solar directa mostró una temperatura promedio de 17.8°C. La diferencia entre el sector

norte y sur es inferior a 0.5°C. A 0.40 m de altura del nivel de piso hay 3°C menos que a 2.00 de altura. La ausencia de alumnos y de calor auxiliar provoca un descenso en promedio de 7.2°C (norte y sur). Los primeros resultados muestran que para mantener una temperatura promedio interior de 20.6°C (temperatura media exterior: 10.3°C) se consumieron 21m<sup>3</sup> de gas natural por día, valor que se aproxima al estimado durante el pre - diseño para una temperatura media exterior de 8°C para una temperatura base de diseño de 20°C (Filipín, Beascochea y Flores Larsen, 2005).

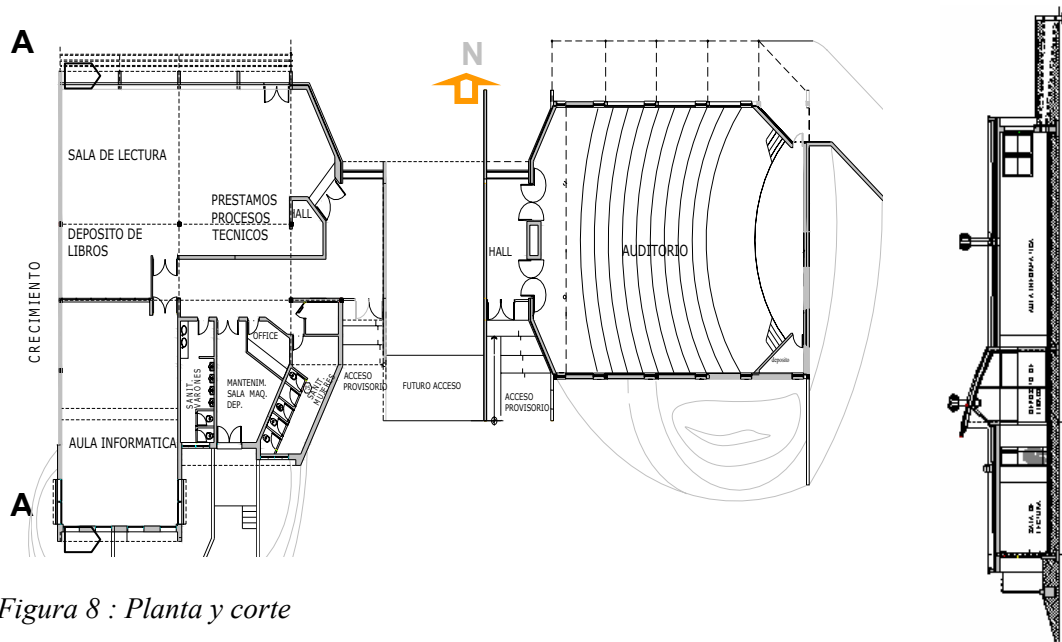


Figura 8 : Planta y corte



Figura 9: Vistas del Auditorio

Periodo	exterior	norte	sur	butaca	escenario	hall
Con usuarios y calor auxiliar (07 al 15 de julio 2005)	10.3	21.7	21.4	18.6	20.8	17.8
Sin usuarios y sin calor auxiliar (15 al 25 de julio de 2005)	7.4	14.9	13.7	14.3	14.0	14.3

