

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO ENERGÉTICO Y HABITABILIDAD HIGROTÉRMICA DE LA RED TIPOLOGICA DE EDIFICIOS DE EDUCACIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Gustavo A. San Juan^{*}, Elias Rosenfeld^{**}, Santiago Hoses^{***}

IDEHAB, Instituto de Estudios del Habitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, calle 47 N° 162 c.c.478 La Plata (1900), Argentina.
Tel-fax 054-21-214705. EMail eronsenfe@isis.unlp.edu.ar.

RESUMEN

En el presente trabajo se expone a nivel metodológico los primeros resultados sobre la evaluación de funcionamiento energético y habitabilidad de la red tipológica de Educación de la provincia de Buenos Aires, la cual posee características de alta dispersión. Se recurre al análisis tipológico, analizándose un número reducido de casos y explorando pautas de mejoramiento con el fin de generar información accesible para el diseñador escolar.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo enfoca a la red del Sector Educación de producción oficial de la provincia de Buenos Aires, profundizando el conocimiento sobre el *estado* de su arquitectura educacional. Gran parte de su estructura edilicia ha evolucionado y ampliando en función de necesidades coyunturales de espacios educativos, sin corresponderse con el contexto climático, poniéndose énfasis en una solución cuantitativa reduciendo el costo inicial de construcción, debido a la importante demanda edilicia y a las reducciones presupuestarias. En este contexto se han creado situaciones de desequilibrio en su habitabilidad (higrotérmica, lumínica, acústica), fundamentalmente en sus espacios interiores, registrándose infraconsumo o hiperconsumo, asociado a una situación de irracionalidad según los diferentes contextos socio-económicos.

Los nuevos conocimientos científicos y el desarrollo de objetos y materiales están produciendo una oferta cambiante y superadora, donde la actualización del profesional es pieza clave. Este trabajo intenta entonces generar por un lado, conocimiento metodológico para la determinación del estado de la arquitectura educacional existente, recurriendo a técnicas de evaluación de funcionamiento energético y habitabilidad higrotérmica; explorar pautas de mejoramiento con un uso racional de la energía y generar conocimiento conceptual, que permita al diseñador o al técnico acceder a tecnologías de evaluación, nuevos procedimientos, a información accesible y concreta en el marco de una acción eficiente y eficaz.

Se trabaja utilizando la técnica de análisis tipológico, donde los edificios seleccionados corresponden a diseños *tipo* con alta representatividad en el universo involucrado. Se estudian los edificios como totalidad y sus áreas funcionales como unidades tipológicas diferenciales o módulos edilicios energo productivos, MEEP [1].

En este trabajo se presenta el estado de avance del proyecto quedando planteada su vinculación con el desarrollo de otras variables referentes a su habitabilidad interior, como por ejemplo la evaluación de iluminación natural (Ver paper "Desarrollo metodológico para la evaluación del comportamiento lumínico de la red tipológica de edificios de educación de la prov. de Buenos Aires", ASADES, Mar del Plata, 1996) y su correspondencia con el balance térmico-lumínico.

METODOLOGIA

El universo de análisis involucrado posee características de un espacio regional extenso, donde es necesario desarrollar metodología para producir el diagnóstico del sector y evaluar pautas de mejoramiento.

Las variables involucradas se clasifican en:

Independientes: aquellas que atienden a sus características *edilicias*: dimensionales (ml, m², m³), tipológicas (tipos, modelos), localización (orientación); *climático-regionales*: radiación (w/m²), temperatura exterior (°C), humedad relativa (%), GD (base 16 o 18°C) y *tecnológicas*: características de muros, aberturas, techos y pisos.

Dependientes: relativas al *Confort*: temperatura interior (°C), humedad relativa (%) y al *consumo energético*.

Intervinientes aquellas que median la clasificación anterior: *Factor de uso*: diario, mensual y anual y *Factor de ocupación*: como ganancia interna y tipo de actividad.

