

PAUTAS PARA EL RECICLADO MASIVO DE LA ENVOLVENTE EDILICIA RESIDENCIAL¹

54

GUIDELINES FOR THE LARGE-SCALE RECYCLING OF RESIDENTIAL BUILDING
ENVELOPES

CARLOS A. DÍSCOLI 2
IRENE MARTINI 3
GRACIELA M. VIEGAS 4
DANTE A. BARBERO 5
LUCAS G. RODRÍGUEZ 6

- 1 Investigación financiada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina. Proyecto PIP 112-2011-0100097, CONICET
- 2 Investigador Independiente del CONICET, Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata, 47 n° 162, La Plata (1900), Provincia de Buenos Aires, Argentina. discoli@rocketmail.com.
- 3 Investigadora Adjunta del CONICET, Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata, 47 n° 162, La Plata (1900), Provincia de Buenos Aires, Argentina. irenemartini@conicet.gov.ar.
- 4 Investigadora Asistente del CONICET, Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata, 47 n° 162, La Plata (1900), Provincia de Buenos Aires, Argentina. gachiviegas@yahoo.com.ar
- 5 Investigador Adjunto del CONICET, Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata, 47 n° 162, La Plata (1900), Provincia de Buenos Aires, Argentina. dantebarbero@yahoo.com.ar.
- 6 Investigador-docente del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata, 47 n° 162, La Plata (1900), Provincia de Buenos Aires, Argentina. arqlucasgrodriiguez@gmail.com.

El trabajo presenta una metodología orientada al desarrollo de pautas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial. Se aplica en la ciudad de La Plata, Argentina. Se aborda a partir de la identificación de áreas urbanas definidas, mosaicos representativos y la edilicia residencial. En la escala edilicia se implementa una metodología de clasificación que permite identificar tipologías y establecer los patrones tecnológicos actuales y sus posibles sustitutos con el objeto de lograr una mayor eficiencia energética. Se construyó un escenario base con las tecnologías actuales y se aborda el reciclaje generalizado con las mejoras previstas, optimizando la envolvente y su habitabilidad. La integración de los resultados parciales, permite evaluar las potenciales mejoras a los efectos de dimensionar la reducción de la demanda energética en el sector residencial.

Palabras clave: reciclaje, edificios de viviendas, consumo de energía, fachada

This paper presents a methodology for the identification of technologies and guidelines for the large-scale recycling of residential building envelopes. Conducted in the city of La Plata, Argentina, the study is based on the identification of defined urban areas, representative mosaics and residential buildings. A classification methodology was implemented at the building scale to identify typologies and establish current technological patterns and their possible replacements in order to achieve greater energy efficiency. A base scenario with current technologies was created, and large-scale recycling with the planned improvements was analyzed to thus optimize building envelopes and their habitability. With initial results, it is possible to evaluate potential improvements to measure the reduction in energy demand in the residential sector.

Keywords: recycling, residential buildings, energy consumption, facade

INTRODUCCIÓN

El trabajo profundiza sobre los desequilibrios energético-ambientales de la ciudad a fines del siglo XX en la Argentina, y las posibilidades de revertir masivamente dicha situación en el contexto de los cambios institucionales y sociales de la región. La debilidad institucional imperante a fines del siglo pasado, promovida por el neoliberalismo y la desregulación económica, llevó a las ciudades a situaciones de profunda fragmentación urbano-social; y a una especulación inmobiliaria de baja calidad constructiva y térmica, altamente dependiente de los recursos energéticos estratégicos no renovables. Simultáneamente, este proceso llevó a que las diferentes consolidaciones de la edificación en el ejido urbano generaran fuertes desequilibrios territoriales a partir de inequidades en su infraestructura básica de servicios (energéticos, agua y cloacas entre otras).

El contexto institucional actual y las normativas hoy vigentes muestran acciones pertinentes tendientes a revertir dichos desequilibrios urbano-sociales y energético-ambientales, sin desconocer el contexto energético regional y global. Sin embargo la edificación urbana existente, fundamentalmente residencial, acompañada de un poder de consumo superlativo, es causante de fuertes demandas energéticas recurrentes. Esto lleva a una competencia de demandas entre sectores, principalmente industriales, ocasionando cortes de suministros y sustitución de fuentes por otra más costosas y contaminantes. En consecuencia entendemos que es fundamental comenzar a delinear estrategias apropiadas para nuestro contexto, que permitan en el futuro mediano hacer intervenciones masivas en la misma, tema que ya ha sido abordado con buenos resultados a nivel internacional en los países centrales. Actuar sobre este parque edilicio permitirá modificar significativamente la matriz energética nacional.

Para su instrumentación se presenta una metodología orientada a intervenir de manera masiva en la mejora de eficiencia energética de la envolvente edilicia residencial construida. La misma se realiza en el marco del proyecto "Desarrollo de tecnologías y pautas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial orientado al uso racional y eficiente de la energía en áreas urbanas", PIP 112-2011-0100097, CONICET. Se aplica para la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina, en donde convergen diferentes niveles de complejidad y escalas de análisis. Se utilizan áreas urbanas definidas (Autor, *et al.* 2012) y mosaicos representativos (Autor, *et al.* 2008). Su georreferenciación y características nos permitirán aproximar su representatividad en las diferentes zonas del tejido urbano. En cuanto a la escala edilicia se trabaja sobre una metodología

de clasificación que permite identificar patrones tipológicos, y establecer las tecnologías predominantes a los efectos de evaluar acciones de reciclado con mayor eficiencia. Se elabora un escenario base de consumo de energía para calefacción con las tecnologías actuales, y se aborda el reciclaje generalizado con las mejoras previstas, optimizando la envolvente y su habitabilidad. La integración de los resultados parciales, permitirá evaluar las potenciales mejoras a los efectos de dimensionar la reducción de demanda energética sectorial.

