

RECICLADO DE DOS EDIFICIOS ESCOLARES EN EL GRAN LA PLATA. MEJORAMIENTO DE SU EFICIENCIA ENERGÉTICA Y HABITABILIDAD HIGROTÉRMICA

Gustavo San Juan*, Elías Rosenfeld**, Carlos Discoli**,
Jorge Czajkowski*, Carlos Ferreyro.

IDEHAB, Instituto de Estudios del Habitat, UI N°2, FAU-UNLP
Calle 47 N°162. C.C.478 (1900) La Plata, Argentina
Tel-fax 054-021-214705, Email erosenfe@isis.unlp.edu.ar

RESUMEN

El trabajo presenta el proyecto de extensión universitaria de la Universidad Nacional de La Plata, favoreciendo la obtención de resultados de aplicación práctica para el ámbito universitario y extra universitario. El propósito consiste en el mejoramiento -desarrollo e innovación- de las variables tecnológicas, económicas y ambientales de dos edificios existentes dedicados a la educación primaria y secundaria localizados en el área del Gran La Plata, Provincia de Buenos Aires. En particular las referidas a aspectos que hacen a la calidad de vida como son, la habitabilidad y la racionalidad energética. Se ha realizado el audit-diagnóstico de ambos edificios y se ha trabajado en el diseño, cálculo, construcción de las mejoras y transferencia de resultados.

1. INTRODUCCION

El proyecto está enmarcado dentro de la política de extensión universitaria de la Universidad Nacional de La Plata. El proyecto en cuestión: "*Mejoramiento de la eficiencia energética y habitabilidad de edificios. El caso educación*", tiene como objetivo principal el mejoramiento de las condiciones ambientales y tecnológicas de dos edificios de uso discontinuo con características higrotérmicas, de funcionamiento energético y confort deficientes. Se apela a la técnica de reciclado, de bajo costo y con posibilidades de autoconstrucción. Las escuelas involucradas, ubicadas en el área del Gran La Plata, en la Prov. de Buenos Aires son: la Escuela de Educación Municipal N°1, nivel preescolar-primario y la Escuela de Enseñanza Técnica N°1 de educación secundaria.

Como objetivos secundarios se buscó la reducción del costo operativo y del uso de insumos críticos (ahorro de electricidad y gas) como así también diseñar y evaluar cuáles son las acciones de transferencia tecnológica -requisito básico de los proyectos de extensión- a implementarse para difundir la experiencia. Estas acciones apuntaron a dos niveles: 1) nivel escolar, en el que los desarrollos técnicos, acciones de medición e implementación de medidas de conservación, se realizaron en conjunto con alumnos, docentes y padres de las escuelas; 2) nivel universitario, en el que los edificios son demostrativos del uso de técnicas de ahorro y conservación de energía.

2. METODOLOGIA

Como se ha mencionado, se adoptaron para el trabajo dos edificios escolares a partir de la posibilidad de un trabajo conjunto con su comunidad educativa, por poseer condiciones ambientales y tecnológicas deficientes y concordancia con necesidades de conocimiento y

* Becario Post-Doctoral CONICET.
** Investigador CONICET

verificación de cuestiones propias de un edificio escolar: inercia térmica, factor de uso, ganancia interna, forma, requerimientos térmicos y energéticos¹. Uno de ellos construido con materiales de poca masa, con poca capacidad térmica (*edificio liviano*), el otro por el contrario con materiales tradicionales posibilitando el almacenamiento y posterior entrega de calor (*edificio semipesado*). Se estudiaron en profundidad dos sectores: aula y salón de usos múltiples (S.U.M.).

Metodológicamente, se trabajó en el camino de definir acciones de investigación-acción, interactuando con la comunidad educativa escolar con una fuerte transferencia al medio social-técnico-académico (Figura 1). Se ha realizado un trabajo de transferencia al ámbito educativo sobre conceptos globales y desarrollos técnicos. Se transfiere de este modo parte del capital de conocimiento científico-tecnológico desarrollado en la Universidad.

