

# UN ENFOQUE BIOCLIMATICO DE LAS TIPOLOGIAS DE EDIFICIOS HOSPITALARIOS DE LA REGION METROPOLITANA DE BUENOS AIRES

Jorge Daniel Czajkowski\*, Elías Rosenfeld\*\*

IDEHAB, Instituto de Estudios del Habitat. Unidad de Investigación N° 2. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata. Calle 47 N° 162 (1900) La Plata, Buenos Aires.

## INTRODUCCION

El sector salud<sup>(1)</sup> y en particular los edificios hospitalarios de la red presentan diversos problemas, entre los que podemos mencionar los de habitabilidad higrotérmica, deficiente uso de la energía, etc. que en muchos casos provienen de un mal diseño de estos.

Toda medida que tienda a producir mejoras necesita de un conocimiento tipológico del sector<sup>(2)(3)</sup> para que de esta forma las medidas de diseño bioclimáticas que se propongan puedan ser eficaces y generalizables.

El uso de la energía en acondicionamiento higrotérmico de edificios depende jerárquicamente en gran medida de la forma de los mismos, su tecnología e implantación<sup>(4)</sup>.

En el trabajo se plantea la utilización de tipologías ideales en función de una aproximación histórico-tipológica de la red de salud regional.

Esta experiencia teórica se fundamenta en la necesidad de conocer el comportamiento energético de los tipos manteniendo fijas determinadas variables y por otro lado testear el funcionamiento del sistema informatizado de diagnóstico energético desarrollado.

El trabajo se basa en el desarrollo de tipos ideales de hospitales de aprox. 7000 m<sup>2</sup>. Este tamaño corresponde a la dimensión media de los hospitales de la región que poseen alrededor de 250 camas.

El trabajo muestra un análisis energético-formal de las tipologías hospitalarias ideales de la región.

## METODOLOGÍA

La experiencia se realizó sobre cinco tipologías: claustral, pabellonal, monobloque, bloque-basamento, bloque coligado y sistemático. Estas son las tipologías más representativas del universo analizado.

El objetivo de la experiencia es conocer el comportamiento de determinadas variables que definen tipologías de hospitales y permitir controlar la estabilidad del software de diagnóstico energético desarrollado. Este último punto es importante por cuanto el sistema desarrollado anteriormente permitía la evaluación de viviendas unifamiliares, este debió adaptarse para soportar el análisis de edificios de más de 50000 m<sup>2</sup> con 1000 ventanas, muros, etc.

Para poder realizar un análisis comparativo se definió un escenario con las siguientes variables, dimensiones e indicadores:

- a. **Clima:** Se seleccionó la estación meteorológica del aeropuerto de la ciudad de La Plata para simular condiciones suburbanas, con variación mensual.

### Dimensiones Indicadores

Localización	Latitud, longitud, alt. s/nivel mar.
Temperatura	Reales y de diseño: máximas, medias y mínimas.
Asoleamiento	Radiación extraterrestre por planos y coef. Kt
Humedad	Relativa y absoluta.
Vientos	Medios por orientación.

\* Becario Perfeccionamiento CONICET

\*\* Investigador Independiente CONICET

- b. **Edilicia:** Se fijo como constante la superficie edilicia en aprox. 7000 m<sup>2</sup>, variando el partido funcional para construir las diferentes tipologías. La altura de los locales se varió en función de las dimensiones relevadas de edificios construidos en la región, con lo cual la superficie es constante pero varía el volumen y en consecuencia los cerramientos verticales. Aunque no se diseñó el interior y solo se trabajó en la envolvente, las carpinterías se distribuyeron en función de iluminar y ventilar un local de 3.00 x 3.00 m.

#### Dimensiones Indicadores

Partido	Destino, superficie, modulación, estructura circulatoria, estructura funcional, estructura jerárquica locales y sus funciones, etc.
Tecnología	Sistema constructivo tradicional y/o racionalizado.
Envolvente	Muros: Ladrillos comunes de 0.30m espesor revocados en ambas caras. Techos: Losa plana tipo prefabricada de viguetas H <sup>9</sup> A <sup>0</sup> pretensado y ladrillos cerámicos con capa de compresión y contrapiso pendiente. Ventanas: Aberturas de madera de simples contacto y dimensión estandarizada de 1.00 x 1.50 m. Puertas: Variables según el caso tratado pero metálicas y de altura 2.50 m. Pisos: Baldosas cementicias sobre contrapiso reglamentario y suelo natural.

