

Desarrollo metodológico a partir de mosaicos urbanos para evaluar la eficiencia energética y el aprovechamiento de la energía solar en el marco de la sustentabilidad urbana

Methodological development based on urban mosaics to evaluate the energy efficiency and the use of solar energy in the framework of urban sustainability

Graciela Melisa Viegas

Resumen

En Argentina, la producción y reciclado de los edificios ha crecido significativamente en los últimos años, correspondiendo el mayor porcentaje a los residenciales. En este sentido es indispensable desarrollar herramientas analíticas que permitan comprender y monitorear los procesos involucrados en el fenómeno de la urbanización y cuantificar sus consecuencias energético-ambientales. El presente trabajo desarrolla una metodología que estudia, a partir de una unidad representativa (mosaico urbano), la aptitud de los distintos sectores de la ciudad para el aprovechamiento energético de la radiación solar en las diferentes texturas urbanas y sus áreas de disipación térmica, determinando el potencial energético de las mismas. Para ello se desarrolla: (a) la definición conceptual de “mosaico urbano”, su utilidad y su definición técnica; (b) la evaluación de las herramientas para el procesamiento, la modelización espacial y energética de mosaicos; y (c) un ejemplo de aplicación de la metodología. Los resultados verifican el desarrollo conceptual y la factibilidad de la metodología aplicable a un caso testigo de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina (latitud 34°55 S; longitud 57°57 O), y permiten realizar estimaciones de la potencialidad para hacer eficiente el uso de la energía y aprovechar la energía solar (se obtuvo un 44,3% de ahorro de energía en calefacción).

Palavras-chave: Mosaico urbano. Potencial energético. Uso de la energía solar.

Abstract

In Argentina, the production and recycling of buildings have grown significantly in the last few years, especially in the residential building market. Therefore, it is essential to develop analytical tools to help understand and monitor the processes involved in the phenomenon of urbanization and to quantify its energy and environmental consequences. This study develops a methodology that examines, based on a representative unit (urban mosaic), the ability that different sectors of the city have to use solar power in their different urban textures and heat dissipation areas, thus determining their energy potential. In order to do that the study involves: (a) a conceptual definition of urban mosaic, its use and its technical definition; (b) an assessment of tools for the processing and spatial and energy modeling of the mosaics; and (c) an implementation of the methodology. The results verify the conceptual development and the feasibility of the methodology in a case study carried out at the city of La Plata, Buenos Aires, Argentina (latitude 34 ° 55 S, longitude 57 ° 57 W), and allow an estimation of the potential for efficient energy use and solar energy use (44,3% of energy savings in heating were obtained).

Keyword: Urban mosaic. Energy potential. Solar energy use.

Graciela Melisa Viegas
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Instituto de Investigaciones y Políticas
del Ambiente Construido
Universidad Nacional de La Plata
Calle 47, 162
La Plata - Buenos Aires - Argentina
CP 1900
Tel.: (+54 221) 423-6587 Int. 250-32
E-mail: gachiviegas@yahoo.com.ar

Recebido em 17/11/10
Aceito em 30/03/11

Introducción

La población urbana mundial aumenta vertiginosamente, lo que provoca un crecimiento de las ciudades asociándose a este proceso, la demanda y oferta energética y las emisiones producidas. Al año 2010, la Argentina cuenta con un 91,4% de población urbana sobre un total de habitantes estimados de 40.518.951 (INSTITUTO..., 2001) esperándose que alcance el 95,7% sobre un total de habitantes de 51.382.000 hacia el año 2050 (UNITED..., 2007). Este crecimiento, que debería ser moderado y proporcionado para la propia evolución de la población, asociado a la movilidad interna en la ciudad, produce un aumento de la complejidad de los sistemas urbanos a lo largo del tiempo, conseguido por una mayor explotación de los recursos naturales con el consecuente incremento de la presión sobre el medio ambiente (DIPUTACIÓN..., 1996).

En líneas generales, a principios de los años noventa, se plantearon dos modelos de crecimiento que siguen siendo tema de debate en la actualidad: un modelo de ciudad compacta, diversa y mixta, y un modelo de ciudad difusa. Éste último, también llamado dispersión suburbana, se ha convertido en el modelo del siglo XXI (RUEDA, 1997; EDWARDS, 2008). Varios autores consideran que se necesitan herramientas analíticas para entender y monitorear éstos patrones y procesos involucrados en el fenómeno de la urbanización y cuantificar las consecuencias energéticas y ambientales de la ciudad con lo cual diagnosticar, corregir y establecer lineamientos del futuro desarrollo urbano, consolidando un modelo más sostenible (HASSE; LATHROP, 2003; POELMANS; ROMPAEY, 2009).

Se entiende que este modelo implica re-pensar la forma de ocupación de las nuevas edificaciones en el territorio y esforzarse por investigar las potencialidades del parque edilicio existente (JONES; PATTERSON; LANNON, 2007; VERBEECK; HENS, 2005). Observando los últimos veinte años, Argentina ha ido incrementando su producción edilicia. Más allá de un decaimiento parcial de la actividad relacionado a la fuerte crisis económica del año 2001, el promedio anual de superficie construida (en el sector formal¹) en el año 2009 se ha duplicado respecto al año 1991 (Figura 1). Con respecto al destino de las obras, focalizando sobre uno de los

de mayor actividad (2007), el mayor porcentaje corresponde al uso residencial (12.683.825 m² o 64,58% del total, es la sumatoria de univiviendas y multiviviendas de uso residencial, nuevo y ampliación), y la construcción nueva es aproximadamente cinco veces mayor a la ampliación (Tabla 1) (INSTITUTO..., 2010).

Con relación al sector de la construcción a nivel mundial se calcula que los edificios consumen aproximadamente la mitad de toda la energía no renovable utilizada por el hombre (RUANO, 2007). En Argentina se observa que este consumo es del 37% respecto del total. Específicamente, el sector residencial es el segundo mayor consumidor de gas natural por red (38,6% sobre un total producido de 32.170 kTEP), el segundo consumidor de energía eléctrica (28,9% sobre un total producido de 9.105 kTEP) y el mayor consumidor de gas licuado (54% sobre un total producido de 3.686 kTEP) (BALANCE..., 2007). Estos consumos de energía fósil producen gases de efecto invernadero que aumentan el calentamiento global, considerado una de las tres amenazas de la seguridad humana del futuro. La emisión de dióxido de carbono producida en los hogares de este mismo país por el consumo de la electricidad y los combustibles fósiles es de 750 kg al año comparado con EE.UU. (3.900 kg), Brasil (100 kg), Chile (300 kg), España (1.000 kg) (NATIONAL..., 2009). Distintos científicos reflexionan sobre la necesidad de frenar nuestra adicción a los combustibles fósiles e ir reemplazándolos por energías alternativas (CAIRNS JUNIOR, 2008; RODIEK, 2009). Es el sector residencial uno de los nichos donde se debe reducir el consumo de recursos no renovables.

¹ Cuando se refiere al sector formal se habla de aquellas edificaciones que han sido construidas con permisos de los diferentes organismos de catastro de las ciudades analizadas. Es de destacar que por fuera de este sistema, la actividad también se desarrolla ampliamente.

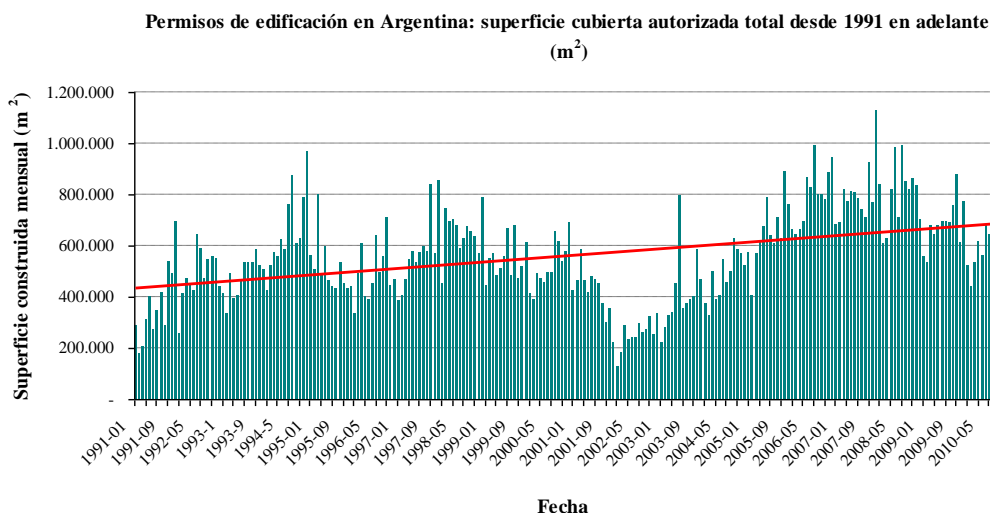


Figura 1 - Evolución de la producción edilicia en Argentina en el período 1991- 2010
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010).