Tabla 5: Temperatura promedio en cada área funcional en °C

### 3. EDIFICIOS RESIDENCIALES

#### 3.1. Residencias estudiantiles en General Pico para la UNLPAM

Previamente al diseño del prototipo, se realizó un estudio de necesidades y antecedentes en el tema y en medios similares al de la UNLPam. Se concluyó que era conveniente proyectar departamentos para cuatro estudiantes para facilitar la convivencia y el control (Filippín y Beascochea, 1998). Para reducir los costos de construcción y mantenimiento, los módulos se agrupan en tres edificios de dos plantas y cuatro departamentos cada uno, disminuyendo al mínimo indispensable las superficies comunes (Fig.10). La pauta inicial fue diseñar un edificio energéticamente eficiente cuyo costo no debía superar al de una obra convencional. Las estrategias de diseño fueron: ganancia solar directa, masa de acumulación y alta eficiencia térmica en la envolvente, iluminación y ventilación natural. La disposición interior de los locales permite que todos ellos, excepto los sanitarios, posean ganancia solar directa. Las áreas transparentes se resuelven con carpintería de aluminio y doble vidriado hermético, sin protecciones solares exteriores y con cortinas interiores tipo black - out. Los aleros permiten el control solar en épocas de mayor radiación. Muros interiores de ladrillo de 0,18m de espesor conforman la masa de acumulación. Aislación térmica de poliestireno expandido de 0,05m de espesor y bloque exterior de hormigón integran la envolvente vertical. La envolvente horizontal está constituida por losa cerámica, barrera de vapor y poliestireno expandido de 0.05m de espesor. Un hormigón de perlita de 0.10m de espesor mejora la resistencia térmica de la cubierta sirviendo de base sólida para la colocación de la membrana hidrófuga.