- c. **Vectores energéticos:** En el programa de balance térmico del sistema "EnergCAD" se determinan las demandas de energía en calefacción para tres vectores energéticos: Energía eléctrica, gas natural y gas envasado.
- d. **Uso:** La variable modo de uso se consideró continua ya que estos edificios en la mayor parte de su estructura funcional posee una climatización continua.

#### Límites del análisis

Debe remarcarse que la experiencia se limita a tratar de conocer la variabilidad de la demanda potencial de energía de los tipos ideales considerados, la calidad térmica de la envolvente y las características formales de los mismos en función de sus compactidades y factores de forma.

Se espera con esto poder ampliar el conocimiento de las variables tratadas y sus indicadores previo al trabajo con casos reales.

#### Procedimientos seguidos

La experiencia siguió los siguientes pasos:

- Se seleccionaron las tipologías representativas.
- Se definió un módulo general de trabajo de 12 x 12 m. Este permite contener dos bandas paralelas de 5 m c/u para locales de cualquier uso y función con una circulación central de 2 m. Las bandas laterales en contacto con el exterior permiten contener núcleos sanitarios o de servicio.
- Con esta modulación se diseñaron en AutoCAD esquemas tipológicos que cumplieran la premisa de poseer no más de 7000 m<sup>2</sup> de superficie cubierta.
- Sobre estos esquemas - plantilla se cargaron las características físico térmicas del edificio en el sistema "EnergCAD" con las siguientes características de partes constructivas de la envolvente.

<b>Muros:</b>	Ladrillos comunes de 0.30m espesor revocados en ambas caras. Coef. K= 1.88 W/m <sup>2</sup> °C.
<b>Techos:</b>	Losa plana tipo prefabricada de viguetas H <sup>9</sup> A <sup>0</sup> pretensado y ladrillos cerámicos con capa de compresión y contrapiso pendiente. Coef. K= 3.50 W/m <sup>2</sup> °C.
<b>Ventanas:</b>	Aberturas de madera de simple contacto, sin protección y dimensión estandarizada de 1.00 x 1.50 m. Coef. K= 5.88 W/m <sup>2</sup> °C.
<b>Puertas:</b>	Variables según el caso tratado pero de madera con altura de 2.50 m. Coef. K= 3.50 W/m <sup>2</sup> °C.

**Pisos:** Baldosas cementicias sobre contrapiso reglamentario y suelo natural. Coef.  $K=1 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

**Renov. aire:** Se fijaron en 2 RA/hora correspondientes a exigencias normativas<sup>(5)</sup> para este tipo de edificios.

- e. Se realizaron balances térmicos en estado estacionario para más de 20 casos de estas tipologías, de las cuales se resumen más adelante las más significativas.
- f. Finalmente se analizaron los resultados contrastados con casos similares en los que se realizaron los cálculos manualmente para verificar la estabilidad del sistema y validarlo.

### ANALISIS DE CASOS SIGNIFICATIVOS

Los casos significativos se pueden ver en las figuras 1 a 6 donde constan casos de tipologías *claustral*, *pabellonal*, *bloque-basamento*, *monobloque*, *bibloque-coligado* y *sistémico*.

Es necesario aclarar que el módulo de balance térmico del sistema considera la ganancia solar por ventanas, que analizaremos más adelante, y ello hace que sea importante la posición del edificio respecto del sol.

Como regla general debemos considerar que la parte superior de la hoja que estamos leyendo corresponde a la orientación norte.

Como vemos en los casos presentados no existió la preocupación de buscar optimizar la posición del edificio respecto del sol ya que no se consideró oportuno en el presente análisis.

