

AREA

agenda de reflexión en arquitectura,
diseño y urbanismo

*agenda of reflection on architecture,
design and urbanism*

Nº 22 | OCTUBRE DE 2016
REVISTA ANUAL

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo

CONTENIDOS | CONTENTS

- 7** Editorial
- 9** Nuevas formas de mirar y pensar sobre el campo proyectual en siglo XXI
GRACIELA ECENARRO
- 21** Sustentabilidad e impacto del hábitat edificado
JOHN MARTIN EVANS | SILVIA DE SCHILLER
- 37** Los desafíos de la cualificación docente: el caso de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (2004)
MARIANA INÉS FIORITO
- 53** El origen y la puesta en circulación del término “urbanismo” en Chile
GABRIELA MARDONES MIRANDA
- 65** Valor ambiental de la arquitectura en la revitalización del paisaje histórico local
SERGIO ANTONIO PEREA RESTREPO
- 81** Construcción territorial bonaerense de la cuenca del río Salado. Estrategias y actores en la fundación del pueblo cabecera del partido “Del Vecino”—General Guido— (1880-1915)
GABRIELA FERNANDA SÁNCHEZ
- 99** De viviendas a hoteles. Transformaciones arquitectónicas en un pueblo patrimonial (Purmamarca, Jujuy)
CONSTANZA INÉS TOMMEI
- 117** Diseñadores industriales en países poco innovadores: apoyos del entorno sociocultural para subsistir
JOAQUÍN IDUARTE-URBIETA | MARTHA PATRICIA ZARZA-DELGADO
- 130** Reseña de libro
- 132** Aperturas

Los contenidos de AREA aparecen en:
The contents of AREA are covered in:
Latindex: www.latindex.unam.mx
a.r.l.a. arlared.org



hábitat construido
uso de energía
emisiones de gases efecto invernadero
impacto ambiental

built environment
energy use
greenhouse gas emissions
environmental impact

> JOHN MARTIN EVANS | SILVIA DE SCHILLER

Universidad de Buenos Aires.
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.
Centro de Investigación Hábitat y Energía.
Buenos Aires, Argentina.

SUSTENTABILIDAD E IMPACTO DEL HÁBITAT EDIFICADO

Este estudio analiza la relación entre arquitectura y energía, con sus consecuencias ambientales y aporte a la habitabilidad, considerando que los flujos de energía a través de envolventes edilicias, si bien son invisibles, dependen de las características arquitectónicas visibles. Se analiza el uso de energía en el hábitat edificado en Argentina, destacando su demanda de recursos, superando al sector industrial y transporte. Se enfatiza el potencial de optimización del recurso y la oportunidad para reducir la demanda de energía en edificaciones mientras se mejora la calidad de vida, relación clave para identificar la contribución del hábitat edificado al desarrollo sustentable.

Sustainability and impact of the built environment

This study analyses the relation between architecture and energy, their environmental consequences and search for a comfortable habitat, considering that energy flows through the building envelope, although invisible, depend on the visible architectural features. Energy use in the built environment in Argentina is studied, noting that the demand exceeds the industrial and transport sectors. The potential for optimizing the use of non renewable resources and reducing energy demand in buildings is emphasized, while improving the quality of life, a key relationship to identify the contribution of the built environment to sustainable development.

Introducción

Este estudio analiza la relación entre demandas de energía, decisiones de diseño y los impactos ambientales.¹ El uso de energía en edificaciones tiene un importante impacto ambiental, analizado en el Resumen Ejecutivo de la Tercera Comunicación Nacional (SADS 2015) que presenta el Inventario de Emisiones GEI (gases efecto invernadero). Se consideran las medidas de eficiencia y uso racional de energía a implementar a escala urbana, arquitectónica y constructiva. Se destaca la relación entre la demanda de energía y los aspectos visibles y escondidos de la arquitectura, dada la importancia de los aspectos visuales en la formación de los arquitectos, alentados por la representación y comunicación gráfica. Se identifican ciertas características específicas del sector edilicio, en particular su larga vida útil y dependencia en el acondicionamiento térmico y lumínico artificial, fuertemente relacionada con factores de diseño y la gran variación estacional de la demanda. El Balance Energético Nacional (Secretaría de Energía 2014) indica una clara diferencia entre la demanda en el sector residencial y los edificios comerciales y públicos, mostrando alto consumo de gas en el primero y de electricidad en el segundo.

Como se demuestra aquí, las características arquitectónicas de proyectos influyen en las principales demandas de energía, acondicionamiento térmico y lumínico, generando a su vez, impactos ambientales y emisiones GEI. En este contexto, se inicia el estudio con el análisis de la matriz energética de Argentina, identificando la importancia de la demanda de energía de edificaciones. Con la caracterización de la demanda de energía en vivienda y otros edificios, se detectan los impactos ambientales y el potencial de ahorro de energía convencional. Finalmente, se identifican las características arquitectónicas, que contribuyen a un hábitat sustentable.