A continuación se detallan las etapas:

0. **Comprensión del problema.** Objeto de la investigación.
1. **Relevamiento y procesamiento de la información.** Determinación de la situación inicial de habitabilidad y consumo energético mediante la realización de un "audit-diagnóstico".
2. **Diseño y evaluación de soluciones tecnológicas.** Viabilidad de las propuestas. Balance estacionario-dinámico.
3. **Construcción de las mejoras.** Técnicas de reciclado por autoconstrucción.
4. **Audit-diagnóstico de la situación final.** Verificación de resultados.
5. **Evaluación, conclusiones, acciones de transferencia.**

En la determinación de las condiciones ambientales se utilizaron termómetros de máxima y mínima, termohigrógrafos mecánicos y estación meteorológica electrónica.

En la determinación de la carga térmica anual de calefacción, determinación de las pérdidas energéticas por la envolvente edilicia y cálculo de los ahorros potenciales se utilizó un programa computacional en estado estacionario incorporando las características de los materiales según Normas IRAM². Para la simulación térmica de las espacios habitables se utilizó el programa CODYBA³ para días tipo de verano e invierno.

Antecedentes referidos a: técnicas de adquisición y procesamiento de datos, "retrofitting", fuentes de datos tecnología-región-clima en la Prov. de Buenos Aires^{4 5} y los referidos a espacios educativos, comportamientos tecnológicos, auditorías, funcionamiento energético son los desarrollados por el grupo de investigación.

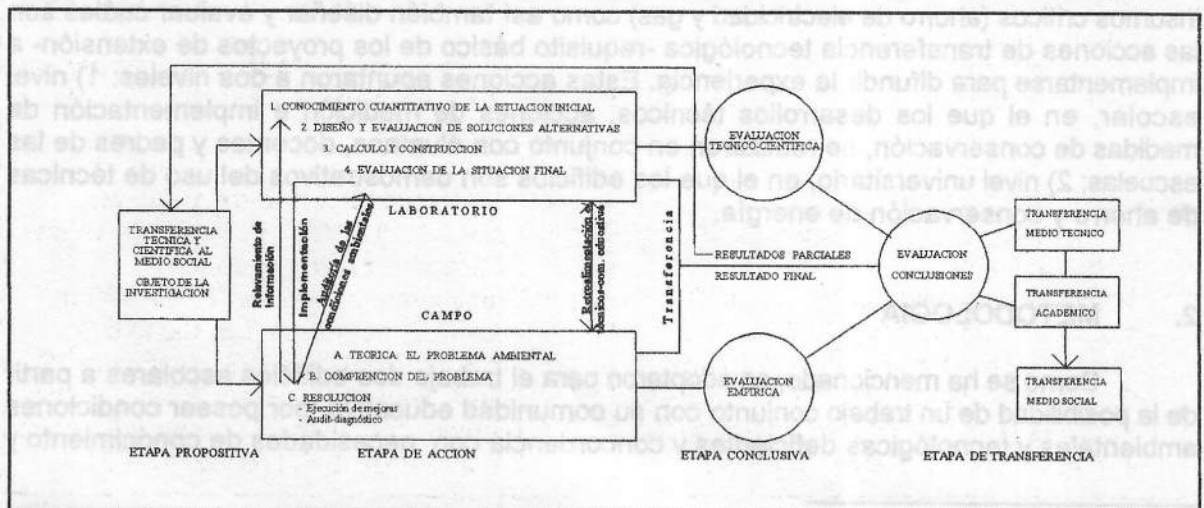


Figura 1. Esquema metodológico de trabajo.

3. SITUACIÓN DE REFERENCIA

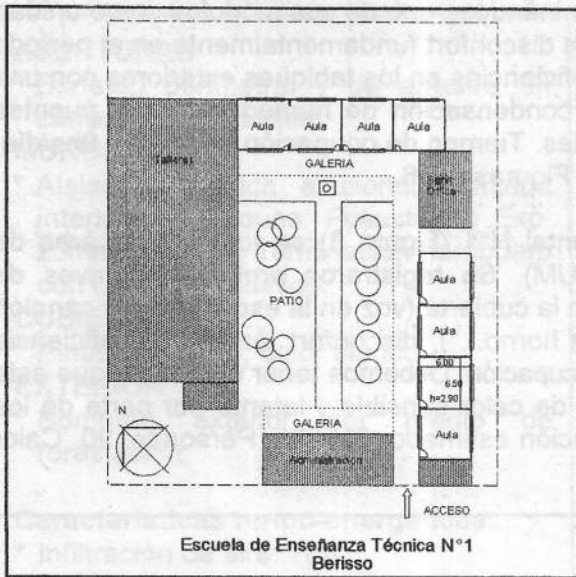


Figura 2. Módulo Aula.

