

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA E INCIDENCIA DE MEJORAS TECNOLÓGICAS EN TIPOLOGIAS ESCOLARES BONAERENSES

G. San Juan<sup>1</sup>, S. Hoses<sup>2</sup>, D. Gonzalez<sup>3</sup>, J. Piñeyro<sup>3</sup>

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata.  
Calle 47 N°162, CC 478. La Plata (1900). Tel/fax +54-0221-4236587/90 int 254. E mail: santhoses@yahoo.com

**RESUMEN-** El presente trabajo estudia el funcionamiento energético de tipos edilicios escolares según su demanda teórica para calefacción, comparando la respuesta real, versus una serie de mejoras relativas a su envolvente edilicia (muros, cubierta, aberturas, renovaciones de aire). Se expone el resultado de cinco tipologías representativas de la producción escolar, en cuanto a la tecnología empleada, su organización espacial y sus periodos de gestión, en la provincia de Buenos Aires. Este trabajo se propone un doble objetivo, avanzar en la proposición de una metodología de evaluación de este tipo de edificios de uso discontinuo y exponer resultados teóricos que permitan cuantificar la respuesta energética y la incidencia de la aplicación de mejoras edilicias. El análisis de los sectores edilicios que conforman la escuela permite conocer el peso energético de cada uno de ellos y posibilita estudiar la factibilidad de las alternativas de mejoramiento global o sectorial, ya sea por la reducción del costo operativo o por la amortización lograda en plazos concretos.

**Palabras Clave:** Energía – URE – Conservación – Tipologías Edilicias - Edificios Escolares

### INTRODUCCION

El trabajo está relacionado con proyectos en desarrollo (G.San Juan, 1999; S.Hoses, 1999), centrados en el estudio de la arquitectura escolar de producción oficial en la provincia de Buenos Aires. Estos se centran por un lado en la respuesta de cada uno de los tipos edilicios representativos, así como de los diferenciales espaciales que lo conforman (sectores de actividad, ocupación y usos homogéneos, que permiten entender a la tipología como suma de partes de menor complejidad). La determinación de una metodología de evaluación de este tipo de edificio tiene que ver con un sistema complejo de relaciones funcionales, usos, características y demandas energéticas y de confort relativa a edificios destinados a la educación. La mecánica de intervención por parte de los entes gubernamentales de nivel provincial se basa en la reutilización de desarrollos existentes. Actualmente se pone énfasis en las preocupaciones de tipo formal y funcional fuertemente condicionadas por el vector económico, sin tener en cuenta los costos operativos, ni las condiciones de confort necesarias. Es por lo tanto que se trabaja en la evaluación de la producción arquitectónica construida con el fin de implementar alternativas de mejoramiento de modo justificado y con una valoración numérica de su respuesta.

### METODOLOGÍA

Se trabaja sobre cinco tipologías edilicias para el nivel EGB, que son referentes de la producción edilicia bonaerense de los últimos cincuenta años, en relación a las siguientes pautas:

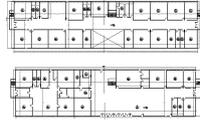
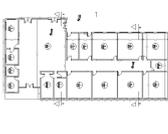
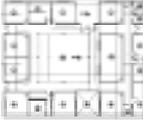
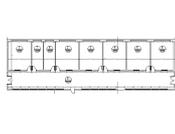
- X Organización Espacial o configuración tipológica. 1. *Bloque*, 2. *Lineal con SUM*; 3. *Central*, 4. *Combinada* y 5. *Lineal en Galería*. Tabla 1.
- X Gestión Pública. *Años 1973, 1981, 1983, 1997, 1963, respectivamente.*
- X Tecnología constructiva. *i. Tradicional racionalizada; ii. Tradicional.*

Cada uno de ellos se desagrega en función de sus módulos constitutivos según sus características espaciales, la función que alberga, el tipo de actividad desarrollada y la demanda de confort: *i. Aulas (considerada como el módulo de mayor ingerencia e importancia); ii. Salón de usos múltiples (SUM); iii. Circulación o elemento conectivo; iv. Administración.* Se integran los resultados para conocer la respuesta total del edificio. Posteriormente se construyen y comparan indicadores de caracterización.