El análisis inicial de la matriz energética mundial, como la de Argentina y otros países de la región, indica una excesiva dependencia en fuentes fósiles no renovables, donde la dependencia a nivel mundial alcanza el 86 % y la de Argentina el 87 % (Secretaría de

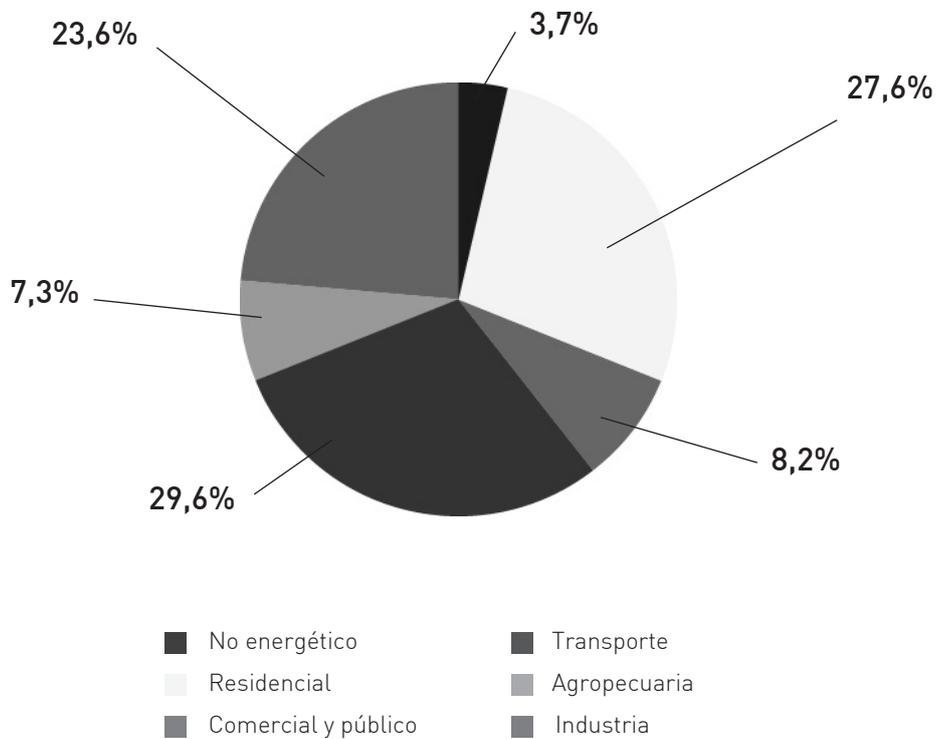
Energía 2014). A pesar de la introducción de nuevas tecnologías de extracción no convencional como el *fracking*, la alta dependencia en estas fuentes no renovables resulta insustentable a largo plazo, adicionalmente a los crecientes impactos ambientales, tanto locales como mundiales, asociados con la extracción y combustión de dichos recursos.

En ese marco, la extracción de combustibles fósiles ha crecido en forma sostenida durante los últimos dos siglos, permitiendo una expansión explosiva en la población mundial, con la correspondiente producción, transporte y conservación de alimentos y otros bienes necesarios para sostener la calidad de vida. Simultáneamente, la disponibilidad de energía contribuye a mejorar la calidad de vida de gran parte de la humanidad, especialmente en los edificios que albergan la gran mayoría de las actuales actividades de creciente sofisticación en su desempeño ambiental.

Frente a este panorama, el trabajo presenta la urgente necesidad de lograr una efectiva reducción en la dependencia en combustibles fósiles, considerando su impacto ambiental y la dificultad de responder a la demanda en el futuro cuando el ritmo de extracción de estos recursos resulte insuficiente.

Es relevante notar que, si no se llega a depender de una oferta de energía fósil en constante aumento y, paralelamente, se necesita reducir sus impactos, conviene analizar el lado de la demanda y el potencial que ofrece la reducción del consumo de recursos implementando medidas de uso más eficiente de los mismos, sin afectar la calidad de vida, convencionalmente lograda a través del uso creciente de energía.

1. El trabajo se encuadra en el Proyecto de Investigación “Reducción de emisiones GEI, gases efecto invernadero en el sector vivienda”, Programación Científica UBACYT 2014-2017, Código No. 20020130100827BA, financiado por la SECYT-UBA en la Categoría Grupos Consolidados.



Uso de energía en el sector edilicio

El presente estudio analiza el consumo de recursos energéticos en el hábitat construido, específicamente vivienda y edificios comerciales y públicos. El Balance Energético Nacional del año 2013, publicado por la Secretaría de Energía (2014), indica la cantidad de energía proveniente de distintas fuentes, las pérdidas en su transformación de fuentes primarias como gas de pozo, petróleo y carbón, a fuentes secundarias como electricidad y gas de red. También indica la cantidad de energía que cada sector utiliza anualmente (Figura 1). En este análisis, se hace notar que más del 35 % del consumo final de energía del país corresponde al uso de energía en edificios, sumando 28 % del sector residencial y 8 % de otros edificios, denominado en el balance como “edificios comerciales y públicos”. Esta proporción supera la demanda en otros sectores, tales como industria con 24 % y transporte con 30 %. Si se excluyen los recursos energéticos utilizados para fines no energéticos, tales como la fabricación de plásticos o fertilizantes, el porcentaje de los recursos energéticos utilizados en edificios alcanza 38 %. Cabe aclarar aquí que una parte de la energía utilizada por el sector industrial no corresponde a procesos industriales, sino al acondicionamiento térmico y lumínico de oficinas y naves industriales, similar a la demanda de edificios comerciales.

