

# Relevancia de proyectos demostrativos de bajo impacto ambiental y gran eficiencia energética

*Relevance of demonstration projects promoting low  
environmental impact and high energy efficiency*

**Silvia de Schiller**  
**John Martin Evans**  
**Alejandro Labeur**  
**Claudio Delbene**  
**Daniel Kozak**

## Resumen

**E**n este trabajo se presentan tres casos de proyectos demostrativos de escalas, climas y funciones diferentes en Argentina: el Centro de Interpretación de la Reserva Ecológica para el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, una vivienda unifamiliar en Bariloche de iniciativa privada, y la Estación de Biosfera Yabotí, centro para el estudio de biodiversidad en la Selva Misionera para el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Los tres proyectos, diseñados 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 ejemplos son demostrativos de la factibilidad de realizar proyectos de bajo impacto ambiental y gran eficiencia energética y condiciones de confort logradas por medios naturales, implementando estrategias de diseño bioclimático e integrando sistemas solares en arquitectura, previéndose el monitoreo y auditoría de sus características térmicas, comportamiento energético y satisfacción del usuario.

**Palabras claves:** Proyecto demostrativo, diseño bioambiental, energía no convencional, simulación numérica, simulación física, bajo impacto ambiental.

## Abstract

*This work 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 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, within the framework of the Technical Assistance Programme for Bioclimatic Architecture. These examples demonstrate the feasibility of projects with low environmental impact, high energy efficiency, and comfort conditions achieved by natural means, by implementing bioclimatic strategies and integrating solar systems in architecture, and devising a programme to monitor and audit energy performance, thermal characteristics and user satisfaction.*

**Keywords:** *Demonstration project, bioclimatic design, non-conventional energy, numerical simulation, physical simulation, low environmental impact.*

**Silvia de Schiller**  
schiller@fadu.uba.ar

**John Martin Evans**  
evans@fadu.uba.ar

**Alejandro Labeur**  
**Claudio Delbene**  
**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

**Recebido em 02/05/03**  
**Aceito em 03/10/03**

## Introducción

La realización de proyectos demostrativos permiten estudiar, aplicar, mostrar y difundir nuevos enfoques en el hábitat construido e innovaciones tecnológicas, integrados en obras de arquitectura. En el campo de la construcción sustentable, los proyectos demostrativos han adquirido creciente importancia y reconocimiento institucional. Ellos actúan como vínculo instrumental entre el desarrollo de políticas energético-ambientales y la difusión e implementación de nuevos enfoques y técnicas en la producción del hábitat construido, facilitando la concientización del público y la transferencia a los profesionales de la construcción.

Los ejemplos que aquí se presentan son demostrativos de la factibilidad de realizar proyectos de bajo impacto ambiental, gran eficiencia energética y favorables condiciones de confort logradas por medios naturales, de bajas exigencias de mantenimiento, unido a la flexibilidad y sencillez de operación. Es relevante la efectiva implementación de estrategias de diseño bioclimático de forma complementaria en todas las escalas, y la integración de sistemas solares y de instalaciones de recuperación y reciclaje de agua en la arquitectura. Estos proyectos demostrativos requieren la verificación de postulados iniciales a través del monitoreo y auditoría de sus características térmicas, comportamiento energético y satisfacción del usuario.

## Condiciones de sostenibilidad en arquitectura

La arquitectura sostenible requiere reconocer y cumplimentar una serie de condiciones para lograr sus objetivos:

- (a) **Responder a necesidades genuinas** de la sociedad con la flexibilidad de adaptarse a nuevas exigencias;
- (b) **Lograr amplia aceptabilidad** por parte de los usuarios, tanto por su imagen como por la facilidad de uso, cuidado y operación;
- (c) **Reducir los impactos ambientales** en todos los campos, en forma significativa y verificable;
- (d) **Promover la colaboración** de todos los actores trabajando en conjunto, arquitectos, legisladores;

(e) **Lograr economía de recursos**, tanto en su construcción inicial como en su operación a través del tiempo.

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 caso, y una organización internacional en el tercero. Todos ellos fueron desarrollados en el marco del Programa de Asistencia Técnica en Arquitectura Bioambiental del Centro de Investigación Hábitat y Energía, a fin de tener información directa y experimentar el rol de las decisiones de diseño en el marco de la sostenibilidad.

## Características de emplazamiento y clima

Los proyectos están ubicados en zonas climáticas diversas, con características particulares y exigencias de confort específicas, referenciados según la Norma Argentina IRAM 11.603 (IRAM, 1996) de Clasificación Bioambiental de Argentina, con las siguientes características:

**Centro de Interpretación de la Reserva Ecológica**, Costanera Sur, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires:

- (a) Ubicación: Lat. 34° S. Borde costero, entre el Río de la Plata y el ejido urbano;
- (b) Zona Bioambiental: III, de clima templado, con 800 grados días (base 18°C);
- (c) Microclima: humedad y vientos por cercanía al río;
- (d) Temperaturas de diseño: mínimo de invierno 3,8°C y máximas de 31,2°C en verano;
- (e) Exigencias de confort: equilibradas entre invierno y verano;
- (f) Sitio: plano, de relleno artificial con baja resistencia portante;
- (g) Vegetación: sitio con pastos naturales y abundante vegetación autóctona al sur y al este.

**Vivienda unifamiliar Fuentes-López:**

- (a) Ubicación: Lat. 40° S. En las afueras de la Ciudad de San Carlos de Bariloche. Provincia de Río Negro;

- (b) Zona Bioambiental: VI, de clima muy frío con 3681 grados días (base 18°C), con nieve en invierno;
- (c) Microclima: protegido por la vegetación, con cierta exposición a los vientos fríos del sur;
- (d) Temperaturas de diseño: mínimas de invierno -5,6°C, máximas de verano 23,9°C;
- (e) Exigencias de confort: énfasis en problemas de invierno, control de pérdidas de calor y aprovechamiento de la energía solar en todo el año;
- (f) Sitio: en pendiente con sector plano, rocoso, en zona sísmica;
- (g) Vegetación: abundante vegetación boscosa de cipreses y caña colihue en reserva forestal.

