

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO ENERGETICO DE HOSPITALES DE COMPLEJIDAD MEDIA EN LA REGION DEL GRAN LA PLATA

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.
Tel/fax 054-21-214705, EMail Idehab@cespivm2.unlp.edu.ar.

RESUMEN

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.

Se expone el comportamiento global de dos hospitales de complejidad media y 150 camas de la región, basado en evaluaciones energético-térmicas en estado estacionario. Estos hospitales son representativos de dos tipos tecnológico-formal característicos ya que uno pertenece al tipo claustral de los '50 y el otro al tipo en bloque alto con basamento de los '60. Se utiliza en la evaluación el "Sistema EnergoCAD V2" que permite la realización de balances térmicos en ambiente CAD.

Se contrastan estos comportamientos con sus correspondientes tipologías Ideales⁽¹⁾. Se plantean medidas de URE progresivas y se evalúan los ahorros obtenidos.

Se muestra la relación entre energía demandada en calefacción respecto de los aportes solares. Se exponen los escasos aportes solares en edificios que no han implementado medidas de URE y el incremento alcanzado con las medidas de ahorro propuestas.

Finalmente se exponen conclusiones del comportamiento de estos hospitales respecto de sus referentes tipológicos ideales y sobre el funcionamiento del Sistema EnergoCAD en el mejoramiento del proceso de diseño y evaluación de edificios complejos.

INTRODUCCION

Dentro de los objetivos particulares del trabajo se planteó la evaluación de hospitales de la micro-región del Gran La Plata. Para la elección de los casos se adoptaron los siguientes criterios:

- debían ser de mediana envergadura, entre 120 y 180 camas.
- ser hospitales de agudos y no de crónicos.
- poseerse completa información de los mismos, tanto de sus consumos de energía, como su documentación gráfica.
- ser relativamente contemporáneos.

La tipología no se incluye en los criterios por no existir suficientes casos de cada uno de ellos en la micro-región. Solo dos establecimientos cumplieron estas condiciones y fueron los

* Becario Perfeccionamiento CONICET
** Investigador CONICET

hospitales zonales generales de agudos "San Roque" y "Dr. R. Gutiérrez", en la Tabla 1 se muestran sus características comparativas.

Denominación	Jerarquía	Tipo	Cant. camas	Superficie m ²	Consumo energía		
					E. Eléctrica Kw/h/año	Gas natural m ³ /año	Total MJ/año
San Roque	Zonal Gral. de Agudos	Bloque-basamento	154	4 585	366 111	144 538	1 593 699
Dr. R. Gutiérrez	Zonal Gral. de Agudos	Claustral	161	4 692	32 929	515 788	5 935 762

Tabla 1 Datos comparativos de los casos hospitalarios adoptados.

Analizando la tabla se extrae que a pesar de poseer características similares sus consumos reales de energía difieren sustancialmente, ya que el Hospital "San Roque" consume 3.7 veces más energía. Este gran desequilibrio energético está siendo analizado por el Grupo mediante la realización de auditorías energéticas, aunque aquí analizaremos su comportamiento térmico-energético desde un enfoque edilicio.

Debemos aclarar que la mayor parte del consumo de energía en los hospitales no se debe exclusivamente al acondicionamiento higrotérmico de estos, sino al equipamiento energético-intensivo que poseen los distintos servicios. Este campo lo lleva adelante otro⁽⁴⁾ miembro del equipo y se expone en otro trabajo.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada es similar a la de las tipologías ideales⁽⁵⁾, salvo por que en esta situación de plantearon series de diagnósticos para determinar que ahorros potenciales podrían lograrse aplicando medidas de conservación de energía.

