

## **COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE SECTORES URBANOS DE LA CIUDAD DE LA PLATA: INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN Y LAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LOS EDIFICIOS**

G. Viegas<sup>1</sup>, G. San Juan<sup>2</sup>, C. Discoli<sup>2</sup>

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido –IIPAC- Facultad de Arquitectura y Urbanismo,  
Universidad Nacional de La Plata.

Calle 47 N° 162, CC 478. Tel/fax +54-0221-4236587/90 int 254. La Plata (1900)  
[gachiviegas@yahoo.com.ar](mailto:gachiviegas@yahoo.com.ar), [gustavosanjuan60@hotmail.com](mailto:gustavosanjuan60@hotmail.com), [discoli@rocketmail.com](mailto:discoli@rocketmail.com)

**RESUMEN:** El estudio de sectores urbanos representativos permite conocer las potencialidades energéticas de la ciudad para reducir de su impacto energético-ambiental. Estos sectores denominados mosaicos urbanos -MU- de uso residencial, implican el análisis de gran cantidad de edificios -unidades edilicias- que son sus componentes principales. El presente trabajo desarrolla una metodología para simplificar dicho análisis a partir del uso de herramientas de simulación, utilizando información detallada de las unidades edilicias más representativas. En base a este desarrollo es posible evaluar: i. la demanda de energía para acondicionar las unidades edilicias básicas y sus variantes constructivas y de orientación en el período invernal; ii. la incidencia de las variantes edilicias sobre el comportamiento global de cada MU, integrando la información detallada; iii. la incidencia de otras composiciones edilicias para cada MU. Como conclusión se observó que la incidencia de dichas variantes sobre el comportamiento de sectores urbanos, no es altamente significativa. Es posible proponer límites máximos y mínimos de consumo de energía para cada uno simplificando su análisis.

**Palabras clave:** mosaico urbano- unidad edilicia- variantes constructivas y de orientación.

### **INTRODUCCIÓN**

El entorno edilicio es el factor clave para direccionarse hacia un futuro más sustentable. Dado su impacto económico, ambiental y social, los edificios son claramente una parte significativa de este debate. Para entender la relación entre éstos y su potencial para usar energías renovables, son necesarias herramientas que permitan predecir este potencial y gestionar el uso de la energía y la reducción de emisiones de dióxido de carbono (Jones et al, 2007; Gauzin-Muller, 2002).

El primer paso para mejorar la performance y las potencialidades energéticas de los edificios, es estudiar y simular su comportamiento. Se ha observado que el desarrollo de modelos de predicción de energía para conocer la situación energética de una ciudad o región, involucra gran cantidad y diversidad de viviendas. Es por eso que la información concerniente a las viviendas debe ser analizada de forma relativamente rápida y fácil (Jones et al, 2007). A nivel mundial, se han desarrollado cantidad de modelos energéticos y técnicas para dar respuesta a este requerimiento en los últimos años. Sin embargo, están orientados a la perspectiva de considerar al edificio como entidad única, olvidándose del fenómeno que ocurre en la escala urbana (Ratti, 2005). Es que la complejidad urbana requiere de metodologías simplificadas de análisis que nos permitan diagnosticar el estado de referencia en cuanto a su impacto ambiental. Las metodologías más adecuadas implican el análisis de varios niveles de integración, desde la **planificación urbana**, donde la acción es ejecutada en la escala de una ciudad; la **morfoloía urbana**, donde la acción es aplicada a un grupo de edificios adyacentes y a los espacios entre ellos; hasta el **diseño del edificio**, donde la acción es aplicada a un edificio individual (Goulding J. et al, 1994).

El presente trabajo es parte de una Tesis Doctoral cuyo objetivo general fue el desarrollo de una metodología de evaluación del potencial energético del entorno edilicio. Se propuso entonces el análisis en tres niveles de integración: i. la ciudad y su delimitación en áreas homogéneas respecto de la consolidación urbana<sup>3</sup> lo que permite detectar áreas críticas donde profundizar el análisis; ii. El estudio de pequeños sectores reducidos conceptualizados como **mosaicos urbanos** representativos de dichas áreas; iii. El estudio de los edificios, conceptualizados como las **unidades edilicias** más representativas de los sectores urbanos (ver Figura 1). Entendemos que el estudio de sectores reducidos representativos de un área urbana homogénea, nos permite estimar el impacto energético-ambiental de dichas áreas y la aplicación de sistemas energéticos alternativos e implementación de estrategias de uso eficiente de la energía.

<sup>1</sup> Becaria Posdoctoral - CONICET – (FAU-UNLP)

<sup>2</sup> Investigador CONICET (FAU-UNLP)

<sup>3</sup> La consolidación urbana permite conocer entre otras cosas, la densidad edilicia de un área, pero no cómo se disponen las edificaciones en dichas áreas, ni cuáles son sus características.