Tabla 1 - Producción edilicia en Argentina para el año 2007

Destino de la obra	Permisos de edificación otorgados y superficie cubierta autorizada, por destino de la obra y tipo de construcción (Total del país, año 2007)						
	Superficie cubierta TOTAL	Construcciones nuevas			Ampliaciones nuevas		
		Superficie cubierta			Superficie cubierta		
		Uso residencial	Uso no residencial	Total	Uso residencial	Uso no residencial	Total
m ²	m ²			m ²			
TOTAL PAÍS	19.637.816	10.796.220	4.992.557	15.788.777	2.029.507	1.819.532	3.849.039
Univivienda sin locales	4.311.230	3.240.823	-	3.240.823	1.070.407	-	1.070.407
Univivienda con locales	581.663	256.036	108.594	364.630	129.268	87.765	217.033
Multivivienda sin locales	5.550.057	5.044.120	-	5.044.120	505.937	-	505.937
Multivivienda con locales	2.748.548	2.184.724	276.920	2.461.644	252.510	34.394	286.904
Industria y talleres	1.053.752	2.875	628.104	630.979	5.423	417.350	422.773
Almacenaje y galpones sin destino	862.775	.354	624.481	630.835	2.966	228.974	231.940
Administración, banca y finanzas	472.710	2.416	394.812	397.228	1.074	74.408	75.482
Comercio	2.402.494	36.834	1.758.458	1.795.292	17.168	590.034	607.202
Educación	207.258	1.166	141.016	142.182	3.768	61.308	65.076
Salud	144.314	373	67.456	67.829	1.660	74.825	76.485
Transporte	48.316	-	27.077	27.077	1.750	19.489	21.239
Hotelería y alojamiento	326.412	172	252.122	252.294	8.974	65.144	74.118
Cultura y espectáculos	50.804	204	46.811	47.015	167	3.622	3.789
Recreación y deportes	225.428	152	203.973	204.125	375	20 928	21.303
Arquitectura funeraria	4.379	-	4.168	4.168	-	211	211
Gastronomía	25.974	451	21.012	21.463	119	4.392	4.511
otros destinos	621.702	19.520	437.553	457.073	27.941	136.688	164.329

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010).

Surgen entonces interrogantes sobre cuál es la relación adecuada entre el hombre y el medio que habita: ¿Cuál es el consumo de energía en las ciudades?, ¿Cuál es su impacto sobre el medio ambiente? ¿Cuáles pueden ser aquellas medidas que mitiguen el impacto? ¿Qué metodologías deben ser desarrolladas para abordar estas preguntas? Respecto a este último interrogante, se entiende que se necesitan metodologías simplificadas de análisis que permitan diagnosticar el estado de referencia en cuanto a su impacto ambiental y proponer posibles medidas de mitigación de dicho impacto. Goulding, Lewis y Sttemers (1994) plantean que las metodologías más adecuadas deben implicar el análisis de varios niveles de integración: la planificación urbana, la morfología urbana y el diseño del edificio. Se ha observado que hay un acotado desarrollo metodológico en las dos primeras escalas, las cuales son de gran importancia ya que aportan información para implementar una planificación urbana de la gestión energética y ambiental, y permiten a los tomadores de decisiones actuar para el mejoramiento de la eficiencia energética. Paralelamente se destaca que si el consumo de energía en los edificios depende entre otras causas, de la geometría urbana, la mayoría de las investigaciones han descuidado la importancia de la misma (RATTI; BAKER; STEEMERS, 2005).

Respecto a las medidas que mitiguen el impacto urbano, se destacan dos estrategias esenciales y aplicables para promover un desarrollo urbano sustentable: el aprovechamiento extensivo de la radiación solar en áreas urbanas y la eficiencia energética de los edificios (ATHIENTIS; SANTAMOURIS, 2002). Para ello es necesario estudiar la aptitud de los distintos sectores de la ciudad en relación al acceso solar en las diferentes texturas urbanas, determinar las áreas de disipación térmica de la envolvente edilicia, así como dimensionar el potencial solar (COMPAGNON, 2004; ARBOIT *et al.*, 2005; MESA; DE ROSA; CORTEGOSO, 1999; RATTI; BAKER; STEEMERS, 2005; VIEGAS, 2010).

En función de la situación planteada, este trabajo que se desprende de una Tesis Doctoral, tiene por objetivo desarrollar en forma conceptual y práctica, una metodología de integración que permita diagnosticar la potencialidad energética de áreas urbanas de escala intermedia². Se entiende

² Son aquellas que responden a cierta autonomía pero siguen en dependencia de las grandes. No alude específicamente a su densidad poblacional. A nivel físico están caracterizadas por la coexistencia de situaciones mixtas en cuanto a su morfología, característica que se puede detectar a partir del estudio de las distintas consolidaciones que presenta el territorio. Esto conduce al interés por las variantes y posibilidades que presenta

que esta metodología es replicable en otras ciudades de similares características. El planteo se basa en la determinación de un modelo de comportamiento aplicable a áreas características consideradas como mosaicos urbanos (unidades de análisis) representativos de áreas mayores. Este trabajo desarrolla un cuerpo teórico que sustenta su utilidad y se evalúan herramientas para trabajar sobre áreas urbanas. Luego se estudia su efectividad a partir de una aplicación metodológica sobre un caso testigo.

Definición metodológico-conceptual

Análisis y conceptualización de Mosaicos Urbanos

El término mosaico puede definirse como “cualquier obra realizada con fracciones diversas”. En biología se considera mosaico a un organismo que está conformado por varias clases de tejidos genéticamente distintos, y en arte a aquel diseño figurativo o geométrico que está formado por incrustamiento de elementos de materiales diversos (vidrio, piedra, terracota, etc.), que forman una imagen a partir de la yuxtaposición de los mismos. Con relación a la ciudad, el término se vio utilizado en la década del 70 desde la sociología urbana (TIMMS, 1976), planteando que la población se asemeja más a un mosaico por la diversidad de sus áreas (asociadas a una combinación particular de características de la población), que a un fenómeno unitario. La ecología del paisaje asocia el término al desarrollo de reflexiones sobre la planificación urbana actual, buscando dar respuestas ante el crecimiento urbano sin solución de continuidad (FORMAN, 2004; DI BERNARDO 1996; SUREDA, 2000). Forman (2004) reconoce la inexistencia de un modelo de planificación urbana que considere a los sistemas naturales y su utilización por parte de la población, entonces plantea un modelo de mosaico territorial para los sistemas naturales y la población. Entiende al mosaico como representación de paisaje, donde un grupo de ecosistemas locales se repite en forma similar e interactúa, generando una matriz reconocible en regiones extensas, donde el área es espacialmente heterogénea (FORMAN, 2004). Sureda (2000), considera el mosaico como una forma de ordenar el territorio y las actividades que se desarrollan en él y describe que un mosaico territorial diverso, involucra distintos tipos de paisajes, como unidades componentes. Di Bernardo (1996) utiliza el concepto de mosaico de

cada tipo de consolidación y morfología existente (DÍSCOLI, 2009).

naturaleza interconectada como una forma de recuperar el soporte natural en las áreas urbanas, ya que reconoce un delicado equilibrio entre el soporte natural y la configuración construida sobre él. Considera que la repetición del mosaico interconectado permitiría la discontinuidad ante la homogeneidad urbana, y se complementaría con los mosaicos de parques y los de jardines, obteniendo distintas escalas de verde urbano.