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La ciudad y su edificación han evolucionado en correspondencia con las dimensiones geográfico-climáticas, culturales, sociales, económicas y tecnológicas de cada región. Si bien existen factores diferenciales que se identifican en cada una de ellas, prácticamente todas fueron consolidando su alta dependencia con la energía utilizando recursos fósiles en sus diferentes formas de uso. Esta situación, en el marco del contexto energético y climático actual, nos lleva a la necesidad inmediata de replantear dicha demanda.

Luego de la primera crisis petrolera (1974) los países energointensivos necesitaron replantear las formas de uso y su eficiencia energética en todos los sectores involucrados. En el sector edilicio residencial, los países desarrollados han introducido con éxito medidas y principios relacionados con el uso racional, la conservación, la eficiencia. Se trabajó en primera instancia en el análisis y desarrollo de medidas de rehabilitación progresiva en el parque edilicio existente y durante el proceso de reciclado, se sentaron las bases normativas para la edificación nueva. En Europa y Estados Unidos las técnicas de conservación y Uso Racional de la Energía (URE) lograron significativos resultados a más de tres décadas de su lanzamiento. Las reducciones de energía logradas en la primera década de intervención oscilaron entre el 15 y 45% en el sector residencial. Por ejemplo, el consumo de energía de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) creció solamente el 4% entre 1973-1985, mientras que el PBI creció en el mismo período el 30% (Rosenfeld, *et al.* 1993). Países como España a través del IDAE (IDAE, 1986) y Francia por medio del ADEME (ADEME, 1986), y el COSTIC, llevaron a cabo la organización e implementación del reciclado sistemático de gran parte de la edificación a nivel nacional. Se realizaron numerosas publicaciones orientadas a la difusión, a la capacitación y al desarrollo científico-académico ⁷. Al igual que los ejemplos mencionados, el resto de los países desarrollados en su conjunto actuaron en consonancia entendiendo que no es necesario mencionar las singularidades de cada proceso.

⁷ Entre ellas podemos mencionar los manuales de diagnóstico "Guide de diagnostic thermique" editado por el AFME en 1987, software tales como el Media-Mi y el Media-Lc orientado a la evaluación energética integral de edificios terciarios y viviendas desarrollado por el AFME, 1988; y cartillas de difusión por regiones y por rubros de intervención bajo el lema "Pour en savoir plus", desarrolladas por el ADEME, 1988.

Con el tiempo, en gran parte de los países europeos, las medidas y los principios de Passive House Retrofit (PHR) se han ido introduciendo con éxito en la rehabilitación del parque edificatorio existente, permitiendo minimizar los efectos de las crisis energéticas de las últimas tres décadas. Actualmente los ahorros de energía alcanzados pueden variar en un rango del 80-95% dependiendo de las tipologías⁸ (Verbeeck, *et al.* 2005), (Rodríguez González, *et al.* 2011).

Paralelamente en la región Latinoamericana, los efectos de las crisis petroleras generaron acciones similares con escenarios político-institucionales diferentes. Si bien las perspectivas en los niveles de demandas respecto a algunos países desarrollados eran un tanto menores, las prospectivas en cuanto a los recursos, también eran más alentadoras. En el caso de Argentina, las reservas registradas en esas décadas eran sustantivas, pero las políticas posteriores de privatizaciones, desregulaciones, desinversiones y exportaciones desmedidas llevaron a dilapidar gran parte de los recursos estratégicos existentes. Esto llevó a una relación entre la oferta y la demanda muy diferente con efectos posteriores de desabastecimiento energético. Entre las consecuencias se pudo observar un sector industrial-productivo desmantelado, fuerte desocupación; y una profunda fragmentación urbano-social, con una especulación inmobiliaria de baja calidad constructiva y térmica altamente dependiente de los recursos energéticos estratégicos no renovables. Simultáneamente, este proceso también llevó a que las diferentes consolidaciones de la edificación en el tejido urbano generaran fuertes desequilibrios territoriales a partir de inequidades en su infraestructura básica de servicios (energía, agua y cloacas). Hoy día dicha relación se sostiene con fuertes importaciones de gas y combustibles, situación que se intenta revertir a partir de la renacionalización de la empresa YPF.

A pesar de la inestabilidad político-institucional de las décadas finales del siglo XX, se llevaron adelante trabajos de investigación que permitieron aunque con algunas discontinuidades, sentar las bases y formar parte de los antecedentes para los programas hoy vigentes. Como ejemplo para nuestra zona de incumbencia podemos citar los proyectos y desarrollos realizados en la década del '80, donde se trabajó en la identificación de los consumos energéticos en el sector residencial, se describieron las modalidades del uso de la energía y se elaboró una metodología para ese entonces inédita que tenía como objetivo evaluar en forma masiva el parque edilicio a través de auditorías energéticas globales y detalladas (Rosenfeld, *et al.* 1985/1986). En los '90 se profundizó sobre el potencial de uso racional

de la energía –URE- (Rosenfeld, *et al.* 1999/2002), en el Áreas Metropolitana de la ciudad de Buenos Aires y La Plata, Argentina; en donde se mejoraron los procedimientos básicos de diagnóstico a gran escala, en viviendas residenciales. En el año 2005 se participó en la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático⁹ que permitió analizar el comportamiento energético del sector residencial a nivel nacional y elaborar una serie de lineamientos conformados en un portafolio de medidas. Paralelamente en la escala urbana se desarrolló un sistema de diagnóstico que permite evaluar las redes de infraestructura, en particular a las proveedoras de energía en todas sus formas y tipos de uso (Autor *et al.* 2009/2011). Se abordaron diferentes escalas de la ciudad (global y local), y se obtuvieron mapas que visualizan el estado de calidad de las redes de infraestructura energética y servicios.

