



ESTACION DE BIOSFERA YABOTI ESTUDIOS PARA UN PROYECTO DEMOSTRATIVO DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

Silvia de Schiller, John Martin Evans 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, (1428) Ciudad de Buenos Aires.
e-mail: schiller@fadu.uba.ar / evans@fadu.uba.ar / daniel_kozak@yahoo.com.ar / cihe@fadu.uba.ar

RESUMEN: Este trabajo presenta los estudios realizados en el marco del convenio PNUD-FADU, subscripto para contribuir al desarrollo e implementación de criterios de sustentabilidad en el proyecto de la Estación de Biosfera Yabotí, situada en la Reserva Provincial 'La Esmeralda', Pcia. de Misiones, obra del Ministerio de Ecología, Recursos Naturales Renovables y Turismo. El conjunto edilicio alberga un director y dos guardaparques residentes, y 12 investigadores tesistas y pasantes realizando estudios de campo en biodiversidad. Los estudios realizados promueven el control de impactos ambientales, confort de los ocupantes con acondicionamiento natural, ahorro de energía y agua, y uso de energías renovables en Zona Bioambiental 1ª, muy cálida con baja amplitud térmica, en plena selva misionera. El proyecto, demostrativo de construcción sustentable de bajo impacto ambiental y autonomía energética, reviste especial importancia en la producción, operación y mantenimiento, elección de materiales, y provisión e implementación de servicios no-convencionales, en esta zona protegida.

Palabras clave: clima cálido-húmedo, impacto ambiental, energías renovables, proyecto demostrativo, sustentabilidad, diseño bioambiental.

INTRODUCCION

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 UNESCO, 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 Marcio 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 tesistas 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.

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 Ia 'muy calurosa con baja amplitud térmica' según la Norma IRAM 11.603, 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.

ESTUDIOS REALIZADOS

La localización de la Estación, aislada en plena selva misionera, a más de 8 kilómetros del actual puesto de guardaparques, y el gran valor ecológico del entorno, hacen necesario un cuidadoso control de los impactos ambientales producidos por la inserción del complejo edilicio, tanto durante la construcción, como en el uso y eventual refuncionalización o demolición del conjunto o sus partes. Los estudios y recomendaciones realizados por investigadores del CIHE incluyen los siguientes:

- **Sol y sombra:** Estudios de asoleamiento, utilizando maquetas en el Heliodón, simulador del movimiento aparente del sol, y métodos gráficos, con el fin de asegurar eficaz protección solar en verano y meses cálidos, mientras se capta energía solar para ganancia directa invernal en los locales interiores, colectores solares planos y paneles fotovoltaicos.
- **Ventilación cruzada:** Estudios de ventilación con el fin de optimizar el movimiento de aire y el aprovechamiento de brisas en verano para obtener refrescamiento natural. Dichos estudios fueron realizados en el túnel de viento de baja velocidad del Laboratorio de Estudios Bioambientales, y con simulación numérica usando programas de CDF, fluido-dinámica computada.
- **Agua caliente solar:** Diseño y dimensionamiento del sistema solar para calentamiento de agua, con colectores planos, tanques aislados de almacenamiento de agua y sistema auxiliar con cocina económica a leña con serpentina.
- **Instalaciones fotovoltaicas:** Diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico con módulos integrados en los techos de las galerías, baterías, controladores de carga y sistema auxiliar del grupo electrógeno para la generación de energía durante días nublados y ocasionales períodos de gran demanda, por ejemplo, tareas puntuales en taller o bombeo de agua.
- **Uso racional de agua:** Si bien el sitio recibe abundante precipitación, son limitadas las fuentes de agua disponible, tales como agua de lluvia recolectada de los techos y la proveniente de una surgente ubicada a 2 km de distancia. Por eso, se realizó un estudio de sistemas de ahorro de agua, con el fin de reducir al consumo y la demanda de energía para bombeo.
- **Materiales de bajo impacto:** Se ha priorizado la preocupación por controlar y minimizar el impacto ambiental, especialmente por tratarse de la inclusión de una nueva actividad en 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 promueve el uso de los recursos renovables de la región y la mano de obra local. Se analizaron los materiales a utilizar en la construcción de modo de evitar impactos ambientales innecesarios y negativos, producidos por la extracción de recursos escasos, procesos de fabricación, emisiones de materiales durante la vida útil o impactos de los materiales durante la eventual demolición.
- **Condiciones térmicas:** Se realizaron análisis de las condiciones interiores en días típicos de invierno y verano, con programas de simulación térmica, a fin de asegurar adecuados niveles de confort en interiores y seleccionar espesores óptimos de materiales aislantes, óptimas dimensiones y tamaños de aberturas, extensiones de aleros, etc. Se verificó el cumplimiento de las Normas IRAM 11.605 de aislamiento térmico, adicionalmente a la 11.625 y 11.6030 sobre control de riesgo de condensación.

