

## INCORPORACIÓN DE LOS MÓDULOS EDIFICIOS ENERGÉTICOS PRODUCTIVOS (MEEP) DE EDUCACIÓN A LA BIBLIOTECA INFORMATIZADA.

ROSENFELD, Yael\*; MARTINI, Irene\*\*; DÍSCOLI, Carlos\*\*\*; ROSENFELD, Elías\*\*\*.

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat. Unidad de Investigación N°2.  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata.  
Calle 47 N°162 La Plata, Buenos Aires. FAX (021) 21-4705.

### RESUMEN

Se presentan los avances realizados y la ampliación del catálogo tipológico informatizado de Módulos Edificios Energéticos Productivos (MEEP) abarcando el subsector educación. La incorporación de los MEEP de educación nos permite ampliar el conocimiento integral de las redes edilicias del terciario. El trabajo muestra el desarrollo de un MEEP teórico y el estado del arte de la biblioteca de archivos.

### INTRODUCCIÓN

A partir de trabajos presentados en reuniones anteriores, se presenta la incorporación de los MEEP de educación a la biblioteca informatizada existente. Esto implica modular los diferenciales de prestación a través de la evaluación de la interacción entre los espacios físicos, la envolvente, la infraestructura, el uso y el consumo de energía. Asimismo nos permite comprender la participación de cada sector particularizado en la globalidad de los sistemas de educación, y de dicho sistema en la totalidad de las redes edilicias del terciario.

Debido a la cantidad de establecimientos comprendidos en la red en estudio y a la diversidad de tipologías edilicias, es que se centró el estudio en los tipos más representativos de la microregión del Gran La Plata.

El subsector educación está inserto dentro de un proyecto de investigación denominado "EDUBAIRES. Mejoramiento de la gestión de educación de la Provincia de Buenos Aires", en el que se plantea desarrollar un método de control y diagnóstico temprano que incluya las variables críticas y sus interacciones, abarcando las diferentes escalas: desde lo regional hasta lo tipológico-edificio<sup>1</sup>.

La metodología desarrollada para el subsector salud en base a las necesidades teóricas de los diferenciales de prestación, se adaptó y ajustó para el subsector educación teniendo en cuenta las siguientes características: i- uso discontinuo: período lectivo o período de receso; ii- calor aportado por persona; iii- relación entre superficie, cantidad de personas y horas de uso.

A modo de ejemplo se expone el desarrollo del MEEP teórico de un aula común perteneciente a una escuela primaria.

### METODOLOGÍA

A partir de la metodología desarrollada en trabajos anteriores, se comenzó la transferencia hacia la red de educación, siendo otra de las redes en estudio por el grupo de investigación.

La red de educación cuenta con establecimientos de distintos niveles educativos: inicial, educación general básica (ex-primaria), polimodal (antes dividida en enseñanza media, técnica, etc.), terciario, universitario y especial. En muchos casos, un mismo establecimiento es compartido por varios niveles en diferentes turnos. Sin embargo se observa cierta similitud entre los locales de servicios homólogos.

Al igual que para el caso salud, los distintos sectores de los establecimientos se agrupan, teniendo en cuenta las particularidades de cada caso, determinándose áreas diferenciadas según el tipo de prestación. Dentro de cada una de estas áreas se consideran los distintos servicios que la conforman. A modo de aproximación inicial se definieron las siguientes áreas:

<b>AU</b>	<b>Aulas:</b> Comunes, Taller, etc.
<b>DM</b>	<b>Sectores administrativos:</b> Dirección, Secretaría, Administración, Tesorería, Cooperadora, etc.
<b>SM</b>	<b>Salones de usos múltiples:</b> Salón de usos múltiples, Salón de actos, etc.
<b>DE</b>	<b>Áreas deportivas y de esparcimiento:</b> Patio cubierto, patio, etc.
<b>GE</b>	<b>Gabinetes específicos:</b> Sala de computación, Laboratorio, Gabinete Psicológico, etc.
<b>AX</b>	<b>Servicios Auxiliares y de apoyo:</b> Cocina, Comedor, Sala de maestros, Portería, etc.