Actualmente, existe en la Argentina un contexto institucional diferente que ha generado acciones orientadas a revertir sustantivamente los desequilibrios socio-económico mencionados, mejorando la calidad de vida de la población en cuanto a la recuperación del trabajo y los niveles de ingresos. Sin embargo, en relación a la política energética, el Estado, ha actuado en forma no planificada y recurriendo, la mayoría de las veces, a costosas soluciones de urgencia: como unidades generadoras de energía eléctrica de pequeño tamaño, consumidoras de hidrocarburos líquidos importados de alto costo. Además, los subsidios y la política de precios regulados, abarataron un conjunto de bienes y servicios, lo cual generó, por un lado, una sobre-expansión del consumo y, por el otro, desestimuló la inversión. En síntesis, el sistema está manejado con visión cortoplacista, no planificado a largo plazo, con inversiones que se encuentran retrasadas y como consecuencia, exhibe un funcionamiento técnicamente deficiente con perspectivas a agravarse (APUD, *et al.* 2014).

Tanto la edificación residencial urbana existente como la reciente, son causantes de consumos energéticos superlativos. Esta situación ha llevado a una competencia de demandas entre sectores, principalmente el industrial, ocasionando cortes de suministros, algunas dificultades en la cadena de producción, y sustitución de fuentes por otra más costosas y contaminantes. En este nuevo marco se plantearon normativas de eficiencia energética que avalan las propuestas de este trabajo¹⁰. En consecuencia entendemos que para reducir esta demanda y hacer un uso eficiente de los recursos es fundamental comenzar a delinear estrategias apropiadas para nuestro contexto, que permitan en el futuro mediato hacer intervenciones masivas en

⁸ Pagina WEB de Passive House Retrofit: <http://www.energieinstitut.at/Retrofit/> 20-05-2011.

⁹ En octubre de 2006 el equipo de investigación de la UI2 IDEHAB-FAU-UNLP presentó el informe final de "Medidas de Eficiencia Energética. Informe Final -2005." Proyecto BIRF N° TF 51287/AR. "Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático", 3 vol.: I, 193p.; II, 349p.; III, 299p.

¹⁰ Decreto nacional N°140/2007 orientado al uso racional y eficiente de la energía en todas sus formas de uso; y la Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 13.059.

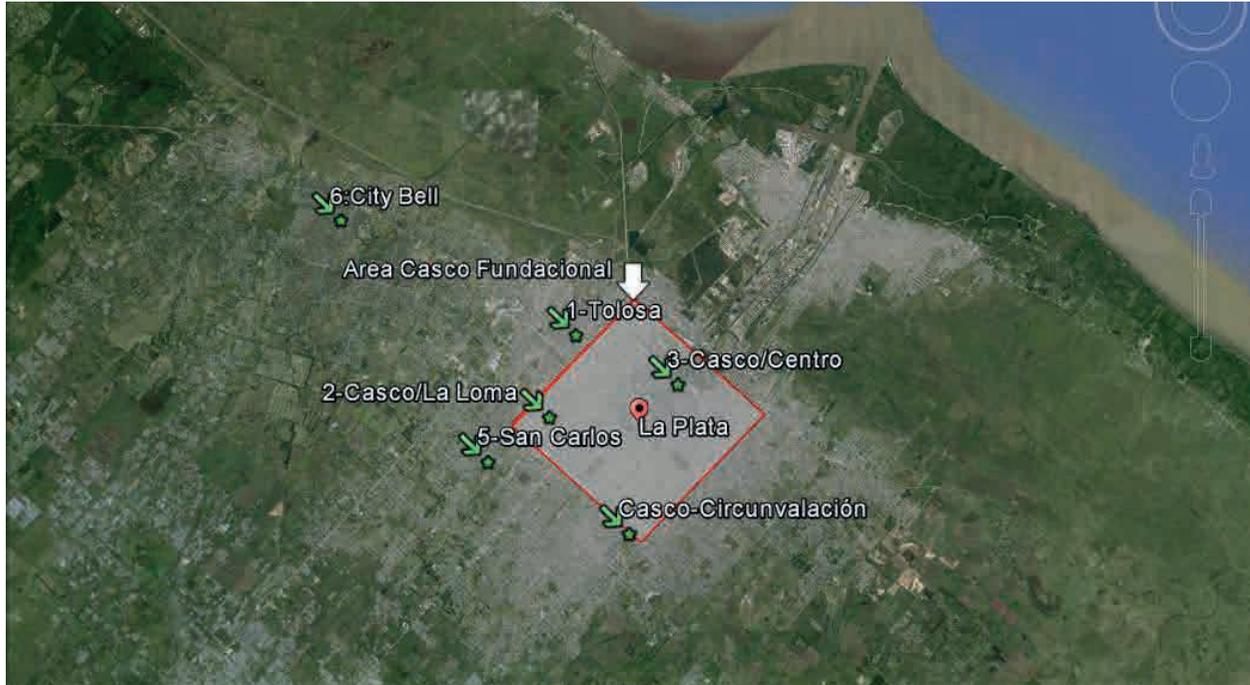


Figura 1 Localización de las áreas de análisis de la ciudad de La Plata. El recuadro en rojo indica la zona denominada Casco Fundacional, por ser el trazado inicial de la fundación de la ciudad en 1882.

la edificación existente, tema que ya ha sido abordado con buenos resultados a nivel internacional. Actuar sobre el parque edilicio permitirá modificar significativamente la matriz energética nacional y minimizar las competencias intersectoriales.

METODOLOGÍA DE ABORDAJE PROPUESTA

Para su instrumentación se presenta una metodología que integra mapas urbanos obtenidos por un modelo de calidad de vida (Autor, *et al.* 2012), identificando áreas con consumos energéticos definidos y mosaicos urbanos representativos (Autor, *et al.* 2008) para la identificación de tecnologías constructivas y tipologías edilicias. Su georreferenciación y características nos permitirán aproximar su representatividad en las diferentes zonas del tejido urbano. Dentro de cada mosaico se trabajará en una preclasificación de atributos de la edificación a los efectos de establecer patrones urbanos característicos. En cuanto a la edificación propiamente dicha se hace una clasificación exhaustiva de las tipologías y las tecnologías presentes a los efectos de cotejar con las detectadas en el mosaico urbano y evaluar eficiencias y sistemas de reciclado sustitutos. Se construye un escenario base con las tecnologías actuales y se aborda el reciclaje generalizado con las mejoras previstas,

optimizando la envolvente y su habitabilidad. La integración de los resultados parciales, permite evaluar las potenciales mejoras a los efectos de dimensionar la reducción de demanda energética sectorial.