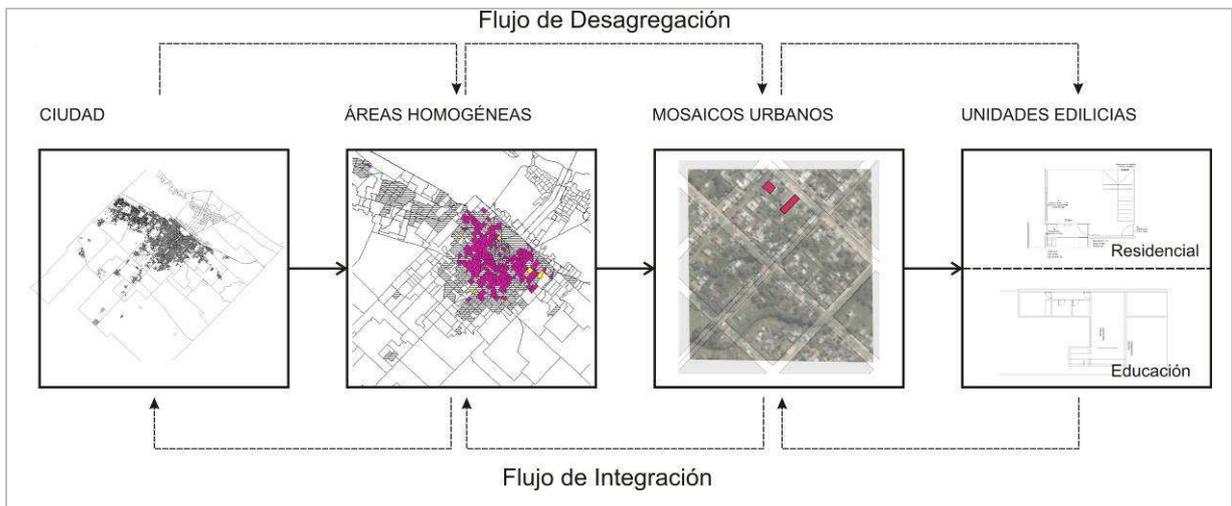


Figura 1. Niveles de análisis en áreas urbanas.

En trabajos anteriores se profundizaron los niveles de integración i y ii y se comenzó a trabajar sobre el nivel iii a partir de evaluar el comportamiento térmico-energético de las unidades edilicias morfológicas básicas más representativas de dos MU objetos de estudio. En esa instancia se seleccionaron y estudiaron en profundidad tres viviendas con una orientación y características constructivas determinadas: una vivienda compacta en una planta; una vivienda compacta tipo *duplex*; y una vivienda poco compacta en forma de ele (Viegas, 2007). Utilizando dicha información, el presente trabajo avanza sobre este nivel de integración desarrollando una metodología que simplifica los procedimientos necesarios para analizar el comportamiento energético de sectores urbanos reducidos, a partir del uso de herramientas de simulación sobre las unidades edilicias básicas. En base a este desarrollo es posible evaluar: i. la demanda de energía para acondicionar las unidades edilicias básicas y sus variantes constructivas y de orientación en el período invernal; ii. la incidencia de las variantes edilicias sobre el comportamiento global de cada MU, integrando la información detallada; iii. la incidencia de otras composiciones edilicias para cada MU.

#### METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS TÉRMICO-ENERGÉTICO DE SECTORES URBANOS

Las unidades de análisis son dos mosaicos urbanos de media y baja consolidación urbana, pertenecientes a la ciudad de La Plata (provincia de Buenos Aires). Los mismos están compuestos por tres unidades edilicias básicas y sus variantes constructivas y de orientación (Figura 2). Se trabaja con dos sectores de diferente composición respecto de las unidades edilicias.



Figura 2. Volumetría simplificada de las unidades de análisis.

El concepto de mosaico ha sido utilizado desde diferentes disciplinas (arte, biología, ecología del paisaje, sociología) y definido como una unidad compuesta por partes interrelacionadas de diferentes formas con otras, conformando un mosaico de realidades y situaciones mixtas. Paralelamente, nuestro enfoque plantea que los **mosaicos urbanos** –MU– se componen de diversidad de edificios, que son unidades más pequeñas denominadas **unidades edilicias** –Ue– de diferente uso de suelo (residencial, educativo, etc.), ubicadas en parcelas urbanas o semi-urbanas. Las de nuestro interés son las unidades de uso residencial, o viviendas.

Se propone el análisis de las unidades edilicias a partir de asociarlas a diferentes tipologías de vivienda, determinadas por relevamiento manual en campo y semiautomático sobre imágenes urbanas (Viegas, 2008), detectando cuales son las tipologías predominantes y que superficie construida total de cada una existe. Para el sector de estudio, la región metropolitana de Buenos Aires, se cuenta con la existencia de una cartera de tipos morfológicos-constructivos de viviendas (Rosenfeld, 1987) (Rosenfeld, E. y Czajkowski J., 1992). Utilizando esta información como guía, las viviendas relevadas son clasificadas en las tipologías morfológicas básicas (para este caso son: viviendas compactas de una planta, viviendas

compactas de dos plantas y viviendas poco compactas), y sus variantes en función de las características constructivas de las cubiertas y su posición en la manzana, respecto de la orientación. Y se puede determinar la composición tipológica que es el porcentaje de cada grupo de edificios respecto del total en los dos mosaicos mencionados (ver Tabla 1).

| Compacidad                         | Tipo | Tipología morfológica y constructiva                              |  | Composición tipológica |               |               |      |
|------------------------------------|------|---|--|------------------------|---------------|---------------|------|
|                                    |      | Nombre  | Características Constructivas (W/m <sup>2</sup> °C)  | Mosaico 1 - %          | Mosaico 2 - % | Mosaico 3 - % |      |
| Viviendas Compactas- 1 planta:     | 1    | Vivienda tipo <b>cajón</b> cubierta losa                          | Techo: 3,82 - muro ladrillo común 0,3 m: 1,88 - aberturas: 5,8- piso baldosas calcáreas: K=1,57        | 21                     | 41,2          | 37            | 67   |
|                                    |      | Vivienda tipo <b>cajón</b> cubierta chapa o teja (Plan Eva Perón) | idem la salvo techo chapa: 0,98/ techo teja: 0,8-  | 18,7                   |               | 30            |      |
|                                    |      | Vivienda en <b>renta pasillo</b> chorizo                          | Techo: chapa c/ A° térmica: 0,98- ladrillo común 0,3 m: 1,88- piso entablado c/ cámara de aire : 1,07- | 1,5                    |               | 0             |      |
| Viviendas Compactas- + de 1 planta | 2    | Vivienda en <b>propiedad horizontal</b>                           | Techo chapa: 0,98 - muro bloque 0,2: 1,24- piso idem la: 1,57  | 2,3                    | 14,6          | 0             | 12,7 |
|                                    |      | Vivienda en <b>duplex mixto/ chapa</b>                            | Techo: 0,98- muros: 2,21-aberturas: 5,8- piso: 0,01-   | 6,7                    |               | 8             |      |
|                                    |      | Vivienda en <b>duplex mixto/ losa</b>                             | Techo: 3,82- muros: 2,21- aberturas: 5,8-piso: 0,01-   | 4,8                    |               | 4,7           |      |
|                                    |      | Vivienda en <b>duplex mixto/ teja</b>                             | Techo: 0,8- muros: 2,21- aberturas: 5,8- piso: 0,01-   | 0,8                    |               | 0             |      |
| Viviendas poco compactas Otros     | 3    | Vivienda tipo <b>chalet</b>                                       | Techo teja: 0,8- muro: 1,88- aberturas: 5,8- pisos: 1,57-  | 12,7                   | 12,7          | 9,5           | 9,5  |
|                                    | -    | Galpones, tinglados comercios                                     | no se considera  | 31,5                   | 31,5          | 10,8          | 10,8 |
|                                    |      | Casilla de construcción precaria.                                 | no se considera  |                        |               |               |      |
| Total %                            |      |   |  | 100                    | 100           |               |      |