**Estación de Biosfera Yabotí**, parte de la Red Mundial de Reservas de Biosfera de la Organización de las Naciones Unidas para Educación y Ciencia:

- (a) Ubicación: 26° S. Reserva Provincial La Esmeralda, en plena selva, Provincia de Misiones;
- (b) Zona Bioambiental Ia, de clima muy caluroso con baja amplitud térmica;
- (c) Microclima: la altura de 500 m sobre el nivel del mar, provoca una disminución leve en temperaturas invernales, expuesto al viento del sur;
- (d) Temperaturas de diseño: mínimas de invierno 9°C, máximas de verano 33°C;
- (e) Exigencias de confort: énfasis en condiciones de verano, con especial cuidado por el invierno;
- (f) Sitio: con escasa pendiente en un claro del bosque, con vistas abiertas al sur, totalmente aislado;
- (g) Vegetación: selva paranaense, con limitada capa de humus, insectos y reptiles.

## Proyecto 1: Centro de Interpretación Reserva Ecológica Costanera Sur, Ciudad de Buenos Aires

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 sostenibilidad en el hábitat construido (de SCHILLER et al., 2000). El Centro está destinado a recibir alumnos de escuelas primarias y secundarias de la Ciudad de Buenos Aires y del 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 de este proyecto demostrativo.

## Objetivos de demostración

Los objetivos principales son:

- (a) **Implementar** estrategias de diseño bioclimático e integración de sistemas especializados de captación y aprovechamiento de energías renovables;
- (b) **Utilizar** al edificio como ejemplo didáctico para demostrar la importancia del medio-ambiente y ejemplificar la responsabilidad ambiental en la toma de decisiones de diseño;
- (c) **Promover** el uso racional de la energía y las tecnologías apropiadas en la construcción;
- (d) **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;
- (e) **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.

## Aplicación de pautas y estrategias de diseño bioambiental

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:

(a) **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;

(b) **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** (Figura 1 y 2):

- (a) Planta compacta: economía constructiva, mínimas pérdidas, control de infiltraciones e inercia térmica;
- (b) Forma lineal con desarrollo E-O: mejor captación del sol invernal, fácil protección del sol estival del E y O, y posibilidad de ventilación cruzada para los ambientes principales;
- (c) Orientación de espacios principales al N: buen asoleamiento invernal, cubierta con inclinación para módulos fotovoltaicos;
- (d) Disposición de espacios secundarios al S y O: protección de vientos fríos, aislación térmica de espacios principales, protección de radiación solar en verano;
- (e) 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.



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



Figura 2 - Vista desde el SO, la fachada oeste, con limitadas aberturas y la fachada sur incorpora elementos de protección de los vientos fríos

## Selección de materiales según calidad ambiental

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:

- (a) Uso de materias primas renovables y/o recicladas;
- (b) Bajo impacto energético en las etapas de extracción, fabricación y colocación en obra;
- (c) Mínimo impacto sobre la salud de los ocupantes del edificio;
- (d) Materiales reutilizables, reciclables o de bajo impacto en la etapa de demolición o 'deconstrucción'.

## Incorporación de instalaciones no convencionales

En cuanto a las instalaciones, elementos de gran valor demostrativo, se han adoptado criterios no convencionales con el objetivo de poner en

práctica experiencias inéditas en nuestro medio para su posterior difusión y evaluación.

**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:

- (a) Distribución de agua potable, proveniente de red para consumo humano;
- (b) Reciclado de aguas “grises”, procedentes de lavatorios y duchas para ser utilizadas en inodoros;
- (c) 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;
- (d) 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.

## Utilización de sistemas solares

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 sobre-calentamiento, 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; este sistema consta de dos colectores solares de 5 m<sup>2</sup>, inclinados a 45° y orientados al N.

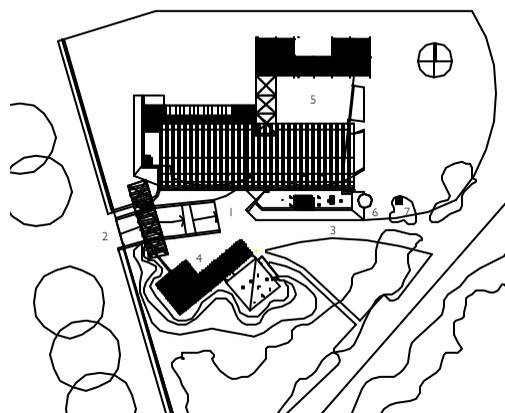
**Módulos fotovoltaicos:** El sector administrativo y el pórtico de acceso incorporan paneles fotovoltaicos con el fin de demostrar la conversión de energía solar en energía eléctrica y utilizar la

energía generada en el edificio. Para evitar el sobre-dimensionamiento de la superficie de los módulos, se propone un sistema conectado a la red eléctrica convencional urbana, de gran innovación en la ciudad y el país, tanto desde el punto de vista tecnológico como por su marco legal. 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. (Figuras 3 a 6).



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



Ref.: 1 explanada acceso, 2 acceso peatonal, 3 sendero peatonal, 4 patio merienda, 5 patio de usos múltiples.