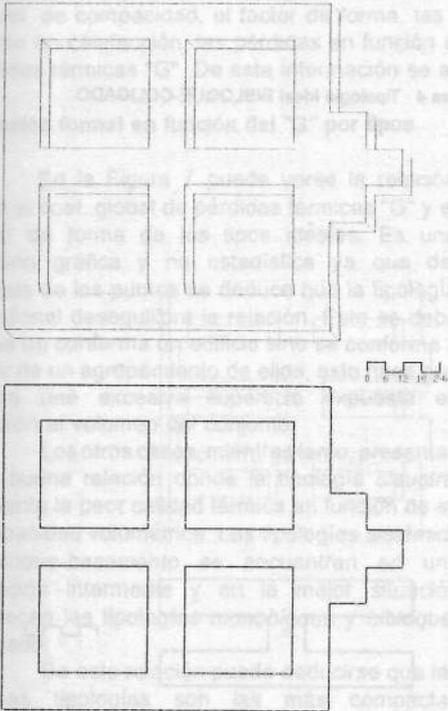


Figura 1 Tipología ideal CLAUSTRAL.

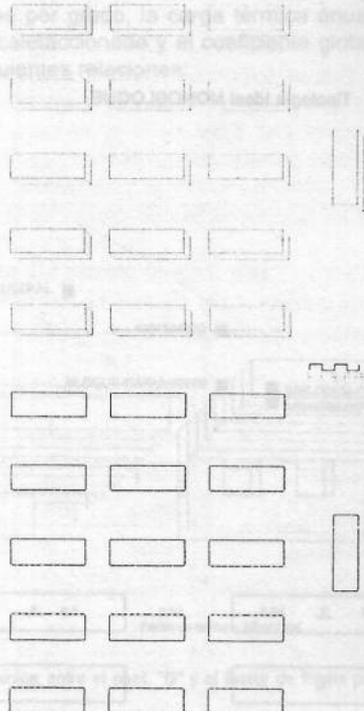


Figura 2 Tipología Ideal PABELLONAL.

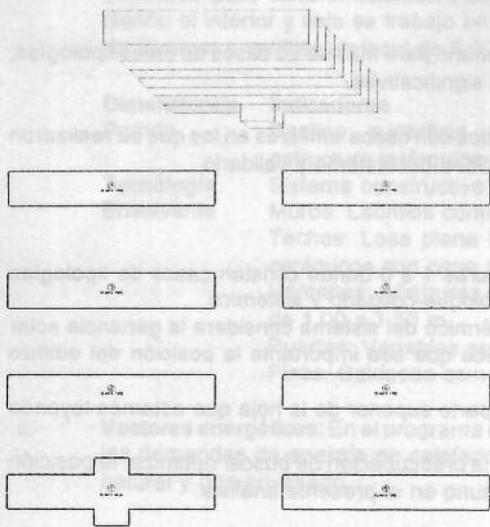


Figura 3 Tipología Ideal MONOBLOQUE.

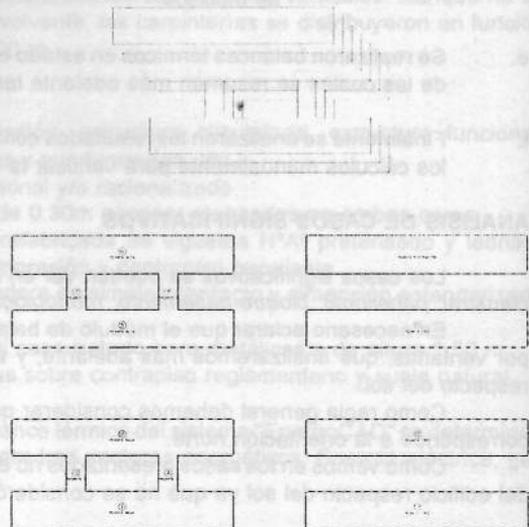


Figura 4 Tipología Ideal BIBLOQUE-COLIGADO.