Tabla 1. Tipología edilicia clasificada según su compacidad (fuente: Audibaires, Rosenfeld 1987. Representatividad tipológica de ambos MU, y tipologías seleccionadas.

Como se puede observar, el análisis tipológico demuestra que en ambos MU las tipologías predominantes son aquellas compactas de una planta, representando el 41,2% en el MU1-C y el 67% en el MU2-SC. Las tipologías compactas en dos plantas representan proporciones similares en ambos, observándose una leve mayoría en el MU1 con el 14,6% en relación al 12,7% relevado en el MU2. Las viviendas poco-compactas representan el 12,7% en el MU1 y el 9,5% en el MU2. Por otro lado se observa que en el MU1 se relevaron 31,5% de otras tipologías como comercios, galpones o casillas, mientras que en el MU2 sólo se relevaron 10,8%. Estas tipologías no han sido consideradas debido a que en este caso no interesan los edificios de uso residencial.

En consecuencia se trabajó en principio con un análisis detallado de las tipologías morfológicas básicas, relevando sus características constructivas, hábitos de uso y auditoria térmico-energética, y con esta información y la utilización de un programa de simulación térmica, se desarrollaron todas las variantes constructivas y de orientación para obtener la totalidad de las tipologías existentes en el área urbana. La definición de las tipologías básicas no responde a su mejor o peor comportamiento térmico, sino que son aquellas que pudieron ser auditadas. El programa utilizado es el SIMEDIF para Windows (Flores Larsen y Lesino, 2001), que permite realizar la simulación térmica de los edificios a fin de evaluar su comportamiento frente a determinadas variaciones (climáticas, constructivas, de orientación). En edificios ya construidos el programa permite ajustar los datos medidos, de forma de conocer su comportamiento bajo diferentes condiciones (Flores Larsen en Filippin, 2005). En principio se desarrollan las simulaciones térmicas de las unidades edilicias básicas y se calibran los modelos a partir de los datos reales medidos, para obtener confiabilidad en los mismos. Como las unidades estaban habitadas al momento de su auditoria, la simulación y ajuste requirió el cargado de la energía auxiliar incorporada por los ocupantes de las mismas. La Figura 3 muestra una imagen de cada vivienda y el grado de ajuste de los modelos de simulación en relación a los datos reales medidos. Las tipologías 1 y 3 presentan un grado de ajuste menor de 1°C, obtenido gracias a una carga de información de energía térmica auxiliar precisa en función del relevamiento de uso de las fuentes de calor realizado por los usuarios. La tipología 2 presenta algunas dificultades en función de la falta de información en algunos días, y por otro lado de la correlación de la misma con los departamentos vecinos.

La modificación de los modelos originales (incorporando las cuatro orientaciones en la manzana y tres tipos de cerramientos en los techos, lo que significa 12 variantes por cada tipología) produjo como resultado 36 modelos totales que representan a los edificios relevados en los MU objeto de estudio. Para evaluar el impacto de estas variantes sobre las unidades edilicias básicas, el programa SIMEDIF permite ingresar condiciones de temperatura y radiación medias y realizar un análisis periódico permanente para evaluar el consumo energético. Se calcula entonces, la necesidad de energía auxiliar diaria de cada local de los edificios para la época invernal, utilizando como condiciones exteriores las extremas (temperatura mínima y máxima absoluta), que son los que generalmente se utilizan. Se pre-define un termostato en cada local, a 18°C para locales principales (estar, dormitorios) y a 16°C para locales secundarios (baño, cocina, pasillos, lavaderos, etc.). Las condiciones exteriores se calcularon en base a la información registrada en las auditorias a las viviendas, que corresponden al mes de junio de 2007. La temperatura mínima, media y máxima registrada fue de 0°C, 8°C y 16°C respectivamente. La radiación media diaria sobre superficie horizontal fue de 6,02 MJ.