Asimismo, la proporción de la demanda nacional en edificios es similar a la demanda de energía en otros países o regiones de mayor desarrollo, por ejemplo 35 % en Europa y 37 % en Estados Unidos.

Sin embargo, hay dos factores que producen una diferencia significativa en la demanda absoluta. Tanto las condiciones climáticas en los Estados Unidos y Europa, como la mayor superficie per cápita y calidad de condiciones ambientales interiores, requieren más energía para calefacción. De este modo, la demanda de energía por persona o por metro cuadrado es menor en Argentina, aunque la proporción de la demanda total es similar.

Impacto ambiental del uso de energía en edificios

Un análisis del Inventario Nacional de GEI (UNFCCC 2015), según las fuentes de emisión, puede sugerir que los edificios no producen emisiones, porque no figuran en las extensas tablas del informe. Sin embargo, un estudio más detallado indica que las emisiones GEI provenientes del uso de energía en edificios se atribuyen a actividades de extracción, procesamiento y distribución de energía, no a los usos finales. Para detectar el impacto ambiental del uso de energía en edificios, se han estimado las emisiones generadas por el uso de energía de este sector. La Tabla 1

Figura 1
Consumo final por sector en Argentina durante 2013. Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Energético Nacional (Secretaría de Energía 2014).

Rubro	Vivienda	ECP	Total
Acondicionamiento térmico y lumínico	9,1 %	2,1 %	11,3 %
Otros usos de energía en edificios	3,9 %	0,9 %	4,8 %
Desperdicios y aguas residuales	3,3 %	1,7 %	5,0 %
Materiales de la construcción y transporte	1,3 %	0,4 %	1,8 %
Otras actividades (no edificios)	82,8 %	92,8 %	75,6 %

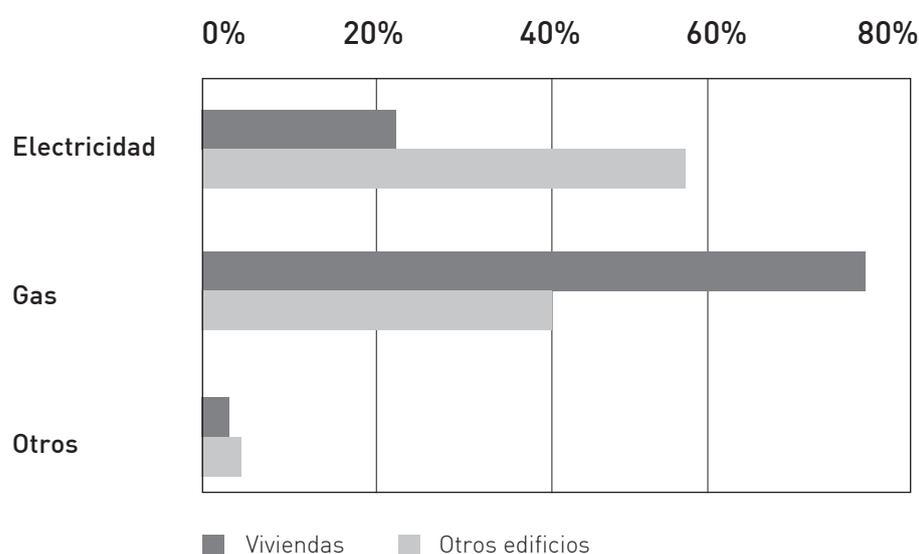
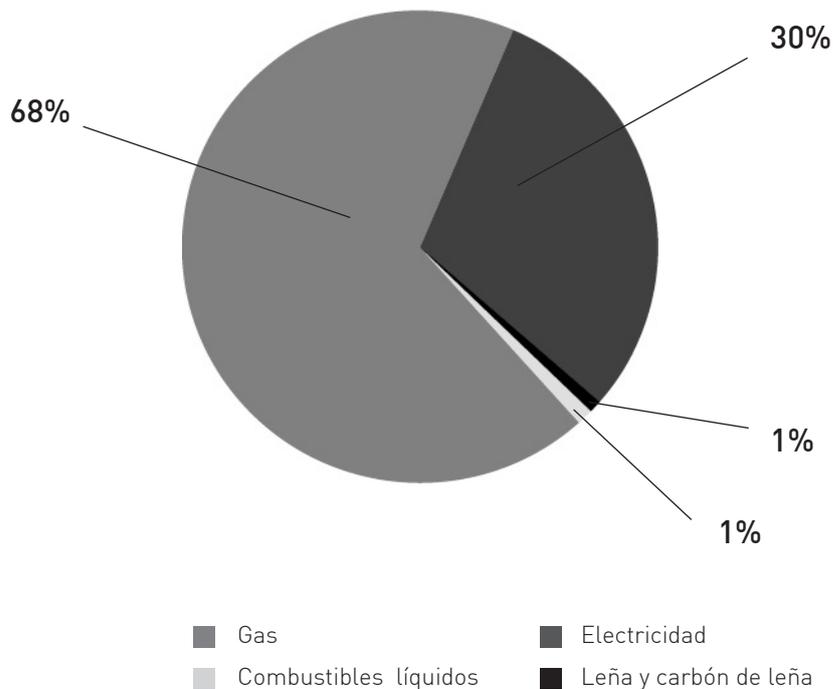


Tabla 1
Porcentajes de emisiones GEI, Gases Efecto Invernadero, en Argentina: Sector Vivienda y Sector Edificios Comerciales y Públicos (ECP). Fuente: Elaboración propia basada en Tabla 3.2.2., 2da. Comunicación Nacional, (SADS, 2007). Nota: 'Otras actividades' incluyen emisiones del Sector Industrial y de Transporte, así como emisiones de deforestación, cultivos y ganado.