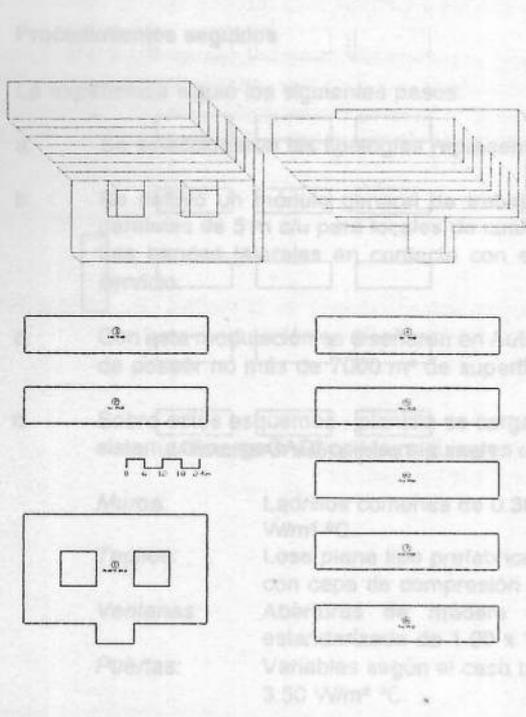


Figura 5 Tipología Ideal BLOQUE-BASAMENTO.

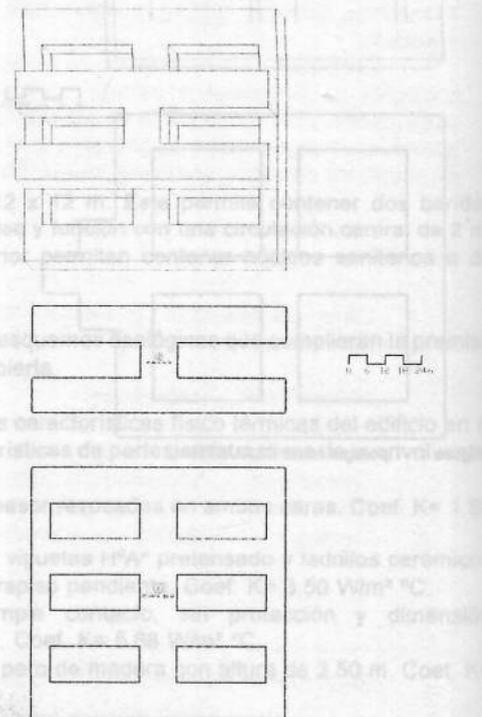


Figura 6 Tipología Ideal SISTEMICA.

## Comportamiento térmico de las tipologías.

En este apartado se analizaron las tipologías ideales en función de los indicadores calculados para conocer el comportamiento térmico de estas. En la Tabla 1 se sintetizan los valores de los casos seleccionados.

TIPO	Superficie m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Area Envolvente m <sup>2</sup>	Co	Ff	U.A. W/°C	C.T.A. KW / h	UA / m <sup>2</sup> W /m <sup>2</sup> °C	G W /m <sup>2</sup> °C
Claustral	7056	21162	10562	0.67	0.50	49302	1619882	6.99	2.33
Pabellonal	6912	20736	11976	0.58	0.58	52840	1736122	7.64	2.55
Monobloque	6912	21168	11406	0.61	0.54	30995	1018369	4.48	1.46
Bloque- basamento	7056	22032	11628	0.61	0.53	33648	1105553	4.77	1.60
Bibloque- coligado	6996	20988	11330	0.62	0.54	34845	1144869	4.98	1.58
Sistémico	7056	21168	11167	0.63	0.53	43032	1413866	6.10	2.03

Tabla 1 Resumen de datos formales, dimensionales y energéticos de los tipos ideales.

En esta encontramos para cada tipo: la superficie, el volumen, el área envolvente total del edificio, el coef. de compactad, el factor de forma, las pérdidas totales por grado, la carga térmica anual del edificio en calefacción, las pérdidas en función a la superficie calefaccionada y el coeficiente global de pérdidas térmicas "G". De esta información se analizan las siguientes relaciones:

### Variación formal en función del "G" por tipos

En la Figura 7 puede verse la relación entre el coef. global de pérdidas térmicas "G" y el factor de forma de los tipos ideales. Es una relación gráfica y no estadística ya que del análisis de los puntos se deduce que la tipología pabellonal desequilibra la relación. Esto se debe a que no conforma un edificio sino se conforma a partir de un agrupamiento de ellos, esto hace que posea una excesiva superficie expuesta en relación al volumen del conjunto.

Los otros casos, mientras tanto, presentan una buena relación donde la tipología *claustral* presenta la peor calidad térmica en función de su compactad volumétrica. Las tipologías *sistémica* y *bloque-basamento* se encuentran en una situación intermedia y en la mejor situación aparecen las tipologías *monobloque* y *bibloque-coligado*.