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. Cada vivienda cuenta con una serie de colectores solares planos para calentar agua de baños y cocinas. El tanque de almacenamiento se incorpora en el espacio debajo el techo en los baños, formado por el techo inclinado. Como fuente de energía auxiliar, se incorporan cocinas económicas con serpentinas para agua caliente, ubicadas en las cocinas con una conexión directa al tanque de almacenamiento.

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. 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.

Las ganancias solares en el interior de las habitaciones principales disminuyen la demanda de energía para lograr confort en invierno. La cocina económica, tradicional en la zona, ofrece un sistema de calefacción auxiliar. Al mismo tiempo, los aleros, postigos y orientación edilicia evitan el ingreso de radiación directa en verano.

APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS Y RECURSOS DE DISEÑO BIOAMBIENTAL

Los recursos ambientales planteados en los lineamientos generales incluyen los siguientes aspectos orientadores de proyecto:

- 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.
- 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.
- Espesores de aislantes térmicos que cumplen con el Nivel A 'Recomendado' según la Norma IRAM 11.605. 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.

- Colores claros del techo para reflejar la radiación solar estival.
- Formas sencillas de los techos y aleros para lograr buena protección de las lluvias y favorecer la recolección de agua pluvial.

CONSTRUCCIÓN DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

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:

- 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.
- 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.
- Asegurar una larga vida útil de la construcción empleando madera impregnada bajo presión que evita su deterioro por causa de insectos y hongos.
- 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.
- 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.
- 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.
- Lograr protección inicial en caso de incendios con revestimientos interiores de placas de roca yeso.
- Facilitar la construcción racionalizada, agrupando baños, cocinas y lavaderos para formar locales sanitarios modulares y repetitivos.

INSTALACIONES SANITARIAS Y PROVISIÓN DE AGUA

Las instalaciones sanitarias y de provisión de agua potable incluyen:

- Toma de agua proveniente de una vertiente cercana, ubicada a 2 km de la Estación, conducido por cañería al sitio y tratado en el tanque de reserva. La disposición de la instalación minimiza la necesidad de bombeo.
- Sistema complementario: la recolección de agua de lluvia se realiza a través de tres canaletas de los tres techos principales con pendiente simple, que se almacena en los respectivos tanques de reserva inicial para decantación.
- La reserva total de agua corresponde a 6 días, para optimizar la captación de agua de lluvia, basada en datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 1992).
- Se analiza el uso de baños secos, con la separación de sólidos y líquidos, para reducir la demanda de agua, evitar la necesidad de cámaras sépticas y eliminar la presencia de camiones atmosféricos en esta zona aislada y protegida.
- Grifería e inodoros de bajo consumo, a fin de reducir la capacidad de las instalaciones de tratamiento de aguas cloacales.
- La separación y recirculación de aguas grises fue analizada, aunque el ahorro representa solo el 7 % de la demanda total.

EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y TÉRMICA CON SIMULACIONES.

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

- Estudio de asoleamiento: estos estudios de la 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.
- Estudios de ventilación cruzada: estos 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.
- Para complementar los estudios en el túnel de viento se realizaron simulaciones numéricas con un programa de CFD, fluido-dinámica computada.
- Simulación numérica de temperaturas internas en días típicos de invierno y verano, a fin de verificar los espesores de aislantes térmicos, requerimientos de captación y protección solar, tamaño y disposición de aberturas, etc., utilizando el Programa Quick que indica la evolución de la temperatura horaria.
- Simulación numérica de flujo de calor en dos dimensiones para estimar las características térmicas de techos y paredes, según la Norma ISO 10-211-1.
- Evaluación de las características térmicas de paredes y techo para verificar el cumplimiento de la Norma IRAM 11605, según el método de la Norma IRAM 11601.
- Evaluación de las características térmicas de la envolvente, con la planilla electrónica Evaluador Energético desarrollada en el CIHE (Evans y de Schiller, 2001).

CONCLUSIONES

Este proyecto demostrativo de arquitectura sustentable y bajo impacto ambiental requiere implementar un proceso racional de diseño conciente, desde las decisiones iniciales hasta los detalles constructivos y documentación de obra. Se necesita además verificar el comportamiento del futuro complejo edilicio durante el proceso proyectual, con el fin de analizar las condiciones ambientales, ajustar y corregir los aspectos críticos detectados durante el proceso, y optimizar las variables de diseño en juego. La simulación físico espacial, realizada con maquetas en el Laboratorio de Estudios Bioambientales, permite visualizar la incidencia del sol y del viento, así como de la iluminación natural, mientras la simulación numérica con programas de computación indica el comportamiento de variables no visibles tales como las temperaturas interiores, la eficiencia de los sistemas solares o el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Este proceso de continua verificación de la toma de decisiones y la complementación e integración de las mismas en distintas escalas, permite calificar y cuantificar las definiciones de diseño, asegurando una equilibrada incorporación de las estrategias bioambientales en el proyecto arquitectónico, mientras se favorece la implementación de los conceptos que sustentan el emprendimiento y se resuelven los aspectos funcionales, estéticos, económicos y ambientales del programa de necesidades.

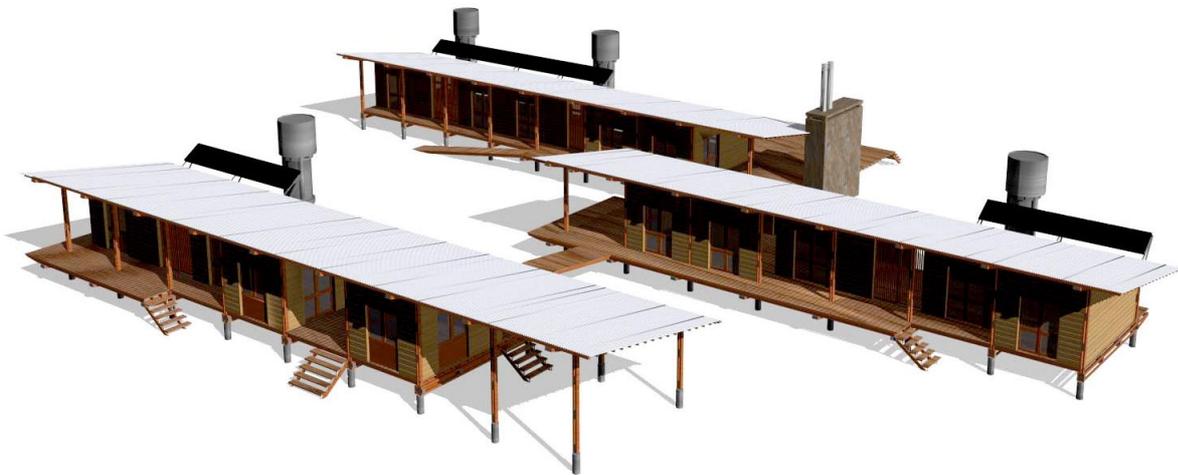


Figura 1: Vista del conjunto edilicio desde en Noroeste, elevado sobre el nivel del terreno, instalaciones solares correspondiente a la primera etapa de diseño, expansiones con mosquiteros y circulaciones cubiertas que permiten facil desplazamiento sin barreras, con gran importancia de los espacios intermedios.