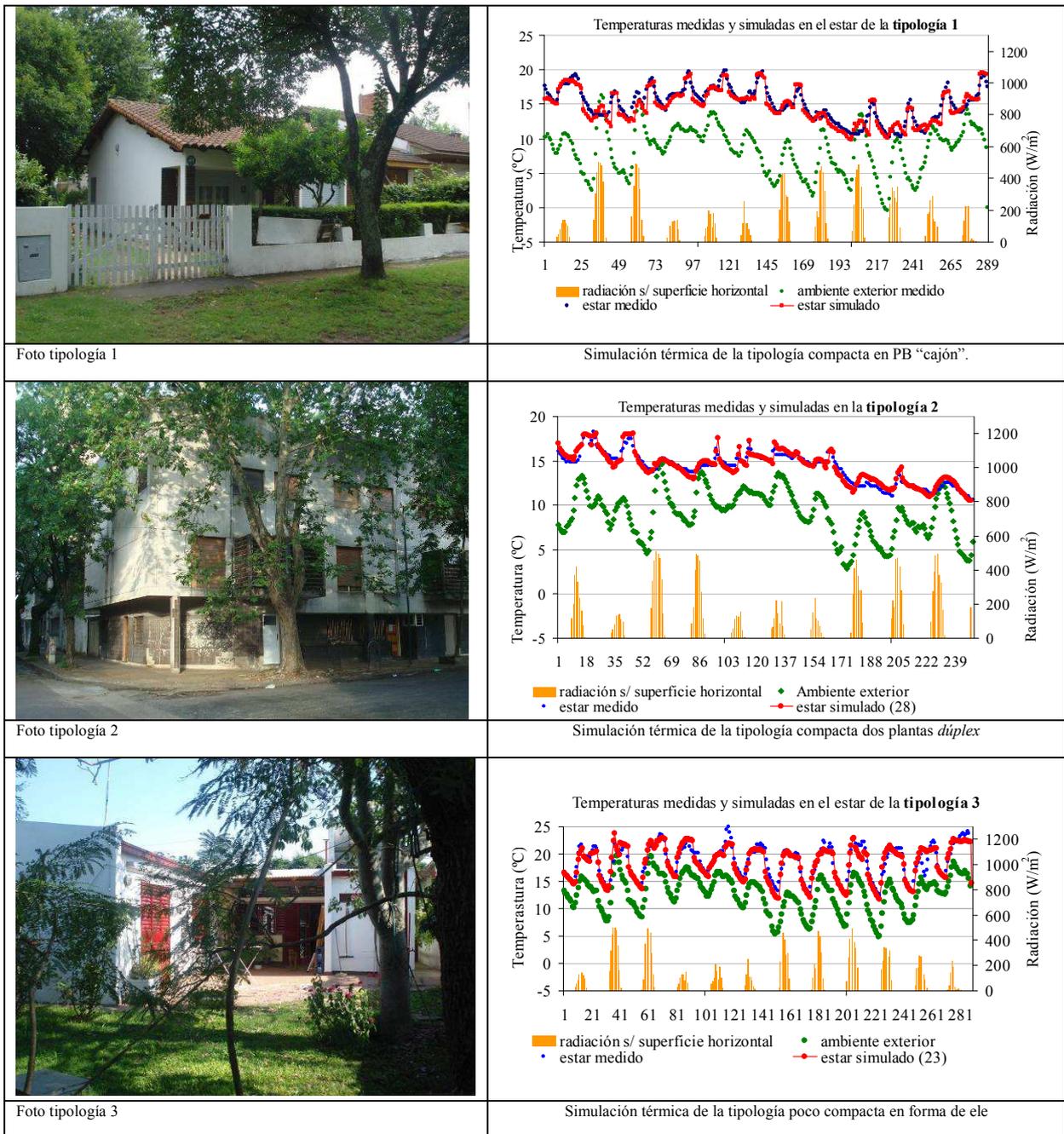


Figura 3. Unidades edilicias analizadas. Gráfico de temperatura real y simulada para las tres.

La integración de la información detallada de cada unidad edilicia a los mosaicos y la evaluación del impacto de otras conformaciones tipológicas en los mismos, se calcula a partir de indicadores de requerimiento energético para cada una de las unidades edilicias desarrolladas en los modelos. Los indicadores, calculados por superficie construida, son extrapolados de acuerdo a la superficie construida por cada grupo de tipologías.

## RESULTADOS

### *Demanda de energía para acondicionar las unidades edilicias básicas y sus variantes en el período invernal*

Las variantes constructivas que habían sido detectadas en los MU sobre las diferentes tipologías incluyen a los cerramientos en techos tales como de losa de hormigón armado sin aislación, de chapa metálica con mínima aislación y de teja colonial con mínima aislación. Las simulaciones térmicas permiten modificar fácilmente las características de los diferentes elementos, en este caso los techos. Para ello se reemplaza el valor del coeficiente de transmitancia térmica ( $K=k/x$  en  $W/m^2$  °C) y el coeficiente de absorción de la superficie que mira hacia el exterior, definidos para estos elementos.

Para la tipología 1 se consideró como básica a la que presenta cerramiento de teja ( $K=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Luego se modificó el dato en la simulación original por chapa con cielorraso suspendido ( $K=0,98 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ), y por losa de hormigón sin aislación ( $K=3,82 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). El resultado obtenido se observa en la Tabla 2-A.

Como se puede observar, para la tipología 1 básica (casa cajón), el requerimiento energético diario en calefacción es de 267,39 MJ (6,86  $\text{m}^3$ ), mientras que la sub-tipología derivada de ésta, cuyo cerramiento es de losa de hormigón (sin aislación), es 12,7% mayor que el de la tipología original (301,33 MJ/día). Asimismo, la sub-tipología cuyo cerramiento es de chapa, tiene un requerimiento 6,2% mayor que la tipología original (283,88 MJ/día).

Para la tipología 2 se consideró como básica a la que presenta cerramiento de chapa, y las variantes incorporaron a la teja ( $K=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y a la losa de hormigón armado ( $K=3,82 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Los resultados se observan en la Tabla 2-B.

Como se puede observar en la tipología 2 básica (casa en duplex) el requerimiento energético de gas natural para calefacción diario es de 5,10  $\text{m}^3$ . En las variantes o sub-tipologías se puede observar que los requerimientos no difieren significativamente, se observa un aumento del 4,9% para el cerramiento de losa (5,35  $\text{m}^3/\text{día}$ ) y un aumento del 0,39% para el cerramiento de teja (5,12  $\text{m}^3/\text{día}$ ).

Para la tipología 3 se consideró como básica a la vivienda con techo de chapa con cielorraso suspendido ( $K=0,98 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Las variantes son: la teja colonial ( $K=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y la losa de hormigón armado ( $K=3,82 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Los resultados se observan en la Tabla 2-C.