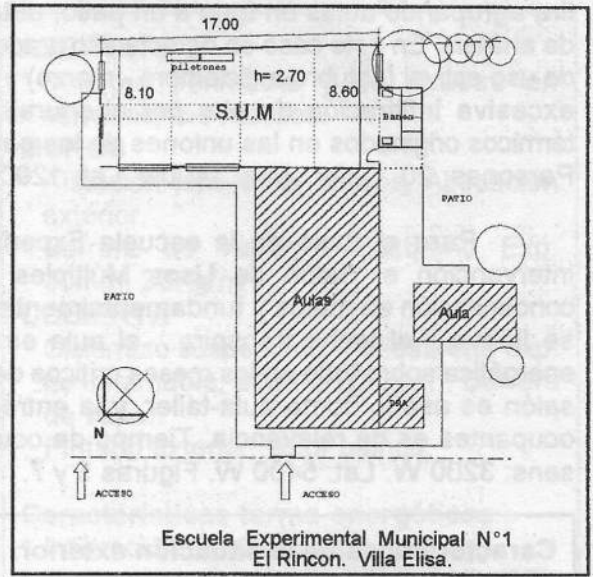
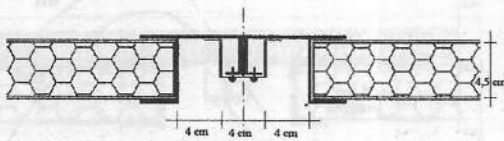


Figura 3. Salón de Usos Múltiples.

Características técnicas:

- * Paneles "sandwich" con alma de poliestireno expandido
- * Cubierta autoportante metálica con cielorraso independiente de poliestireno expandido



Patologías:

- * Puentes térmicos sobre paneles de cerramiento.
- * Gran infiltración de aire por aberturas.
- * Equipos de calefacción insuficiente.
- * Iluminación incandescente deficiente.
- Bajo nivel térmico en el período invernal
- Disconfort térmico en el período estival.
- Condensación en muros y aberturas.

Características termo-energéticas:

- * Vol. a calefac.: 102m³; Sup.cub: 36.7m²
- * Infiltración aire: 9 r/h.
- * Transmitancia térmica "K" (w/m²°C): muro 0.87; aberturas 5.8; techo 0.57.
- * Coef.Vol.Pérdidas térm. "G": 4.2W/m³°C
- * Carga Térmica Calefac.: 1.097 m³/año
- * Pérdidas térmicas (%): muro 6.8; techo 4.9; abert. 10.65; Renov.aire 75.2

Características técnicas:

- * Mampostería de ladrillos comunes 0.15m revocado ambos lados, con columnas de refuerzo de H°A°.
- * Cubierta de canalón 1000 autoportante de fibrocemento, sin cielorraso.
- * Ventanas de chapa doblada corredizas. Portón de acceso corredizo.

Patologías:

- * Deficiente control de las infiltraciones de aire en aberturas y cubierta.
- * Bajo nivel térmico en invierno debido a las condiciones de envolvente edilicia.
- * Condensación en muros, aberturas y cubierta.
- * Alto consumo energético de gas natural y electricidad. Capacidad instalada insuficiente.

Características termo-energéticas:

- * Vol.a calefac.: 421m³; Sup.cub: 142m².
- * Infiltración de aire: 9 r/h.
- * Transmitancia térmica "K" (w/m²°C): muro 3.2; aberturas 5.8; techo 6.3.
- * Coef.Vol.Pérd. térm."G": 6.16W/m³°C.
- * Carga Térmica Calefac.: 6599 m³/año.
- * Pérdidas térmicas (%): muro 9.9; techo 34; aberturas 3.62; renov. Aire 51.7

La Escuela de Enseñanza Técnica N°1 (Figura 2), posee características de edificio en tira agrupando aulas en torno a un patio, determinándose uno de sus módulos como unidad de análisis. En este caso se detecta alto grado de desconfort fundamentalmente en el período de uso estival (octubre a diciembre - marzo) y deficiencias en los tabiques exteriores con una excesiva infiltración de aire por aberturas y condensación de humedad en los puentes térmicos originados en las uniones de los paneles. Tiempo de ocupación estimado: 9hs/día. Personas: 20. Calor sens: 1400w. Lat: 1200w. Figuras 4 y 6.