A modo de ejemplo concreto se presenta un ejemplo de mejoramiento con cálculo de amortización. Se prevé, como continuación de este trabajo la confrontación y el ajuste de este método teórico con auditorias y con la obtención de lecturas de consumo real provenientes de medidores, así como la conformación de perfiles característicos a partir de la utilización de indicadores edilicios y energéticos que posibiliten prever el funcionamiento de una cierta red o de uno de sus edificios, considerado como nodo.

<sup>1</sup> Investigador CONICET. <sup>2</sup> Becario CONICET.

<sup>3</sup> Colaborador FAU

1: BLOQUE			2: LINEAL / SUM			3: CENTRAL			4: COMBINADA			5: LINEAL / GALERIA		
														
														
Matric	Sup cale	M2/alu	Matric	Sup cale	M2/alu	Matric	Sup cale	M2/alu	Matric	Sup cale	M2/alu	Matric	Sup cale	M2/alu
960	2583	5,38	420	559	2,66	480	839	3,50	1080	1406	2,60	150	225	3,00

**Tabla 1.** Descripción de las tipologías escolares analizadas.

### Condiciones de cálculo

- Se simuló el funcionamiento energético de acuerdo a las necesidades de acondicionamiento térmico para un periodo anual en la localidad de La Plata. Zona bioclimática IIIb. Tabla 2
- Se adoptó para los locales de Aulas y Administración una temperatura de confort de 18°C y 16°C para Circulaciones y SUM. Se consideró a los aportes y pérdidas que se verifican entre distintas áreas funcionales.
- Se consideró el funcionamiento de estos edificios con el criterio de “edificio de uso discontinuo” con un uso diario de 10hs (8 a 18hs) y anual de 130 días. Esto redundaría en un 24,3% del consumo teórico anual.
- Se consideró una población escolar de treinta alumnos por aula, lo cual implica una superficie calefaccionada promedio para las tipologías seleccionadas de 3,43 m<sup>2</sup>/al y una superficie destinada a aula de 1,5m<sup>2</sup>/al, lo que implica para una matrícula de 30 alumnos, 45m<sup>2</sup>/aula. (Según Norma).
- Se consideraron 9 renovaciones de aire por hora para la simulación según condiciones reales a pesar de las consideraciones normativas teóricas, sin embargo, sí se aplicaron 4 renovaciones de aire horarias para la situación mejorada.
- En la tabla 3 se exponen las transmitancias térmicas consideradas para la situación original y optimizada, por tipología. Esta segunda hipótesis de cálculo propone una mejora de la aislación térmica en cubiertas y muros.
- Su evaluación de funcionamiento energético, según las siguientes hipótesis de mejoramiento progresivo:
  - Situación original de referencia.
  - Mejora de Techos: incorporación de aislación térmica: 3” poliestireno expandido, 20kg/m<sup>3</sup>.
  - Mejora de Muros: Incorporación adicional de aislación térmica, 1” poliestireno expandido, 20kg/m<sup>3</sup> y terminación interior.
  - Reducción de las renovaciones de aire: de 9ra/h a 4ra/h, mediante la implementación de carpintería de aluminio burleteada.
  - Σ de las mejoras (Techos+Muros+RA)

#### LOCALIDAD: LA PLATA

TEMP MEDIA ANUAL	TEMP MEDIA PERIODO CALEF
16°C	12°C

#### ZONA BIOAMBIENTAL : IIIb TEMPLADA CALIDA

RADIACIÓN GLOBAL MEDIA	GRADOS DIA 16
16.1 MJ/M2	634 °C
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	GRADOS DIA 18
78%	1029 °C

**Tabla 2.** Condiciones climáticas de cálculo.

Tipo	SITUACIÓN ORIGINAL (K)			SITUACIÓN MEJORADA (K)		
	Muro	Techo	RAH	Muro	Techo	RAH
1	2.67	2.54	9	0.51	0.39	4
2	1.84	1.24	9	0.51	0.42	4
3	1.84	2.54	9	0.51	0.39	4
4	1.84	2.54	9	0.76	0.39	4
5	1.88	2.54	9	0.51	0.39	4

**Tabla 3.** Características tecnológicas de cálculo.

El cálculo se realizó para cada uno de los módulos constitutivos, mediante el empleo de software procediéndose posteriormente a la integración de los resultados. Los programas utilizados son ENERGO CAD para locales calefaccionados base 18°C; que registran solamente pérdidas de calor; y planillas de EXCEL para el balance de locales base 16°C que pierden energía al exterior y la reciben desde espacios adyacentes más calefaccionados, tal es el caso de circulaciones. Posteriormente se trabaja con los resultados con el programa estadístico SPSS V 9.0.