Figura 4 - Emplazamiento del Centro de Interpretación para la Reserva Ecológica Costanera Sur, Ciudad de Buenos Aires, frente al Río de la Plata

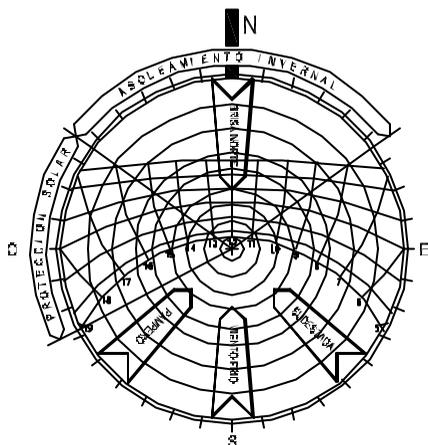
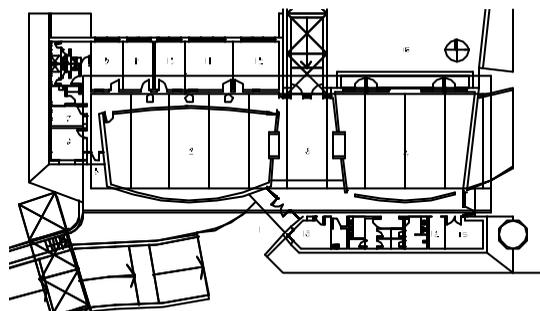
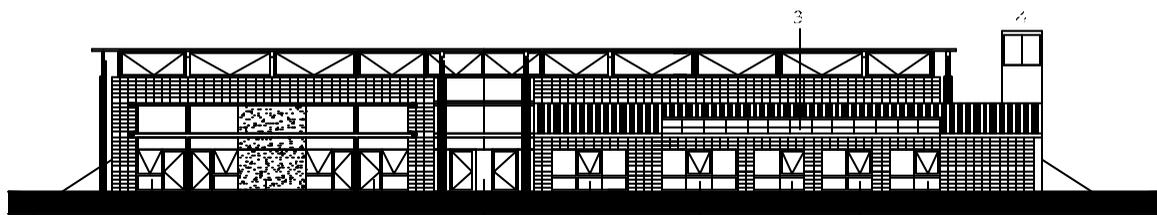


Figura 5 - Buenos Aires, 34 ° Lat. S - Trayectoria solar y vientos



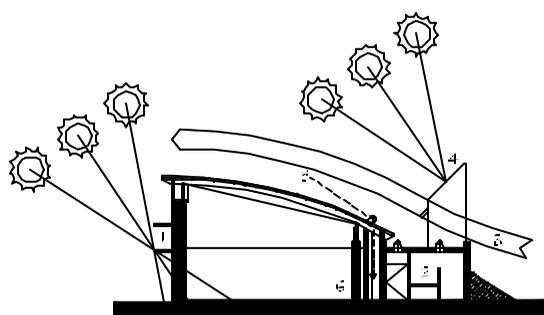
Ref.: 1. entrada; 2. sala de exposición; 3. hall de acceso; 4. SUM, salón de usos múltiples; 5. acceso personal; 6. oficina de seguridad; 7. recepción; 8. administración; 9/10 oficina de guías; 11/12. sala de reuniones; 13. recepción público; 14. sala máquinas; 15. depósito; 16. patio de usos múltiples.

Figura 6 - Planta del Centro de Interpretación Reserva Ecológica Costanera Sur, Buenos Aires



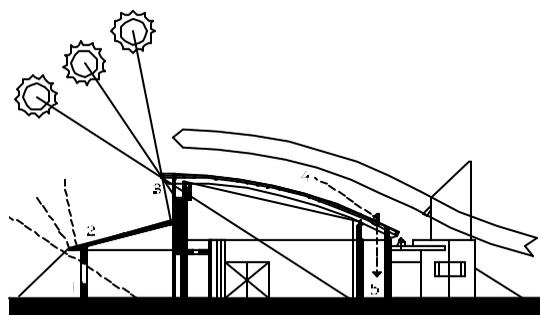
Ref.: 1. ventanas captadoras, 2. muro Trombe, 3. paneles fotovoltaicos, 4. colectores planos, 5. ventanas captadoras y muro Trombe

Figura 7 - Vista Norte, Centro de Interpretación para la Reserva Ecológica Costanera Sur, Buenos Aires



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

Figura 8 - Corte transversal del SUM, Centro de Interpretación Reserva Ecológica, Buenos Aires



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

Figura 9 - Corte transversal Sala de Exposición del Centro de Interpretación Reserva Ecológica, Buenos Aires

## Proyecto 2: Casa Fuentes-López, Bariloche, Provincia de Río 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. (IRAM, 1998). 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.

**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. Sin embargo, la radiación solar en verano es intensa, combinada con temperaturas estivales máximas de  $24^{\circ}\text{C}$ . Las condiciones climáticas rigurosas 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 súper-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.

**Sistemas solares pasivos:** La fachada N incorpora tres sistemas solares pasivos: 1. *Invernadero* de gran volumen y superficie nominal de  $48\text{ m}^2$  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. 2. *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  $7,50\text{ m}^2$ . 3. *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:  $16\text{ m}^2$ .

**Sistemas solares activos:** 1. *Paneles fotovoltaicos* La pendiente del techo orientado al N inclinado a  $40^{\circ}$ , incorpora dos sistemas solares adicionales: una superficie de  $10\text{ m}^2$  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. 2. *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 (Figuras 10 a 20).



Figura 10 - El estacionamiento cubierto protege la entrada y la fachada sur de la vivienda de los vientos fríos



Figura 11 - Fachada sur de la casa en obra, antes de construir el invernadero y los FV en el techo



Figura 12 - Perspectiva de la vivienda y su entorno, durante la etapa de proyecto

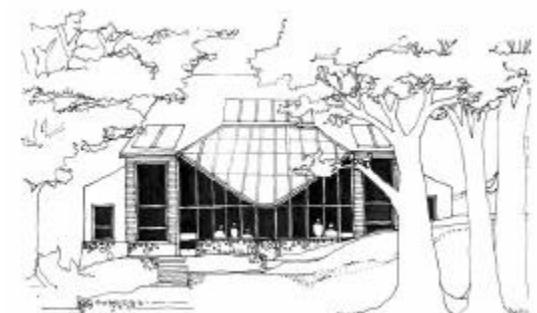


Figura 13 - Perspectiva de la vivienda y el amplio invernadero mirando al norte para optimizar la captación de sol, durante la etapa de proyecto