Se aborda el problema actuando en tres instancias:

- i. Determinación de tipologías representativas, sus modelos y módulos edilicios energo productivos.
- ii. Calibración y evaluación de la situación original o de referencia de cada tipología.
- iii. Evaluación según los nuevos escenarios de trabajo: localización regional, orientación, tecnología.

* Becario Post-doctoral CONICET. ** Investigador CONICET. *** Técnico.

El análisis de los resultados se puede desarrollar entonces en bases de datos, sentido en el sentido de cada una de la unidades de análisis (tipos o sectores) o en el de sus variables, comparando el universo tipológico. Para tal efecto se definen una serie de indicadores e índices particulares y globales.

RESULTADOS

1. Clasificación tipológica

Una de las maneras posibles de estudiar el parque edilicio existente de producción oficial, es la utilización del análisis tipológico. La metodología adoptada para el reconocimiento del sector es la que ha desarrollado el grupo de investigación a los efectos de estudiar las Arquitecturas Regionales y sus tipos desde el punto de vista energético y bioclimático [2]. Se basa en la identificación de unidades suficientemente representativas de las cuales se puede generalizar resultados con aproximación razonable. De esta manera se puede conocer la producción arquitectónica en una región con alta dispersión analizando un número reducido de casos. A modo de ejemplo en la Figura 1 se presentan las tipologías del nivel Jardín de Infantes.

Se consideran unidades de análisis los edificios o partes funcionales o técnicamente significativas, no precarias de las mismas, destinados a la educación preescolar, primaria y secundaria. En esta etapa se ha desarrollado una primera clasificación tipológica según su esquema espacial y de funcionamiento con el fin de comenzar el análisis particularizado, teniéndose en cuenta las variables tecnológicas y el período histórico de pertenencia. Los edificios son estudiados según áreas o sectores funcionales los cuales al tener distintas solicitaciones y ofertas en cuanto a sus condiciones ambientales internas definen diversos MEEP diferenciales. Figura 2.

NIVEL INICIAL	nombre	organizacion	corte tipo	tecnol.		DATOS				índices			observ.
				
	PATIO CUBIERTO			*	100	4	3421	124	3,4	11,2	4,5	18,6	
	COMPACTO												
	SIMPLE CRUJIA												
				*	50	2	139	406	2,8	2,7	4,6	18,6	
	DOBLE CRUJIA			*	100	4	421	804	4,2	16	4,5	20,8	
				*	50	2	115		2,3	7,3	4,7	19,2	
EN "L"													

Figura 1: Tipologías detectadas correspondientes al nivel Jardín de Infantes

La cuantificación de energía requerida y las condiciones de habitabilidad resultante en cada uno de los casos, brinda la posibilidad de conocer la situación actual, practicar mejoras tecnológicas o de uso brindando estándares de comportamiento para uso del diseñador escolar.

En este trabajo se desarrollan los niveles: Jardín de Infantes (JI) (Ver figura 1) y Escuela primaria (EP). Para el primero de los casos se han detectado fundamentalmente tres tipos organizativos: "lineal", "central" y "bloque". Como particularidad se puede decir que no todos los edificios poseen S.U.M., sobre todo los del último período considerando a éste como un local adyacente construido con posterioridad. También existen diferentes criterios en cuanto a la ubicación de los sanitarios de niños dentro de las aulas, o independiente, según los lineamientos pedagógicos requeridos. Para el caso de las EP se detectaron cuatro tipos organizativos: "central", "lineal", "bloque" y "compuesto". En el tipo lineal el crecimiento se realiza por repetición axial del módulo aula, en los esquemas centrales está limitado, ocupándose espacios intersticiales o por apilamiento de niveles. Los esquemas en esquina, patio, "U" o "L", responden a terrenos limitados o a la conformación de patios de apropiación controlados por el propio edificio.