## RESULTADOS

Las tipologías 2, 3 y 4, corresponden a tecnología tradicional racionalizada, es por ello que presentan resultados acordes en casi todos los aspectos. La *combinada*, que está dispuesta en dos niveles y tiene una superficie muy superior a las otras dos, sin embargo presenta un densidad similar a las desarrolladas en un solo nivel. Clasificamos a este grupo de escuelas como de “alta densidad” (aprox. 2,92 m<sup>2</sup>/al), mientras que en el *bloque* este índice asciende a 5,38 m<sup>2</sup>/al y en el caso *lineal en galería*, este índice pierde representatividad por presentar circulaciones abiertas con exposición casi total de las distintas áreas (3,00 m<sup>2</sup>/al).

Comparando el funcionamiento energético de cada tipología en la situación original (figura 1), las de mayor densidad presentan el menor consumo promedio de gas natural para calefacción por alumno de 16,5 m<sup>3</sup>/al, este consumo se incrementa un 56% para el caso galería (25,9 m<sup>3</sup>/al) y hasta un 85% en el caso del *bloque* (30,6 m<sup>3</sup>/al). Los valores de carga térmica (CT) obtenidos indican un promedio para los casos que presentan tecnología tradicional racionalizada de 112.396 Kwh/año equivalentes a un consumo de 10.368 m<sup>3</sup>/año. La mínima CT se registra en la *galería* por ser la de menor superficie, 42.162 Kwh/año y la máxima en el *bloque*, pero sorpresivamente su consumo/m<sup>2</sup> se encuentra dentro de los valores estándar. En la figura 2 se observa la variación de los índices de consumo.

Observando la carga térmica obtenida por sector edilicio, se obtuvo una incidencia promedio de las aulas de 73,25 %, excepto para el caso *galería* donde a causa de la ausencia de circulaciones internas y SUM este porcentaje aumenta notablemente. Las áreas de administración representan un 12,25% promedio, mientras que el grupo circulación y SUM tiene una incidencia variable entre 13 y 22 %. No es posible discriminar la CT de SUM en el caso *bloque* porque estos aparecen integrados a la circulación. Asimismo es de destacar la baja incidencia que tiene el SUM de la tipología *combinada*, debido a la no exposición de su cubierta, además esta disposición de SUM separado (casos 2 y 4) permite tener que acondicionar dicho local solamente durante las horas de uso. Como contrapartida esta tipología presenta una mayor CT en las circulaciones la cual llega al 9% y presenta el inconveniente de tener 145 metros lineales de circulación distribuidos en dos plantas. Las CT de SUM en los casos *lineal c/ sum* y *central* varía entre un 11 y 17 %. En la figura 3 se observa la incidencia de sectores para el caso *lineal c/ sum* y su variación respecto de la hipótesis de mejoramiento E.

Se calculó la carga térmica de cada sector edilicio, para la situación de referencia y las cuatro hipótesis de mejoramiento planteadas (figura 4). Los consumos promedio registrados para las situaciones de referencia son de 12.869 m<sup>3</sup> y 3.739 m<sup>3</sup> para la opción de mejoramiento que incluye la totalidad de las estrategias, representando esto una posible reducción del 71,29 % en el consumo de la muestra. En el mismo sentido se obtuvieron reducciones promedio del 9,5 % para el mejoramiento de la resistencia térmica de cubiertas; 8,2 % para el mejoramiento de la aislación en muros; 52,87 % con la reducción de las renovaciones de aire. Sin embargo se deberá evaluar para cada caso la conveniencia de mejorar la resistencia térmica de determinados sectores o elementos constructivos. Por ejemplo en el caso de la tipología *bloque*, las aulas tienen una incidencia del 71 % en el consumo del edificio. Se propuso reducir dicha incidencia mediante la incorporación de aislación en sus techos y muros, logrando una disminución en el consumo anual del 36%. Se ha cotizado la ejecución de los trabajos propuestos según los costos vigentes en la Dirección Provincial de Infraestructura, arribando a un sobrecosto de la instalación de \$ 18.000,00. Posteriormente se obtuvo el costo anual del combustible para ambas situaciones (\$ 7983,00, que se reduce con la aplicación de