Entre las etapas en desarrollo podemos mencionar:

1. Determinación de mapas urbanos destinados a evaluar la densidad energética del sector residencial y su distribución en el territorio.
2. Identificación de mosaicos urbanos representativos como unidades de referencia de la ciudad y detección de atributos edilicios.
3. Desarrollo de un sistema de implementación y valoración de tecnologías de reciclado masivo apropiado a las condiciones tecno-económicas de la región.
4. Integración de resultados en las diferentes escalas

DESARROLLO

Determinación de mapas urbanos destinados a evaluar la

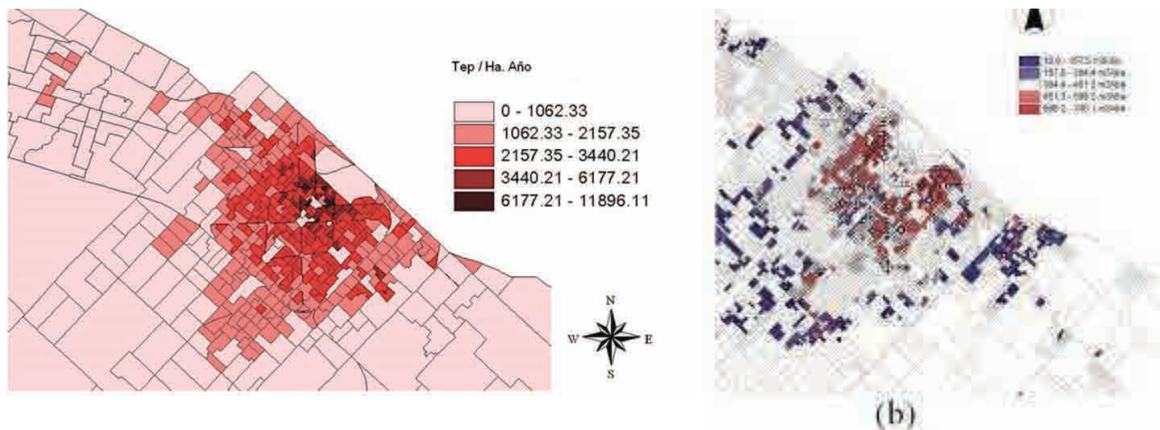


Figura 2 Densidad energética urbana por radio censal (gas natural y electricidad). 2b. Línea base de consumo de gas natural para calefacción por manzana en m³ diarios. (Elaboración propia, año 2000).

densidad energética del sector residencial y su distribución en el territorio.

Para caracterizar la demanda energética del sector residencial se utilizaron encuestas estructuradas de hogares de diferentes décadas que permitieron verificar y contrastar la estructura social del área y establecer patrones de consumo (AUDIBAIRES, 1986), (URE-AM, 2000), (Rosenfeld, Y. *et al.*, 2000). La figura 1 muestra la ciudad de La Plata con sus distintas zonas o barrios, donde se puede observar el área del Casco Fundacional, que es el primer trazado de la ciudad.

El consumo promedio total anual en TEP por hectárea (energía eléctrica y gas natural) fue georreferenciado en SIG por radio censal. Los resultados se muestran en la figura 2a. Se verifica una mayor densidad del consumo de energía en el Casco Fundacional relacionado con la densidad edilicia y el mayor número de ocupantes. Para establecer las demandas asociadas a la climatización de invierno con relación a la calidad de la envolvente edilicia, se desagrega la energía consumida individualizando el uso gas natural para calefacción. La figura 2b muestra la demanda de gas natural promedio diaria para climatización en unidades territoriales menores (manzana). En relación a la unidad territorial de manzana se pueden observar valores promedio máximos de consumo de entre 598 y 745 m³/día que extrapolados a la temporada invernal daría como resultado un consumo en climatización de la manzana de entre 53.820 y 67.050 m³/año¹¹.

La caracterización de consumos permitió formular la línea base para el año 2000 para las unidades territoriales básicas del tejido urbano (radio censal-manzana), estableciéndose diferentes situaciones de demandas energéticas. A partir de las demandas reales se pueden formular perfiles de consumo territoriales y se definen mosaicos urbanos de abordaje en función de las diferentes consolidaciones de la ciudad.

Identificación de mosaicos urbanos representativos como unidades de referencia de la ciudad y detección de atributos edilicios.

El concepto de mosaico urbano reconoce un área de la ciudad conformada por componentes diversos (Autor, 2012). A nivel particular esta diversidad puede estudiarse por la materialidad, la forma individual y la conjunción espacial de los componentes, dando lugar a un patrón formal de territorio. Profundizar en los aspectos morfológicos-tipológicos de los componentes permite clasificar tipos de mosaicos. Los principales componentes son las unidades edilicias que se asocian a tipologías/tecnologías de edificio conocidas, que se ordenan en parcelas.

Para identificar y facilitar el relevamiento de los mosaicos se utilizan imágenes satelitales gratuitas (Google Earth) o aéreas en escala 1:20000 (Fuente: organismos públicos como Ministerio de Geodesia - Dpto. fotogramétrico, año 1998) a partir de interpretación visual transformada en información vectorial, aplicando técnicas semi-automáticas y utilizando Sistemas de

¹¹ Se debe considerar que estos resultados corresponden a la climatización durante 90 días de invierno (de junio a agosto) y manzanas de mayor ocupación edilicia (entre 20 y 40 viviendas por hectárea, las coloreadas en rojo en la figura 2b).