Figura 2
Porcentajes de las principales fuentes de energía utilizadas en vivienda y otros edificios (edificios comerciales y públicos). Fuente: elaboración propia con datos del BEN 2013 (SE 2014).

indica que 11,3 % de las emisiones nacionales de Argentina corresponden al acondicionamiento térmico y lumínico de edificios, y 4,8 % a otros usos de energía en edificios. Así, las emisiones GEI generadas en edificios por el uso de energía suman un 16 % del total, mientras los desperdicios domésticos y las aguas servidas generados en edificios emiten aproximadamente 5 % de los GEI (SADS 2015). Es importante notar que los materiales de construcción no solo requieren energía para la extracción de materia prima y fabricación, también la precisan para su transporte y colocación en obra. En total, los edificios emiten 24,4 % de los GEI, el restante 75,6 % corresponde a transporte, industria, agro y cambios de uso de suelo, incluyendo la deforestación y silvicultura. Una proporción importante de las emisiones corresponde a las exportaciones de productos

del agro, tales como el cultivo de soja y la ganadería. Si se deducen estas emisiones (dado que corresponden al consumo en el exterior y no a la producción nacional), las emisiones GEI de edificios superan el 30 %, del cual el 25 % corresponde al uso directo de energía, excluyendo desperdicios y aguas residuales. El acondicionamiento térmico y lumínico de edificios, que comprende el uso de calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación, representa el 11,3 % de todas las emisiones nacionales y, por tanto, ofrece una importante oportunidad de reducción de impactos ambientales y ahorro de recursos. La fuente principal de energía en el sector vivienda es totalmente distinta a la fuente principal en el sector de edificios comerciales y públicos (ECPs) (Figura 2). Mientras en el primer caso, el consumo de gas, sumando gas de redes y gas licuado, representa el 75



% del total, correspondiendo solo 24 % a electricidad, en los ECPS las proporciones son inversas, 59 % en electricidad y 40 % en gas, sumando gas distribuido por redes y gas licuado. Otras fuentes, tales como kerosene y leña, son de escasa relevancia y corresponden principalmente a vivienda rural, sin acceso a redes urbanas de distribución de energía. El sector vivienda presenta 77 % de la demanda de energía en edificios, mientras solo 23 % corresponde a edificios comerciales y públicos. Así, la principal fuente de energía en edificios es gas de redes o envasado, con 68 % del total, solo 30 % en electricidad y 2 % de otros combustibles líquidos y sólidos (Figura 3).

Cabe aclarar que el 57 % de la electricidad proviene de centrales térmicas alimentadas a gas como combustible. En total, 85 % de la energía utilizada en edificios es gas, sumando gas de redes, gas envasado y electricidad generada con gas.

En el sector *vivienda*, la demanda principal de energía corresponde a calefacción, con variaciones significativas en distintas zonas climáticas. En promedio, se estima que aproximadamente 60 % de la demanda total corresponde a calefacción y 11 % a calentamiento de agua doméstica, 5 % a cocción y 24 % a otros usos dependientes de electricidad. En el sector *edificios comerciales y públicos* (ECPS) se destaca, en cambio, la importante demanda de electricidad, tanto para acondicionamiento térmico y lumínico como para otros usos. Ello se debe a las importantes

ganancias térmicas en espacios interiores, concentración de personas y equipos de oficinas generando calor, sumado a la fuerte ganancia solar que padecen las extensas fachadas vidriadas. Por esta razón, en este sector, el uso de aire acondicionado es creciente para evacuar el calor generado en sus interiores. Los edificios de oficinas presentan así mayor dependencia en iluminación artificial, especialmente en espacios alejados de las fachadas, y las torres y edificios en altura también requieren mayor demanda de energía para bombeo de agua y ascensores. La importancia que presenta la demanda de energía para el acondicionamiento de edificios es evidente, tanto en vivienda como en ECPS. A su vez, la demanda de energía para calefacción y enfriamiento depende en gran medida del diseño de los edificios. Con grandes ventanales, imagen de modernidad, aumentan las pérdidas en invierno, mientras las ganancias solares en verano requieren energía para lograr condiciones de confort. Para reducir estas falencias, vale notar la significativa importancia que presenta el manejo del diseño en la reducción de la demanda de energía para iluminación y ventilación artificial con proyectos que logran un buen aprovechamiento de la luz diurna y del movimiento del aire interior. Además, la Tabla 1 muestra que, si bien el 11,3 % de todas las emisiones nacionales corresponden al acondicionamiento térmico de edificios, las variaciones estacionales y geográficas son muy importantes.

Figura 3
Fuentes de energía en edificios. Fuente: elaboración propia con datos del BEN 2013 (Secretaría de Energía 2014).