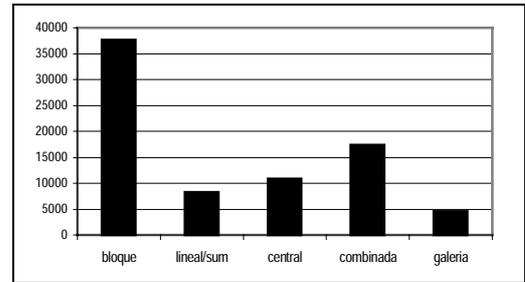


Figura 1. Consumo de gas natural (m<sup>3</sup>/año) por tipología – sin estrategias de mejoramiento

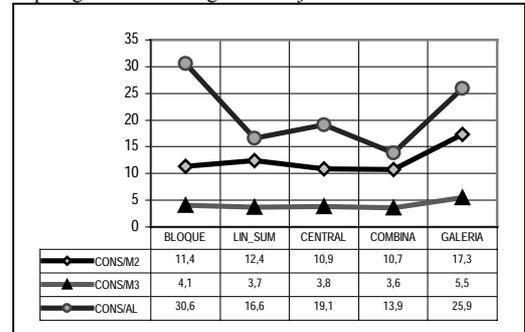


Figura 2. Índices de consumo de gas natural (m<sup>3</sup>/año) para calefacción por tipología - sin mejoramiento

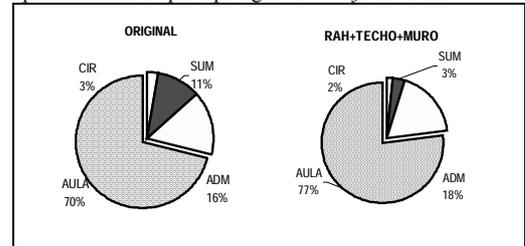


Figura 3. Incidencia de los sectores edilicios en el consumo energético para calefacción. Caso lineal c/ sum; original y mejorado (RAH+Techo+Muro)

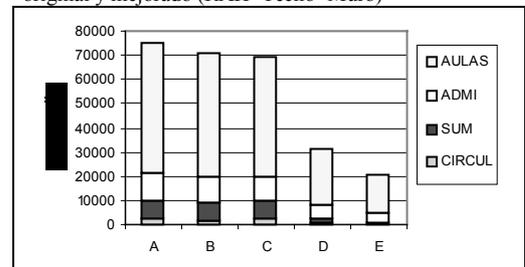


Figura 4. Variación de la respuesta térmica por sector, para el caso lineal c/ sum, según incremento de las medidas de conservación: A) original, B) techos, C) muros, D) rah, E) tech+mur+rah

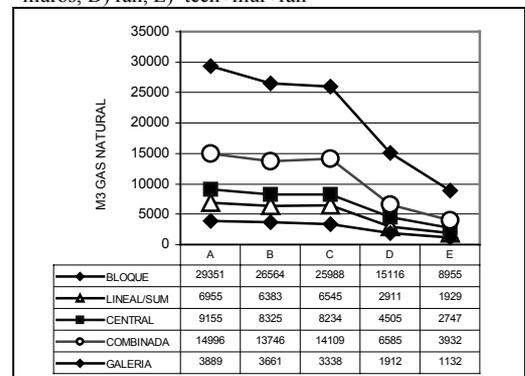


Figura 5. Consumo anual de gas natural (m<sup>3</sup>) por tipología según mejoras

las medidas de ahorro a \$ 5096,<sup>00</sup>) y mediante la utilización de software del grupo de trabajo (RENTA 94) se verifica la amortización de la inversión en 9 (nueve) años, con reducción del costo operativo y mejoramiento del confort. Se consideró una renta del capital anual del 7 %, una tasa de incremento del combustible de 3,5%. Con la aplicación de estas medidas de conservación en aulas su incidencia en la carga térmica de la tipología se reduce de 71 a 45%. Otra posibilidad de mejoramiento es cambiar las carpinterías de chapa de acero de la tipología *lineal con sum*, por otras de aluminio burleteadas, con lo cual es posible conseguir una amortización de la inversión en 6 (seis) años, con una disminución en el consumo para calefacción del 66 %.