Se plantea el ajuste a la metodología desarrollada hasta entonces en función de las particularidades del subsector. Por un lado consideramos el **uso discontinuo** que presentan los establecimientos de esta red, contemplando el período lectivo y los períodos de receso; y por otro lado, el **calor aportado** por las personas que ocupan el módulo. Esto implica una redefinición de los factores de ocupación, un ajuste de la variable del calor aportado por persona, una evaluación de la relación entre

\* Becaria Formación Superior UNLP.

\*\* Becaria Perfeccionamiento UNLP.

\*\*\* Investigador CONICET

superficie, cantidad de personas, horas de uso y un análisis particularizado en algunos casos como ser: escuelas con bibliotecas comunitarias; comedores escolares que funcionan todo el año; establecimientos que comparten el edificio con otras actividades, etc. Es evidente que los parámetros mencionados anteriormente son los que cobran mayor peso en el análisis de aportes y pérdidas energéticas.

### **ESTADO DEL ARTE DE LA BIBLIOTECA INFORMATIZADA DE MEEP.**

El lenguaje de programación adoptado para el desarrollo de la biblioteca informatizada existente es el Clarion para Windows. El sistema opera en forma autónoma y compatible al resto de las herramientas y sistemas informáticos desarrollados para el subsector salud, con el objeto de obtener resultados utilizables para el resto de las bases de datos.<sup>2</sup>

La base de datos principal sintetiza la información de cada MEEP referente a:

- tipo de análisis: teórico, real, optimizado, análisis comparativo;
- indentificación del MEEP y área de pertenencia (salud, educación, etc.);
- características generales: localización, dimensiones, tipo de envolvente, temperatura, orientación, etc.;
- datos correspondientes al sistema de iluminación: tipo y cantidad de artefactos, horas de uso;
- valores de cálculo de consumo para climatización, desagregado en aportes y pérdidas por ocupación, ganancia directa por ventana, iluminación, renovaciones de aire y envolvente;
- resultados parciales y totales del MEEP con los valores del MEEP teórico equivalente.

Los resultados de iluminación, equipamiento y climatización del análisis teórico, real u optimizado de cada MEEP se resumen en una pantalla final lo cual permiten ser comparados con cualquier módulo que contenga la base de datos ya sea de un mismo subsector o de distintos subsectores.

La base principal se complementa con una serie de bases auxiliares que contiene la información referente a: características climáticas, sistemas de iluminación, valores mínimos de iluminación según tipo de local, valores de ganancia por ventanas, características de materiales, sistemas constructivos, etc.<sup>3</sup>

Hasta el momento se han desarrollado para el subsector salud, quince MEEP teóricos<sup>4 5</sup>; ocho MEEP reales<sup>6 7</sup> y se está completando el relevamiento del Hospital Velez Sarsfield en Liniers. A partir de la contrastación y el análisis de la información obtenida de los MEEP reales y teóricos se obtuvieron los primeros MEEP optimizados.

Con respecto al subsector educación se plantea el desarrollo de los mismos tipos (teóricos, reales y optimizados) de los cuales se ha comenzado a desarrollar los MEEP teóricos, estudiados a partir de tipologías representativas del sistema edilicio de dicha red. Hasta el momento se ha desarrollado una primera serie de MEEP teóricos correspondientes a las siguientes áreas:

- AU1. Aula común- Jardín de Infantes.
- AU2. Aula común- Escuela Primaria.
- AX1. Cocina- Jardín de Infantes
- DM1. Dirección y sala de docentes- Jardín de Infantes.