También en esta disciplina se observó al mosaico como una configuración espacial compuesta por unidades de suelo de diferente contenido que cuando alcanza las áreas urbanas, es calificada como internamente homogénea, detectando sólo una diferencia en el grado de ocupación de los lotes. Para este caso se lo clasifica como mosaico de paisaje urbano (U) y periurbano (PU) estableciéndose el patrón del mosaico, es decir las proporciones en que se presentan las diversas clases de coberturas y el diseño espacial, el cual depende de la escala de observación y la resolución. A partir de reconocer el patrón es posible formular hipótesis acerca de las interacciones funcionales entre los componentes y los procesos del mosaico, inferir las consecuencias de dicho patrón sobre la sustentabilidad regional y sugerir alternativas para solucionar los problemas. También permite realizar comparaciones entre distintos mosaicos para comprender su funcionamiento, generar hipótesis y proponer estrategias de manejo de áreas (MATTEUCCI *et al.*, 2004).

Los distintos enfoques conceptuales descriptos presentan similitudes en cuanto al reconocimiento de los elementos componentes de los mosaicos (tesela o fragmento; ecosistema; parche o unidad de paisaje; unidad vecinal). Se reconoce entonces, que la interrelación de componentes diferentes conforma un mosaico de realidades y situaciones mixtas. Se observa que un mosaico puede entenderse a nivel particular, a partir de la diversidad de sus componentes (ya sean materiales o formales) y de la forma de relacionarlos, (por Ej. yuxtaposición). A nivel general, a partir de su distribución espacial y su reconocimiento como tipologías o patrones de territorio. El mosaico queda definido entonces como una estructura que conforma un área de contrastes. En su interior se determinan grados de similitud u homogeneidad en

función del estudio de las variables óptimas (por ej. dominancia de un tipo de componente).

En concordancia y profundizando sobre los conceptos evaluados, la presente investigación considera al mosaico como un espacio netamente urbano, lo que requiere profundizar en los aspectos morfológicos para su clasificación (Figura 2). Para el caso de un mosaico urbano (MU), se definen como elementos componentes a las unidades edilicias (como el principal), el espacio verde y la calle urbana. Para clasificarlos se utilizan diferentes variables e indicadores, los cuales se sintetizan por ejemplo en el concepto de tipología. Para este caso, la tipología se define en relación al edificio, tipo de calle, tipo de espacio público, tipo de arbolado, etc. La disposición, caracterización, forma y ocupación de los componentes sobre el territorio conforman un tipo de mosaico. Los componentes principales son unidades edilicias asociadas a tipologías de edificio conocidas, que se ordenan en parcelas. Varias de ellas conformaran una manzana urbana y éstas se asocian entre sí a partir de los espacios públicos de las calles, veredas y vacíos con una distancia determinada por el tipo de MU.

También se concluyó que la interrelación de las partes del mosaico influye en la totalidad, como se describe en los diferentes enfoques. Es por eso que es importante el estudio del impacto de cada componente sobre el total, en función de su representatividad y características. El análisis detallado de los componentes genera mayor información para entender el mosaico.

En relación a la instrumentación para el análisis de los mosaicos, se observó que la ecología del paisaje plantea los avances logrados a partir de la incorporación de la fotografía satelital y aérea y del uso de los sistemas de información que utilizan bases gráficas y numéricas de distintas áreas extensas. Esto le permite realizar comparaciones y elaborar índices para su estudio en forma automática, simplificando el trabajo de relevamiento visual *in situ*. En consecuencia se destaca la importancia del uso de estas herramientas aplicadas también al estudio de los mosaicos urbanos. Las técnicas digitales nos permiten incorporar el análisis de la morfología como un patrón que caracteriza a cada MU, obtenido a partir de la interpretación de objetos en imágenes.



Figura 2 - El Mosaico Urbano: representación real, imagen satelital - composición de fachadas
Fuente: Google Earth (2007) y elaboración propia.

Utilidad de la metodología y definición técnica

La metodología propuesta, involucra las distintas escalas del hábitat para determinar las áreas representativas reducidas de una realidad mayor (MU) y permite evaluar el impacto energético y ambiental de nuestra ocupación sobre el territorio, la potencialidad energética de la ciudad, así como también estimar la reducción de dicho impacto. El estudio de aquellos MU representativos, permite extrapolar sus resultados sobre áreas del territorio. En la Figura 3 se observan las escalas de análisis que propone esta metodología. A partir de entender la totalidad del área urbana en función de las siguientes variables:

- (a) consolidación urbana residencial (CUR);
- (b) situación económica de la población (SEP); y
- (c) calidad del sector residencial (CSR).

Se establecen áreas homogéneas de similar comportamiento, en tres niveles, alta, media y baja, y se seleccionan sectores urbanos (MU) dentro de ellas. Cada MU profundiza luego sobre las variables relacionada con la morfología urbana. Éstos pueden ser procesados, evaluado por ejemplo su potencial energético, utilizando diferentes técnicas. Finalmente, dentro de cada MU, es posible para profundizar el análisis, seleccionar sus componentes principales, las unidades edilicias. Esta profundización se basa en obtener nueva información no desarrollada en el nivel de integración previo.

Para este análisis interesan las variables que describen la morfología urbana, ya que de acuerdo

a los diferentes tejidos urbanos, su localización y orientación, se presenta cierto grado de flexibilidad para la aplicación de medidas de mejoramiento energético-ambiental. El mosaico involucra la extensión necesaria para estudiar la morfología urbana, evaluar el acceso a la energía solar como fuente potencial gratuita (Figura 4), el aprovechamiento de la misma para producir calor y la eficiencia energética del sistema edificio (Tabla 2) como una intervención para mejorar la gestión de la energía en la ciudad. Pero también permite evaluar otro tipo de intervenciones que involucren a los sectores urbanos, sus edificios y su población, como por ejemplo, la gestión del agua, los desechos domiciliarios, cuantificaciones constructivas, etc.

Esta unidad representativa permite desarrollar indicadores por superficie construida de MU para extrapolar resultados en la totalidad del área urbana que representan. Para ello se utiliza un sistema de información geográfica (SIG), que permite territorializar, realizar operaciones y clasificaciones, para comprender la totalidad del sector, elaborar conclusiones y formular hipótesis de intervención.

Variables generales para la elección de un mosaico urbano

En el análisis de la bibliografía se observó que la extensión de un mosaico depende del observador y de las escalas de análisis. En esta investigación, la extensión depende de la morfología característica del área urbana y las variables consideradas que la definen son: el uso del suelo, el trazado y tejido urbano y el acceso al recurso solar.

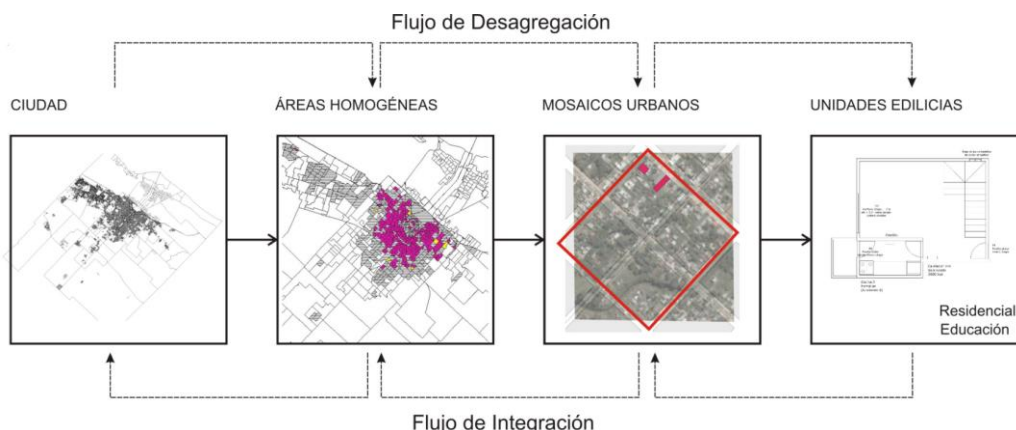


Figura 3 - Escalas de análisis de la metodología de los MU



Figura 4 - Análisis de superficies verticales y horizontales con acceso solar para diferentes horarios en un MU testigo, para el solsticio de invierno

Tabla 2 - Ejemplo de evaluación de eficiencia energética y cálculo de consumos energéticos para calefacción en un MU testigo

Necesidad de energía para calefacción	Características			Consumo de energía			
	$G_{MU(*)}$	GD**		Calefacción (GD base 20°C)			
		(°C)	Tiempo (h)	kWh/año neto	kWh/año com aportes	m ³ año	m ³ /m ² año
MU1-C	1,63	1,448,00	15	4.233.682,30	3.819.938,30	351.434,30	14,7

Nota: (*) Valores de Coeficiente volumétrico de pérdidas (G) globales de cada mosaico, obtenidos a partir de las pérdidas y el volumen edificado total de cada uno, no comparables con el de un edificio; e (**) Grados día de calefacción.