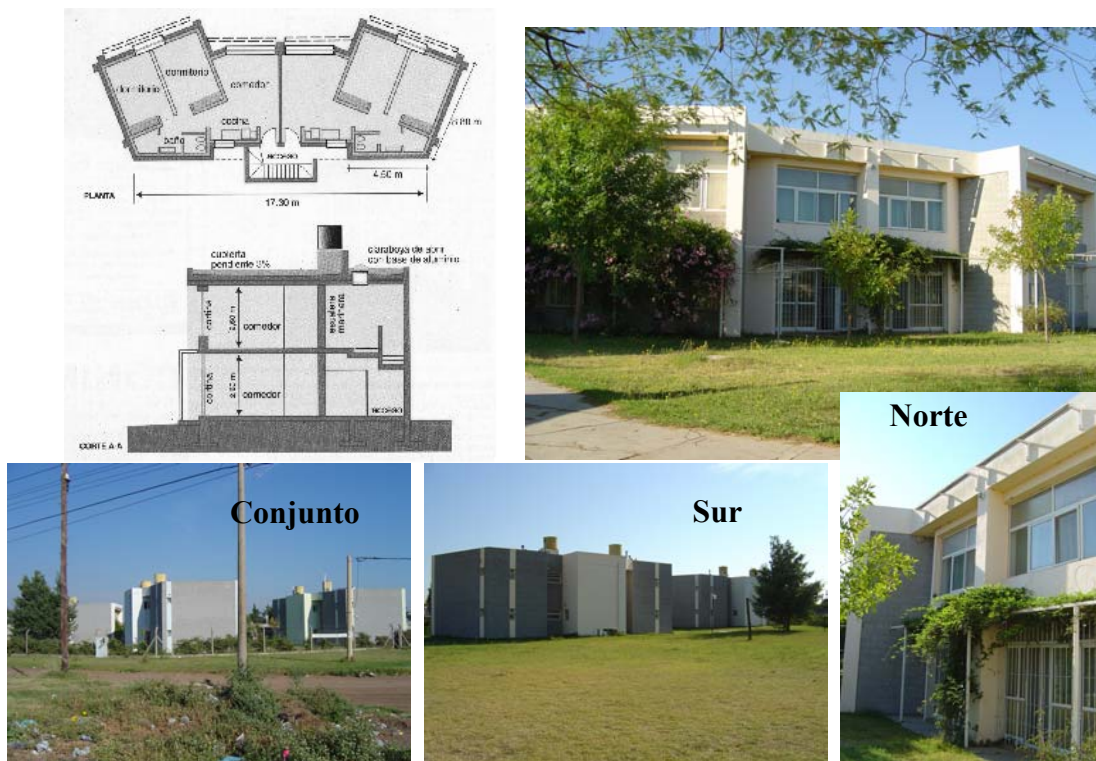


Figura 10 : Planta, corte y vistas

En la etapa de diseño la fracción de ahorro solar sólo fue calculada anualmente. En función de los Grados-día anuales, base 18°C, resultó una Fracción de Ahorro Solar del 75%. Para 24 horas diarias de calefacción las cuatro unidades de vivienda consumirían 292,5 m<sup>3</sup> de gas natural. El monitoreo higrotérmico y energético mostró, para el período comprendido entre el 9 de septiembre y 30 de noviembre de 1999, una tendencia creciente de la temperatura exterior, caracterizada por una alternancia de períodos cálidos y frescos. Para esta situación climática, ante el mismo diseño y tecnología, y la misma ubicación espacial pero distinta orientación, se observó una variación de casi 5°C entre los registros de los departamentos de planta alta, este y oeste. A lo largo de todo el período el departamento en el este se mantiene térmicamente por debajo del departamento lindero. Entre la curva de los departamentos de planta alta aparecen los registros de los departamentos de planta baja, este y oeste, con un mejor comportamiento térmico del departamento al este en los períodos calurosos. Las distintas curvas muestran que para el mismo diseño interior y tecnología los cuatro departamentos respondieron de manera diferente a la evolución de la temperatura del ambiente exterior. Para el período comprendido entre el 17 de diciembre de 1999 y el 3 de enero de 2000, con los departamentos ya desocupados, se observa una predominancia de días con temperaturas máximas superiores a los 25°C. La evolución de la temperatura mostró un flujo de calor desde planta alta hacia planta baja, y desde el oeste hacia el este. La posibilidad de realizar una encuesta en forma simultánea con el monitoreo permitió integrar la componente social con aspectos técnicos y energéticos. En la mayoría de los departamentos el horario de apertura de las cortinas y de las ventanas fue el adecuado durante el invierno, no así durante la primavera y el verano. Hay una preponderancia a considerar a la vivienda como muy calurosa en la primavera. La apertura de las ventanas en horarios inadecuados, además del encendido de los calefactores para secar la ropa, contribuyó al incremento de la temperatura. Respecto a los departamentos monitoreados la escasa variabilidad del volumen de gas natural consumido no se correspondió con la diferencia de la evolución diaria de la temperatura en los cuatro departamentos, situación que refleja la asociación del comportamiento térmico con los hábitos y costumbres de los usuarios. El consumo real de gas promedio en las 12 unidades habitacionales acusaron algo más de un 60% de ahorro respecto a viviendas de diseño y tecnología convencional. ( Filippín, 2000)

### *3.2. Residencias estudiantiles en Santa Rosa*

El conjunto de los 12 departamentos para estudiantes de escasos recursos de la Universidad Nacional de La Pampa se ubican en la periferia de la ciudad de Santa Rosa y en dos bloques. Cada departamento tiene una superficie de 50m<sup>2</sup> con capacidad para 4 estudiantes (Fig.11). La pauta inicial fue diseñar un edificio energéticamente eficiente cuyo costo no superara al de una obra convencional. Las estrategias de diseño fueron: ganancia solar directa, masa térmica y buena aislación en la envolvente, iluminación y ventilación naturales, y protección de las áreas transparentes para controlar el ingreso del sol. La disposición interior de los locales permitió que todos ellos, excepto los sanitarios, tuvieran ganancia solar directa al norte. Las ventanas se resolvieron con carpintería de aluminio y doble vidriado hermético, sin protecciones solares exteriores. Se colocaron cortinas interiores de tela tipo black - out. Los aleros permiten tener control sobre la ganancia solar en épocas de mayor radiación. Coberturas vegetales en las pérgolas contribuyen a minimizar aún más la radiación recibida en los meses de verano y estaciones intermedias. Las paredes exteriores son tri - capa con aislación térmica de poliestireno expandido de 0,05m de espesor en el medio. La envolvente horizontal está constituida por losa cerámica, barrera de vapor y poliestireno expandido de 0.05m de espesor y un hormigón de perlita de 0.10m de espesor.