### **DESARROLLO UN MEEP TEORICO DEL SUBSECTOR EDUCACIÓN.**

El cálculo de los diferenciales de prestación se desarrolla a partir de la evaluación entre las interacciones de los espacios físicos, la envolvente, la infraestructura, el uso y consumo de energía. Esta red se caracteriza por concentrar en un espacio físico reducido un número importante de personas en un tiempo acotado (ocho horas) y un período lectivo de nueve meses, afectando así al resto de las variables analizadas. Los resultados obtenidos se están contrastando con simulaciones desarrolladas en el grupo de investigación.<sup>8</sup>

Se presenta el desarrollo de las necesidades energéticas del módulo aula de una escuela primaria tipológicamente representativa de la red en estudio. Las variables intervinientes se desagregan de la siguiente manera:

#### **a. Consumo de iluminación.**

El cálculo se realiza solamente para iluminación general, considerando dos turnos (mañana y tarde) de cuatro horas cada uno. El nivel lumínico necesario en el plano de trabajo se obtuvo de bibliografía que presenta los valores mínimos para cada módulo<sup>9</sup>. Al valor obtenido, se le suma un Factor de Corrección que depende de las características de absorción de la envolvente y de la distancia del artefacto de iluminación al plano de trabajo. Se considera un nivel lumínico de 500 lux sobre el plano de trabajo (situado a una altura de 0,80 m del piso), y un Factor de Corrección de 0,4 (40%) correspondiente al promedio de todos los paramentos (cielorraso y paredes de color claros).

$$\begin{aligned} E_{il} &= 500 \text{ lux} \cdot 39 \text{ m}^2 \cdot 1/80 \text{ lumen/w} \cdot 1/1000 \cdot 8 \text{ hs} \cdot 1/39 \text{ m}^2 \\ E_{il} &= 0,05 \text{ kwh/día.m}^2 + F_c \\ E_{il} &= 0,05 \text{ kwh/día.m}^2 + 0,4 \cdot 0,05 \text{ kwh/día.m}^2 = \\ E_{il} &= 0,07 \text{ kwh/día.m}^2 \end{aligned}$$

**b. Consumo de climatización.**

Las necesidades de climatización se determinan en base a los aportes y las pérdidas de energía sin considerar el equipamiento electromecánico ya que para este caso se considera irrelevante. Por lo tanto el cálculo se realiza apartir de las siguientes variables: ocupación, iluminación, ganancia directa por ventana (GAD), renovaciones de aire y envolvente. Resultando la ecuación de la siguiente manera:

$$E_{cli} = E_{il} + E_{oc} + E_{GAD} + E_{ren} + E_{env}$$

**b1. Aportes de calor por ocupación.**

Para éste caso se consideran 25 alumnos (entre 6 y 12 años) con un aporte de 70 w por persona y un maestro con un aporte de 100 w. Con respecto al tiempo de ocupación diaria (hs/día) se adoptaron dos turnos de cuatro horas cada uno siendo el factor de ocupación de 0,34.

$$E_{ocup1} = 100 \text{ w} \cdot 1/1000 \cdot 8 \text{ hs} \cdot 1 \text{ p} \cdot 1/39 \text{ m}^2 \cdot 0,34 = 0,007 \text{ kwh/día.m}^2 \quad (1 \text{ maestro})$$

$$E_{ocup2} = 70 \text{ w} \cdot 1/1000 \cdot 8 \text{ hs} \cdot 25 \text{ p} \cdot 1/39 \text{ m}^2 \cdot 0,34 = 0,122 \text{ kwh/día.m}^2 \quad (25 \text{ alumnos})$$

$$E_{ocup} = E_{ocup1} + E_{ocup2}$$

$$E_{ocup} = 0,129 \text{ kwh/día.m}^2$$

**b2. Aportes de calor por iluminación.**

Nos remitimos al valor calculado en el punto a, tomando en este caso un rendimiento calórico de 0,2 para las lámparas de bajo consumo.

$$E_{il} = 0,070 \text{ kwh/día.m}^2 \cdot 0,2$$

$$E_{il} = 0,014 \text{ kwh/día.m}^2$$

**b3. Aportes de calor por Ganancia Directa por Radiación Solar a través de ventanas (GAD).**

El cálculo se realiza en base a una superficie vidriada de 4,8 m<sup>2</sup> sin protección, orientada al Este y vidrio simple.