A tal fin, en la próxima sección, se analiza el potencial de ahorro para reducir la dependencia en combustibles fósiles, disminuir los costos de importación y evitar o minimizar los impactos ambientales.

Características del sector edilicio

El sector edilicio ofrece una oportunidad muy significativa para reducir la demanda de energía a menor costo que otras alternativas, considerando que el uso racional de energía en edificios puede lograr una reducción de la demanda, sin afectar la calidad de vida de sus usuarios y, paralelamente, mejorar las condiciones de confort y bienestar, favoreciendo la salud y la productividad.

El potencial que presenta mejorar la eficiencia energética en el sector edilicio es relevante por sus características especiales, entre ellas:

- > extensa vida de los edificios
- > importancia de la demanda de calefacción en vivienda
- > gran variación estacional
- > importancia de la demanda eléctrica en edificios comerciales y públicos
- > falta de incentivos para implementar medidas de eficiencia

Atendiendo estos factores, se contribuirá a desarrollar la limitada regulación y marco legal actual, complementariamente con el aprovechamiento de energías renovables. Los edificios presentan *larga vida útil*, normalmente más de cuatro a cinco veces la vida de los vehículos del sector transporte o *las plantas industriales*. Así, *las mejoras en edificios nuevos tendrán limitado impacto inmediato sobre la modificación de la matriz*. Por otro lado, *los nuevos edificios que no incluyan medidas de eficiencia energética tendrán mayor demanda de energía durante toda su vida útil, factor de importancia en la pronta implementación de medidas de ahorro para lograr beneficios futuros*. Además, *se necesitan realizar cambios complementarios en la edificación existente, considerando que ellos también presentan gran demanda, y oportunidades de ahorro durante su larga vida*.

La principal demanda de energía en el sector residencial es gas, 50 % directamente y 13 % adicional, para generar la energía eléctrica utilizada en edificios. El gas, tanto de redes de distribución como envasado, está siendo utilizado para generar calor en forma de calefacción, agua caliente y cocción, muy variable en distintas estaciones de año.

La gran variabilidad en la demanda de gas tiene un fuerte impacto sobre las inversiones en su extracción, procesamiento y distribución, dada la capacidad de entrega que debe satisfacer la demanda en los picos de frío en la época de invierno.

El suministro estacional y muy variable de gas al sector vivienda es ininterrumpible, mientras la demanda del sector industrial y transporte, con menor variación durante el transcurso del año, es normalmente factible de ser interrumpido por contrato. De modo que la puesta en marcha de medidas que contribuyan a reducir la demanda en invierno presenta importantes beneficios para el costo de distribución, adicionalmente a la reducción de erogaciones destinadas a la importación de gas.

Oportunidades para reducir la demanda

Las medidas de reducir la demanda de energía en edificaciones puede ser clasificados por escala; urbana, arquitectónica y urbana.

La *escala urbana* involucra variables como sub-división de la tierra con tamaño y orientación de los terrenos, y trazado vial. Las decisiones a esta escala tienen una larga permanencia, difícil de mejorar en el tiempo. Las decisiones urbanas de densidad, altura y espacios entre edificios, establecidas en los códigos de ordenamiento urbano, afectan el agrupamiento y la compacidad edilicia. Estas variables afectan la demanda de energía para calefacción, y la potencial de aprovechar la iluminación y ventilación natural en espacios interiores.

La *escala arquitectónica*, la forma, orientación, agrupamiento, compacidad de la morfología edilicia y el tamaño de ventanas afectan la demanda de energía para calefac-

ción, refrigeración e iluminación, adentro de los límites establecidos a escala urbana.

La *escala constructiva*, las decisiones de detalles de la edificación permiten la incorporación de la aislación térmica con materiales de baja densidad y materiales de gran capacidad térmica de alta densidad, a fin de lograr las características térmicas favorables, sin modificar el aspecto edilicio. Al mismo tiempo, las especificaciones de las instalaciones permiten lograr mayor eficiencia energética, sin modificar la arquitectura, siempre dentro de la demanda de energía para iluminación, calefacción y refrigeración que surgen del proyecto arquitectónico.

Los impactos de las decisiones urbanas, arquitectónicas y constructivas son de largo plazo. El trazado del centro de Buenos Aires mantiene las orientaciones de terrenos establecidos hace cuatro siglos, mientras los edificios en promedio tienen una vida útil de hasta cien años. Si bien es difícil mejorar el comportamiento térmico de muros en edificios existentes, a escala constructiva, es posible reemplazar las instalaciones termo mecánicas y de iluminación artificial en plazos más cortos y cambiar ventanas de vidrio simple por alternativas con doble vidrio.

Otra manera de clasificar las medidas es su impacto visual en arquitectura. Algunas son visibles y hasta expresivas de las intenciones y decisiones de diseño frente al comportamiento energético, mientras otras son invisibles y escondidas.

A su vez, las medidas visibles se pueden dividir en *simbólicas* e *integradas*:

- > Las *medidas simbólicas* incluyen los colectores solares y paneles fotovoltaicos colocados en los techos, o los parasoles para proteger las ventanas, especialmente cuando se aplica el mismo diseño en distintas orientaciones sin tomar en cuenta las variaciones en los impactos angulares de la radiación solar.
- > Las *medidas integradas* son los aspectos de diseño que forman parte del concepto arquitectónico; la forma con su compatibilidad y agrupamiento, la orientación, las proporciones de espacios entre edificios, la expresión de las fachadas.