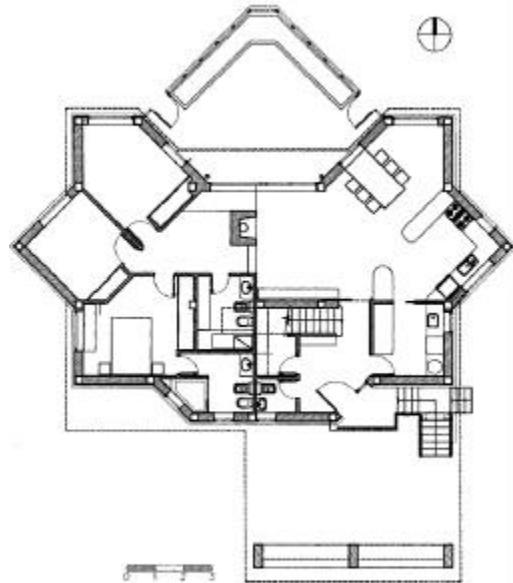


Figura 14 - Planta baja de la vivienda

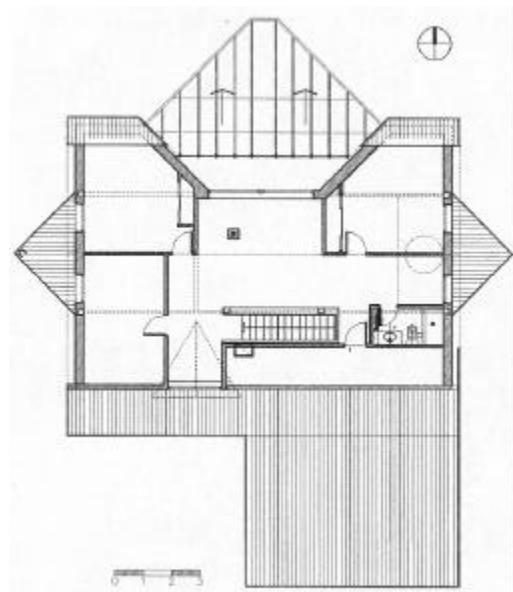


Figura 15 - Planta alta de la vivienda

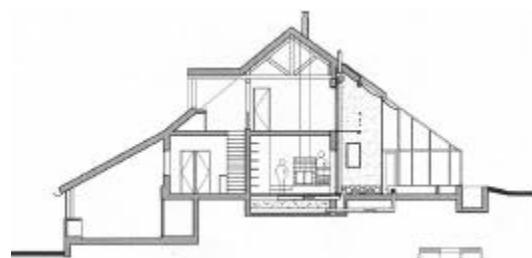


Figura 16 - Corte Norte - Sur. A la izquierda, sur, la cochera y entrada, con leñera, depósito y bodega. A la derecha, norte, el invernadero con el sistema activo con ventilador y conducto hacia el lecho de piedras



Figura 17 - Colectores solares planos para el calentamiento de agua y fotovoltaicos para generación de energía eléctrica en el techo de la vivienda



Figura 20 - Muro acumulador con ventana orientada al sol en la fachada N de la vivienda



Figura 18 - Lecho de piedra en la vivienda solar



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

### Proyecto 3: Estación de Biosfera Yabotí, Reserva Natural La Esmeralda, Provincia de Misiones

La selva paranaense, continuación de la Mata Atlántica de Brasil, es uno de los ecosistemas más amenazados del mundo, del que solo sobrevive hoy menos del 5 % de su extensión original que se extendía desde el sur de Bahía hasta el norte de Misiones. La Reserva de Biosfera Yabotí, parte de la Red Mundial de Reservas de Biosfera de la Organización de las Naciones Unidas para Educación y Ciencia, está ubicada en el norte de la Provincia de Misiones, sobre el Río Uruguay, separada del Parque do Turbo en Brasil por los famosos Saltos del Moconá. La franja que se extiende en el norte de Misiones, desde la Reserva de Biosfera Yabotí hasta el Parque Nacional de Iguazú conecta los Parques do Turbo y de Foz de Iguazú, que en conjunto forman el mayor sector no fragmentado del continente, siendo su preservación esencial para la supervivencia de la selva.

Siguiendo una propuesta del famoso biólogo brasileño Márcio Ayres, que dirige la mayor reserva de uso sustentable de su país, se está ejecutando en la Provincia de Misiones un proyecto de apoyo inicial a la RBY, dentro del marco del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, con financiación del Gobierno de Gran Bretaña. Un punto importante del proyecto es la construcción de una estación

biológica que sirva de base a un programa de investigación de sus recursos naturales. El diseño de la Estación de Biosfera Yabotí fue desarrollado con el asesoramiento del Programa de Asistencia Técnica en Arquitectura Bioambiental de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, a través de un convenio entre el Programa PNUD, Naciones Unidas, y la FADU-UBA.

De acuerdo a las necesidades del comitente y las revisiones respecto a los requisitos del programa, el conjunto comprende tres elementos principales: la vivienda de Guarda Parques, con taller, depósito y estacionamiento semi-cubierto, la vivienda del Director Residente, con estudio y laboratorio, y el alojamiento para 12 investigadores tesisistas y pasantes. Los tres elementos se articulan en forma de tiras o barras con sus fachadas principales orientadas al norte y al sur, unidas por una importante circulación semi-cubierta. Esta estructura configura una serie de lugares de reunión, esparcimiento y descanso, protegidos del sol estival y de las lluvias frecuentes, a fin de proporcionar espacios exteriores habitables atendiendo las condiciones climáticas. El mismo criterio se adopta en la resolución de cada tira, integrando balcones, terrazas y galerías, de gran intensidad de uso y bajo costo de construcción y mantenimiento (Figura 21).

Las características climáticas del lugar fueron estimadas según la ubicación del centro de investigación y las estaciones meteorológicas más cercanas. Los datos corresponden a la Zona Bioambiental la 'muy calurosa con baja amplitud térmica' según la Norma IRAM 11.603 (IRAM, 1996), aunque su altura de 500 metros sobre el nivel del mar provoca temperaturas relativamente bajas en invierno. La forma edilicia enfatiza la importancia de la orientación para captar el sol invernal y proteger de la radiación solar estival, mientras ofrece excelente ventilación cruzada a fin de lograr confort en verano y favorecer las espectaculares vistas al sur.