$$E_{GAD} = 4,9 \text{ MJ/m}^2 \cdot 1000 \cdot 4,8 \text{ m}^2 \cdot 1/3600/39 \text{ m}^2$$

$$E_{GAD} = 0,167 \text{ kwh/día.m}^2$$

**b4. Pérdidas de calor por renovaciones de aire.**

Para la zona en estudio, el Gran La Plata, se consideraron: 6°C Grados día día (GDD), una densidad del aire de 1,3 kg/m<sup>3</sup>, una entalpía del aire de 0,99kj/kg°C y renovaciones horarias de 9 vol/h.<sup>10</sup>

$$E_{ren} = 39 \text{ m}^2 \cdot 3 \text{ m} \cdot 9 \text{ vol/h} \cdot 1,3 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,99 \text{ kj/kg}^\circ\text{C} \cdot 24/3600 \text{ seg} \cdot 6^\circ\text{C} \cdot 1/39 \text{ m}^2$$

$$E_{ren} = 1,390 \text{ kwh/día.m}^2$$

**b5. Pérdidas de calor por envolvente.**

Las pérdidas energéticas por envolvente dependen fundamentalmente de las características del sistema constructivo y el grado de exposición que tenga el módulo con respecto al exterior. Como ejemplo se analiza un sistema constructivo tradicional con pared de 0,20 (K= 2,21 w/m<sup>2</sup>°C) y techo de chapa (K= 1,44 w/m<sup>2</sup>°C). Se lo considera expuesto en dos de sus caras y techo.

$$E_{env} = E_{env. Opaca} + E_{env. Transp.}$$

$$E_{env} = (2,21 \text{ w/m}^2 \cdot 29,2 \text{ m}^2/39 \text{ m}^2 + 1,44 \text{ w/m}^2 \cdot 39 \text{ m}^2/39 \text{ m}^2 + 5,8 \text{ w/m}^2 \cdot 4,8 \text{ m}^2/39 \text{ m}^2) \cdot 24/1000 \cdot 6^\circ\text{C}$$

$$E_{env} = 0,547 \text{ kwh/día.m}^2$$

La incorporación de las variables calculadas a la ecuación general de climatización nos da el siguiente resultado:

$$E_{clim} = 0,014 \text{ kwh/día.m}^2 + 0,129 \text{ kwh/día.m}^2 + 0,167 \text{ kwh/día.m}^2 - 1,390 \text{ kwh/día.m}^2 - 0,547 \text{ kwh/día.m}^2$$

$$E_{clim} = 1,627 \text{ kwh/día.m}^2$$

Denominación: AULA - ESCUELA PRIMARIA	TEORICO	MEEP
Area: Aulas	Fecha: 08/97	AU2

GRAFICA	REFERENCIAS	DATOS GENERALES
		Sist.Constr.: tradicional Orientación: E Superficie: 39 m <sup>2</sup> Sup.opaca ext.: 13,20 m <sup>2</sup> Sup.transp.ext.: 4,8 m <sup>2</sup> Sup.techo: 39 m <sup>2</sup> Altura: 3 m (promedio) T°Int.: 20°C GD: 994 T°Media ext.: 17,5°C

ILUMINACION				EQUIPAMIENTO	
General	500 lux	8 hs	0,4	El consumo por equipamiento se considera irrelevante.	
TOTAL Kwh/día.m <sup>2</sup>				0,070	TOTAL Kwh/día.m <sup>2</sup>

CLIMATIZACION					
Ocupación	GAD	Renovación	Envolvente	Ilum.	TOTAL
Cant.: 25 p Hs.: 8 F.O.: 0,34	Sin prot. Vid Simp.	Cant.: 9 vol./h D.Aire: 1,3 Kg/m <sup>3</sup> Ent. 0,99 KJ/Kg°C	Ksup.op: 2,21kw/m <sup>2</sup> °C Ksup.tr.: 5,8kw/m <sup>2</sup> °C K.techo: 1,44kw/m <sup>2</sup> °C	0,014	Kwh/díam <sup>2</sup>
0,129	0,167	1,390	0,547	0,000	1,627

	Teorico	OBSERVACIONES
	Kwh/día.m <sup>2</sup>	
Iluminación	0,070	
Equipamiento	0,000	
Climatización	1,627	
MEEP	1,697	

La ficha que se presenta resume los datos y resultados obtenidos.