> Las *medidas invisibles* son los aspectos que no afectan la *arquitectura* como la incorporación de aislación térmica en las capas interiores de muros y techos, el uso de doble vidrio con cámara de aire o instalaciones de alta eficiencia energética.

En el contexto energético actual de Argentina y otros países de la región, la necesidad de eficiencia energética en edificaciones es clara. El costo de gas importado requiere aumentos en las tarifas y hace rentable nuevas medidas que contribuyan a reducir la demanda de energía y promuevan eficiencia a favor del desempeño ambiental.

La incorporación de *materiales aislantes* en la envolvente de las edificaciones, especialmente muros y techos en vivienda, no solo disminuye la transferencia de calor, reduciendo las pérdidas de calor en invierno, sino que también controla el ingreso de calor en verano. Los aislantes livianos son materiales de bajo costo, aunque estas capas necesitan protección y, en el caso de muros, implican un cambio de la tecnología constructiva, implementando doble muro, incorporando revestimientos interiores o proporcionando elementos exteriores de protección solar.

Los *materiales de baja densidad* disponibles incluyen: lana de vidrio, lana mineral, poliestireno expandido, poliuretano proyectado y fibras celulósicas. Cabe aclarar que la solución tradicional de una cámara de aire ofrece resistencia a la transferencia de calor, pero los materiales aislantes son mucho más efectivos, al ofrecer beneficios proporcionales a su espesor, mientras una cámara de aire de mayor espesor no logra mayor beneficio. Un muro de mampostería de bloque cerámico hueco de buena calidad, con revoque interior y exterior, tiene una transmitancia térmica de 1,39 w/m²k, mientras el mismo muro con una capa aislante de lana de vidrio con 5 cm de espesor tiene una transmisión de 0,48 w/m²k, y disminuye las pérdidas en un 65 %.

El uso de *doble vidrio sellado hermético* o DVH también permite reducir las pérdidas de calor en invierno. Mientras un vidrio simple tiene una transmitancia térmica de 5,8 w/m²k, el DVH con cámara de aire tiene una transmitancia de 2,8 w/m²k logrando una reducción

en las pérdidas de calor en invierno de 52 %. El tratamiento de la superficie del vidrio para reducir la transmisión de calor por radiación a través de la cámara de aire, conocido como 'Low-e' o DVH de baja emisión, tiene una transmisión de solo 1,8 w/m²K, alcanzando un ahorro de 69 % en las pérdidas de calor. El vidrio doble o DVH ofrece otras ventajas, tales como mejor aislación de ruido exterior y mayor confort térmico en los espacios interiores. Los *colores exteriores* también impactan sobre la demanda de energía, especialmente en verano. Los colores oscuros en el techo absorben mayor proporción de energía solar y aumentan la demanda de energía para enfriamiento en los espacios interiores.

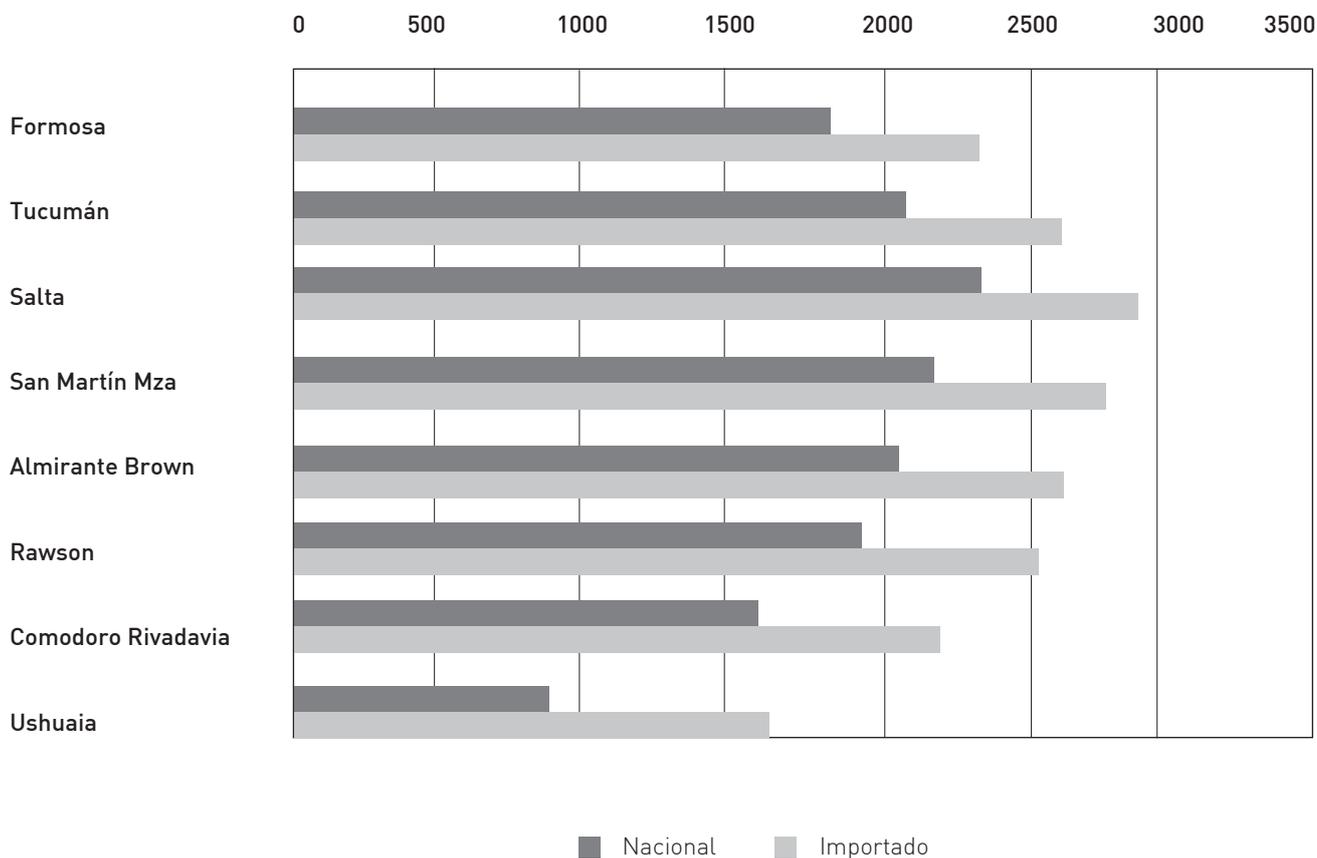
Los *recursos de diseño bioclimático* y sus *estrategias de acondicionamiento natural* permiten lograr beneficios energéticos adicionales, tales como:

- > Favorable orientación de aventanamientos al sol, al norte en el hemisferio sur y al sur en el hemisferio norte, permite captar la radiación solar favorable en invierno, mientras un reducido alero ofrece protección del sol estival de mayor altura. Por otro lado, una ventana al oeste capta escaso sol en invierno mientras recibe excesivo asoleamiento en las tardes de verano.

- > Las estrategias de ventilación natural también permiten reducir la demanda de acondicionamiento artificial a través de la implementación de:
 - > ventilación cruzada con movimiento sensible de aire, medida que ofrece refrescamiento en verano, especialmente en climas cálidos y húmedos.
 - > ventilación selectiva, accionando ventanas para abrirlas o cerrarlas según los periodos favorables, según la variación de la temperatura exterior.
 - > Los invernaderos adosados a vivienda captan radiación solar y transfieren calor al interior de la vivienda, útil en invierno en zonas soleadas de clima templado-frío. Sin embargo, también requieren eficaz protección solar y ventilación natural para evitar sobre-calentamiento en verano.
 - > Las ganancias solares directas a través de ventanas en viviendas bien aisladas y orientadas pueden lograr un ahorro de energía para calefacción hasta un 35 %, según diseño y ubicación geográfica.

En los proyectos de conjuntos de vivienda, para lograr buen asoleamiento invernal, el diseño requiere mayor distancia entre unidades para captar el sol de baja altura en esa estación del año, especialmente en zonas

Figura 4
Ahorro de energía convencional en kWhrs/año en sistemas solares para agua caliente, con colectores de fabricación nacional y de tubos evacuados de vidrio (tecnología importada).



australes de altas latitudes, afectando la densidad y espacios exteriores. Al mismo tiempo, la mayor densidad favorece el transporte público y reduce la dependencia en el vehículo particular, otra faceta en la búsqueda de mejoras en la demanda de energía.

La *optimización del comportamiento energético* requiere, en ese complejo de estrategias y oportunidades, un equilibrio inteligente en el manejo de muchos factores, de efectos directos e indirectos, adicionales y aleatorios, y complementarios entre sí. La aplicación de estas estrategias genera arquitecturas particulares, de marcado carácter regional, con variaciones que deben responder a las condiciones particulares de cada región climática del país. Adicionalmente, la integración de colectores solares permite calentar agua y ahorrar hasta un 70 % de la demanda de energía convencional, con variaciones de su efectividad y eficiencia según latitud, la intensidad de la radiación solar y la temperatura del aire exterior. Se calculó la reducción en la demanda de energía convencional en kWhrs / año para distintas localidades de Argentina, al incorporar un sistema de 4 m² en una vivienda con 4 habitantes.

Las reducciones mayores se logran en climas templados y de altura; también son favorables los colectores con tubos evacuados (Figura 4). Si bien, al momento, la tecnología importada con tubos evacuados presenta mayor eficiencia y rendimiento, especialmente en climas fríos, los beneficios disminuyen en climas cálidos debido a la mayor temperatura inicial del agua y la menor demanda de energía. En climas australes y fríos de la Región Patagónica, la temperatura del agua de red es menor con mayor demanda de calor, mientras la intensidad de la radiación solar es baja.

Medidas de eficiencia energética en edificios

Desde los años setenta, se desarrolló una serie de Normas IRAM de acondicionamiento y aislación térmica de edificios, las que fueron aplicadas en programas y proyectos de vivienda social con financiación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, con el obje-

tivo inicial de evitar patologías constructivas y lograr condiciones mínimas de habitabilidad.