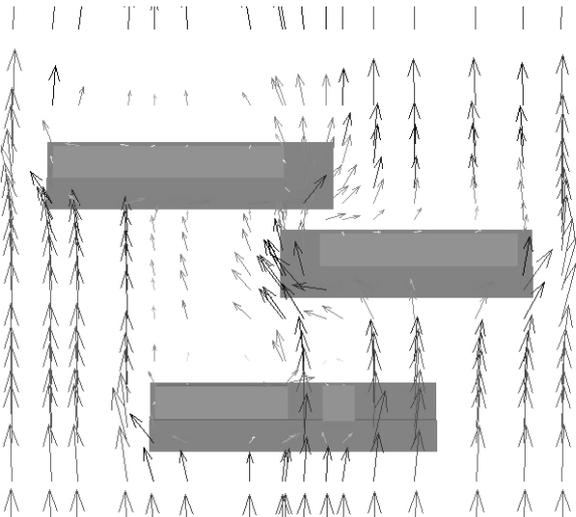


Figura 2: Planta con estudio de movimiento de aire en espacios exteriores y sobre fachadas con el fin de verificar las condiciones de ventilación cruzada.

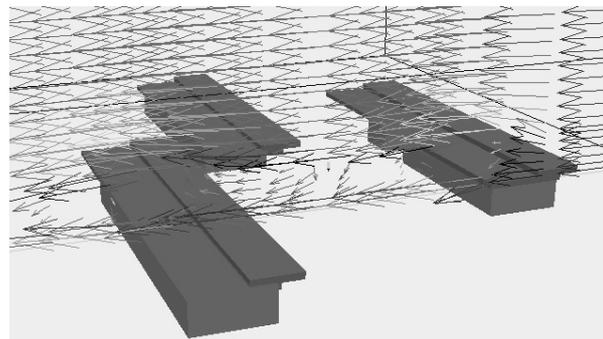


Figura 3. Perfil de velocidad de aire en sección vertical con viento norte.