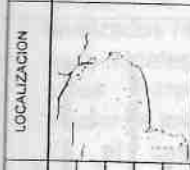
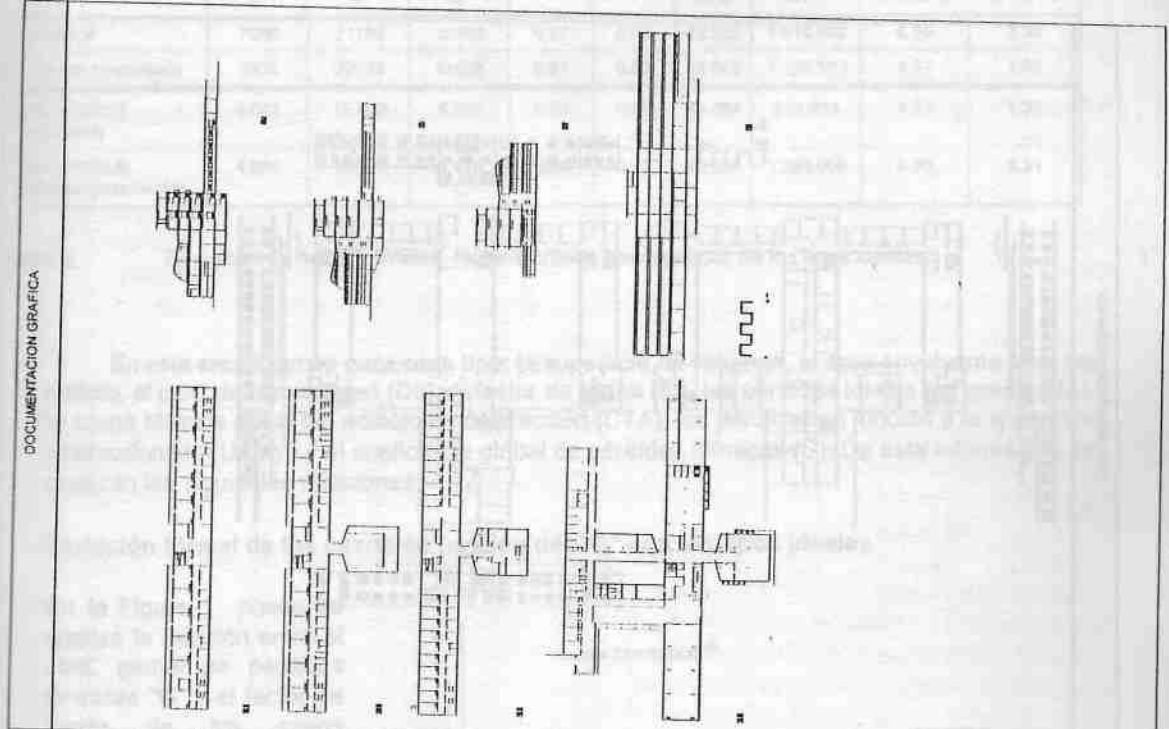
Esto permitió conocer cuánta energía en calefacción demandan realmente estos edificios respecto de lo que consumen. Las medidas de URE planteadas fueron las siguientes:

- Primer balance con condiciones de envolvente térmica reales y 5 renovaciones de aire. Estas renovaciones corresponden al tipo de carpinterías de los edificios.
- La primer medida adoptada corresponde a mejorar la estanqueidad del edificio incorporando burletes en las carpinterías, con lo cual las renovaciones de aire se reducen a las reglamentarias (2 RA/h).
- La segunda medida fue incorporar 5 cm de aislante térmico en techos.
- La tercer medida - la más costosa - fue incorporar 2 cm de aislante térmico en paredes.

ANÁLISIS DE CASOS

Comportamiento térmico de las tipologías.

Se analizaron las tipologías ideales en función de los indicadores calculados para conocer el comportamiento térmico de estas. En la Tabla 2 se sintetizan los valores de los casos seleccionados.



F1	TIPOLOGIA BLOQUE-BASAMENTO	LOCALIZACION
JERARQUIA	Hospital Zonal General de Agudos	
DENOMINACION	San Roque	
DIRECCION	Calle 508 e/ 18 y 19. Manuel B. Gonniet	
JURISDICCION	Provincial	
CANTIDAD DE CAMAS	154	


DESCRIPCION FUNCIONAL

Bloque rectangular alzado de planta baja y 4 pisos altos conteniendo los servicios de internación, administración y servicios de apoyo, organizados por un núcleo circulatorio vertical central y corredor. Los consultorios externos, servicio de guardia, diagnóstico y laboratorios se organizan horizontalmente en planta baja.