Para el caso de la escuela Experimental N°1 (Figura 3) se tomó como área de intervención el Salón de Usos Múltiples (SUM). Se registraron problemas graves de condensación en muros y fundamentalmente en la cubierta (voz en la escuela: "...el canalón se llueve... el techo transpira... el aula es un horno..."), desconfort térmico e ineficiencia energética sobre todo en los meses críticos de ocupación. Debemos tener en cuenta que este salón es usado como aula-taller, y la entrega de calor sensible y latente por parte de los ocupantes es de relevancia. Tiempo de ocupación estimado: 5hs/día. Personas: 90. Calor sens: 3200 W. Lat: 5400 W. Figuras 5 y 7.

Características de la situación exterior:

- * Latitud: -34.9; Longitud: 57.9 w; altura: 15m
- * GD de calefacción (18°C): 1151; Tm año: 16°C; Tmin: 11.9°C; Tmam: 21.4°C.
- * Semana de medición:
- Tm (inv): 12.6°C (min: 4.5°C - max: 19.5°C); Humedad: 72%.
- Tm (ver): 22.3°C (min: 13.5°C - max: 28.0°C); Humedad: 73%.

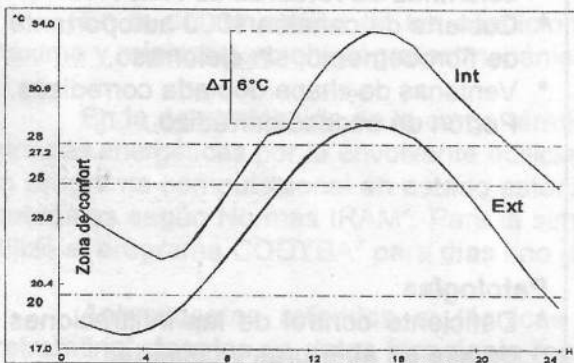


Figura 4. Situación térmica de verano. EET N°1.

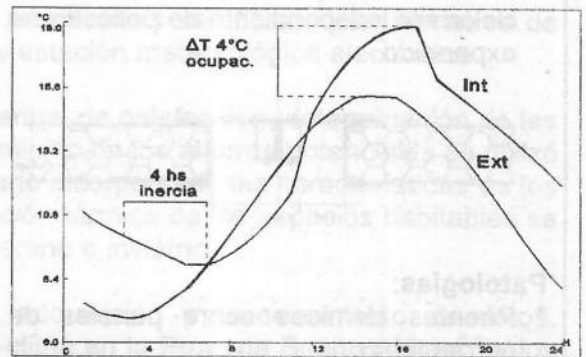


Figura 5. Situación térmica de invierno. Eexp N°1.

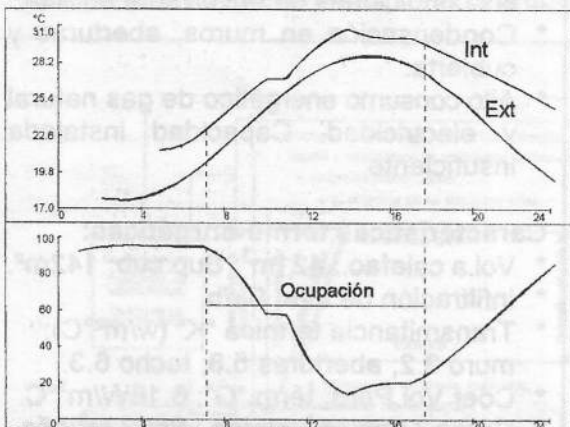


Figura 6. Sensación de confort de un ocupante para un día tipo de verano. Con mejoras.