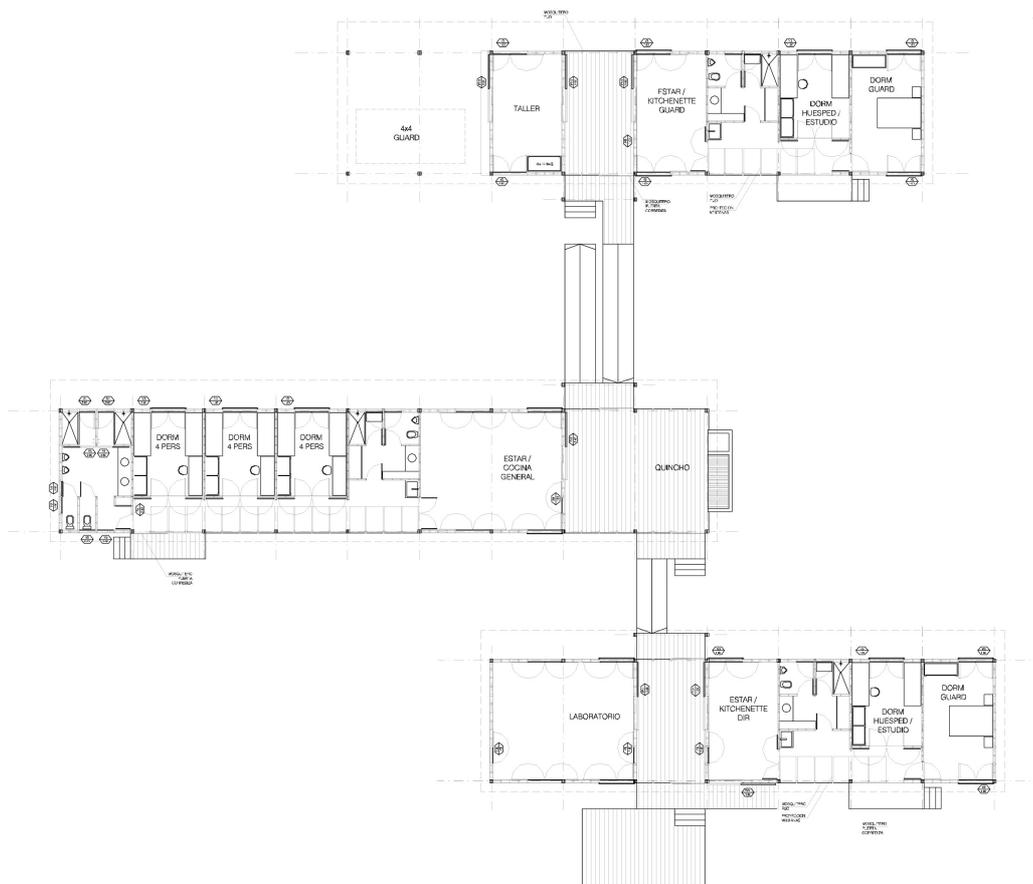


Figura 4: Planta del proyecto con los tres elementos unidos por una circulación techada en el sentido N - S:
 1. Casa de Guardaparques, con garage y taller.
 2. Casa de los Investigadores, con estar general y quincho en el sector central.
 3. Casa del Director, con estudio o habitación de huéspedes y Laboratorio.

REFERENCIAS

- International Standards Organization (1995), *ISO Standard 10-211-1, Thermal Bridges*, ISO, Ginebra.
- Instituto Argentino de Normalización (1996), *Norma IRAM 11.605, Transmitancia térmica máxima admisible*, IRAM, Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización (2000), *Norma IRAM 11601*, Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- Evans, J. M. y de Schiller, S. (2001), *Evaluador Energético: método de verificación del comportamiento energético y ambiental de viviendas*, Avances en Energías Renovables y Ambiente, 07.49, Volumen 5, Nro 2, INENCO, Salta.
- Kozak, D. y Fernández, A. (2001), *Resultados de la aplicación de una metodología de evaluación de movimiento de aire en espacios interiores*, Avances en Energías Renovables y Ambiente, 08.91, Volumen 5, Nro 2, INENCO, Salta.
- Silvia de Schiller, John Martin Evans, Alejandro Labeur y Claudio Delbene (2001), *Relevancia de proyectos demostrativos de bajo impacto ambiental y eficiencia energética*, ENCAC-2001, Actas del VI Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, San Pedro, Brasil.
- Silvia de Schiller (2002), *Sustainable low impact demonstration projects*, en Sustainable Building-02, Oslo (en prensa).

ABSTRACT

This paper presents studies undertaken to support the development of the UNDP Project 'Yabotí Biosphere Station' situated in the Provincial Reserva 'La Esmeralda', Province of Misiones. The building group, a demonstration project of low impact environmental design and energy autonomy, houses a director, 2 resident park-rangers, and 12 researchers during academic visits undertaking field studies in biodiversity. The building, located in Bioclimatic zone 1a, very hot with low thermal swing, studies aim to reduce environmental impacts, promote natural conditioning studies and occupant comfort, rational use of energy and water and use of renewable energy.

Keywords: warm-humid climate, environmental impact, renewable energy, demonstration project, sustainability, bioclimatic design.