Al realizar el análisis de las variantes a partir la tipología 3, podemos observar también que los aumentos en los requerimientos energéticos de gas natural son similares a la tipología 1. La tipología básica requiere 8,35  $\text{m}^3$  día, mientras que la variante con cerramiento de losa consume 9,3% más que la original y la variante con cerramiento de teja consume 0,47% más.

A continuación realizamos una variación de la posición de las unidades edilicias básicas en la trama urbana en función de la orientación. Para estos cálculos, se consideró la misma disponibilidad solar en todas las UE, debido a que se encuentran en similares condiciones urbanas respecto de la densidad edilicia. Las posiciones en la manzana quedan determinadas de la siguiente manera: ubicación A, eje del lote desde el frente al fondo con orientación SO-NE (posición original de las unidades); posición B, eje del lote desde el frente al fondo con orientación SE- NO; posición C, eje del lote desde el frente al fondo con orientación NE-SO. Posición D, eje del lote desde el frente al fondo con orientación NO- SE.

Para ello se modifican los datos que el programa utiliza para calcular la ganancia de radiación solar en los edificios, que son los índices de radiación para cada superficie (compuesto por el azimut y la posición de la superficie colectora) y el área interior de absorción de radiación. Para las tipologías básicas, las áreas se ajustaron de acuerdo a los datos medidos.

Como podemos observar en la Tabla 3 el efecto de la rotación de la Ue 1 (básica) determina que la misma no aporta diferencias considerables en la energía auxiliar necesaria al termostatar la vivienda. Se observa que las posiciones B y D tienen requerimientos energéticos diarios similares. Los resultados muestran que para esta vivienda las condiciones óptimas son en la posición C, aunque no se observa un impacto significativo en el requerimiento diario (menor al 1% de reducción del requerimiento, según Tabla 4). El análisis particular por local muestra que la reducción más significativa se da en el estar, mientras que el resto de los locales permanecen en condiciones similares.

Para el caso de la Ue 2, la variación de la orientación presenta mayor significancia que en la vivienda anterior. Se observa que la posición original no es la más favorable para la vivienda, ya que se obtiene una reducción de 6,64% al evaluar la posición D que resulta la más favorable, ya que recibe el asoleamiento del NE y del NO (según Tabla 4). Por otro lado la posición B es la más desfavorable ya que se obtiene un aumento de la demanda energética auxiliar del 10% respecto a la

| Tipología 1- cajón |               |        |        |                         |
|--------------------|---------------|--------|--------|-------------------------|
| Local              | Teja (básica) | Losa   | Chapa  |                         |
| Q estar            | 88,11         | 99,11  | 93,19  | MJ/día                  |
| Q dormiCH          | 67,36         | 74,14  | 70,85  | MJ/día                  |
| Q dormiGR          | 71,16         | 80,83  | 75,6   | MJ/día                  |
| Q cocina           | 22,68         | 26,24  | 24,63  | MJ/día                  |
| Q baño             | 18,08         | 21,01  | 19,61  | MJ/día                  |
| TOTAL              | 267,39        | 301,33 | 283,88 | MJ/día                  |
| TOTAL              | 6,86          | 7,73   | 7,28   | $\text{m}^3/\text{día}$ |
| Variación (%)      | -             | 12,7   | 6,2    | %                       |

(A). Tipología 1 con variantes en el cerramiento de techos

| Tipología 2- duplex |        |        |                |                         |
|---------------------|--------|--------|----------------|-------------------------|
| Local               | Teja   | Losa   | Chapa (básica) |                         |
| Q estar             | 77,69  | 74,13  | 75,53          | MJ/día                  |
| Q dormiCH           | 24,41  | 30,46  | 25,87          | MJ/día                  |
| Q dormiGR           | 36,26  | 43,24  | 36,62          | MJ/día                  |
| Q cocina            | 14,32  | 14,47  | 14,51          | MJ/día                  |
| Q escalera          | 43,68  | 42,3   | 42,95          | MJ/día                  |
| Q baño              | 3,42   | 3,87   | 3,49           | MJ/día                  |
| TOTAL               | 199,78 | 208,47 | 198,97         | MJ/día                  |
| TOTAL               | 5,12   | 5,35   | 5,10           | $\text{m}^3/\text{día}$ |
| Variación (%)       | 0,39   | 4,9    | -              | %                       |

(B). Tipología 2 con variantes en el cerramiento de techos

| Tipología 3- ELE |        |        |                |                         |
|------------------|--------|--------|----------------|-------------------------|
| Local            | Teja   | Losa   | Chapa (básica) |                         |
| Q estar          | 137,99 | 152,87 | 138,08         | MJ/día                  |
| Q dormiCH        | 30,66  | 35,24  | 31,81          | MJ/día                  |
| Q dormiGR        | 74,05  | 81,49  | 75,74          | MJ/día                  |
| Q cocina         | 36,12  | 39,46  | 36,66          | MJ/día                  |
| Q baño           | 18,74  | 22,01  | 19,79          | MJ/día                  |
| Q pasillo        | 29,75  | 25,19  | 23,76          | MJ/día                  |
| TOTAL            | 327,31 | 356,26 | 325,84         | MJ/día                  |
| TOTAL            | 8,39   | 9,13   | 8,35           | $\text{m}^3/\text{día}$ |
| Variación (%)    | 0,5    | 9,3    | -              | %                       |

(C) Tipología 3 con variantes en el cerramiento de techos.