## CONCLUSIONES.

La biblioteca de MEEP informatizada permite agilizar el cálculo y la verificación de variables edilicio-energético-productivo con el objetivo de complementar el diagnóstico temprano y control de las redes. El conocimiento específico de cada módulo, a partir del estudio de los MEEP, permite determinar valores teóricos globales de cada establecimiento y comprender la participación de los distintos subsectores en la globalidad de los sistemas edilicios de las redes del terciario. Esto nos posibilita evaluar el peso energético teórico, determinando áreas de concentración y posibles yacimientos de ahorro. Asimismo, cada módulo puede ser comparado con otros del mismo establecimiento, y con homólogos de diferentes establecimientos de la misma red y de otras redes de servicios analizadas.

Se verifica que la metodología de análisis desarrollada para el subsector salud es transferible a la del subsector educación. Los ajustes realizados surgen de la necesidad de dar respuesta al uso discontinuo y a la relación existente entre superficie, cantidad de personas y horas de uso. Para este caso (un aula común de una escuela primaria), el estudio se realizó para el periodo lectivo, fijando para el periodo de receso un valor mínimo. Con respecto a la relación entre superficie y cantidad de personas para los turnos considerados, se observa un área de 1,5m<sup>2</sup> por persona durante ocho horas diarias y nueve meses por año. Este subsector se caracteriza por tener una importante concentración en la relación espacio-usuario.

Aparece claro, que la incorporación de los MEEP teóricos de educación a la biblioteca informatizada nos permite ampliar el conocimiento referido a las redes edilicias del terciario y poder comprender la relación entre ellos y la globalidad de las redes. Asimismo se amplía la información referida a los insumos de los sistemas de diagnóstico temprano de la gestión energo-productiva.

## REFERENCIAS

1. G. San Juan et. al. "Sistema de diagnóstico y mejoramiento de la red de educación pública de la provincia de Buenos Aires." Seminario Internacional "La gestión del Territorio. Problemas ambientales y urbanos", CEI-UNQ, Quilmes, 1995.
2. Y. Rosenfeld et. al. "Sistematización y biblioteca de Módulos Edilicios Energéticos Productivos (MEEP) del subsector salud." ASADES 1996. Mar del Plata.
3. Op. Cit. Nota 2.
4. Discoli et al. "Biblioteca de Módulos Edilicios Energo Productivos (MEEP) para el Subsector Salud." ASADES 1994. Rosario.
5. Discoli et. al. "Normalización de los sectores Energo-Productivos de la red Edilicia de Salud." III Encuentro Nacional. I Encuentro Latino- Americano de Conforto del Ambiente Construido.
6. Martini Et. al. "Sistematización de los Servicios de Salud. Biblioteca de Módulos Edilicios Productivos (MEP) y su verificación en el ámbito de estudio." ASADES 1995. San Luis.
7. Rosenfeld et. al. "Sistematización de los servicios de salud. Biblioteca de Módulos Edilicios Energo Productivos (MEEPS)." La Gestión del Territorio: Problemas Ambientales y Urbanos. Bernal. 1995.
8. G. San Juan et. al. "Generación de indicadores teóricos optimizados. Energía del balance termohumínico en aulas. Estado de avance." ASADES 1997.
9. Commission of the European Communities. Directorate-General XII for Science, Research and Development. "Daylighting in architecture. A European Reference Book."
10. E. Rosenfeld et. al. "Mejoramiento de la eficiencia energética y habitabilidad de dos edificios escolares." III Encuentro Nacional; I Encuentro Latinoamericano. Gramado. 1995.