## Preocupación por el impacto ambiental

Se ha priorizado la preocupación por controlar y minimizar el impacto ambiental, especialmente por tratarse de la inclusión de una nueva actividad en una zona protegida en un medio natural altamente vulnerable. El Proyecto PNUD intenta así proporcionar un ejemplo demostrativo de la capacidad de implementar nuevos enfoques ambientales en arquitectura. Paralelamente, la Provincia de Misiones pretende promover el uso

de los recursos renovables de la región y la mano de obra local.

En este contexto, el asesoramiento del CIHE se ha orientado a minimizar el impacto ambiental a través de los siguientes aspectos:

- (a) Cuidada implantación respetando las especies existentes;
- (b) Integración de estrategias bioambientales en las definiciones de diseño arquitectónico y los detalles constructivos;
- (c) Morfología edilicia en relación con la trayectoria del sol y la orientación de brisas;
- (d) Incorporación de sistemas de aprovechamiento de energías renovables;
- (e) Uso de materiales de bajo impacto, con potencial reciclado y;
- (f) Implementación de instalaciones sanitarias no-convencionales y uso racional de agua.

## Aplicación de pautas y estrategias de diseño bioambiental

Los recursos ambientales planteados en los lineamientos generales incluyen los siguientes aspectos orientadores de proyecto (Figuras 21 a 28):

- (a) Techos de forma sencilla y aleros importantes para lograr adecuada protección del sol estival, con pendiente que permite mayor exposición en invierno, mientras logra protección estival;
- (b) Ventilación cruzada en todas las habitaciones principales, con aberturas importantes en las fachadas norte y sur para favorecer un efectivo movimiento de aire a la altura de los ocupantes y lograr confort en verano sin acondicionamiento artificial;
- (c) Espesores de aislantes térmicos que cumplen con el Nivel A 'Recomendado' según la Norma IRAM 11.605 (IRAM 1998). (Por ejemplo, se ha estimado 7,5 cm de aislación en techos para evitar el ingreso de calor en verano y 2,5 cm en paredes y piso, con sus respectivas cámaras de aire, barreras de vapor interiores y papel embreado solapada con junta abierta que forma una capa impermeable protegida por el revestimiento exterior, mientras permite egreso de vapor de agua.);
- (d) Colores claros del techo para reflejar la radiación solar estival;
- (e) Formas sencillas de los techos y aleros para lograr buena protección de las lluvias y favorecer la recolección de agua pluvial.

## Incorporación de energías renovables

La Estación, situada en una zona aislada, a 6 Km de la vivienda más cercana y aproximadamente a 20 Km de redes de energía convencional, incorpora sistemas de aprovechamiento de la energía solar y otras energías renovables, por ejemplo:

- (a) Cada vivienda cuenta con una serie de colectores solares planos para calentar agua de baños y cocinas;
- (b) Como fuente de energía auxiliar, se incorporan calderas a leña, tipo 'quematutti' para agua caliente y las cocinas económicas;
- (c) La provisión de energía eléctrica para el conjunto se realiza a través de módulos fotovoltaicos y baterías con capacidad de almacenamiento para tres días. El equipamiento eléctrico previsto incluye iluminación artificial, computadoras en el laboratorio y estudio, heladeras y otros electrodomésticos de bajo consumo en cocinas y comedor (Figura 28);
- (d) Un grupo electrógeno permite cargar las baterías después de una serie de días nublados y asegura el suministro de energía eléctrica para el bombeo de agua y ocasionales tareas del taller. Esta fuente auxiliar permite reducir el número de baterías y su consecuente impacto ambiental;
- (e) Las ganancias solares en el interior de las habitaciones principales disminuyen la demanda de energía para confort en invierno.

## Construcción de bajo impacto

Se adopta la construcción en madera, tanto para la estructura como los paneles de cerramiento, y techo de chapa pre-pintada, que responde a las siguientes pautas a fin de reducir el impacto de la obra en el lugar:

- (a) Favorecer el empleo local y la industria provincial con el uso de madera blanda tratada, proveniente de bosques manejados, recurso renovable prioritario en la región;
- (b) Acortar el tiempo de construcción y minimizar los desperdicios de materiales aplicando un criterio constructivo modular de paneles de madera para paredes, techos y pisos;
- (c) Asegurar larga vida útil de construcción con madera impregnada bajo presión que evita su deterioro por causa de insectos y hongos;
- (d) Modular las plantas y fachadas, adoptando un modulo de 40 cm, basado en la distancia entre

bastidores, duplicado en el ancho puertas de 80 cm;

- (e) Lograr economía y racionalización de la estructura, unificando las secciones de madera de modo que todos los cabios de la obra tengan igual luz entre vigas de 3,20 metros, siguiendo el modulo de 40 cm;
- (f) Reducir el uso de hormigón y mampostería en obra y evitar movimientos de tierra utilizando un sistema de cimientos con pilotes y pisos elevados sobre el nivel del suelo;
- (g) Lograr protección inicial en caso de incendio con revestimiento interior de placas roca yeso;
- (h) Facilitar la construcción racionalizada, agrupando baños, cocinas y lavaderos para formar locales sanitarios modulares y repetitivos.

## Evaluación energética y térmica con simulaciones

La evaluación de las características térmicas incluye los siguientes estudios de simulación numérica y física espacial:

**Asoleamiento:** los estudios de captación de sol invernal y protección solar estival se realizaron para distintas horas del día y estaciones del año según la latitud del lugar a través de ensayos llevados a cabo con maquetas en el Heliodón del LEB, Laboratorio de Estudios Bioambientales del CIHE.

**Ventilación cruzada:** éstos estudios fueron realizados a través de ensayos con maquetas en el Túnel de Viento del mismo Laboratorio usando humo para visualizar la velocidad y trayectoria del aire en movimiento (Figura 24).