En este trabajo se desarrollan los niveles: Jardín de Infantes (JI) (Ver figura 1) y Escuela primaria (EP). Para el primero de los casos se han detectado fundamentalmente tres tipos organizativos: "lineal", "central" y "bloque". Como particularidad se puede decir que no todos los edificios poseen S.U.M., sobre todo los del último período considerando a éste como un local adyacente construido con posterioridad. También existen diferentes criterios en cuanto a la ubicación de los sanitarios de niños dentro de las aulas, o independiente, según los lineamientos pedagógicos requeridos. Para el caso de las EP se detectaron cuatro tipos organizativos: "central", "lineal", "bloque" y "compuesto". En el tipo lineal el crecimiento se realiza por repetición axial del módulo aula, en los esquemas centrales está limitado, ocupándose espacios intersticiales o por apilamiento de niveles. Los esquemas en esquina, patio, "U" o "L", responden a terrenos limitados o a la conformación de patios de apropiación controlados por el propio edificio.

2. Variables de cálculo.

Para el diagnóstico se está utilizando un balance de ganancias y pérdidas térmicas en estado estacionario, utilizando valores de propiedades térmicas de los materiales según Norma IRAM [3], contemplándose la ganancia por radiación solar incidente. El software utilizado es el "Energocad" [4], el cual se maneja sobre un soporte informático en CAD12 (Diseño Asistido por Computadora, versión 12), posibilitando una vez cargado el edificio cambiar sus atributos originales según: 1. Tecnología (muros y techos), 2. Orientación (Note-Sur), 3. Localización regional (Zona 1-Zona 3), 4. Renovación de aire.

En el camino delineado se recurre a determinar una serie de indicadores e índices reales y óptimos a efectos de dimensionar comportamientos, generar la posibilidad de comparar situaciones equivalentes, detectar variaciones o alteraciones para explicar comportamientos en diversas condiciones de diseño [5]. De esta manera se está construyendo una base de datos integrando:

1. **Datos dimensionales:** Volumen edilicio (m³); Superficie cubierta (m²); Perímetro (m); Compacidad; Factor de Forma; Factor de Exposición,
2. **Datos Energéticos:** Coeficientes: Pérdidas térmicas por la envolvente (%); "UA" (w/°C); "UA/m² (w/m²°C)"; "G" (w/m³°C); Area envolvente (m²); Area expuesta (m²); Carga Térmica mensual y anual (kwh) por m² y m³.

* En cuanto a la zonificación bioclimática [6] se utilizó la desarrollada por el grupo, la cual establece cinco zonas diferenciadas en la provincia de Buenos Aires de las cuales se seleccionaron solo la Zona 1: "Templado Cálido Húmedo" (Datos METEO de La Plata Aeropuerto) y Zona 3: "Muy Frío de Transición" (Datos METEO de Azul), los cuales representan situaciones extremas de modo de visualizar el rango de respuesta de una tipología en una u otra situación. Tabla 1.

	KT	RAD MJ/m2	Tmed °C	Tmáx °C	Tmín °C	GD16 °C	GD18 °C	Vv Km/h	TV MB	HR %	Latitud	Longitud	ASNIM
LA PLATA AERO	0,49	15,1	15,7	21,3	10,7	644	1029	18	114,3	77	-34,90	57,54	23
AZUL	0,50	15,2	13,7	21,1	7,6	1224	1721	12	12,8	79	-36,70	59,50	132

Tabla 1: Características climáticas de las Zonas adoptadas.

* Para las características tecnológicas, se adopta una solución típica de tecnología tradicional racionalizada para el caso original y una variante mejorada, teniendo como condición de que no se produzca condensación superficial e intersticial. Tabla 2.

ORIENTACION AuN	"K" (W/m2°C)	MURO	TECHO	ABERT.	R.A/h
Original	1,84	1,63	5,8	9	
Mejorado	0,7	0,61	5,8	9 (4)	

* En la variable orientación se manejaron dos situaciones: orientación Norte y Sur. Tabla 2.

Tabla 2: Variables de cálculo. Orientación y tecnología.