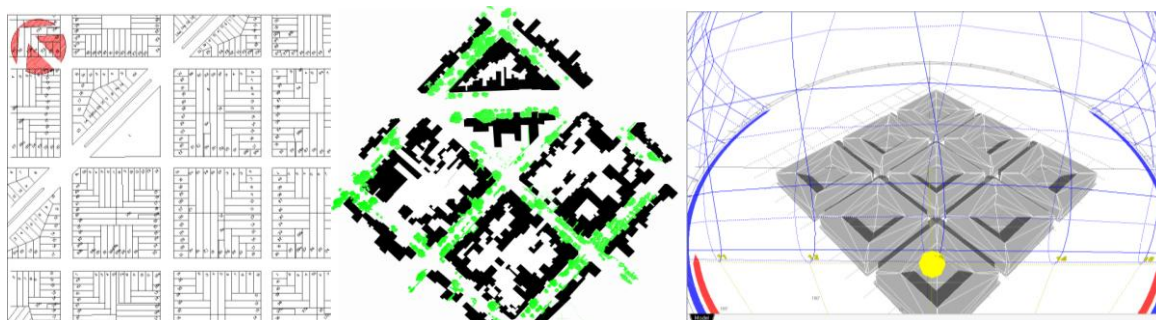


Figura 5 - Trazado y tejido urbano de un MU y análisis de acceso solar en un MU volumétrico

El área urbana presenta distintos usos de suelo de acuerdo a la actividad principal que se desarrolle (habitacional, comercial, equipamiento, servicio, productivo, etc.). Un MU podría tener la predominancia de cualquiera de ellos, pero se entiende que el de mayor extensión y

representación de la vida urbana y que involucra a toda la población, es el de uso habitacional o residencial. Entonces un MU representativo debe ser predominantemente de uso residencial.

El trazado y el tejido urbano muestran la intención de ordenar los vacíos y los llenos (espacios libres y

edificados, calles y avenidas, plazas y parques, edificios singulares, etc.) en la extensión de la ciudad. Puede diferenciarse según su regularidad o su planificación (regular, irregular, mixto, orgánico, planificado o no). Los elementos componentes del trazado son los bordes, las avenidas, las calles y manzanas, los edificios singulares, los espacios verdes, el elemento vegetal y el parcelamiento (que define la traza en el interior de la manzana). Es importante considerar la orientación del trazado urbano (orientación a medio rumbo o rumbo pleno respecto del norte) (Figura 5).

El tejido urbano considera la relación entre los volúmenes edificados y el espacio urbano. Los condicionantes del tejido urbano que influyen en la apariencia adquirida por los espacios construidos y libres son: la tipología formal de las manzanas, el parcelamiento y la tipología edificatoria. Las modalidades de ocupación del suelo por parte de los espacios construidos, tiene amplia relación con las tipologías arquitectónicas y sus maneras de agregación. El resultado final es la apariencia de los macizos construidos de la manzana como sumatoria de las distintas tipologías arquitectónicas agrupadas. Una forma de clasificar el tejido puede ser en función del grado de compacidad según el predominio de los volúmenes construidos sobre los libres, lo que permite detectar manzanas testigos de los diferentes comportamientos del tejido urbano. El mismo puede clasificarse como: compacto, semi-compacto o abierto, y esta variación permitirá menor o mayor acceso al sol en cada uno de los volúmenes edificados y de las viviendas que lo conforman.

Las tres variables desarrolladas hasta el momento caracterizan la morfología del MU que se inserta en el espacio urbano. A partir de la morfología inserta en el espacio urbano es posible seleccionar un MU y evaluar el grado de acceso solar, estudiando las características, la relación y las distancias entre los volúmenes construidos de las diferentes manzanas. Para evaluar la incidencia solar y la proyección de sombras en el espacio urbano se puede trabajar en forma analógica o digital, construyendo maquetas del espacio urbano y estudiándolas en heliodón o maquetas electrónicas utilizadas en programas de simulación de las trayectorias horarias estacionales del sol en las fachadas (Figura 6).

Para procesar estas variables en un MU es necesario desarrollar un relevamiento y su modelización espacial y energética.

Herramientas para el procesamiento, modelización espacial y energética de mosaicos urbanos

En función de los antecedentes fue posible profundizar en las herramientas y procedimientos existentes para la interpretación de objetos en la búsqueda de facilitar el relevamiento de sectores urbanos representativos. Estos procedimientos requieren clasificar el tipo de cobertura de un MU utilizando imágenes satelitales o aéreas a partir de interpretación visual transformada en información vectorial o *raster*, aplicando técnicas en forma automática o semi-automática digital (utilizando la intensidad radiométrica de cada *pixel*) y/o utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) (MATTEUCCI *et al*, 2004). Los atributos que se deben reconocer para el caso de un MU son:

- (a) el área horizontal construida en función del área vacante y su posición en la manzana;
- (b) la altura de la misma; y
- (c) el perímetro y las características constructivas de los cerramientos o área horizontal.

Al igual que en los antecedentes analizados, los procedimientos pueden ser manuales (un operador calificado realiza el relevamiento por observación de la imagen y sintetiza la información manualmente), semi-automáticos (interactivos, la computadora realiza el proceso pero el usuario interviene) y automáticos (la computadora realiza todo el proceso). A continuación se desarrollarán los tres procedimientos descriptos.

Procedimientos de interpretación de objetos

En los procedimientos manuales se realiza la observación calificada de imágenes aéreas o satelitales y el relevamientos *in situ* de los sectores, y se grafican en dos y tres dimensiones los datos obtenidos, con programas de dibujo asistido por computadora para calcular el tamaño y la forma de los edificios (Figura 6). Finalmente, por observación directa, se clasifican las unidades edilicias relevadas asimilándolas a los antecedentes históricos del área de estudio sobre las tipologías edilicias. Este procedimiento requiere mayor tiempo de realización.

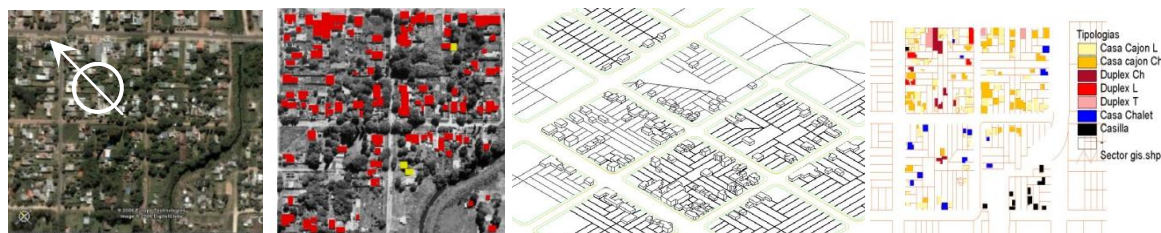


Figura 6 - Selección de un área de estudio, relevamiento manual sobre imagen aérea, representación volumétrica en CAD, representación tipológica en SIG

Fuente: elaboración propia.

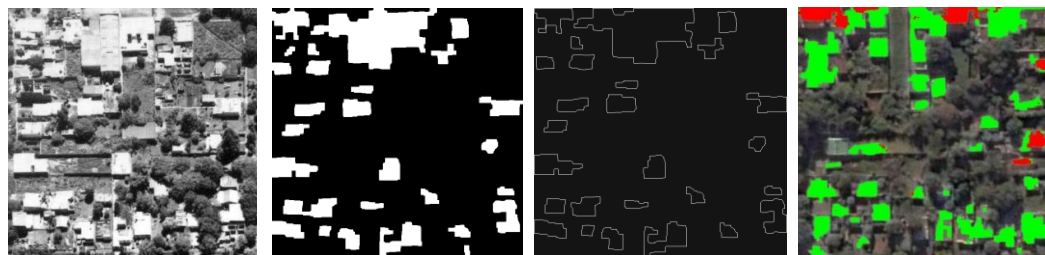


Figura 7 - Procedimiento semi-automático sobre una imagen urbana, delimitación de área horizontal, perímetro y evaluación de las características de la superficie

Los procedimientos automáticos proporcionan información que va desde la forma de los edificios regulares (RODRÍGUEZ DOS SANTOS; BASSO, 2007), hasta su representación volumétrica asociada a una base de datos (TUY VU; YAMAZAKI; MATSUOKA, 2006). Para ello se utilizan imágenes de alta resolución espacial, convencionalmente de tres bandas visibles o más, y se combinan con información proporcionada por el LIDAR, obteniéndose modelos digitales de terreno, de altura y de superficie digital. Resultan en gran cantidad de información y precisión, y significativa reducción del tiempo requerido para el relevamiento, pero los recursos necesarios (imágenes satelitales de muy alta resolución, combinación con otras fuentes de información no disponibles, elevados costos de adquisición) son de muy alto costo.