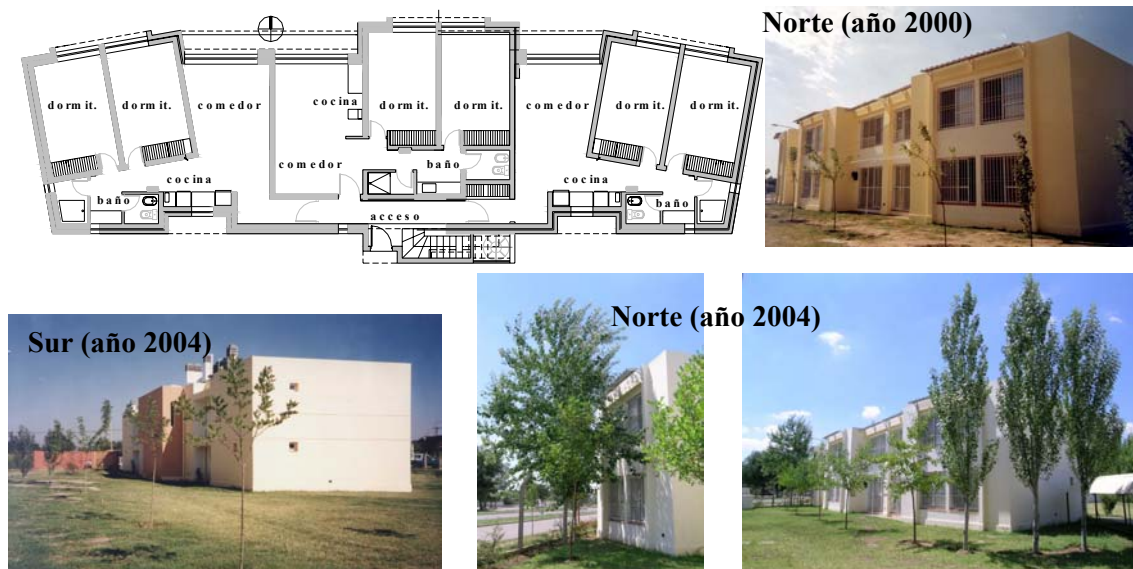


Figura 11: Planta, y vistas

Los edificios fueron inaugurados a finales de diciembre de 2000. Se inició el monitoreo térmico el día 13 de diciembre de 2000, con los departamentos cerrados y sin usuarios. Las mediciones se prolongaron hasta el 17 de enero de 2002 bajo condiciones reales de uso. La temperatura horaria en los seis departamentos estuvo comprendida entre 17.5 y 27°C. A través de las líneas de tendencia se observa que los departamentos 1 y 4 del sector este tienen un comportamiento térmico similar a los departamentos 3 y 6 del sector oeste, siendo sus líneas de tendencia prácticamente paralelas entre sí. El ahorro de energía en calefacción fue de algo más del 50% según los casos (Filippín, Beascochea y Gorozurreta, 2002).

### 3. CONCLUSIONES

Todos los edificios han sido monitoreados térmica y energéticamente. Los resultados mostraron que son confortables en el período invernal con una escasa dependencia de la energía convencional. El ahorro de energía para calefaccionar los espacios respecto a edificios convencionales es de alrededor del 50%, con un valor que llega al 95% en la escuela de Algarrobo del Aguila. En la escuela de Catriló la cifra puede aumentar significativamente si se mejoran los hábitos de uso del sistema auxiliar de calefacción. En las residencias de estudiantes de General Pico se observa claramente la influencia de la ubicación espacial de cada departamento en el comportamiento térmico, fundamentalmente en verano. El efecto de la temperatura sol - aire sobre la superficie de la pared al oeste de alta absorción (bloque de hormigón) acentúa la diferencia. También se observó en las residencias que la evolución diaria de la temperatura está muy asociada a los diferentes hábitos de vida de los usuarios, en cuanto a la calefacción y ventilación de los espacios. El ahorro de energía en calefacción en los dos conjuntos habitacionales (General Pico y Santa Rosa) fue de aproximadamente el 50% manteniendo la situación de confort. Los dos auditorios respondió satisfactoriamente a las expectativas planteadas en el período de diseño. La opción de una estructura liviana para obtener una respuesta térmica rápida frente al encendido de la calefacción fue acertada. Algunos edificios mostraron durante el verano temperaturas que treparon, en períodos extremos, hasta los 27°C sin acondicionamiento artificial. Se contempla que el mayor desarrollo de las especies arbóreas en el entorno adyacente de los edificios mejorará el comportamiento térmico en los días rigurosos de verano. Más allá de la performance térmica de los edificios

descriptos, y considerando que en la provincia el 90% de la energía que se usa en los edificios está destinada a la calefacción, se debe tener en cuenta que para Argentina los investigadores prevén un horizonte de vida equivalente a 10.7 años de disponibilidad de gas natural. (De Dicco,2005). En el ámbito de la construcción sostenible (especial respeto y compromiso con el medio ambiente) se debe entonces, minimizar la imprevisibilidad y la impredecibilidad a través de un diseño de edificios acordes con aquél escenario.