De esta relación puede deducirse que las últimas tipologías son las más compactas volumetricamente y en consecuencia las de mejor calidad térmica o que poseen las pérdidas térmicas globales más bajas. Se presenta además el problema de encontrar estrategias para poder contrastar los tipos con la tipología pabellonal.

### Comportamiento según pérdidas totales

La relación entre las tipologías y la demanda anual de energía en calefacción lleva una relación con el anterior análisis.

En la Figura 8 podemos ver que la tipología *pabellonal* es la que demanda mayor energía en calefacción, y para sostener una temperatura constante de 18 °C necesita un aporte de 1.736.122 Kw/h/año que representa 159.720 m<sup>3</sup> de gas natural por año.

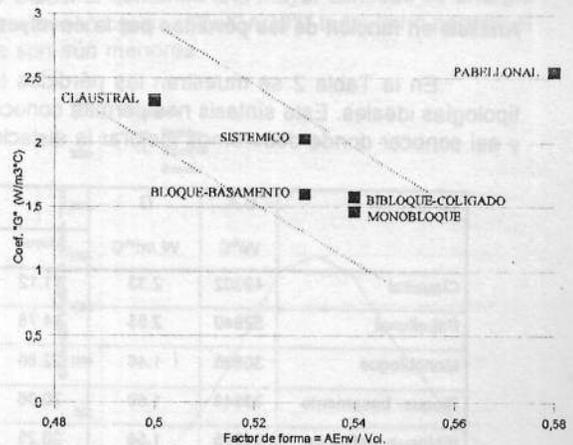


Figura 7 Relación entre el coef. "G" y el factor de forma para los tipos ideales

**Puertas:** En casi todos los casos las pérdidas son despreciables (0.3 al 1.6 %), por conducción y no se justificarían mejoras. Pero si debe cuidarse el diseño de ellas ya que normalmente se producen fuertes corrientes de aire en los corredores y estas se convierten en esclusas, favoreciendo e incrementando las pérdidas por infiltración. En función de esto deberán tomarse precauciones de diseño para evitar estos efectos.

**Pisos:** Como el caso anterior las pérdidas no son significativas (2 al 5 %), pero es factible con muy bajo costo (aprox. 1,5 U\$\$/m), mejorar la aislación del contrapiso en el perímetro en contacto con el exterior en un ~50%. Esto significaría, por ejemplo, para la tipología *claustral* un sobrecosto en aislación de ~1000 a 2000 u\$s que es despreciable en función del ahorro producido.

**Ventanas:** Este ítem es importante por cuanto las pérdidas relativas tienen significación aunque las mejoras implican un gran sobrecosto. El caso analizado corresponde a ventanas de escasa dimensión relativa, si la relación vidriado/opaco aumenta el incremento de las pérdidas es exponencial ya que en condiciones normales de nuestra región por superficies vidriadas se pierde 3 a 4 veces más. Esto hace que si cerramos, p.ej. una tipología *monobloque*, con mamparas integrales vidriadas la inversión en mejoras (doble vidrio) sea muy grande. Finalmente es una decisión del diseñador, que deberá equilibrar la ecuación económica, pero incorporando en ella el costo de energía en climatización invierno - verano.

**Muros:** En este caso las pérdidas térmicas son importantes (11 al 23 %), y los efectos patológico constructivos por fenómenos de condensación son significativos. Los sobrecostos para tipologías de baja altura no son importantes pero crecen con la altura del edificio.

**Techos:** El caso de los techos es particular ya que es de simple resolución técnica, con bajo costo y una gran reducción en las pérdidas térmicas. (11 al 50 %)

### Relación entre demanda de energía en calefacción y aporte solar

Del análisis de los balances de las tipologías ideales surge que en prácticamente todos los casos los aportes solares en el período frío oscilan entre 8 y 20% promedio.

Estos valores son normales en edificios sin medidas de URE y es posible optimizarlos mejorando la calidad térmica de la envolvente de los mismos.