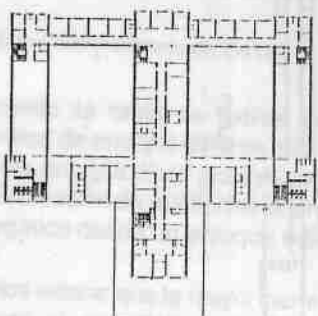
El lavadero, las salas de cirugía y el auditorio conforman un bloque adosado de 3 pisos.

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES		CANT. SERVICIOS Y PERSONAL	
Superficie habitable	4.585 m ²	Servicio Internación	9
Volumen habitable	13.776 m ³	Serv. Consultorios Ext.	20
Composidad	0,78	Servicio Diagnóstico	21
Factor de forma	0,43	Médicos	155
Factor de exposición	1,00	Otros Profesionales	36
Altura media locales	3,00 m	Técnicos	139
ASPECTOS ENERGETICOS			
Consumo anual real : Electricidad	366.111 KW/h/año	Auxiliares	59
Consumo anual real : Gas natural	515.788 m ³ /año	Administrativos	33
Coeff. Global Pérdidas	0,31	Personal Mantenimiento	126
Coeff. Pérdidas P/m ²	9,93 W/m ² °C	Enfermeras	110
Carga térmica anual	1.253 MW/h/año	ASPECTOS TECNICOS-CONSTRUCTIVOS	
Muros	12,97% W/°C	MUROS: Ladrillo comunes 0,20 cm revocado ambas caras. K = 2,10 W/m ² °C	
Techos	16,22% W/°C	TECHOS: Losa cerámica no acústica. K = 3,5 W/m ² °C	
Ventanas	15,97% W/°C	VENTANAS: Marcos metálicos, aluminio anodizado. K = 5,69 W/m ² °C	
Puertas	0,34% W/°C	PUERTAS: Marcos metálicos simple. K = 3,88 W/m ² °C	
Pisos	2,19% W/°C	PISOS: Contrapiso 0,12 cm sobre terreno natural. K = 1,00 W/m ² °C	
Renov. aire	52,93% W/°C		
Necesidad de energía obsoleta	45,547 W/°C		

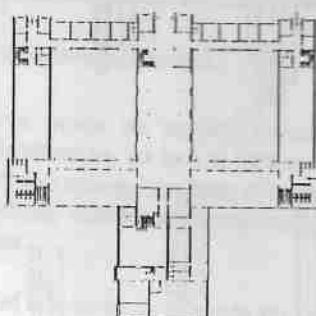
OBSERVACIONES

F2		TIPOLOGIA CLAUSTRAL	LOCALIZACION	
JERARQUIA	Hospital Zonal General de Agudos			
DENOMINACION	Dr. Ricardo Gutiérrez			
DIRECCION	Diagonal 114 e/ 39 y 40, La Plata			
JURISDICCION	Provincial			
CANTIDAD DE CAMAS	161			
DESCRIPCION FUNCIONAL				
Edificio de dos plantas articulado por dos grandes patios. En los ejes longitudinal y transversal al acceso principal se unifican los concurrencios internos y servicios de diagnóstico. Las unidades de internación rodean el patio paralelo al eje principal en dos niveles. El sistema se articula por corredores que rodean al patio, encontrándose las escaleras en las esquinas del edificio. Los servicios de apoyo (cocina, lavadero, sala de maquina, etc.) se encuentran sobre el eje principal a los fondos del edificio. El servicio de cirugía se ubica sobre este último bloque.				
CARACTERISTICAS DIMENSIONALES			CANT. SERVICIOS Y PERSONAL	
Superficie habitable	4.682	m ²	Servicio Internación	5
Volumen habitable	15.633	m ³	Serv. Consultorios Ext.	19
Compatibilidad	-Co-	-	Servicio Diagnóstico	21
Factor de forma	-f-	0,32	Médicos	123
Factor de exposición	-fe-	1,00	Otros Profesionales	38
Altura media locales	-f ^h -	3,00	Técnicos	95
ASPECTOS ENERGETICOS			Auxiliares	47
Consumo anual real : Electricidad	32.929	KWh/año	Administrativos	30
Consumo anual real : Gas natural	144.538	m ³ /año	Personal Mantenimiento	102
Coeff. Global Pérdidas	-G-	1,35	Enfermeras	88
Coeff. Pérdidas Pl/mf	-J/m ² -	4,51	ASPECTOS TECNICOS- CONSTRUCTIVOS	
Carga térmica anual	584.934	MWh		
Pérdidas por			MUROS: Ladrillo comunes 0,30 cm. revoque ambos caras. K = 1,88 W/m ² ·°C	
Techos	19,00%	4.006	TECHOS: Teja con aislamiento suspendido. K = 0,91 W/m ² ·°C	
Ventanas	10,23%	2.158	VENTANAS: Marcos de hierro simple centrado. K = 6,05 W/m ² ·°C	
Puertas	12,90%	2.719		
Pisos	1,43%	300		
Pérdidas por	4,59%	968		
Renov aire	51,88%	10.943		
Necesidad de energía p/balanza	21.094	WPC		
OBSERVACIONES				
PUERTAS: Marcos madera simple centrado. K = 3,05 W/m ² ·°C				
PISOS: Contrapiso 0,12 cm sobre terreno natural. K = 1,00 W/m ² ·°C				