**AGRADECIMIENTOS.** *A las autoridades de la Universidad Nacional de La Pampa y a la Subsecretaría de Planeamiento Educativo del MCyE de la Provincia de La Pampa.*

#### 4. REFERENCIAS

- Behling y Behling, (2003), La evolución de la arquitectura sostenible. Ediciones G.G.
- De Dicco, R. (2005), Presente y futuro de la disponibilidad de gas natural argentino, IDICSO. Area de Recursos Energéticos y Planificación para el Desarrollo.
- Filippín, C. y De La Mata, M., (1995), Primera experiencia de una escuela solar en un ecosistema árido de la provincia de La Pampa. Primeros resultados de su comportamiento energético, Actas de XVIII Reunión de trabajo de ASADES, Asociación Argentina de Energía Solar, Vol.1,02.61-02.67, Argentina.
- Filippín, C., Beascochea, A., Esteves, A., de Rosa, C., Cortegoso, L. y Estelrich, D. (1998), A Passive Solar Building for Ecological Research in Argentina: The First Two Years Experience. Solar Energy Vol.63, No. 2, pp. 105-115
- Filippín, C., (2000), Residencias Universitarias Solares en la Provincia de La Pampa. Su Comportamiento Higrotérmico y Energético-Ambiental, Tesis de Maestría.
- Filippín, C., Beascochea, A. y Lesino, G., (2000), Comportamiento Térmico de un Sector del Pabellón de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Pampa, Comunicaciones del XXIII Congreso de ASADES, Resistencia, Argentina, pp.05.09-05.10
- Filippín, C. y Beascochea, A., (2000), Seguimiento y Valoración de la Construcción de la Escuela Solar Pasiva de Catrilo en la Provincia de La Pampa, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, pp. 05.93-05.98, Argentina (ISSN 0329-5184).
- Filippín C., Beascochea, A. y Gorozurreta, J., (2002). Una escuela solar en la provincia de La Pampa. Diseño y tecnología. Comportamiento higrotérmico y energético en el período invernal. Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.10, 2002, 23-32. ISSN 0328-932X
- Filippín C., Beascochea, A. y Flores Larsen, S. (2005), Auditorio bioclimático en la región central de Argentina, Memorias COTEDI 2005, México, Art. N° AB04.
- Hernandez, A., Salvo, N., Filippín, C. y Lesino, G., (1999), Medición del comportamiento térmico del ala oeste del edificio de ecología de la Facultad de Agronomía de la UNLPam, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 3, N°2, pp 08.117-08.120, Argentina (ISSN 0329-5184).
- Vine, E., (2003), Energy 28, pp. 319-341.
- Zhao, R., Sun, S. y Ding, R., (2004), Energy and Buildings 36,pp.281-1286

#### ABSTRACT

This paper shows a qualitative-quantitative description of bioclimatic buildings built in the province of La Pampa, central region of Argentina. The designs present the use of passive strategies: solar heating, natural cooling and daylighting. The buildings' design and technology, as well as the results of the thermal monitoring carried out are shown. The buildings, situated in different geographical locations, have shown a good thermal behavior during the winter, although overheating is observed in some of them in the warm periods. Energy saving fluctuated between 50% and 90%. In order to maximize the saving it is possible to improve each building's use habits and the system of artificial air conditioning. The experience developed in the last ten years has allowed to evaluate different envelope technologies and to learn errors and successes to optimize future projects and to establish design guidelines to might reduce energy consumption in architecture and provide comfortable buildings in the studied region. The teaching - learning activities carried out in institutional educational projects were naturally integrated to the bioclimatic schools.