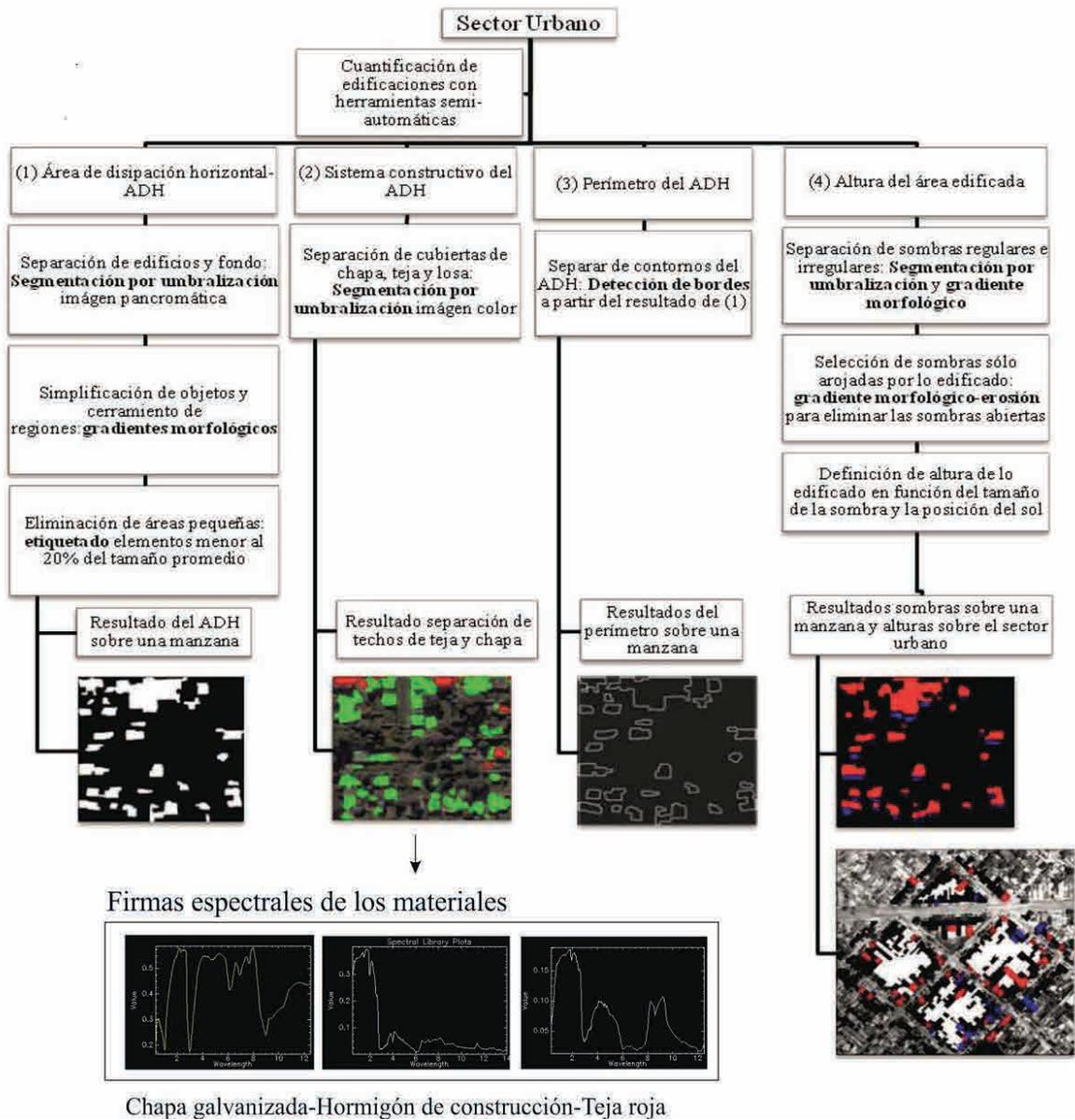


Figura 3 Diagrama de flujos indicando los requerimientos para procesar el mosaico urbano. Resultados gráficos obtenidos sobre una manzana del caso de estudio. Avances en la detección a partir de firmas espectrales de los materiales de construcción (elaboración propia).



Figura 4 Tipologías edilicias de la ciudad de La Plata (elaboración propia).

Información Geográfica (SIG) (Matteucci, S. *et al.* 2004) y entorno tipo MATLAB 4. Los atributos que se han podido reconocer se describen en la figura 3. Complementariamente, se está trabajando en el procesamiento de imágenes satelitales con alta resolución espacial y espectral (imágenes del satélite SPOT) para realizar clasificaciones de las características constructivas del área horizontal a partir de la firma espectral de los diferentes materiales constructivos.

Los desarrollos expuestos permiten trabajar sobre los mosaicos urbanos característicos de la ciudad de La Plata, representados por distintos tipos de conformaciones urbanas-tipológicas y tecnológicas. Se definen mosaicos que determinan una extensión aproximada de manzana de entre 10000 y 14000 m² aproximadamente. De allí podemos observar el porcentaje de cada tipología en el mosaico analizado, e identificar aspectos morfológicos de la edilicia y las características constructivas, tendientes a definir tipologías y tecnologías constructivas características del área de estudios que puedan ser abordadas de manera sistemática para su intervención masiva. La figura 4 muestra las morfologías edilicias detectadas y sus características constructivas (lo que se profundiza en el punto 4.3).

La tabla 1 muestra la localización de los mosaicos urbanos seleccionados (los barrios y zonas se indicaron en el mapa de la figura 1), y se detalla en cada uno de ellos la ocupación del suelo (determinada por el factor de ocupación del suelo-FOS-

que expresa el área edificada sobre el suelo respecto del área vacante) que varía entre los barrios más dispersos con relación a las áreas más densas inscriptas dentro del Casco Fundacional y sus áreas próximas. City Bell y San Carlos (barrios distanciados del Casco o área central) tienen valores de FOS bajos (0,35 y 0,33), mientras que el Casco tiene valores de FOS del doble (0,61). El factor de ocupación total del terreno –FOT- (considera toda la superficie, sobre el suelo y los pisos sucesivos) es elevado en City Bell (0,87) y en el Casco (1,18). En el resto de las áreas es de alrededor de 0,6.