DOCUMENTACION GRAFICA



3 m



TIPO	Superficie m ²	Volumen m ³	Área Envolv. m ²	Co	FI	U.A. W/°C	C.T.A. KW/h	UA/m ² W/m ² °C	G W/m ² °C
Claustral	7056	21182	10562	0.67	0.50	49.302	1.619.882	6.99	2.33
Bloque- basamento	7056	22032	11628	0.61	0.53	33.648	1.105.553	4.77	1.60
GUTIERREZ (claustral)	4.682	15.633	5.035	0.93	0.32	21.094	584.934	4.51	1.35
SAN ROQUE (bloque-basamento)	4.585	13.776	5.916	0.78	0.43	45.547	1.263.000	9.93	3.31

Tabla 2 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 compacidad (Co), el factor de forma (FI), las pérdidas totales por grado (UA), la carga térmica anual del edificio en calefacción (CTA), las pérdidas en función a la superficie calefaccionada (UA/m²) y el coeficiente global de pérdidas térmicas (G). De esta información se analizan las siguientes relaciones:

Variación formal de los casos en función del "G" con los tipos ideales

En la Figura 1 puede se analiza la relación entre el coef. global de pérdidas térmicas "G" y el factor de forma de los casos analizados respecto de los tipos ideales. Vemos que estos hospitales distan mucho de los tipos ideales. En el caso del "San Roque" su situación es particular ya que su factor de forma es bajo para la tipología a que pertenece y posee un coef. "G" alto, en otras palabras es poco compacto y de baja calidad térmica. En contraposición el "Gutiérrez" es bastante menos compacto y posee una mejor calidad térmica global.

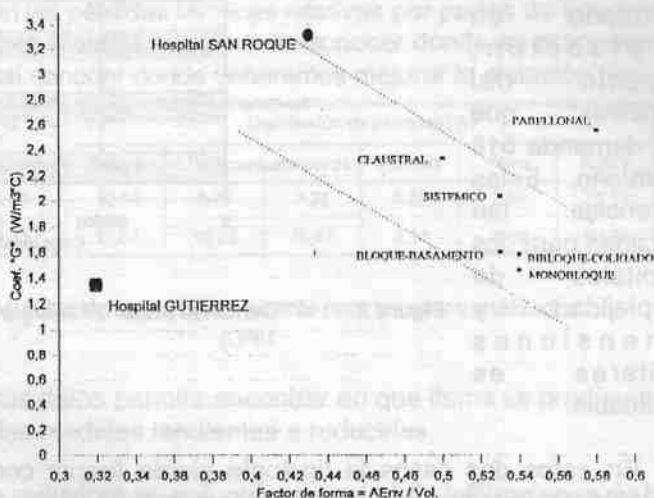


Figura 1 Relación entre el Factor de forma y el Coef. "G" según tipos ideales

La calidad térmica de la envolvente es explicable ya que en el primer hospital la relación opaco/transparente es baja, los techos son de losas cerámicas ($k=3.5 \text{ w/m}^2\text{°C}$) y los muros son de ladrillos comunes de 20 cm ($K=2.1 \text{ w/m}^2\text{°C}$). Mientras en el segundo la relación opaco/transparente es más alta, los techos poseen menor conductividad térmica ($K=0.91 \text{ W/m}^2\text{°C}$), lo mismo que los muros ($K=1.88 \text{ W/m}^2\text{°C}$).