Tabla 2. Energía auxiliar requerida por las tipologías y sus variantes para un día medio del período medido. (Los valores obtenidos en MJ/día fueron convertidos a  $\text{m}^3$  de gas natural. No consideran eficiencia de equipos de calefacción)

posición A (Tabla 4). El análisis particular demuestra que en esta tipología, todos los locales muestran una significativa reducción de su demanda energética auxiliar.

| Ue 1- Casa cajón Base-Teja   |                     | Original A | B      | C      | D      |        |
|------------------------------|---------------------|------------|--------|--------|--------|--------|
|                              | Q estar             | 88,11      | 88,93  | 85,31  | 86,26  | MJ/día |
|                              | Q cocina            | 22,68      | 23,42  | 22,83  | 23,04  | MJ/día |
|                              | Q dormitorio chico  | 67,36      | 67,64  | 70,51  | 71,21  | MJ/día |
|                              | Q dormitorio grande | 71,16      | 71,23  | 68,71  | 69,75  | MJ/día |
|                              | Q baño              | 18,08      | 18,21  | 18,48  | 18,67  | MJ/día |
|                              | TOTAL               | 267,39     | 269,43 | 265,84 | 268,93 | MJ/día |
| TOTAL                        |                     | 6,86       | 6,91   | 6,82   | 6,90   | m³/día |
| Ue 2- Casa Duplex Base-Chapa |                     | Original A | B      | C      | D      |        |
|                              | Q estar             | 75,53      | 83,34  | 73,87  | 68,98  | MJ/día |
|                              | Q cocina            | 14,51      | 14,73  | 14,2   | 13,51  | MJ/día |
|                              | Q escalera          | 42,95      | 47     | 43,89  | 41,24  | MJ/día |
|                              | Q dormitorio chico  | 25,87      | 30,48  | 28,69  | 22,81  | MJ/día |
|                              | Q dormitorio grande | 36,62      | 39,45  | 39,72  | 35,82  | MJ/día |
|                              | Q baño              | 3,49       | 3,74   | 3,8    | 3,39   | MJ/día |
|                              | TOTAL               | 198,97     | 218,74 | 204,17 | 185,75 | MJ/día |
| TOTAL                        |                     | 5,10       | 5,61   | 5,24   | 4,76   | m³/día |
| Ue 3- Casa ELE Base-Chapa    |                     | Original A | B      | C      | D      |        |
|                              | Q estar             | 138,08     | 138,67 | 143,19 | 143,25 | MJ/día |
|                              | Q cocina            | 36,66      | 36,66  | 35,05  | 35,23  | MJ/día |
|                              | Q dormitorio chico  | 31,81      | 33,34  | 33,35  | 31,62  | MJ/día |
|                              | Q dormitorio grande | 75,74      | 76,33  | 76,53  | 76     | MJ/día |
|                              | Q baño              | 19,79      | 20,31  | 20,35  | 19,73  | MJ/día |
|                              | Q pasillo           | 23,76      | 23,95  | 24,03  | 23,84  | MJ/día |
|                              | TOTAL               | 325,84     | 329,26 | 332,5  | 329,67 | MJ/día |
| TOTAL (m³)                   |                     | 8,35       | 8,44   | 8,53   | 8,45   | m³/día |

Tabla 3. Rotación de la tipología 1, 2 y 3 respectivamente.

Para el caso de la tipología 3, los resultados muestran que las variaciones en la demanda de energía auxiliar respecto de su posición en la manzana, no son considerables. La posición original es la más adecuada para esta tipología, aunque, gracias a sus múltiples aventanamientos, la demanda energética máxima a partir de su rotación, supera levemente el 2% más de energía que la posición original (posición C). El análisis detallado por local demuestra que el aumento en la demanda de energía en el estar para algunas posiciones se complementa con una reducción de dicha demanda en los dormitorios o cocina.

Los resultados globales obtenidos para cada tipología básica y su rotación en la manzana muestran el escaso efecto de esta acción en relación al consumo energético. La síntesis se observa en la Tabla 4

| Ue                       | Original A | B      | % respecto del original | C      | %     | D      | % respecto del original |
|--------------------------|------------|--------|-------------------------|--------|-------|--------|-------------------------|
|                          | m³/día     | m³/día |                         | m³/día |       | m³/día |                         |
| 1-Casa cajón Base-Teja   | 6,86       | 6,91   | 0,72                    | 6,82   | -0,58 | 6,90   | 0,58                    |
| 2-Casa Duplex Base-Chapa | 5,10       | 5,61   | 10                      | 5,24   | 2,74  | 4,76   | -6,64                   |
| 3-Casa ELE Base-Chapa    | 8,35       | 8,44   | 1,0                     | 8,53   | 2,1   | 8,45   | 1,19                    |

Tabla 4. Tipologías, consumo energético diario según posición en la manzana y porcentaje de aumento o disminución en función del mismo.

A partir de este análisis es posible concluir que el efecto de la variación en la posición en la manzana en las tipologías analizadas, es del orden del 1% al 10%, considerándose poco significativo. Las causas pueden estar dadas por el escaso aprovechamiento interior de la radiación solar que realizan estas tipologías, dando como resultado que esta variable no afecte el comportamiento energético de las mismas. Los elementos que están absorbiendo la radiación solar son las superficies exteriores de muros y techos. Como las tipologías absorben dicha radiación en cualquiera de las orientaciones, no se observan grandes diferencias.

#### Incidencia de las variantes edilicias sobre el comportamiento global de cada MU

En esta sección analizaremos la incidencia de las variantes de las unidades edilicias básicas a escala de sector urbano.