Se observa amplia diversidad tipológica de viviendas en las distintas áreas, destacándose a nivel general una mayoría de tipologías cajón en una planta y dos plantas (son viviendas de planta compacta). En los alrededores del Casco los porcentajes de estas dos tipologías son mayores. Los edificios de propiedad horizontal en altura se hacen notorios en el Casco. Y los chalets que antes caracterizaban ciertas zonas como Tolosa, son una tipología que ya casi no se observa debido al recambio de la edilicia.

En función de la caracterización tipológico-morfológica de los distintos mosaicos urbanos, es posible avanzar en la siguiente etapa de estudio de los tipos edilicios y mejora de sus tecnologías.

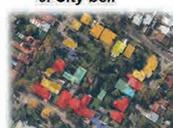
Localización		Indicadores						Tipología constructiva											
		Superficie de terreno	Superficie ocupada de suelo	Superficie construida total	Superficie construida residencial	FOS	FOT	chalet 1 piso	chalet 2 pisos	chorizo 1 piso	chorizo 2 pisos	cajón 1 piso	cajón 2 pisos	PH	duplex	PH altura	otros-galpones, quinchos, otras (poco compacta) 1 piso	otros (poco compacta) 2 piso	
1. Tolosa 	m ²	13.537	7.113	8.587	6.943			124	-	-	-	3.053	1.742	236	141	519	1.644	280	848
	adimensional					0,53	0,63												
	%							1	-	-	-	36	20	3	2	6	19	3	10
2. Casco-La Loma 	m ²	14.690	6.630	8.997	8.373			267	-	-	-	3.398	3.708	-	-	813	624	187	
	adimensional					0,45	0,61												
	%							3	-	-	-	38	41	-	-	9	7	2	0
3. Casco-Eje Fundacional 	m ²	14.518	8.863	17.138	10.925			-	-	1.357	1.320	0	698	-	-	7.550	6.213	-	-
	adimensional					0,61	1,18												
	%							-	-	8	8	-	4	-	-	44	36	-	-
4. Casco-Circunvalación 	m ²	14.387	6.970	8.664	7.514			392	1.212	-	-	1.382	834	1.492	1.344	-	1.150	858	-
	adimensional					0,48	0,60												
	%							5	14	-	-	16	10	17	16	-	13	10	-
5. San Carlos 	m ²	14.335	4.690	5.317	4.332			352	-	-	-	1.550	158	-	-	-	985	1.174	1.098
	adimensional					0,33	0,37												
	%							7	-	-	-	29	3	-	-	-	19	22	21
6. City bell 	m ²	9.927	3.489	8.664	7.514			392	1.212	-	-	1.382	834	1.492	1.344	-	1.150	858	-
	adimensional					0,35	0,87												
	%							5	14	-	-	16	10	17	16	-	13	10	-

Tabla 1 Áreas características de la ciudad de La Plata. Mosaicos de referencia y caracterización formal y tipológica de los mosaicos (elaboración propia).

Desarrollo de un sistema de valoración de tecnologías de reciclado masivo apropiado a las condiciones tecnológicas de la región.

En este punto se integra el análisis tipológico de la edificación, los sistemas constructivos y los componentes a los efectos de evaluar propuestas de reciclado masivo del conjunto edilicio o partes significativas. Para ello se plantea una clasificación y evaluación del parque edilicio residencial existente; y el desarrollo de un índice de eficiencia energético-económico. Se trabaja a partir de estudiar y definir la representatividad tipológica de las unidades edilicias residenciales, teniendo en cuenta en la clasificación aspectos funcionales, morfológicos, constructivos, histórico-temporales y modalidad de gestión (Rosenfeld *et al.* 1988). En cuanto a su tecnología y componentes, se trabaja a nivel de muros, cubiertas, aberturas y uniones, definiendo especificidades para cada caso (Autor, *et al.* 2011).

La instrumentación del sistema de implementación y valoración de tecnologías para el reciclado masivo requirió abordar las siguientes etapas:

Clasificación tipológica

Para la identificación y delimitación a nivel morfológico se adopta el criterio de tipología (De Rosa, 1989), cuya ventaja fundamental radica en su capacidad de síntesis y reconocimiento contextual. Este abordaje nos permite incluir las 260000 viviendas existentes en La Plata en un número reducido de unidades representativas, reconocidas con gran facilidad tanto por los profesionales en el tema como por las personas no especializadas. Por lo tanto se adoptó y avanzó en la clasificación desarrollada en el proyecto AUDIBAIRES (Rosenfeld *et al.*, 1988). Se detectaron 7 tipologías morfológicas representativas para La Plata (Fig. 4): *casa chorizo*; *casa de renta* (pasillo, cuatro puertas, en altura); *chalet californiano*; *casa racionalista*; *casa cajón* (de iniciativa privada o estatal); bloque bajo o *monobloque* (en dúplex o simples apilados); *edificio PH en altura* (entre medianeras, torre, placa).

Clasificación tecnológico-constructiva

En cuanto a la clasificación a nivel tecnológico-constructivo, se han reconocido dos grandes grupos. Por un lado la producción de tipo artesanal regida por procedimientos desarrollados en obra, la cual denominamos *construcción húmeda*, (*pesada*, *convencional* o *tradicional*). Por otro lado, se reconoce la producción de fuerte tendencia hacia la mecanización seriada e industrialización de los procesos productivos, la cual denominamos *construcción* (de montaje) *en seco*, (*no tradicional*), mayormente constituida por *sistemas livianos*. A su vez entre la producción artesanal y la mecanizada se reconocen procesos mixtos que rescatan las ventajas de ambas.