La Figura 9 y la Figura 10 muestran la relación entre pérdidas térmicas y ganancias solares para dos casos extremos. En el primer caso la tipología *Claustral* demanda una mayor cantidad de energía que la aportada por vía solar, a esto debemos sumar que el programa "BalCAD93" todavía no permite el manejo de sombras. En función de esto los aportes son aún menores.

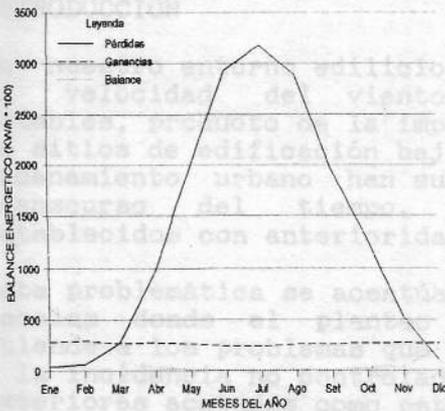


Figura 10 Relación entre la energía demandada en calefacción y los aportes solares para la tipología *CLAUSTRAL*.

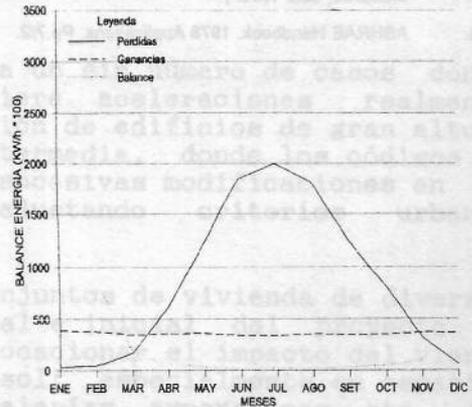


Figura 9 Relación entre la energía demandada en calefacción y los aportes solares para la tipología *MONOBLOQUE*.

De esto se ve que mientras la tipología *Monobloque* cubre el 31,9% de sus necesidades anuales de energía la *Claustral* solo alcanza a cubrir el 16,5% por vía solar. Realizando la misma relación para el período más frío (junio, julio y agosto), tendremos 18,6% para el primer caso y 8,7% para el segundo.

Con esto puede verse que potencialmente las tipologías en altura pueden equilibrar mejor sus balances térmicos ya que demandan menos energía y tienen la capacidad de captar mejor la energía solar.

Esto se contrapone a la tipología *monobloque* que demanda un 41.4% menos de energía en calefacción con 1.018.369 Kw/h/año que representa 93.690 m<sup>3</sup> de gas natural por año.

Si tomamos como referencia la tipología *monobloque* respecto de las otras tendremos que aquellas consumirán relativamente más que esta:

Esta clasificación nos muestra la importancia que tiene la toma de una decisión tipológica por parte del diseñador respecto del costo de mantenimiento en calefacción.

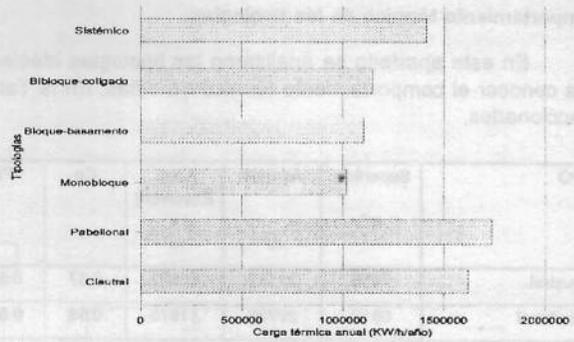


Figura 8 Demanda anual de energía en calefacción según tipos (TBC= 18°C)

Tipologías ideales	C.T.A. (MW/h/año)	mayor demanda
<i>Monobloque</i>	1.018.369	
<i>Bloque-basamento</i>	1.105.553	+ 8.6 %
<i>Bibloque coligado</i>	1.144.869	+ 12.4 %
<i>Sistémico</i>	1.413.866	+ 38.8 %
<i>Claustral</i>	1.619.882	+ 59.1 %
<i>Pabellonal</i>	1.736.122	+ 70.5 %

Puede discutirse sobre el sobrecosto en sistemas de elevación mecánicos que presentan los edificios en altura como la tipología *monobloque* o *bloque-basamento*, pero sin haber realizado un balance energético global, difícilmente supere a a los tres últimos casos. Y si se presentaran casos que rompan lo planteado deberá realizarse un diagnóstico detallado para conocer el desequilibrio.