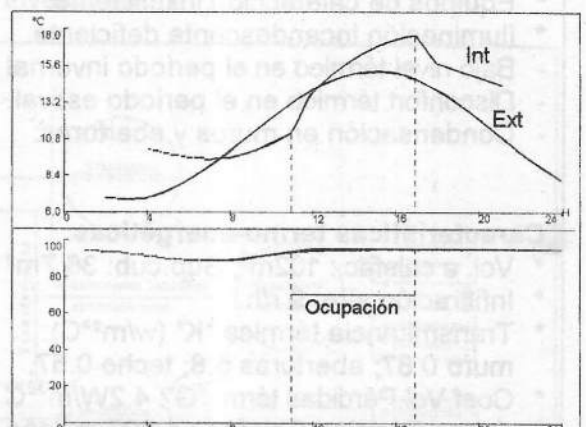


Figura 7. Sensación de confort de un ocupante para un día tipo de invierno. Con mejoras.

4. IMPLEMENTACION DE MEJORAS

ABERTURAS

- * Burleteo perimetral y de arrastre en cerramientos móviles.

MUROS

- * Aislación térmica adicional continua interior en tabiques. Poliestireno Exp. 25mm, 20Kg/m³. Terminación hardboard con laminado plástico.

CUBIERTA

- * Pintado exterior, color blanco.

EXTERIOR

- * Sombreo exterior por medio de forestación.

Características termo-energéticas:

- * Infiltración de aire: 7r/h.
- * Transmitancia térmica "K" (W/m²°C): muro 0.53.
- * Coef. Vol. Pérdidas térm. "G": 3.4W/m³°C.
- * Carga Térmica Calefacción: 889 m³/año.
- * Pérdidas térmicas (%): muro 10.6; techo 6.0; abert. 10.65; Renov. Aire 71%.

ABERTURAS

- * Burleteo perimetral y de arrastre en cerramientos móviles.

MUROS

- * Aislación térmica en muros. Aplicación exterior.
- Barrera de vapor, Poliestireno Exp. 30mm, 20Kg/m³.

CUBIERTA

- * Cielorraso suspendido. Poliestireno exp. no inflamable, 50mm, 20Kg/m³. Barrera de vapor.
- * Pintado exterior, color blanco.

Características termo-energéticas:

- * Infiltración de aire: 7r/h.
- * Transmitancia térmica "K" (W/m²°C): muro 0.98; techo 0.57.
- * Coef. Vol. Pérd. térm. "G": 3.08W/m³°C.
- * Carga Térmica Calefacción: 3301m³/año
- * Pérdidas térmicas (%): muro 7.4; techo 6.2; abert. 3.62; Renov. aire 81%.

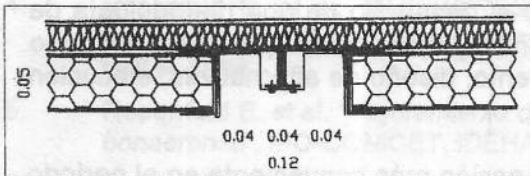


Figura 8a. Detalle de unión de panel.

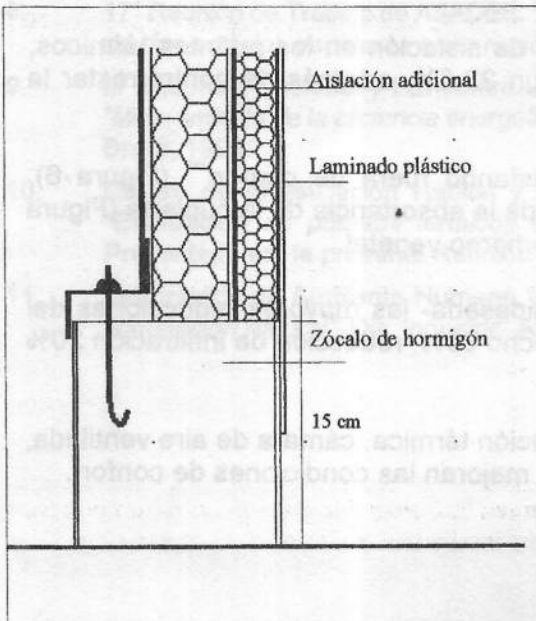


Figura 8b. Detalle de unión del panel.