De esta manera, se conformó una documentación sistematizada que sintetiza las principales variables de cada tipología, sus características térmicas, alternativas de reciclado y su relación con los costos económicos operativos. La eficiencia energético-económica de cada propuesta se compara mediante un "índice de eficiencia", que orienta en la selección de las mejores opciones de intervención.

Índice de Eficiencia.

Se plantea una herramienta que permita evaluar y comparar rápidamente las diferentes opciones de reciclado. El índice sintetiza la relación entre el consumo energético y el costo económico ($\Delta E / \Delta \$$), en función del tiempo de amortización de la inversión. La expresión incluye el flujo de energía durante una hora en un metro cuadrado de envolvente, para una variación de temperatura de 1 °C; en relación al costo en pesos argentinos (10 \$ a 1 U\$S):

$$IE = (K_0 - K_i) / CII \quad (1)$$

Donde IE: es el índice de eficiencia energético-económica, en $W/m^2 \text{ } ^\circ C \$$;

K_0 : valor de transmitancia térmica de la situación original, en $W/m^2 \text{ } ^\circ C$;

K_i : valor de transmitancia térmica de la opción tecnológico-constructiva adoptada, en $W/m^2 \text{ } ^\circ C$;

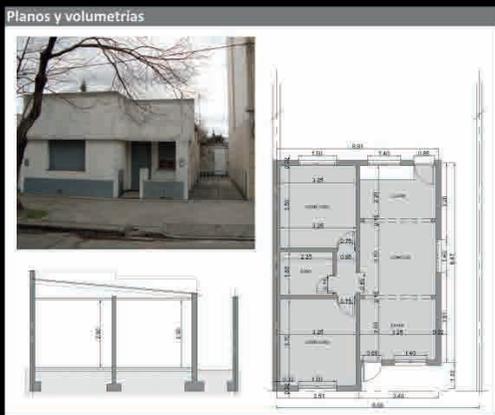
CII: Costo Inicial de Inversión necesario para la aplicación de las mejoras tecnológico-constructivas, en \$.

Los valores obtenidos mediante son normalizados entre 0 y 1 (0 para la situación más desfavorable; 1 para la más favorable), a fin de facilitar la comparación y elección de las distintas propuestas tecnológico-constructivas.

Una vez evaluada la tecnología constructiva de base y planteada una mejora en cuanto a su eficiencia térmica, se calculan y normalizan los IE para cada una de las propuestas tecnológico-constructivas, y se incorporan a las fichas tecnológicas como valores de referencia.

A partir de las propuestas se definirá la conveniencia para cada caso en cuestión. La implementación de un sistema de valoración y biblioteca de tecnologías permite evaluar rápidamente la viabilidad de acciones de reciclado replicando las mismas en las unidades urbanas que se intervienen (mosaico y áreas definidas). Dicha posibilidad potencia las estrategias de reciclado masivo. La figura 5 muestra la planilla de cálculo para cada tipo edilicio con las variables tecnológicas y constructivas actuales y las diferentes propuestas de reciclado. La figura 5 nos muestra ante una situación de base de la unidad edilicia cajón, la capacidad de ahorro y costos de dos propuestas de reciclado. La opción 1 es la que presenta reducción del consumo y costos óptimos.

TIPOLOGÍA: Casa Cajón
Ubicación: Barrio La Loma



Características dimensionales de la unidad edilicia	
1. SUPERFICIE HABITABLE	55.25 m ²
2. VOLUMEN HABITABLE	160.23 m ³
3. PERIMETRO INTERIOR	31.10 m

Actualización de condiciones económicas	
Costo de GN x m ³	1.45 \$
Costo de Electricidad x Kw	- \$
Tasa de inflación	30.00 %
Tasa de renta	11.50 %

Característica tecnológico-constructivas de los elementos de la envolvente							
		MUROS		CUBIERTA		ABERTURAS	
ORIGINAL (BASE)	1	M.1. (0.20m) v	C.1.	A.2. (3mm) v			
		Sup. (m ²)= 52.51	Sup. (m ²)= 55.25	Sup. (m ²)= 8.04			
		2.37 W/m ² °C	2.26 W/m ² °C	4.3 W/m ² °C			
RECICLADO 1	1	M.a. (5cm - 20Kg/m ³) v	C.a. (5cm - 20Kg/m ³) v	A.5. (madera) v			
		Sup. (m ²)= 52.51	Sup. (m ²)= 55.25	Sup. (m ²)= 8.04			
		0.54 W/m ² °C	0.53 W/m ² °C	4.30 W/m ² °C			
RECICLADO 2	1	M.b. (5cm - 20Kg/m ³) v	C.c. (5cm) v	A.a. (DVH 3+3mm) v			
		Sup. (m ²)= 52.51	Sup. (m ²)= 55.25	Sup. (m ²)= 8.04			
		0.54 W/m ² °C	0.59 W/m ² °C	2.69 W/m ² °C			

Definición de parámetros para medición termo-energética			
Renovaciones de aire	2	R/h	
Temperatura base invierno	18 °C	v	1210 GD
Temperatura base verano	27 °C	v	35 GD
Coefficiente de intermitencia	(Pesado 10hs)	v	22 (n)

CUADRO SÍNTESIS. Características termo-energéticas y económicas de la unidad edilicia (período anual)							
	Coeficiente Global pérdidas térmicas	Consumo GN		Reducción de consumo	Costos		Emisiones de CO ₂
		Rendim.: 0.5	Rendim.: 1		CII	CO	
ORIGINAL (BASE)	2.98 W/m ² °C	2346 m ³	12714.68 kW	- %	\$ 4,030.39		4,647 Kg
RECICLADO 1	1.79 W/m ² °C	1404.87 m ³	7615.207 kW	40.11 %	\$ 31,776.82	\$ 2,413.93	6.56 % 2,783 Kg
RECICLADO 2	1.72 W/m ² °C	1355.47 m ³	7347.398 kW	42.21 %	\$ 46,706.16	\$ 2,329.03	9.64 % 2,686 Kg

Figura 5 Desarrollo de propuestas de reciclado para una tipología característica de la región (elaboración propia).