Los procedimientos semi-automáticos, que fueron los adoptados para esta investigación, interpretan imágenes urbanas (aéreas o satelitales de libre acceso) aplicando técnicas de segmentación de imágenes. Son considerados como “automáticos parametrizados”, debido a que el usuario aporta datos previos y/o posteriores a la segmentación, la cual se realiza automáticamente. Consiste en dividir las imágenes en regiones con el propósito de separar las partes de interés del resto, simplificándola para facilitar la tarea del operador. En primer lugar la imagen es segmentada para luego extraer las características de los objetos (área, perímetro, etc.). Se aplican a la determinación de superficies y volúmenes, la reconstrucción tridimensional, el diagnóstico

automático y la reducción de información en transmisión y almacenamiento (DEPARTAMENTO..., 2008). Según la calidad y tipo de las imágenes urbanas, los resultados pueden dar información sobre las características físicas de la superficie horizontal.

A partir de las técnicas de segmentación aplicadas (umbralización, detección de bordes, detección de regiones, *clustering*, segmentación de texturas, morfología matemática, redes neuronales, etc.), se pueden obtener características geométricas de los objetos de la imagen (forma y tamaño), de localización (altura, ancho, área, perímetro, factor de forma, etc.) y de intensidad y brillo de la región y su vecindario (valor medio de gris, gradiente medio, características de texturas, contraste, etc.). Estos procedimientos mejoran la velocidad de la adquisición de los datos y minimizan la intervención del operador, obteniéndose prácticamente la totalidad de la información requerida para el relevamiento de un MU (Figura 7).

Modelización energética y ambiental

A partir de las características de los MU, es posible simular la situación energética de cada uno. Para ello se diseñaron modelos ad hoc en función de estándares, normativas y estimaciones existentes para la región climática que se desea analizar. Para Argentina y sus diferentes regiones climáticas, se trabaja con la norma IRAM (de carácter optativo) la cual proporciona estándares térmicos en forma de niveles de asilamiento (INSTITUTO..., 1996).

En un principio se estima la línea base (LB) del área, que representa la situación de consumo energético actual. Luego se proponen diferentes medidas de mejoramiento (MM) para estimar la reducción de los valores obtenidos de la línea base.

Las diferentes medidas se centran en la evaluación energética de los MU, específicamente en relación al consumo de energía durante la ocupación de los edificios. En Argentina las principales fuentes de abastecimiento en el sector residencial son la energía eléctrica y el gas natural. Ante la inexistencia del recurso, es suplantado por gas envasado o quema de biomasa, sobre todo en los sectores sociales más vulnerables. Ante el agotamiento del gas natural en Argentina³, se refuerza la necesidad de proyectar medidas que reduzcan su consumo en el sector residencial.

En función de diagnosticar el consumo de gas para acondicionar los edificios en el período invernal, las medidas propuestas se agrupan en:

- (a) conservación energética optimizando la calidad térmica de la envolvente edilicia;
- (b) aplicación de sistemas solares pasivos para calefacción; y
- (c) aplicación de sistemas solares pasivos para calentamiento de agua.

Cada una de estas medidas requirió desarrollos específicos para su cuantificación. En lo Cuadro 1 se detallan las mismas.

La aplicación de sistemas solares pasivos para calefacción involucró los sistemas directos (ganancia directa por ventanas) y los indirectos (muro calentador solar de aire). Para su desarrollo

a escala urbana fue necesario conocer la cantidad de superficie de fachada asoleada, para lo cuál se estudió el asoleamiento recibido por las fachadas para el día más desfavorable de invierno (el 21 de junio). El análisis de asoleamiento se realizó con un modelo gráfico computacional (MESA; DE ROSA; CORTEGOSO, 1999) que funciona bajo un programa de diseño asistido por computadora (entorno ACAD) y proporciona vistas hora a hora de la volumetría desde la posición del sol, conociendo de esta manera cuáles son las áreas obstruidas por la volumetría misma o por otros objetos (ej. árboles). La comparación de estas áreas con las áreas totales de cada MU permite conocer el grado de obstrucción horario que tiene la volumetría. En función de los porcentajes de obstrucción solar, se calculan las medidas de ganancia solar. Las medidas 5 y 6 (M5 y M6) consideran la ganancia solar directa (GAD) por la fachada formada por ventanas de vidrio simple. La medida 7 (M7) implica considerar que el 50% de la fachada restante puede alojar muros calentadores solares de aire (considerando equipos probados y desarrollados en Argentina, ver Hernández *et al*, 2008).

La aplicación de sistemas solares pasivos para el calentamiento de agua, implica calcular la demanda de agua caliente del sector y la capacidad de generación de agua caliente solar con equipos comerciales (se utilizaron equipos diseñados en Argentina, ver Innovar, 2009) en función de la disponibilidad de superficie horizontal asoleada en el MU. Para ellos se calculó el área horizontal necesaria para entregar agua caliente a toda la población de cada MU.

Medidas de reducción del consumo energético de gas natural ára acondicionamiento de edificios en invierno y calentamiento de agua	
Medidas de conservación energética	M1. Aislción de muros* (K=1,00 W/m ² °C)
	M2. Aislación térmica de techos* (K=1,8 W/m ² °C)
	M3. Cambio de carpinterías de vidrio simple por vidrio doble (K=3,2 W/m ² °C)
	M4. Sumatoria de M1+M2+M3
Medidas de conservación de sistemas solares pasivos para calefacción (SSPC)	M5. Ganancia directa al NE y NO (sobre el 50% de la fachada asoleada)
	M6. Ganancia directa al NE y NO (sobre el 30% de la fachada asoleada)
	M7. Incorporación de muro calentador solar de aire (sobre el 50% de la fachada asoleada)
	M8. Sumatoria de M6+M7
Medida de aplicación de sistemas solares pasivos para calentamiento de agua (SSPCA)	M9. Incorporación de calefones solares para calentamiento de agua (**)

Cuadro 1 - Medidas de ahorro energético aplicadas sobre un MU y resultados

Nota: (*) según nivel B de la norma IRAM 11605; e (**) Este cálculo consideró que un equipo de 2 m² en el área de estudio, necesita una superficie libre de 7 m² para no recibir sombra entre las 10 h y las 14 h, y que con esta superficie se abastece el consumo de agua de una persona.

³ De Dicco (2006) estima un horizonte de las reservas comprobadas de petróleo y gas natural, al nivel de extracción del 2005, de 8,1 y 8,6 años respectivamente.

A partir de las herramientas y procedimientos descritos se desarrolló una aplicación metodológica tendiente a demostrar las potencialidades de la metodología.

Aplicación metodológica

En función a los recursos y herramientas disponibles, en esta instancia se determinó que las herramientas semi-automáticas son adecuadas para procesar los MU. Las técnicas permiten superar a los procedimientos manuales y puede ser aplicada con los recursos disponibles:

- (a) imágenes aéreas en escala 1:20000 (fuente: organismos públicos como Ministerio de Geodesia - Dpto. fotogramétrico, año 1998);
- (b) imágenes digitales de fácil acceso (fuente Google Earth, año 2007); y
- (c) entorno tipo MATLAB⁴ como herramienta.

Entonces, se determina un área homogénea sobre la cual intervenir y seleccionar un mosaico (Figura 8) y se desarrolla y aplica la metodología. Em la Figura 8 se observan tres niveles (alta, media y baja) y las sub-áreas en función de la calidad del sector residencial (CSR) y la situación económica de la población (SEP); en el plano se ha marcando

un sector urbano representativo de un área homogénea de consolidación media, para desarrollar la metodología. En la Figura 9 se observan los pasos y técnicas aplicadas para el procesamiento del MU a partir de las herramientas semi-automáticas.

Modelización espacial

La Tabla 3, muestra el resultado de la modelización espacial sobre las manzanas de un mosaico urbano testigo. Se observa en su síntesis volumétrica que tiene un tejido semi-compacto con la presencia de algunas áreas vacantes (Figura 10). En la Figura 11 se exponen los porcentajes de ahorros de energía obtenidos en el sector.