En función de esto es necesario proponer una segmentación que permita tratar los casos en función de características tecnológico-constructivas similares y así realizar nuevamente el

análisis. Es posible que el proyecto FIGUR⁽⁶⁾ permita suministrar mayor información sobre hospitales en funcionamiento y así avanzar en el análisis.

Comportamiento según pérdidas totales

Siguiendo con el esquema planteado anteriormente, la relación entre las tipologías y la demanda anual de energía en calefacción lleva una relación con el anterior análisis. La Figura 2 nos muestra una contrastación entre los hospitales analizados y las tipologías ideales.

Puede observarse que la relación entre el "San Roque" y la tipología ideal en la que se encuadra (bloque-basamento), es de solo el 16%; mientras que para el "Gutiérrez" la relación respecto de su tipología ideal (claustral), es del 159%. Esto es significativo más cuando el "San Roque" posee una demanda como carga térmica anual según balance de 1.496 MW/h/año en calefacción, respecto del "Gutiérrez" que solo demanda 518 MW/h/año. Estas diferencias tan marcadas para dos hospitales de complejidad y dimensiones similares es destacable.

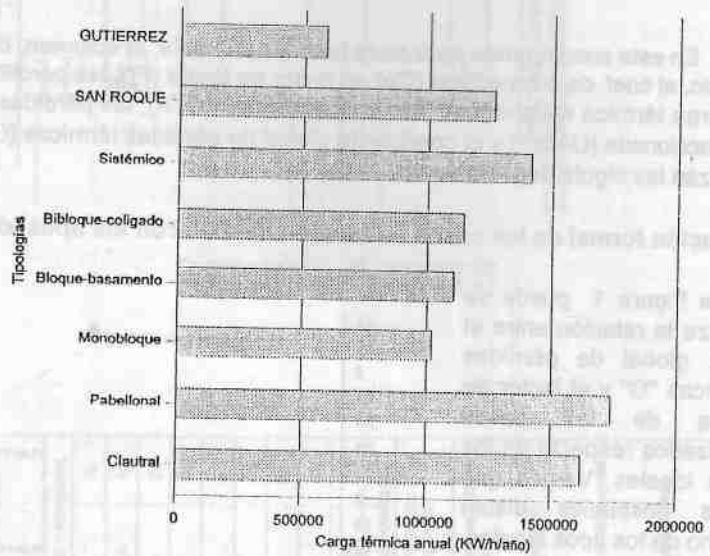


Figura 2 Demanda anual de energía en calefacción según tipos (TBC=18°C)

En estos dos casos la tipología pierde fuerza como variable crítica para ser sustituida por la tecnología-constructiva adoptada. Estas mismas relaciones surgieron en proyectos anteriores cuando se estudió el sector residencial urbano y periurbano, pero la diferencia notable en el análisis es que en aquella situación se contaba con un universo de análisis de más de 300 casos con auditorías detalladas y 2000 casos encuestados. Esta diferencia en la cantidad de casos a manejar permite que puedan extraerse relaciones cuantitativas con un cierto grado de representatividad. En esta situación en que se manejan dos casos, pero complejos por su escala, no pueden extraerse conclusiones representativas de un sector. El avance del proyecto permitirá contar con mayor información y con un instrumental de análisis adaptado a la complejidad del sector.

Relación entre energía demandada y consumida

Esta relación graficada en la Figura 3 nos muestra un desequilibrio entre lo calculado por balance y lo realmente consumido. El hospital "San Roque" consume casi tres veces más que lo calculado, esto puede implicar varias cosas:

- que se haya subestimado en demasía el nivel térmico de la envolvente,
- que el nivel de infiltración sea más alto que el estimado que ya es elevado (5 RA/h),
- que el rendimiento del sistema de calefacción sea muy bajo,
- que existan otros consumos no detectados (cocción, lavado, etc)
- que el nivel térmico interior sea elevado,
- que exista sobrefacturación por error de contratación, mal funcionamiento de medidores o hurto.
- o una combinación de todos estos, en diversos grados.