Considerando los mosaicos del Caso Fundacional- La Loma la casa cajón (nombrada en figura 4 como compacta de 1 piso) tiene una representatividad del 37,8%. Cuenta con 3.398 m² de superficie habitable de estas viviendas, con lo cual se determinaría un consumo energético de 148.029 m³ en la situación de base (2.346 m³/año, de acuerdo a figura 5) y 88.817 m³ incorporándole la estrategia de reciclado óptima (propuesta de reciclado 1, 1.404 m³/año, de acuerdo a figura 5).

De esta manera se pudo calcular las reducciones en el mosaico y expandirlas a toda su área representativa en la ciudad, con lo cual tener una estrategia sistematizada de acción.

CONCLUSIONES

La investigación ha permitido concluir que:

- Los mapas urbanos nos permiten evaluar el estado de demanda energética de base en función de los patrones de uso y consolidaciones urbanas. A partir de ellos se pueden identificar zonas de intervención con diferentes realidades que se abordarán con técnicas de mosaico urbano.
- Definidos los mosaicos, los métodos de clasificación

semiautomáticos permiten identificar atributos asociados a tipologías edilicias, tecnologías y áreas de disipación térmica. Este nivel de análisis requiere aún de estudios complementarios asociados al procesamiento de imágenes satelitales a los efectos de mejorar las rutinas de identificación y selección.

-La implementación de un sistema de selección, clasificación y valoración de tecnologías y componentes nos permitió establecer la situación energética de demanda base de cada tipología edilicia, y dar respuesta con acciones más eficientes y viables de reciclado. La conformación de bibliotecas con tecnologías apropiadas facilitó la selección y la evaluación de mejoras tanto en energía como en habitabilidad.

-La propuesta de integración de componentes, tipologías, mosaicos y áreas urbanas definidas permiten evaluar el potencial de ahorro energético en sus diferentes escalas de tratamiento.

-Las acciones colectivas al respecto permiten minimizar considerablemente y dimensionar la demanda energética del sector residencial, lo cual no es una información conocida en el ámbito del caso de estudio.

REFERENCIAS

ADEME, Agencia del Ambiente y del Manejo de la Energía; AFME, Agencia Francesa para el Manejo de la Energía; y COSTIC, Comité Científico y Técnico de la Industria del Calor. 1986.

APUD, E.; ARAOZ, J. C.; CEVOTO, E.; ECHARTE, R.; GUADAGNI, A.; LAPEÑA, J.; MONTAMAT, D.; OLIOCO R. (Ex Secretarios de Energía). *La Política Energética como Política de Estado -Consensos para una nueva política energética- Documentos de los Ex Secretarios de Energía 2009-2014*. Editorial: Instituto Argentino de la Energía "General Mosconi". Buenos Aires. 207p. 2014.

DE ROSA, CARLOS. *Vivienda social. Déficit habitacional y habitabilidad higrotérmica. Evaluación y propuesta para su comportamiento en la Pcia de Mendoza*. Proyecto de investigación y Desarrollo N° 3-094000/88. Doc. inédito, pp. 7, 8. 1989.

DISCOLI, C. *Modelo de calidad de vida urbana. Metodología de diagnóstico orientada a evaluar el uso eficiente de los recursos, las necesidades básicas en infraestructura, servicios y calidad ambiental*. PIP 112-00801-00606. CONICET. 2009/2011.

DISCOLI, C; MARTINI, I. La ciudad y sus interacciones con la dimensión energética y ambiental. Selected paper del Sto. Congreso de PLURIS. Brasilia. 2012.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Jornadas técnicas y de gestores energéticos municipales. Dirección de Residencial y Servicios. Madrid. 1986.

MATTEUCCI, S.D.; MORELLO, J.; RODRÍGUEZ, A. & MENDOZA, N. *El Alto Paraná Encajonado Argentino-Paraguay: mosaicos de paisaje y conservación regional*. FADU, Buenos Aires. 2004.

PASSIVE HOUSE RETROFIT. [en línea] [Fecha de consulta: 20-04-2014] [http://www.energieinstitut.at/Retro t/](http://www.energieinstitut.at/Retro%20t/).

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, A; DÍAZ, V.; CAAMAÑO, J.; WILBY M. Towards a universal energy efficiency index for buildings. *Energy and Buildings*, Vol 43, Issue 4.Pp.980-987, 2011.

RODRÍGUEZ L., MARTINI I., DISCOLI C. Estudio de estrategias tecnológico-constructivas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial, orientado a la eficiencia energética. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. ASADES. ISSN 0329-5184. Volumen 15, pp. 35-39, 2011.

ROSENFELD, E. *Plan piloto de Evaluaciones energéticas de la zona Capital Federal y Gran Bs As*. AUDIBAIRES. Concurso Nacional organizado por la CIC y Secretaría de Energía de la Nación. Contrato SE N1 1399/83. 1985/86.

ROSENFELD, E. *Mejoramiento de las Condiciones Energéticas y de Habitabilidad del Hábitat Bonaerense*. CONICET Expte: 03662/89; Legajo: 306590088. IDEHAB. FAU. UNLP. 1993.

ROSENFELD E., DISCOLI, C., *Políticas de Uso Racional de la Energía en Áreas Metropolitanas y sus efectos en la dimensión Ambiental*URE-AM 2, PICT 98 N° 13-04116/99. 1999/2002.

VERBEECK, G Y HENS, H. Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable?. *Energy and Buildings*, Volume 37, Issue 7, Pages 747-754, 2005.

VEGAS, G; ARTOLA, V; DISCOLI, C. SAN JUAN, G. Exploración de herramientas para la interpretación de objetos a partir de imágenes aplicadas al relevamiento de mosaicos urbanos. *Revista Averma*, Vol. 12. ISSN, pp 01-171, 01-178. 2008

VEGAS, G. 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. *Revista Ambiente Construido*, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre – RS – Brasil. 2012.