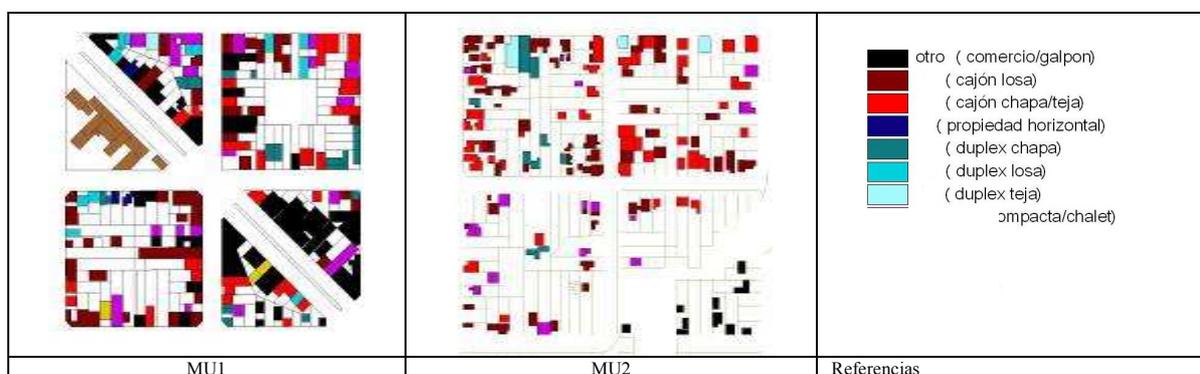


Figura 4. Distribución de las unidades edilicias en el mosaico 1 y 2.

La información desarrollada en la escala de las Ue, se convierte en insumo para ascender hacia el nivel superior que es el de los mosaicos urbanos. A partir del estudio del consumo energético de las 36 variantes de las Ue y considerando las superficies habitables de cada una, se obtienen indicadores por unidad de superficie (m<sup>2</sup>), que nos permiten estimar el comportamiento energético en los dos MU. Como podemos observar en la Figura 4, cada MU está compuesto de las Ue básicas y sus sub-variantes constructivas y de orientación. Los gráficos son el resultado del relevamiento manual y semiautomático de los sectores urbanos, previamente descriptos. A partir de ellos se obtienen las superficies construidas totales por Ue.

Para verificar la incidencia de las variantes sobre el comportamiento del área urbana se propone la comparación de tres situaciones: i. Considerar el área relevada como si la misma estuviera compuesta sólo por las tres unidades edilicias básicas que fueron auditadas inicialmente (vivienda compacta en una planta, vivienda compacta en dos plantas, vivienda poco compacta); ii. Considerar las unidades edilicias básicas y las variantes constructivas; iii. Considerar el área relevada con todas las variantes constructivas y de orientación. En la Tabla 5 se resumen los resultados.

| CONSIDERACIÓN                            | MU1                                     |   |  |                    | MU2                                     |   |  |                    |
|--|---|---|--|--------------------|---|---|--|--------------------|
|  | Superficie construida (m <sup>2</sup> ) | Necesidad energética promedio (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) | Necesidad energética total (m <sup>3</sup> /día) | % respecto básicas | Superficie construida (m <sup>2</sup> ) | Necesidad energética promedio (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) | Necesidad energética total (m <sup>3</sup> /día) | % respecto básicas |
| Ue básicas solamente                     | 16239,3                                 | 0,1060  | 1722,42  | -                  | 11336,4                                 | 0,1080  | 1222,07  | -                  |
| Ue básicas + constructivas               |   | 0,110   | 1784,96  | 3,63               |   | 0,112   | 1271,90  | 4,08               |
| Ue básicas + constructivas + orientación |   | 0,1106  | 1796,81  | 4,32               |   | 0,1129  | 1279,83  | 4,73               |

Tabla 5. Requerimiento de energía en cada MU considerando tipologías básicas, sub-variantes constructivas y de orientación.

Los resultados muestran que la incorporación de las sub-variantes constructivas (cubierta de teja, losa y chapa), impacta muy poco significativamente sobre el total del requerimiento energético en ambos mosaicos, aumentando los valores de requerimiento energético en 3,63% y 4,08% para el MU1 y el MU2, respectivamente. Por otro lado, la incorporación de las diferentes orientaciones impacta sobre el total, elevando el requerimiento energético en un 4,32% y 4,73% en el MU1 y el MU2, respectivamente. Podemos concluir que las variantes constructivas y la orientación no impactan significativamente sobre del consumo energético del total del MU.

#### Incidencia de otras composiciones edilicias para cada mosaico urbano

Otra situación a considerar es la posibilidad de no contar con el porcentaje y áreas de cada variante de las unidades edilicias sobre el total de un MU (peso tipológico). En consecuencia se puede predecir que los requerimientos de energía podrían encontrarse entre un rango de máximo y otro de mínimo requerimiento, considerando aquellas unidades básicas detectadas en un sector urbano que respondan a esta condición. Para este caso de estudio, la unidad edilicia de máximo consumo es la vivienda compacta en una planta, con 0,114 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> diarios de requerimiento y la unidad edilicia de mínimo consumo es la vivienda compacta en dos plantas, con 0,092 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> diarios de requerimiento. El resultado de la integración de los indicadores sobre cada sector urbano se observa en Tabla 6.

| Requerimiento energético | MU1                                     |   |  |   | MU2                                     |   |  |   |
|--------------------------|---|---|--|---|---|---|--|---|
|                          | Superficie construida (m <sup>2</sup> ) | Necesidad energética promedio (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) | Necesidad energética total (m <sup>3</sup> /día) | % respecto de los MU compuestos con tipologías originales | Superficie construida (m <sup>2</sup> ) | Necesidad energética promedio (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) | Necesidad energética total (m <sup>3</sup> /día) | % respecto de los MU compuestos con tipologías originales |
| máximo total             | 16239,3                                 | <b>0,114</b>  | 1851,28  | 3,03  | 11336,4                                 | <b>0,114</b>  | 1292,35  | 0,97  |
| mínimo total             |   | <b>0,092</b>  | 1494,01  | - 16,86   |   | <b>0,092</b>  | 1042,95  | -18,51  |

Tabla 6. Consumos máximos y mínimos para los dos MU.