En oposición el hospital "Gutiérrez" consume un 30 % menos de lo calculado por balance, en este caso es posible que la superficie realmente calefaccionada sea menor a la utilizada en el balance y que el nivel de infiltración sea más bajo que el estimado. En cualquiera de estos casos es conveniente la realización de una auditoría detallada que permita despejar los factores que provocan estos desequilibrios.

Análisis en función de las pérdidas por la envolvente

En la Tabla 3 se muestran las pérdidas térmicas relativas por partes de envolvente para los casos analizados. Esta síntesis nos permite conocer donde se producen las pérdidas más significativas y así conocer donde deberemos mejorar la aislación térmica.

HOSPITAL	U.A.	G	Distribución de pérdidas (%)					
	W/°C	W /m²°C	Muros	Techos	Ventanas	Puertas	Pisos	R. Aire
GUTIERREZ	37.509	2.40	10.69	5.76	7.25	0.80	2.59	72.94
SAN ROQUE	45.547	3,31	12,67	16,22	15,67	0,34	2,19	52,93

Tabla 3 Discriminación de pérdidas térmicas por envolvente para los casos analizados.

El análisis de la tabla y sus datos permite encontrar en que ítems se producen las mayores pérdidas y plantear las medidas tendientes a reducirlas.

Renov. Aire: Este ítem puede reducirse ya que con un control de infiltraciones de baja inversión puede alcanzarse las condiciones normativas de 2 RA/h. En la Tabla 4 se muestra la nueva situación energética con la aplicación de esta medida.

Puertas: En ambos casos las pérdidas por puertas son despreciables (0.8 y 0.34%), por conducción y en consecuencia no se plantean mejoras, salvo las que conciernen a mejorar la estanqueidad a las infiltraciones.

Pisos: Como el caso anterior las pérdidas no son significativas (2.59 al 2.19%) y realizar mejoras en la aislación del contrapiso implicaría molestias en establecimientos en funcionamiento respecto de los beneficios obtenidos.

Ventanas: Este ítem es importante por cuanto las pérdidas (7.25 y 15.67%) tienen significación, pero las mejoras implicarían un gran costo que en una primer etapa podría descartarse.

Techos: En el caso de los techos y en particular del "San Roque" las pérdidas son considerables (5.76 y 16.22 %) y se plantea su mejora como segunda medida de URE en la Tabla 5.

Muros: En este caso las pérdidas térmicas adquieren significación pero no son muy importantes (10.69 y 12.67%), en función de esto se plantea como última medida de URE. Los resultados se ven en la Tabla 6.

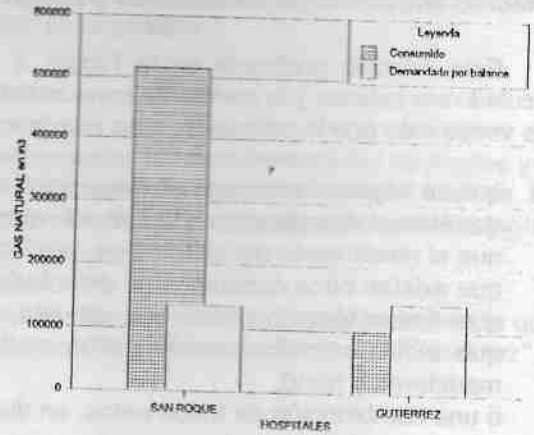


Figura 3

Relación entre consumo y demanda de gas natural.

HOSPITAL	U.A. W/°C	G W /m²°C	Distribución de pérdidas (%)					
			Muros	Techos	Ventanas	Puertas	Pisos	R Aire
GUTIERREZ	21.094	1.35	19.00	10.23	12.90	1.43	4.59	51.88
SAN ROQUE	31.082	2.26	18.57	23.77	22.96	0.50	3.21	31.03

Tabla 4 Primera medida de URE - control infiltraciones de aire reduciendo las 5 RA/h originales a las 2 RA/h reglamentarias.

HOSPITAL	U.A. W/°C	G W /m²°C	Distribución de pérdidas (%)					
			Muros	Techos	Ventanas	Puertas	Pisos	R Aire
GUTIERREZ	19.861	1.27	20.18	4.66	13.70	1.51	4.88	55.10
SAN ROQUE	25.052	1.82	23.03	5.42	28.48	0.62	3.98	38.50

Tabla 5 Segunda medida de URE - control de infiltración más aislación de techos.