Los ahorros obtenidos en el sector, son extrapolados a partir de la superficie edificada por manzana, a la totalidad de área homogénea de consolidación media que representan, el 17,3% del total del espacio edificable de la ciudad analizada (1332 ha). Las Figuras 12 y 13 permiten observar con la misma escala de valores, las reducciones en el consumo de gas natural para calefacción por manzana respecto de la línea base.

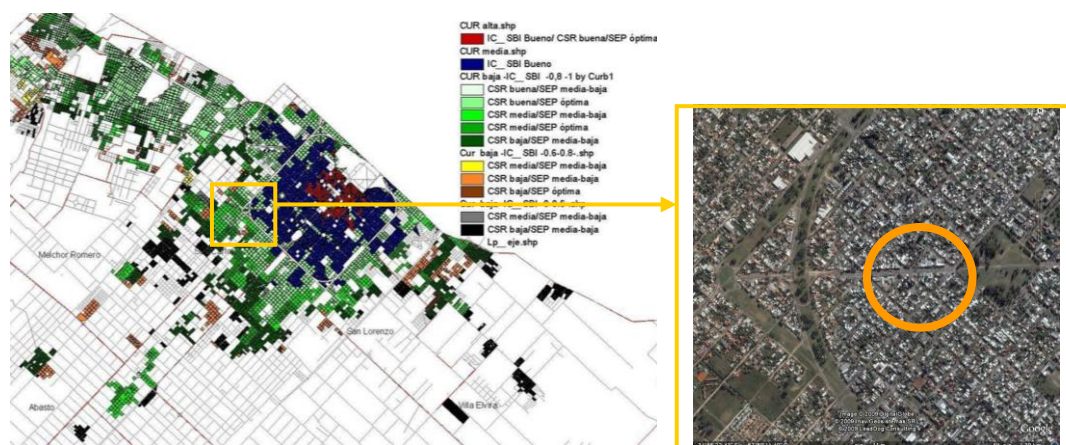


Figura 8 - Evaluación del área urbana de una ciudad intermedia (La Plata, Buenos Aires, Argentina) y formación de áreas homogéneas en función de la consolidación urbana residencial (CUR)

⁴ MATLAB ® es un producto de The MathWorks. Disponible en: <www.mathworks.com>.

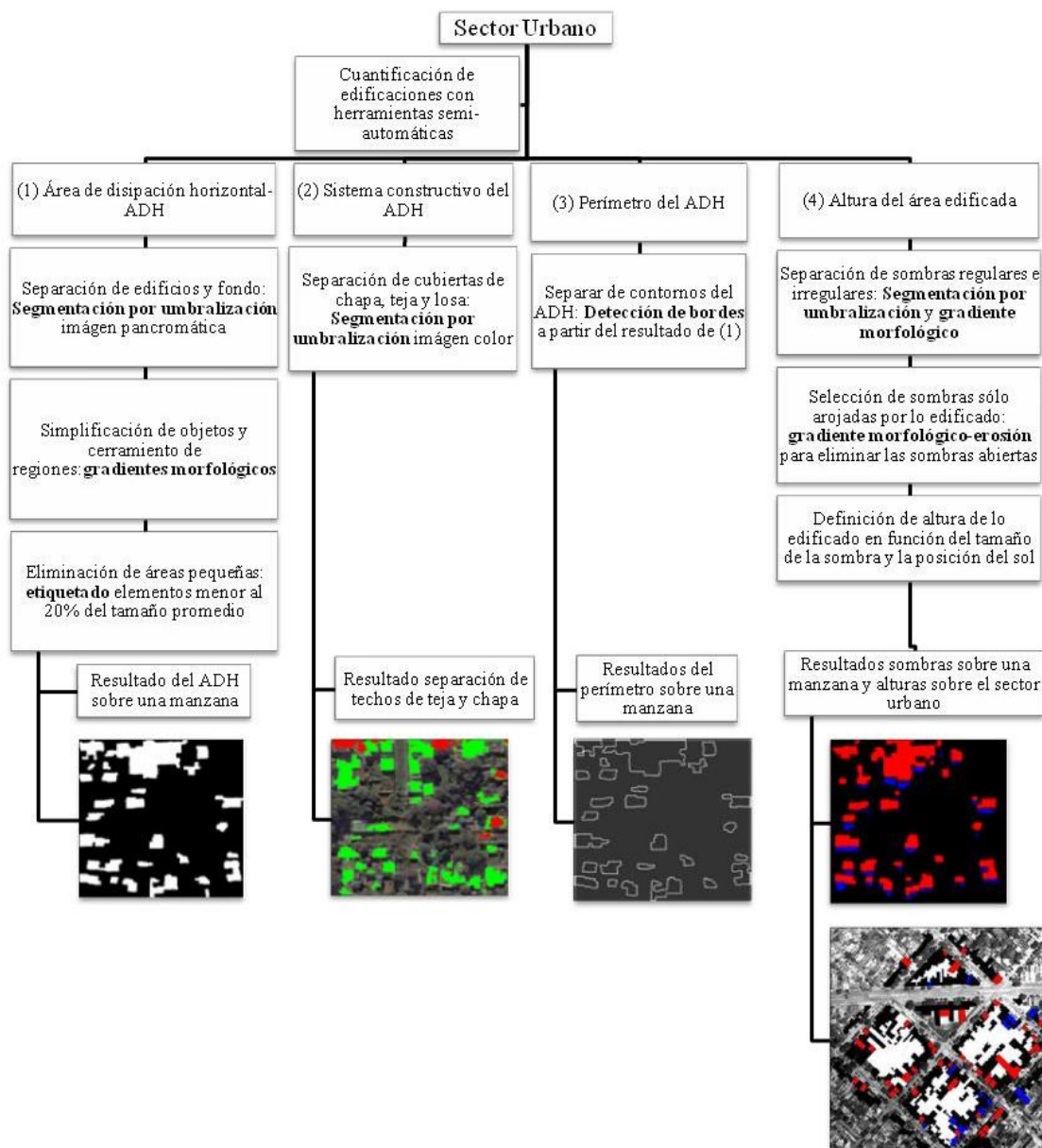


Figura 9 - Diagrama de flujos indicando los requerimientos para procesar los MU, las diferentes técnicas semi-automáticas aplicadas y los resultados gráficos obtenidos sobre una manzana del sector del análisis

Tabla 3 - Resultados obtenidos de la segmentación para cada manzana de un MU

Segmentación- Imagem aérea- MU1- Variable	manzana1		manzana2		manzana3		manzana4		
	Píxeles	m ²	Píxeles	m ²	Píxeles	m ²	Píxeles	m ²	
Área disipación horizontal	Área construida	130124	6256	155022	7453	142896	6870	70054	3368
	Área vacante	169395	8144	144497	6947	156624	7530	229465	11032
	Área total manzana	299520	14400	299520	14400	299520	14400	299520	14400
Perímetro de disipación vertical	6179	1414	6992	1600	6445	1475	4968	1173	
MU1 - Variable Volumen (m ³)	manzana1	manzana2	manzana3	manzana 4	TOTAL				
	29.695,00	35.357,00	30.030,00	24.255,00	119.337,00				

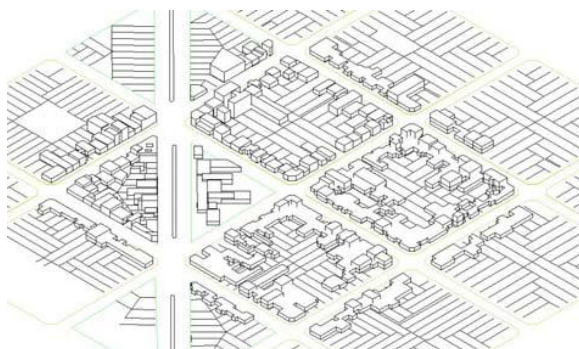


Figura 10 - Síntesis volumétrica de un MU testigo, representativo de un área homogénea de consolidación media, con características de semi-compacidad