* En cuanto a las Renovaciones de aire se adoptó 9 RA/hora para aulas, servicios, SUM y circulaciones y 4 RA/hora para el sector administrativo. En la situación mejorada se adoptó 4 RA/hora.

Según el Código Rector de Arquitectura Escolar, se estima entre 36 a 48 m3h/al (aproximadamente 7.5 a 10 RA/h) y según las normas ASHRAE, 10.2 a 24.3m3h/al (se estima 2 a 5 RA/h)

* En el cálculo de la energía auxiliar anual necesaria se tuvo en cuenta el Factor de Uso del edificio escolar calculándose a partir de la determinación de los Grados Hora (GH) para días tipo mensuales y su correspondencia con el período de ocupación diario, semanal y anual del edificio: Zona 1= 19,6% y Zona 3= 20% (en base 18°C).

A modo de ejemplo metodológico se presenta el caso de las tipologías correspondientes al nivel Inicial y la desagregación del estudio de un tipo: J15 (Lineal simple crujián en esquina), desagregándose cada uno de los módulos edilicios eno ergo productivos de acuerdo las diferentes hipótesis de cálculo planteadas.

3. Funcionamiento energético.

El análisis del comportamiento basado en cada uno de los sectores funcionales diferenciales, permite operar produciendo deliberadamente alteraciones en su uso o en su tecnología, con el objeto de hacer eficiente el consumo energético y mejorar su habitabilidad.

* Para el caso expuesto como ejemplo (Figura 1), las aulas involucran el 33,7% del consumo total edilicio, con características de ocupación continua durante el período de funcionamiento escolar.

* Para el caso de la circulación (31,8% del consumo total), ésta puede mantenerse a una temperatura inferior a la de confort, debido a su uso ocasional y a la actividad dinámica de sus ocupantes. Esto aportaría en una importante reducción del consumo.

	SITUACION ORIGINAL	SITUACION MEJORADA			
		ZONA 1	ZONA 3		
Aulas Oeste	Vol: 226m3 Sup: 90m2	34.054	46.492	30.807	42.059
	CT: (Kw/h)				
	UA: (W/°C)	1.036		938	
	UA/m2	11,49		10,39	
Aulas Sur	Vol: 226m3 Sup: 90m2	34.755	47.449	32.020	43.714
	CT: (Kw/h)				
	UA: (W/°C)	1.058		975	
	UA/m2	11,71		10,79	
Circulación NE	Vol: 412m3 Sup: 166m2	63.204	86.287	56.844	77.606
	CT: (Kw/h)				
	UA: (W/°C)	1.924		1.730	
	UA/m2	11,59		10,42	
S.U.M. Sur	Vol: 445m3 Sup: 99m2	56.881	77.655	53.304	72.773
	CT: (Kw/h)				
	UA: (W/°C)	1.731		1.622	
	UA/m2	17,52		16,42	
Administración Sur	Vol: 68m3 Sup: 28m2	12.508	17.066	11.294	15.418
	CT: (Kw/h)				
	UA: (W/°C)	381		344	
	UA/m2	13,81		12,47	
Servicios Oeste	Vol: 68m3 Sup: 27m2	-	-	-	-
	CT: (Kw/h)				
	UA: (W/°C)	369		332	
	UA/m2	13,46		12,11	
Tipología	Vol: 1409m3 Sup: 508m2	201.402	274.959	184.269	251.510
	CT: (Kw/h)	39.474	54.992	36.117	50.302
	UA: (W/°C)	6.499		5.941	
	UA/m2	12,8		11,7	
G: (W/m3°C)		4,6		4,2	

Figura 2: Indicadores e índices dimensionales y energéticos para la tipología presentada como ejemplo.