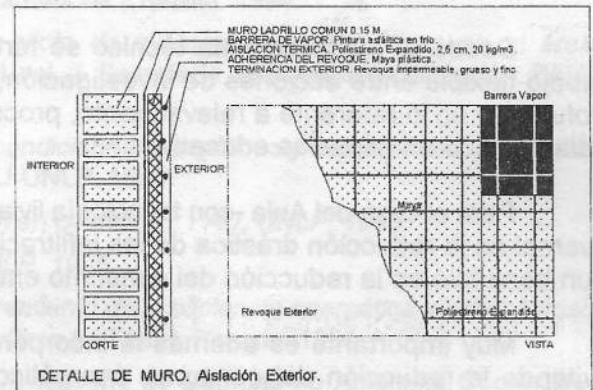


Figura 9. Detalle de aislación de muro.

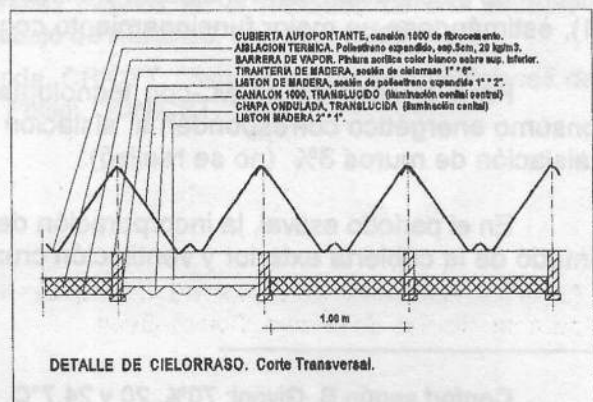


Figura 10. Detalle de aislación de cielorraso.

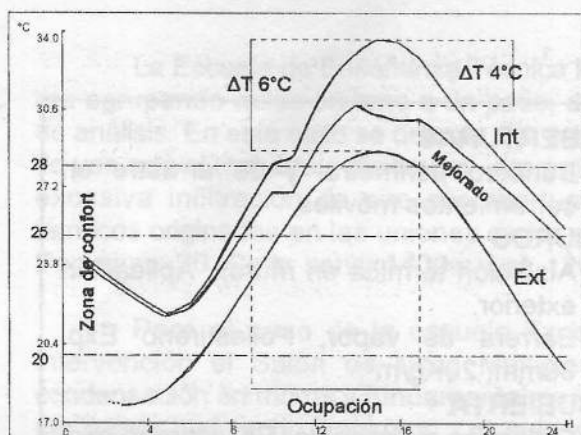


Figura 11. Situación térmica de verano. EET N°1. Situación mejorada.

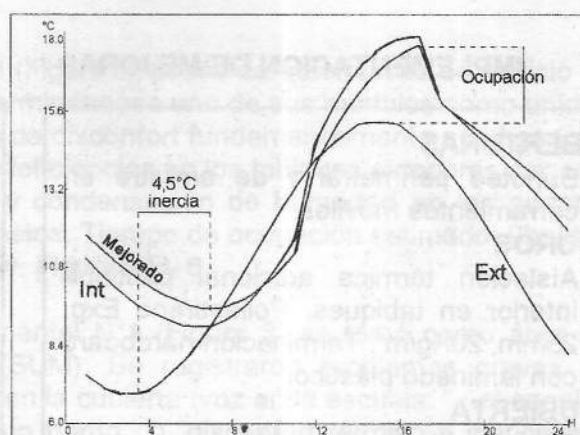


Figura 12. Situación térmica de invierno. Eexp N°1. Situación mejorada.

5. CONCLUSIONES

El trabajo descripto, nacido como *proyecto de extensión universitaria hacia la comunidad en su conjunto*, ha desarrollado su objetivo de transferencia, tanto al medio social, representado por la comunidad educativa de ambos establecimientos, como al medio técnico y académico. En este sentido se han desarrollado comunicaciones en el ámbito de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La Plata (IDEHAB, 1995⁶), en la Universidad Nacional de La Plata (Extensión, 1995⁷), reuniones científicas nacionales (ASADES, 1994⁸) e internacionales (CONFORTO, 1995⁹). Además se interactuó con otros grupos de investigación: CIHE¹⁰ y LAHV¹¹.

Desde el punto de vista técnico se fortaleció el desarrollo de una metodología de trabajo flexible entre acciones de investigación, docencia y aplicaciones prácticas. Se pudo profundizar en lo referente a relevamiento, procesamiento, diseño de alternativas, ejecución y diagnóstico en espacios educativos.