HOSPITAL	U.A. W/°C	G W /m²°C	Distribución de pérdidas (%)					
			Muros	Techos	Ventanas	Puertas	Pisos	R Aire
GUTIERREZ	18.680	1.19	15.13	4.95	14.56	1.61	5.19	58.59
SAN ROQUE	21.529	1.56	10.44	6.31	33.14	0.72	4.63	44.80

Tabla 6 Tercera medida de URE - control de infiltraciones más aislación de techos y muros.

La aplicación de las distintas medidas de ahorro de energía logró una considerable disminución de la demanda de energía en calefacción. Esta relación la podemos ver en la Figura 4.

ANÁLISIS ECONOMICO

Dado que el hospital San Roque se encuentra en una situación de consumo energético anormal, se realizó un análisis técnico-económico sobre la factibilidad de implementar medidas de URE en la envolvente edilicia. En función de las medidas

expuestas anteriormente se deduce que el tiempo de retorno de la inversión de la medida 1 (control de la infiltración) es de solo 24 días, con un 32% de ahorro en calefacción. La medida 2 (control infiltración + aislación de techos) se recupera en 16 meses, con un ahorro del 45% y la medida 3 (control infiltración + aislación de techos + aislación en muros) en 48 meses. El costo total de las medidas de URE se estima en 86.000 \$ para un ahorro global en calefacción del 53%. Debemos preguntarnos, si es tan conveniente la implementación del URE en edificios, ¿por qué no se logra su difusión masiva?

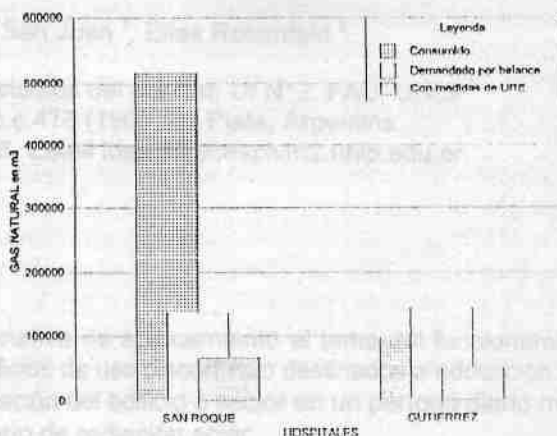


Figura 4 Relación entre consumo y demanda de gas natural con medidas de URE.

CONCLUSIÓN

El análisis de estos casos hospitalarios mostró una clara diferencia en los indicadores térmicos respecto de sus tipos ideales. Está claro que utilizando diagnósticos globales no pueden obtenerse precisiones sobre las causas de los desequilibrios detectados, pero sirve para mostrarlos. Con pocos casos no es posible plantear medidas generales que sean representativas del sector salud.

La metodología utilizada, sumada a herramientas de diagnóstico como el *EnergCAD*, permite detectar comportamientos irregulares en edificios complejos con rapidez y gran economía de recursos. El desarrollo de herramientas avanzadas de diagnóstico energético, apoyadas en bases de datos de redes edilicias, permitirá mejorar el proceso de diseño y gestión de redes urbanas.

La implementación de medidas masivas de URE en redes edilicias son económicamente viable y requiere de mejor difusión.

REFERENCIAS

1. Discoli Carlos y Rosenfeld Elias. "Metodo 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 Elias. "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. Czajkowski Jorge y Rosenfeld Elias. "Un enfoque bioclimático de las tipologías de edificios hospitalarios de la región metropolitana de Buenos Aires". 15ª Reunión de trabajo de ASADES. La Plata, noviembre 1993.
4. Discoli C. "Construcción diferencial de los servicios de salud. Módulos energético-edificios-productivos". Expuesto en la 16ª Reunión de Trabajo de ASADES. La Plata, 1993.
5. Czajkowski J. y Rosenfeld E. "Un enfoque bioclimático de las tipologías de edificios hospitalarios de la región metropolitana de Buenos Aires". Expuesto en la 16ª Reunión de Trabajo de ASADES. La Plata, 1993.
6. FIGUR, Programa informatizado de gestión urbana y regional. PID-BID-Conicet.