**Movimiento de aire:** para completar los estudios en el túnel de viento se realizaron simulaciones numéricas con un programa de CFD, fluido-dinámica computada.



Figura 21 - Vista del conjunto edilicio desde en Noroeste, elevado sobre el nivel del terreno, instalaciones solares, expansiones con mosquiteros y circulaciones cubiertas que permiten fácil desplazamiento sin barreras, con gran importancia de los espacios intermedios

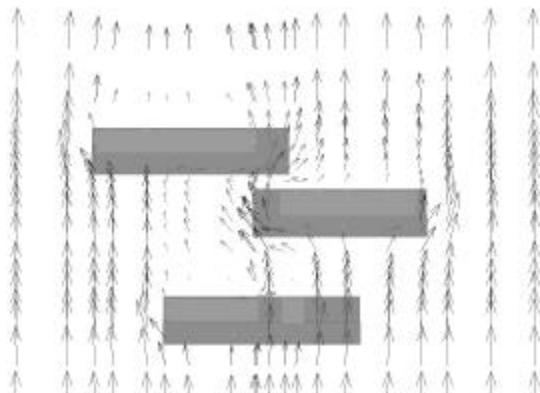


Figura 22 - Planta con estudio de movimiento de aire en espacios exteriores y sobre fachadas con el fin de verificar las condiciones de ventilación cruzada

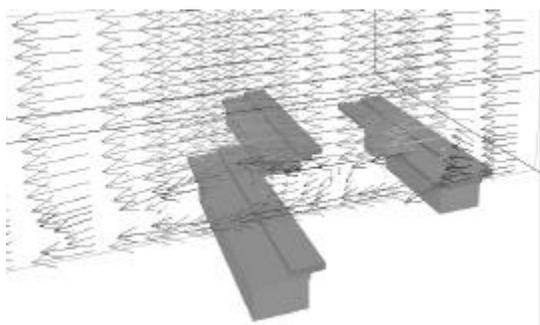


Figura 23 - Perfil de velocidad de aire en sección vertical con viento norte

**Temperatura:** se realizó la simulación numérica de las temperaturas internas en días típicos de invierno y verano con el fin de verificar los espesores de aislantes térmicos, los requerimientos de captación y protección solar, el tamaño y disposición de aberturas, etc., utilizando el Programa Quick que indica la evolución de la temperatura horaria.

**Comportamiento térmico:** la simulación numérica de flujo de calor en dos dimensiones se realizó con el fin de estimar las características térmicas de techos y paredes, y confort térmico según la Norma ISO 7730 (1994).

**Transmitancia térmica:** la evaluación de las características térmicas de paredes y techo se realizó para verificar el cumplimiento de la Norma IRAM 11605 (1998), según el método de la Norma IRAM 11603 (1996).

**Eficiencia energética:** la evaluación de las características térmicas de la envolvente se realizó con la planilla electrónica Evaluador Energético desarrollada en el CIHE (EVANS; de SCHILLER, 2001).