#### Análisis en función de las pérdidas por la envolvente

En la Tabla 2 se muestran las pérdidas térmicas relativas por partes de envolvente para las tipologías ideales. Esta síntesis nos permite conocer donde se producen las pérdidas más significativas y así conocer donde deberemos mejorar la aislación térmica.

TIPO	U.A. W/°C	G W /m²°C	Distribución de pérdidas (%)					
			Muros	Techos	Ventanas	Puertas	Pisos	R.Aire
Claustral	49302	2.33	11.12	50.10	5.97	0.64	2.15	30.05
Pabellonal	52840	2.55	14.78	45.79	7.48	1.59	2.91	27.47
Monobloque	30995	1.46	22.86	11.39	13.21	0.34	4.72	47.81
Bloque- basamento	33648	1.60	20.36	20.35	11.28	0.47	3.90	43.67
Bibloque- coligado	34845	1.58	20.25	18.81	11.04	1.66	4.00	44.26
Sistémico	43032	2.03	14.85	39.83	7.79	1.16	1.96	34.44

Tabla 2 Discriminación de pérdidas térmicas por envolvente según tipologías ideales.

Del análisis de los datos surgen algunos aspectos a remarcar del lugar donde se producen las pérdidas y como reducirlas ya que la situación no es la misma en todos los casos.

**Renov. Aire:** Este item no puede reducirse ya que imperan condiciones normativas debidas a la necesidad higiénica de mantener la frecuencia mínima de 2 RA/h. Puede ahorrarse energía pero no con medios pasivos, ya que por ejemplo se puede usar sistemas intercambiadores de calor mecánicos. Por lo tanto, a pesar de representar el 28 al 48 % de las pérdidas térmicas, no podremos mejorar la estanqueidad del edificio.

## CONCLUSIÓN

La utilización de tipologías ideales mostró ser un método correcto para evaluar ciertas variables críticas manteniendo fijas otras. Esto permitió conocer la variabilidad de la calidad térmica de los tipos. Por el momento no puede pensarse que la tipología sea una variable continua y que pueda escalarse pero surge una progresión clara que debería profundizarse.

Del análisis por tipologías surge que los tipos en altura poseen "potencialmente" mejores características formales que se traducen en eficiencia térmica.

Estas mismas tipologías permiten aparentemente un mejor aprovechamiento de los aportes solares.

Este análisis permitió responder algunas preguntas planteadas, pero surgen nuevas que deberán responderse.

- a. ¿ Que ventajas relativas tienen las tipologías tratadas en función de un análisis integral?
- b. ¿ Que niveles de aislación serían los óptimos en función de las tipologías y las partes de envolvente?

En la continuidad del trabajo se ampliará el análisis a casos reales de la Micro-región del gran La Plata, esto permitirá contrastarlas con las tipologías ideales. Se tendrá así un perfil tipológico de la red de salud regional apoyado en un modelo general de comportamiento tipológico-energético.

## REFERENCIAS

- (1). Discoli Carlos y Rosenfeld Elías. "Método de diagnóstico temprano de la gestión energética en edificios de salud". Actas de la 14ª Reunión de trabajo de ASADES. Mendoza, abril 1990.
- (2). Czajkowski Jorge y Rosenfeld Elías. "Metodología para el análisis de las clasificaciones complejas y construcción de tipologías mediante la reducción del espacio de atributos. Un enfoque energético". Actas de la 14ª Reunión de trabajo de ASADES. Mendoza, abril 1990.
- (3). Rosenfeld E. y Czajkowski J. "Catálogo de tipologías de viviendas urbanas en el área metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático". Publicado por el Instituto de Estudios del Habitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UNLP. La Plata, 1992.
- (4). Czajkowski Jorge y Rosenfeld Elías. "Resultados del análisis energético y de habitabilidad higrotérmica de las tipologías del sector residencial urbano del área metropolitana de Buenos Aires". Actas de la 14ª Reunión de trabajo de ASADES. Mendoza, abril 1990.
- (5). ASHRAE Handbook. 1978 Applications. Pp.7/2.