La conformación de curvas características con determinados índices e indicadores permite situar el comportamiento real u optimizado de la propuesta arquitectónica. Por ejemplo en la figura 6 se observa la variación del coeficiente de correlación bivariada para superficie calefaccionada y consumo anual de los casos analizados; en la figura 7 se registra la relación entre el área envolvente expuesta y el consumo anual. La utilización de estos procedimientos nos ha permitido conocer el comportamiento estándar de la muestra; en el sentido inverso también se podría emplear como herramienta de diseño consiente a partir de la cual se establezcan criterios básicos para optimizar el funcionamiento de la red de establecimientos escolares.

De las observaciones registradas se concluye que la optimización de la envolvente de aulas, será la que permita un mayor ahorro en acondicionamiento térmico. Mediante la utilización de esta metodología es posible ponderar la conveniencia de aplicar estrategias de mejoramiento donde la inversión se amortice con el ahorro generado a partir de las mejoras de la envolvente propuestas. Estas estrategias de reducción del consumo, con un leve aumento en el costo inicial, con periodos de amortización cortos, implican beneficios que no resultan despreciables, a saber: a) un menor costo operativo durante la vida útil de edificio, b) un mejoramiento en la calidad térmica de los ambientes y c) una disminución en la inversión inicial por la posibilidad de instalar equipos de menor potencia.

## REFERENCIAS

- G. San Juan. (1999-2000). Evaluación de redes edilicias de educación. Variables energo-productivas y de habitabilidad, en el hábitat bonaerense. Proyecto CONICET.
- S. Hoses. (1999-2001). Confort ambiental y diseño diferencial en el espacio educacional de producción oficial en el área del Gran La Plata. Proyecto CONICET
- Ministerio de Cultura y educación de la nación. Criterios de Normativa básica de Arquitectura Escolar. Anteproyecto, Versión 1. 1997.

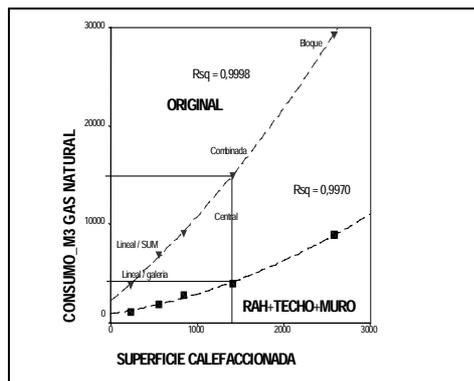


Figura 6. Grafica de correlación bivariada (consumo/superficie) para los casos originales y una propuesta de mejoramiento (Rah+Techo+Muro)

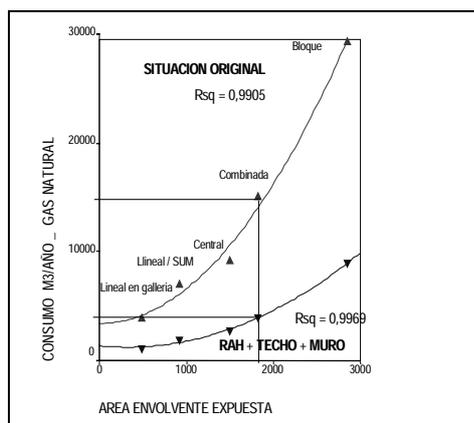


Figura 7. Grafica de correlación bivariada (consumo/área envolvente) para situación originales y una propuesta de mejoramiento (Rah+Techo+Muro)

Edificio	Costo de la Instalación	Costo de ahorro
0	81180	2887
1	43367	5875
2	28723	8968
3	22173	12167
4	21725	15481
5	25186	18718
6	22663	22453
7	28865	26132
8	31897	29774
9	33276	33869

Figura 8. Amortización de la inversión considerando el costo del combustible.

## ENERGY EVALUATION AND INCIDENCE OF TECHNOLOGICAL IMPROVEMENTS IN SCHOOL TIPOLOGIES FROM BUENOS AIRES

**ABSTRACT.** The present work studies the school buildings typology energy operation, according to its theoretical demand for heating, comparing the real, versus a series of relative improvements to its building covering (walls, roof, windows, air renovations). The result of five representative school typologies production is exposed, as for the used technology, its space organisation and its administration period, in Buenos Aires province. This work intends a double objective, to advance in the proposition of an evaluation method of this type of discontinuous use buildings, and to expose theoretical results that allow to quantify the energy consumption and the incidence of the building improvements application. The analysis of the buildings sectors that conform the school allows to know the energy weight of each one and makes possible to study the workable of the global or sectoral improvement alternatives, either for the reduction of the operative cost or for the paying-off achieved in concrete terms.