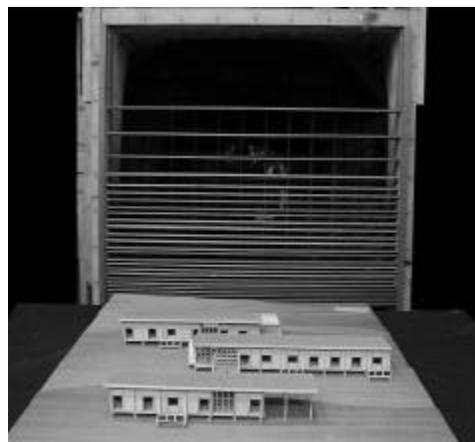


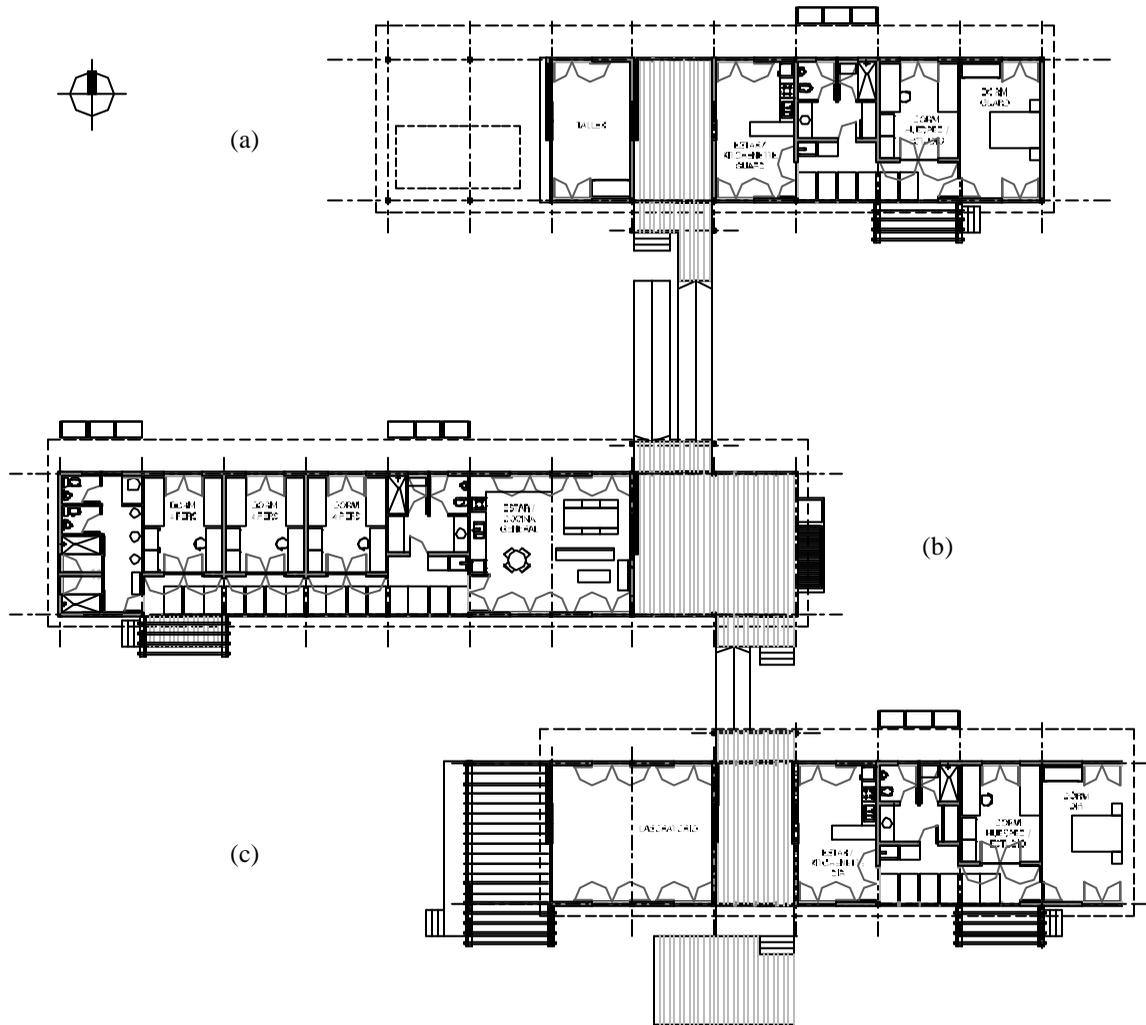
Figura 24 - Maqueta en Túnel de Viento

## Conclusiones

Los tres proyectos demostrativos (Cuadro 1) 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. 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 (IRAM, 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 los tres 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. En el caso de la Estación de Biosfera Yabotí, los ensayos de simulación de viento y movimiento de aire, efectuados por medio del Túnel de Viento y programas CFD (fluido-dinámica computada), resultaron de especial interés para dimensionar las distancias entre edificios que garantizan una ventilación cruzada efectiva; de acuerdo a la estrategia de diseño para verano, con la premisa del aprovechamiento de brisas para refrescamiento.

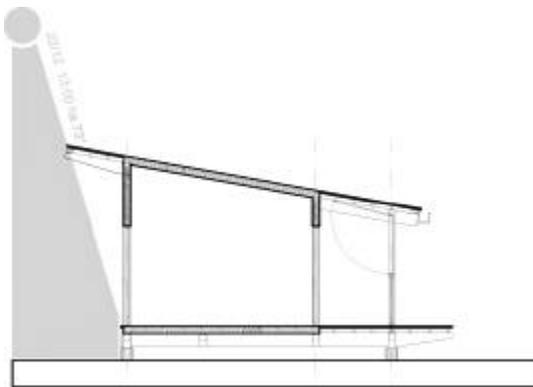
Asimismo, se llevaron a cabo simulaciones numéricas del ingreso de radiación solar, régimen térmico de los locales y distribución de temperaturas en potenciales puentes térmicos y detalles constructivos. Así se pudieron ajustar decisiones del diseño y verificar el probable comportamiento de propuestas de innovación tecnológica.



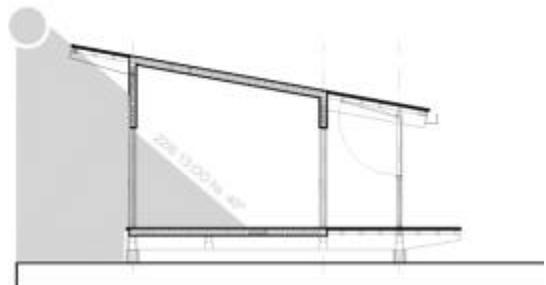
Ref.: (a) Casa de Guardaparques, con garaje y taller; (b) Casa de los Investigadores, con estar general y quincho en el sector central;

(c) Casa del Director, con estudio o habitación de huéspedes y Laboratorio

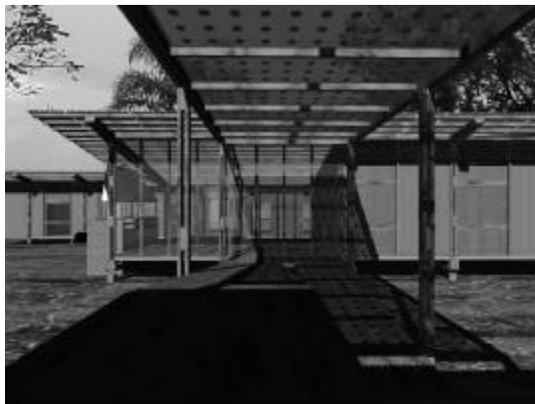
**Figura 25 - Planta del proyecto con los tres elementos unidos por una circulación techada en el sentido N - S**



**Figura 26 - Corte protección solar en verano**



**Figura 27 - Corte penetración solar en invierno**



**Figura 28 - Circulación central hacia el espacio semi-cubierto de expansión con parrilla (casa de investigadores). Cubierta circulación: Paneles fotovoltaicos semi-transparentes**

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 las simulaciones y contribuir al mejoramiento de futuros proyectos, legislación y normativas.

## Referencias

de SCHILLER, S. Sustainable low impact demonstration projects. In: SUSTAINABLE BUILDING INTERNATIONAL CONFERENCE, 2002, Oslo, Norway. **Proceedings...** Oslo: SB-02, 2002.

de SCHILLER, S.; EVANS, J. M. Proyecto demostrativo: vivienda solar de bajo consumo energético: Casa Fuentes-López, Bariloche, Río Negro. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, Salta, v. 4, n. 1, p. 5.31-5.36, 2000.

de SCHILLER, S.; EVANS, J. M.; KOZAK, D. Estación de Biosfera Yabotí, Estudios para un proyecto demostrativo de bajo impacto ambiental. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, Salta, v. 6, n. 1, p. 1.29-1.33, 2002.

de SCHILLER, S.; EVANS, J. M.; LABEUR, A. Proyecto demostrativo: Centro de Interpretación, Reserva Ecológica Costanera Sur, Buenos Aires. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, Salta, v. 4, n. 1, p. 1.29-1.34, 2000.

de SCHILLER, S.; EVANS, J. M.; LABEUR, A.; DELBENE, C. Relevancia de 'proyectos demostrativos' de bajo impacto ambiental y eficiencia energética. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2001, São Pedro, SP. **Anais**. Florianópolis: ANTAC, 2001. 8 p.