* El salón de usos múltiples (SUM) aporta en el consumo total con un 28%. Este es un caso particular ya que posee generalmente características de uso discontinuo, en periodos cortos y esporádicos. Se podía entonces, mejorar la capacidad aislante de su envolvente edilicia adoptando tecnología liviana, de baja inercia, con respuesta térmica rápida. (menor a 4hs). Existen tipologías donde el SUM y la circulación son un todo indivisible o ambos se encuentran separados.

* La adecuación tecnológica debe realizarse según la significancia de las pérdidas térmicas, acorde a las deficiencias en cada sector. Por ejemplo para la tipología expuesta: techo en aulas; muros en administración, circulación y SUM. Renovación de aire en aulas y circulación, lo cual implica cambios importantes con poca inversión.

* Esta metodología permite comparar tipos según su Factor de Forma (Fo); Factor de Exposición (F.Exp), diferentes concepciones organizacionales (central-lineal-doble o simple crujía); los pesos relativos de cada sector, las diferentes adiciones espaciales (circulación y SUM-SUM como circulación- circulación y SUM unificados), o estructuras complejas utilizadas fundamentalmente en edificios de los niveles primario y secundario (unidades pedagógicas y/o funcionales autónomas).

* Para el caso de la tipología presentada, la variable regional implica un 39,3% más de energía pudiéndose llegar con las medidas propuestas a un potencial de ahorro global de 11% (Zona 1) y 22% (Zona 2)

CONCLUSIONES

Aparece como positivo el análisis del estado de la red de edificios escolares, mediante la adopción de técnicas de análisis tipológico, tanto a nivel de edificios como de MEEP entendidas como partes desagregadas del propio edificio. De tal modo se pueden estudiar las características de funcionamiento y requerimientos energéticos y térmicos de modo sectorial y particularizado, de modo de establecer en cada caso la influencia de las variables en juego.

Estetrabajo, inserto en la línea de investigación del grupo, es un ejemplo de aplicación asimilado al desarrollo conceptual de "niveles de organización" [7], donde se involucran estudios sectoriales, tendientes a la comprensión del todo. Se trabaja tanto a nivel de planificación continua y control de redes; los edificios y sus componentes. [8]

La adopción de un sistema de índices e indicadores enlazados en bases de datos posibilitan la comparación de los establecimientos según estándares, promover patrones de corrección e identificar el estado de la red de establecimientos escolares, la demanda y oferta de condiciones ambientales y sentar las bases de conocimiento sistemático para la adopción del diseñador escolar.

REFERENCIAS

1. Y. Rosenfeld et al. "Sistematización de los servicios de salud. Biblioteca de módulos edificios energo productivos de salud (MEEPS)". Seminario Internacional "La gestión del territorio: problemas ambientales y urbanos". Universidad Nacional de Quilmes. 1995.
2. E. Rosenfeld et al. "AUDIBAIRES. Plan piloto de evaluaciones energéticas de la zona de Capital Federal y Gran Buenos Aires". IDEHAB. FAU. UNLP. 1988.
3. Norma IRAM 11.601. "Método de cálculo de la resistencia térmica de muros y techos". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires 1995.
4. J. Czajkowski, E. Rosenfeld. "Energocad" sistema informatizado para el diseño bioclimático de alternativas edilicias". Actas de la 15 Reunión de Trabajo de ASADES, Catamarca. 1992.
5. G. San Juan, E. Rosenfeld. "El edificio de uso discontinuo. El caso educación". Actas de la 17° Reunión de ASADES, Asociación Argentina de Energías renovables y Ambiente, Rosario, 1994.
6. E. Rosenfeld et al. "Mejoramiento de las condiciones de habitabilidad del habitat bonaerense". PID-CONICET. 1993.
7. E.P.Odum. "Ecología. El vínculo entre las ciencias Naturales y las Sociales". Universidad de Georgia. 1975.
8. G. San Juan. "Sistema de diagnóstico de la gestión educativa de la prov. de Buenos Aires. Variables energo-productivas y de habitabilidad". Informe final, Beca Posdoctoral. CONICET. IDEHAB, FAU, UNLP. 1996.