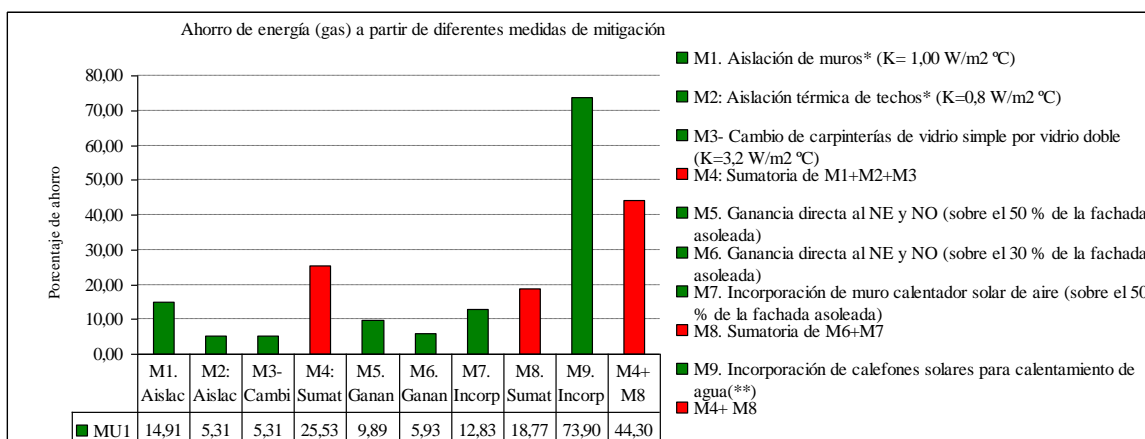


Figura 11 - Porcentajes de ahorro según las diferentes medidas en un MU

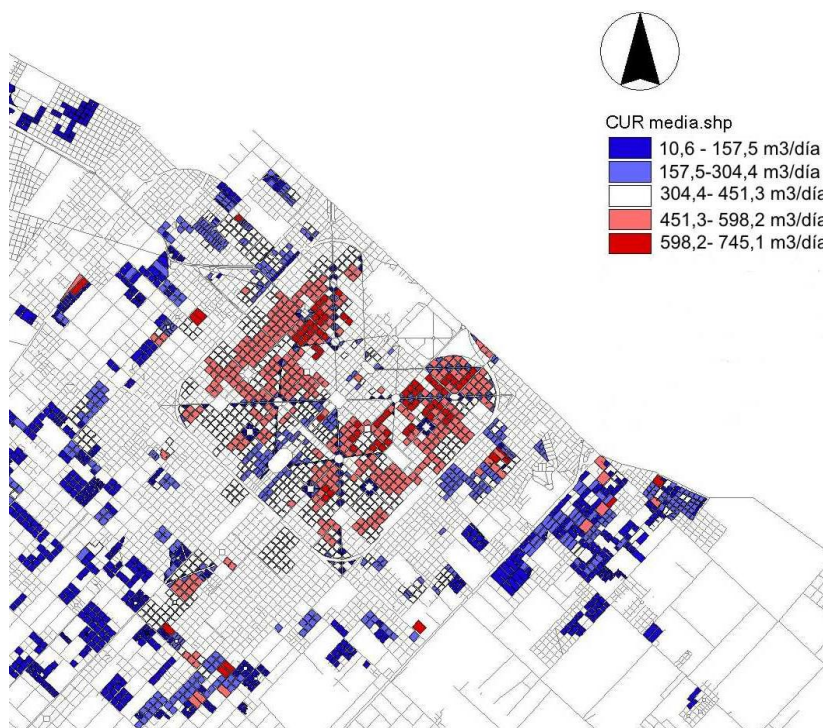


Figura 12 - Extrapolación de resultados sobre el área homogénea representada por el mosaico
 Nota: línea base de consumo de gas natural para calefacción diario por manzana (m³/día), obsérvese la presencia de manzanas con rangos de consumo máximos entre 598,2 y 745,15 m³/día mz.

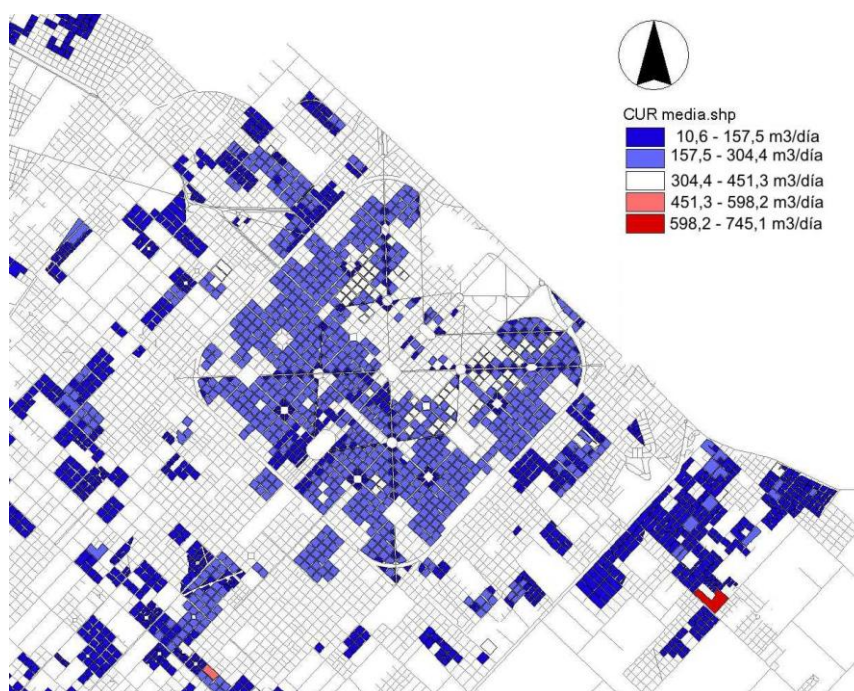


Figura 13 - Extrapolación de resultados sobre el área homogénea representada por el mosaico
 Nota: reducción de consumo de gas natural para calefacción diario por manzana ($m^3/día\ mz$), por la aplicación de medidas de conservación de energía y aprovechamiento solar, obsérvese como el mapa se homogeneiza y los rangos máximos se reducen entre 304,4 y 451,3 $m^3/día\ mz$

Discusión de resultados y consideraciones finales

Del desarrollo conceptual

El concepto de mosaico ha sido ampliamente utilizado en diferentes disciplinas. Se observó mayor relación con nuestra acepción del término en la ecología del paisaje. En ella se desarrolla la definición conceptual y forma de procesamiento y se alcanza la escala urbana al considerar 2 clases de mosaicos territoriales: urbanos y periurbanos. A partir de esta investigación se profundizó más el desarrollo conceptual en esta última escala, la urbana.

Las herramientas de procesamiento de mosaicos más adecuadas se centran principalmente en el análisis de diferentes tipos de fotografía (aérea, satelital) y el uso de rutinas computacionales para la interpretación de objetos. Se destacó el aporte en la síntesis de la información, además del dibujo asistido por computadora, de los sistemas de información geográfica.

Los procedimientos de interpretación de objetos en forma semi-automática que fueron profundizados y utilizados, permitieron obtener los resultados esperados por esta investigación. La adquisición semi-automática contribuyó significativamente al mejoramiento de la eficiencia de la interpretación de los mosaicos, combinando velocidad de las

computadoras y habilidad de interpretación del operador.

De los resultados obtenidos

Del análisis de los porcentajes de ahorro en relación a la línea base calculada se puede observar que la potencialidad energética total de este caso analizado, en función de las medidas de CE y aprovechamiento solar es proporcional a un ahorro de 44,30%. Por otro lado, el aprovechamiento del calentamiento solar de agua es considerable, con un 73,9%. Ambos porcentajes demuestran la significativa potencialidad de esta área, la cual es representativa de una extensión territorial de 1332 ha, lo que implica importantes reducciones en el consumo energético edilicio y urbano (una reducción de consumos máximos de 293,8 $m^3/día\ mz$).

A la hora de seleccionar medidas, la conservación energética resulta más eficiente que el aprovechamiento solar. En particular, la medida de CE que mayor impacto tiene es la aislación en muros (14,91% de ahorro). Pero por otro lado, la medida de aislación en techos y reemplazo de carpinterías son más factibles constructivamente, y para este caso dan como resultado similar proporción de ahorro que la medida de aislación en muros (10,62% de ahorro en techos + carpinterías, 14,91% sólo en muros), con una aplicación que no

afecta a la superficie construida de las edificaciones.