HAL, A.; DE VRIES, G.; Y BOUWERS, J. **Opting for change: Sustainable Building in The Netherlands**. Best, The Netherlands: Aeneas Technical Publishers, 2000.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN. **IRAM 11.603**: Acondicionamiento Térmico de Edificios: clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires, 1996.

\_\_\_\_\_. **IRAM 11.605**: Acondicionamiento Térmico de Edificios: condiciones de habitabilidad en edificios, valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires, 1996.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 7730**: Moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, Geneva, 1994.

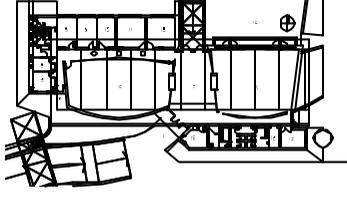
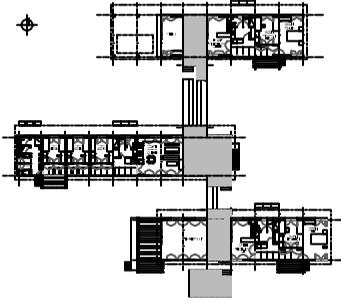
NATIONAAL DUBO CENTRUM, ROTTERDAM. **Demonstration projects for sustainable and low energy building: frameworks for the future**. Netherlands, 2000.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. **Estadísticas climatológicas 1981**. Buenos Aires, 1990. (Serie B, n. 37).

VAN HAL, A. **Beyond the demonstration project: the diffusion of environmental innovations in housing**. Best, Netherlands: Aeneas Technical Publishers, 2000.

## Reconocimientos

Este trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto UBACyT A-022 / RS 5009-2000 'Arquitectura Sostenible: evaluación del impacto de decisiones de diseño' bajo la dirección de Silvia de Schiller, con financiación de la Universidad de Buenos Aires.

	<b>Centro de interpretación, Reserva Ecológica, Buenos Aires</b>	<b>Casa Fuentes-López, Bariloche, Río Negro</b>	<b>Estación de Biosfera 'Yaboti', Misiones</b>
<b>PLANTA</b>			
<b>CLIMA</b>	<b>Zona Bioambiental III</b> , de clima templado con microclima de humedad y vientos por cercanía al río.	<b>Zona Bioambiental VI</b> , de clima muy frío y microclima protegido por la vegetación con cierta exposición a los vientos fríos del sur.	<b>Zona Bioambiental I</b> , de clima muy caluroso con baja amplitud térmica y microclima de altura (500 m sobre el nivel del mar) que provoca una disminución leve en temperaturas invernales, también se encuentra expuesto al viento del sur.
<b>Exigencias de CONFORT</b>	Equilibradas entre invierno y verano.	Énfasis en problemas de invierno, control de pérdidas de calor y aprovechamiento de la energía solar en todo el año.	Énfasis en condiciones de verano, con especial cuidado por el invierno.
<b>ESTRATEGIA principal de diseño Bioambiental:</b>	<p><b>Estrategia de invierno:</b>  <b>Captación solar</b> con aberturas y sistemas solares pasivos orientados al norte.  <b>Aislación térmica</b> eficiente en paramentos verticales y cubierta.  Optimización de la <b>Iluminación natural</b> aún en días nublados.  Materiales con importante <b>Inercia térmica</b> para moderar la variación de temperatura y almacenar calor.</p> <p><b>Estrategia de verano:</b>  <b>Protección solar</b> con aleros al N.  <b>Ventilación cruzada</b> para refrescamiento natural en los espacios principales.  <b>Colores claros</b> en interiores a fin de optimizar la distribución de iluminación natural, techos reflectantes para reducir la absorción de radiación solar.</p>	<p><b>Estrategia de invierno:</b>  <b>Partido Compacto</b>, abierto al sol.  <b>Captación solar</b> con sistemas solares pasivos orientados al norte: invernadero, muros acumuladores y ganancia directa.  <b>Aislación térmica</b> súper-eficiente en paramentos verticales y cubierta.  <b>Gran Inercia térmica</b> en los materiales utilizados en el interior: Sistema de lecho de piedras conectado por aire caliente al invernadero para almacenar las ganancias de calor diurnas.</p> <p><b>Estrategia de verano:</b>  <b>Ventilación natural</b> en todos los ambientes de la vivienda y en el invernadero.  <b>Protección solar:</b> aleros y galería balcón en fachada N.</p>	<p><b>Estrategia de verano:</b>  <b>Partido abierto</b> con edificios lineales.  <b>Ventilación cruzada</b> en el eje norte sur para favorecer el movimiento efectivo de aire a la altura de los ocupantes y lograr confort en verano sin acondicionamiento artificial.  <b>Protección del sol estival</b>, mediante aleros dimensionados que permiten el ingreso total de solo en invierno  <b>Aislación térmica</b> eficiente en paramentos verticales, cubierta, y plataforma de solado.  <b>Colores claros</b> del techo para reflejar la radiación solar estival.  <b>Cubiertas sencillas y aleros</b> para lograr buena protección de las lluvias y favorecer la recolección de agua pluvial.</p> <p><b>Estrategia de invierno:</b>  <b>Captación solar:</b> ganancia directa en todos los espacios habitables y por colectores solares.</p>

Cuadro 1 - Análisis comparativo de los proyectos demostrativos, considerando el clima, las exigencias de confort y la aplicación de las principales estrategias empleadas en cada caso