Los resultados muestran que para el MU1, el rango de energía requerida varía entre 1851,28 m<sup>3</sup>/día y 1494,016 m<sup>3</sup>/día (3,03% y 16,86% mayor y menor respectivamente, respecto al requerimiento del MU1 considerando todas las unidades edilicias básicas constructivas y de orientación detectadas, según Tabla 5). Y el rango en el MU2, varía entre 1292,35 m<sup>3</sup>/día y 1042,95 m<sup>3</sup>/día (0,97% y 18,51% mayor y menor respectivamente, respecto al requerimiento del MU1 considerando todas las unidades edilicias básicas constructivas y de orientación detectadas, según Tabla 5). Estos límites pueden ser considerados como los márgenes del error por no considerar las variantes tipológicas de un sector urbano. Podríamos concluir que ésta es una forma de aproximarse al consumo energético de un sector urbano y sintetizar el trabajo del operador.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de metodologías de evaluación y diagnóstico energético urbano, a partir de diferentes niveles de integración permite formular diferente tipo de información, ajustando el grado de detalle y exactitud de los resultados. La profundización en el sector urbano –mosaico urbano– y sus componentes principales ha permitido conocer la situación de referencia en cuanto a la demanda de energía teórica para acondicionar los edificios en el período invernal, establecer los límites mínimos y máximos estimados, de acuerdo a las variables de orientación y construcción de los edificios, y reducir el tiempo de estos procedimientos y las posibilidades de error.

Los modelos han permitido avanzar en la comprensión en forma detallada de las variantes constructivas y de orientación de cada unidad edilicia de los MU objetos de estudio. Con respecto a las características constructivas, los resultados muestran que la variación de la energía auxiliar requerida oscila entre un incremento mínimo sobre las tipologías básicas de 0,39% -para la tipología 2- y un máximo de 12,7% -para la tipología 1-. Esto significa que para un análisis adecuado del MU que minimice errores, se debe considerar el mínimo y máximo que involucran las distintas variantes constructivas propias del MU. Con respecto a la orientación, los resultados muestran que la variación de la energía auxiliar requerida oscila entre un incremento mínimo sobre las tipologías básicas de 0,58% -posición C de la tipología 1 y un máximo de 10% -posición B de la tipología 2. Es posible concluir que estos valores no son tan significativos porque las tipologías no realizan un aprovechamiento de la radiación solar en las condiciones actuales.

Cuando el análisis de dichas variantes se realiza en el siguiente nivel de integración, el del sector urbano, los resultados difieren. Se ha podido comprobar que el impacto de las variantes sobre el resultado total es menor, observándose aumentos máximos del requerimiento energético de un sector urbano respecto de la situación que no considera las variantes, del orden del 4,73%. Los valores son poco significativos. Por otro lado, si consideramos la situación más y menos favorable en cuanto a los consumos energéticos de los edificios (situación hipotética), podemos estimar que la primera implica un consumo 3,3% mayor, y la segunda un consumo 18,51% menor respecto de la realidad. Esto demuestra que las situaciones reales analizadas se aproximan a las más desfavorables.

Con esta información es posible avanzar en el estudio de las potencialidades energéticas de los sectores urbanos, a partir de incorporar mejoramientos a los edificios utilizando los modelos de simulación desarrollados, en forma simplificada, incorporando las estrategias más acertadas. Las conclusiones desarrolladas respecto de la orientación de las viviendas, permiten inferir que para lograr un mejoramiento de las tipologías básicas estudiadas, será necesario incorporar, por ejemplo, mayor ganancia solar, principalmente de la orientación norte, noreste y noroeste.

## REFERENCIAS

- Filippín C. (2005). *Uso eficiente de la energía en edificios*. 1º edición. La Pampa. Editorial Amerindia. ISBN 987-95213-3-1.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001). *Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios*. Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen 9. Impreso en Salta, Argentina. Pag. 15-24.
- Gauzin Muller (2002). *Arquitectura Ecológica*. Editorial GG. Barcelona. ISBN 84-252-1918-3.
- Goulding John R., Lewis Owen J., Steemers Theo C. (1994). *Energy in Architecture, The European Passive Solar Handbook*.
- Jones Phil, Patterson Joanne, Lannon Simon (2007). *Modelling the built environment at an urban scale—Energy and health impacts in relation to housing*. Publicado en *Landscape and Urban Planning* 83. 39–49.
- Ratti C., Baker N., Steemers K. (2005). *Energy consumption and urban texture*. Publicado en *Energy and Buildings* 37. 762–776.
- Rosenfeld E., Czajkowski J. (1992). *Catálogo de tipologías de viviendas urbanas en el área metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático*, 1º edición, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNLP.
- Rosenfeld, E. Ias, Fipe (1987) *Proyecto Audibaires: Plan piloto de evaluación energética en Capital Federal y Gran Buenos Aires*. Informe final del proyecto, Biblioteca de la Comisión de Investigaciones Científicas de BA, La Plata, Argentina.
- Viegas G., San Juan G., Discoli C. (2007). *Comportamiento térmico energético de Tipologías representativas pertenecientes a Mosaicos urbanos de la ciudad de La Plata*. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, Volumen 11, pp. 01.41 a 01.48.
- Viegas G., Artola V., Discoli C., San Juan G. (2008). *Exploración de herramientas para la interpretación de objetos a partir de imágenes aplicados al relevamiento de mosaicos urbanos*. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, Volumen 12, Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. pp. 01.171 a 01.178.

## ABSTRACT

Study of representative urban areas allows recognizing the city energy potential to reduce its energy and environmental impact. These areas called urban mosaics -MU- of residential use, involving the analysis of large number of buildings -edilic units- which are its major components. This paper develops a methodology to simplify the analysis through the use of simulation tools. Detailed information of the most representative edilic units was use. Based on this development can be assessed: i. conditioning energy demand during the winter period of basic units and its constructive and orientation variants; Edilic variant's incidence for the overall performance of each MU, integrating detailed information; Other building composition's incidence for each MU. In conclusion it was observed that the effect of these variants on the performance of urban areas is not highly significant. It is possible to propose maximum and minimum energy consumption for each simplifying its analysis.

Keywords: urban mosaic- edilic unit- constructive and orientation variants