El uso de sistemas solares pasivos para calentamiento de agua (SSPCA) implica un ahorro significativo de energía para la demanda de agua caliente domiciliar (73,9%). Esto se debe a que la superficie de techos asoleada disponible para la instalación de estos equipos supera la necesaria en el MU para la demanda estimada. La energía auxiliar requerida (26%) inevitablemente debe ser entregada por equipos convencionales debido a las condiciones climáticas de la región.

De la metodología

Este trabajo verificó la factibilidad de la metodología aplicable a cada escala que permite obtener resultados, realizar estimaciones de la problemática energética y la vulnerabilidad de cada sector.

En la escala del mosaico urbano, se determinaron los factores a considerar para evaluar las medidas de mejoramiento. Se evaluaron otras metodologías para comprender sus características morfológicas, realizar el relevamiento y cuantificar las potencialidades de aporte de la energía solar sobre los sectores. Se pudo verificar el aporte de cada una. Específicamente, se pudo concluir que la implementación de medidas de aplicación de sistemas solares y conservación de energía, son potencialmente viables.

La capacidad de territorialización de la información, a partir de la selección de sectores, permite visualizar en forma de mapas, las potencialidades de los distintos sectores de la ciudad para evaluar y definir acciones para la planificación sustentable urbana.

Referencias

ARBOIT, M. *et al.* Morfología Urbana y Potencial Solar del Ambiente Construido en Ciudades Andinas de Trazado Hispánico: avances en la evaluación de entornos de baja densidad del área metropolitana de Mendoza. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, Salta, Argentina, v. 9, p. 55-60, 2005.

ATHENITIS A. K., SANTAMOURIS M. **Thermal Analysis and Design of Passive Solar Buildings**. London: The Cromwell Press, 2002. p. 19.

BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL. **Serie 1960-2007**. Versión preliminar del año 2007. Argentina, 2007.

CAIRNS JUNIOR, J. Preparing for the Post-Industrial Age. **Asian Journal of Experimental Science**, v. 22, n. 1, p. 13-24, 2008.

COMPAGNON, C. Solar and Daylight Availability in the Urban Fabric. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 36, n. 4, p. 321-328, 2004.

DE DICCO, R. **¿Odisea Energética? Petróleo y Crisis**. Buenos Aires: Editorial Capital Intelectual. 2006.

DEPARTAMENTO DE FÍSICA MATEMÁTICA Y FLUIDOS. Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Educación a Distancia.

“Segmentación 1” y “Segmentación 3”.

Disponível em:

<http://dfmf.uned.es/actividades/no_reglada/laboratorio/Segmentacion1.html>. Acceso em: 10 ago. 2008.

DI BERNARDO, Elio R. Mosaico Interconectado de Naturaleza: una manera de restituir la dimensión natural en las áreas metropolitanas. **Revista A&P**, Rosario, Argentina, n. 11, p. 4-7, 1996.

DIPUTACIÓN DE BARCELONA. **Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad**. Barcelona: Diputació de Barcelona, 1996.

DÍSCOLI, C. **Metodología para el Diagnóstico Urbano-Energético-Ambiental en Aglomeraciones Intermedias**. 2009. La Plata. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidad Nacional de Salta, La Plata, 2009.

EDWARDS B. **Guía Básica de la Sostenibilidad**. 2. ed. rev. e ampl. España: Gustavo Gili, 2008.

FORMAN, R. T. T. **Mosaico Territorial para la Región Metropolitana de Barcelona**. España: Gustavo Gili. 2004.

GOOGLE EARTH. Microsoft. [Mapa] 2007. Disponível em:

<<http://www.google.com/intl/es/earth/explore/products/desktop.html>>. Acceso em: 20 jun. 2011.

GOULDING, J. R.; LEWIS, O. J.; STEEMERS, T. C. **Energy in Architecture: the european passive solar handbook**. Londres: Batsford for the Commission of the European Communities, 1994.

HASSE, J.; LATHRO;P. R. Land Resource Impact Indicators of Urban Sprawl. **Applied Geography**, v. 23, n. 2/3, p. 159-175, abr. 2003.

HERNÁNDEZ, A. *et al.* Diseño y Evaluación Térmica de un Colector Solar Calentador de Aire de Placa Perforada para Calefacción de Edificios. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, Salta, Argentina, v. 12, 2008.

- INNOVAR. **Calefones Solares Serie H Terassol**. Disponível em: <<http://www.innovarsrl.com.ar/Calefones%20solar%20serie%20h.htm>>. Acesso em: 1 set. 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. **Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas**. 2001. Disponível em: <<http://www.indec.gov.ar.html>>. Acesso em: 1 nov. 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. **Estadísticas de la Construcción**. 2010. Disponível em: <<http://www.indec.gov.ar.html>>. Argentina, 2010. Acesso em: 1 nov. 2010.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. **IRAM 11605: acondicionamiento térmico de edificios, condiciones de habitabilidad en edificios**. Buenos Aires, 1996.
- JONES, P.; PATTERSON, J.; LANNON, S. Modelling the Built Environment at an Urban Scale: energy and health impacts in relation to housing. **Landscape and Urban Planning**, v. 83, n. 1, p. 39-49, 2007.
- MATTEUCCI, S. D. *et al.* **El Alto Paraná Encajonado Argentino-Paraguayo: mosaicos de paisaje y conservación regional**. Buenos Aires: FADU, 2004.
- MESA, N. A.; DE ROSA, C.; CORTEGOSO, J. L. Modelo Gráfico Computacional para la Determinación el Área de Fachadas Potencialmente Colectoras en Medios Urbanos. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, Salta, p. 77-80, 1999.
- MINISTERIO de Infraestructura, Subsecretaria de Obras Públicas. Departamento Fotogramétrico. 1998. Disponível em: <<http://www.mosp.gba.gov.ar/sitios/geodesia/deptos/fotogrametrico.php>>. Acesso em: 20 jun. 2011.
- NATIONAL GEOGRAPHIC. **Revista Energía del Futuro**. Edición especial. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: 2009. p. 45.
- POELMANS, L.; ROMPAEY, A. Detecting and Modelling Spatial Patterns of Urban Sprawl in Highly Fragmented Areas: a case study in the Flanders-Brussels region. **Landscape and Urban Planning**, v. 93, n. 1, p. 10-19, 2009.
- RATTI, C.; BAKER, N.; STEEMERS, K. Energy Consumption and Urban Texture. **Energy and Buildings**, v. 37, n. 7, p. 762-776, 2005.
- RODIEK, J. Landscape and Urban Planning Cover for 2009. **Landscape and Urban Planning**, v. 89, n. 1/2, p. 1-2, 2009.
- RODRÍGUEZ DOS SANTOS, D.; BASSO, M. A. Deteccao Automatica de Sombras e Hipótesis de Edificacoes em Imagens Digitais. In: JORNADAS DE JÓVENES INVESTIGADORES DE LA AUGM, 15., Asunción, 2007. **Anales...** Asunción: UNA, 2007.
- RUANO M. **Ecourbanismo, Entornos Humanos Sostenibles: 60 proyectos**. 2. ed. Madrid: Gustavo Gili, 2007.
- RUEDA, S. **La Ciudad Compacta y Diversa Frente a la Conurbación Difusa**. 1997. Disponível em: <<http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html>>. Acesso em: 2 fev. 2009.
- SUREDA, V. **Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad**. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2000.
- TIMMS, D. **El mosaico Urbano: hacia una teoría de la diferenciación residencial**. Madrid: Editorial IEAL, 1976.
- TUY VU, T.; YAMAZAKI, F.; MATSUOKA, M. Object-Based Extraction of Building Features from LiDAR and Aerial Photograph- MORPHOSCALE Method. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON REMOTE SENSING FOR POST-DISASTER RESPONSE, 4., Cambridge, 2006. **Anales...** Cambridge, 2006.
- UNITED NATIONS POPULATION DIVISION. UNPD. **World Urbanization Prospects: the 2007 revision**. New York, 2007. Disponível em: <<http://esa.un.org/unup/p2k0data.asp.html>>. Acesso em: 12 out. 2009.
- VERBEECK, G.; HENS, H. Energy Savings in Retrofitted Dwellings: economically viable? **Energy and Buildings**, v. 37, n. 5, p. 747-754, maio 2005.
- VIEGAS, G. **Evaluación del Potencial Energético e Intervenciones de Mejoramiento del Entorno Edificio en Áreas Urbanas de Media y Baja Consolidación: la ciudad de La Plata como caso de estudio**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidad Nacional de Salta, Salta, 2010.

Revista Ambiente Construído

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

Fax: +55 (51) 3308-4054

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br