* Para el caso del Aula -con tecnología liviana- la acción más conveniente en el período invernal es la reducción drástica de las infiltraciones de aire, solución de pequeña inversión y un beneficio en la reducción del consumo energético de un 20%.

Muy importante es además la incorporación de aislación en los puentes térmicos, evitando la reducción del consumo energético en un 22,5%, además de contrarrestar la condensación superficial.

En el período estival, la situación sigue estando fuera de confort^{***} (Figura 6), mejorando su situación con ventilación y disminución de la absorción de la cubierta (Figura 11), estimándose un mejor funcionamiento con el sombreado vegetal.

* Para el caso del SUM -con tecnología semipesada- las mayores reducciones del consumo energético corresponden a: aislación de techo 35%, reducción de infiltración 20% y aislación de muros 3% (no se realizó).

En el período estival, la incorporación de aislación térmica, cámara de aire ventilada, pintado de la cubierta exterior y ventilación cruzada, mejoran las condiciones de confort.

*** Confort según B. Givoni: 70%. 20 y 24,7°C.
Zona límite de confort según "modelo climático para la zona templada húmeda", Programa CESAD: 20 y 28°C. Coincidente con Givoni, Zona de confort ampliada con ventilación natural.

En el período invernal, se requiere un pequeño aporte suplementario de energía, ya que el aporte por ocupación de 4°C (Figura 5) genera el acondicionamiento natural en un 95% (Figura 7). La incorporación del cielorraso, evita las pérdidas térmicas y aumenta la temperatura mínima interior, ayudado por la inercia térmica con un desfase de 3 a 4hs (Figura 12).

* Para el aula, su eficiencia energética se fundamenta en reducir las infiltraciones de aire (difícil en una escuela) y mejorar sus tabiques, implicando esto una reducción del 22% del consumo.

* Para el SUM, las pérdidas térmicas se focalizan en el techo (34,5%) y renovaciones de aire (51,7%). Estas medidas implican una reducción del 50% del consumo de energía para establecer la situación de confort en 18°C.

En el camino que falta recorrer, se profundizará el estudio basado en las simulaciones térmicas, se realizarán las auditorías en el próximo mes de noviembre y se realizarán las tareas finales de transferencia en los distintos ámbitos mencionados.

REFERENCIAS

1. San Juan G. "Mejoramiento de la eficiencia energética y habitabilidad de redes edilicias de ocupación discontinua. El caso educación". Informe Final CONICET. La Plata, 1994.
2. Norma IRAM 11.601. "Método de cálculo de la resistencia térmica de muros y techos". Instituto de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1995.
3. CODYBA. Programa de simulación en computadora para pc/ps. Insa de Lyon (Institut National des Sciences Appliquées), Laboratoire Equipement de L'habitat. 1994.
4. Rosenfeld E. et al. "AUDIBAIRES. Plan piloto de evaluaciones energéticas en el área metropolitana de Buenos Aires". Informe final, vol. 2. Secretaría de Energía de la Nación. FAU-UNLP, 1988.
5. Rosenfeld E. et al. "Mejoramiento de las condiciones energéticas y habitabilidad del habitat bonaerense". PID-CONICET, IDEHAB-FAU-UNLP. 1989.
6. *Exposición de los trabajos de investigación en desarrollo.* FAU, UNLP, 1995.
7. *Il Jornadas de Extensión Universitaria.* UNLP, 1995.
8. 17° Reunión de Trabajo de ASADES. "Mejoramiento de la eficiencia energética y habitabilidad de dos edificios escolares en la región del Gran La Plata". Rosario, 1994.
9. III Encuentro Nacional y I Encuentro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construido. "Mejoramiento de la eficiencia energética y habitabilidad de dos edificios escolares". Gramado, Brasil, 1995.
10. Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU-UBA y UI N°2 IDEHAB, FAU, UNLP. "Evaluación de puentes térmicos de paneles livianos en el reciclado de una escuela". Presentado en la presente Reunión de Trabajo de ASADES. San Luis, 1995.
11. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, CRICYT. "Simulación de las condiciones de iluminación natural". Dis. Industrial Andrea Pattini, CONICET. 1995.

MARCO TEÓRICO

Para evaluar la cantidad de luz natural que ingresa al laboratorio, se realizaron