Aunque los niveles mínimos de dichas normas solo se aplicaron en viviendas del sector público, sin introducirlas en vivienda del sector privado en forma obligatoria, ofrecen una base para establecer eficiencia energética en toda la producción de vivienda del país.

Ante ese potencial todavía latente, su implementación es particularmente importante a fin de lograr mayor equidad social, evitando el derroche en los sectores de mayor nivel adquisitivo en beneficio de los sectores de menor nivel socio-económico, una deuda pendiente a la innovación en la planificación energética.

En 1996, una iniciativa interesante, promovida por miembros del Subcomité de IRAM incluyendo fabricantes de aislantes e investigadores de universidades nacionales, estableció nuevos niveles de aislación, superiores a los niveles mínimos aplicados en vivienda de interés social. Así, la Norma IRAM 11.605 (1996), si bien mantiene el Nivel Mínimo 'c' de transmitancia térmica, agrega el Nivel Medio 'b' y el Nivel Óptimo 'a', basados en criterios económicos y ambientales. Esta iniciativa no solo representó una señal importante que mostraba que el nivel mínimo era insuficiente, sino también hizo evidente que, para lograr eficiencia energética, se necesitaban niveles más exigentes.

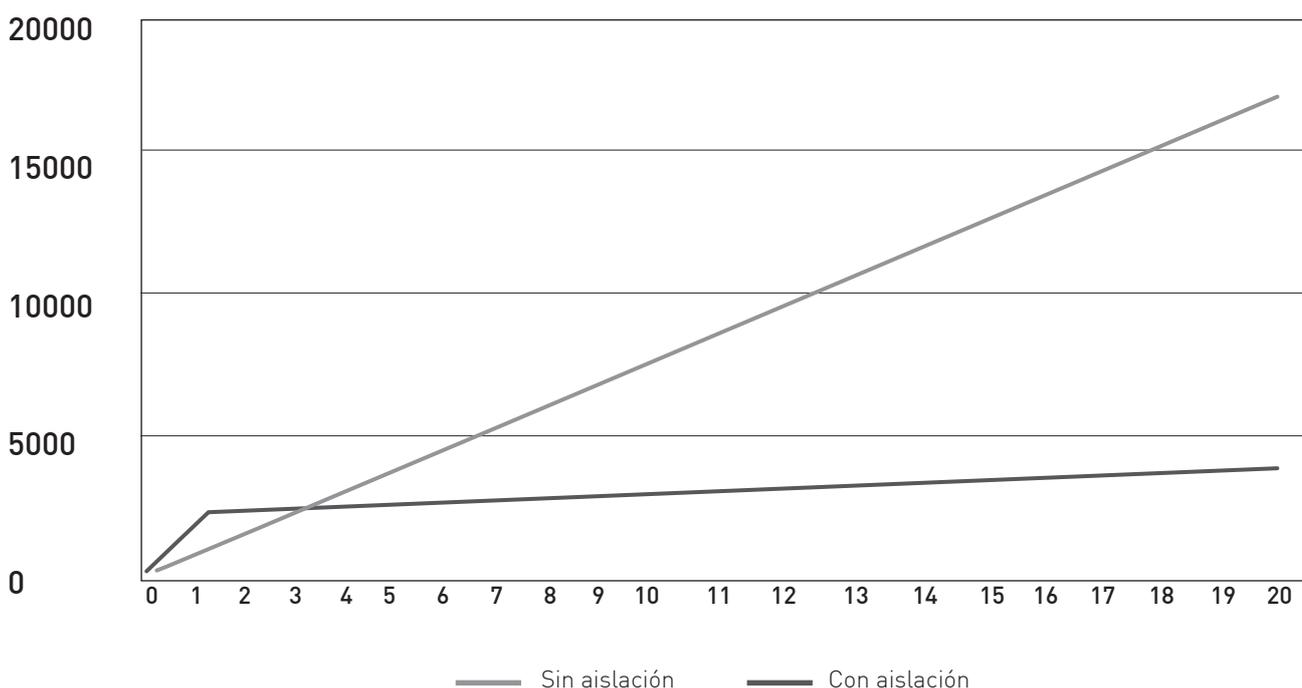
Como resultado de preocupaciones surgidas ante el impacto de los niveles mínimos de habitabilidad, en 2003, se aprobó la Ley 13.059 de la Provincia de Buenos Aires (2003a, 2003b), estableciendo en forma obligatoria el Nivel 'b' de la Norma IRAM 11.605 de aislación térmica en muros y techos en todos los nuevos edificios de la Provincia. Ello incluye, además, exigencias de aislación, control de riesgo de condensación y calidad térmica de ventanas. La reglamentación de esa Ley (Provincia de Buenos Aires 2010) fue demorada hasta su entrada en vigencia en noviembre de 2011 con la correspondiente obligatoriedad. Desafortunadamente, hasta la fecha, el nivel de cumplimiento no ha llegado todavía a un grado suficiente de aplicación que permita obtener los ahorros previstos de energía, por una serie de razones, entre ellas:

- > Cambios de tecnología constructiva, lo cual implica un costo inicial adicional que la mayoría de los comitentes y constructores no están dispuestos de aceptar, especialmente con las actuales tarifas de energía, que no representan un incentivo para lograr eficiencia energética.
- > En general, los municipios de la provincia no exigen la entrega de la carpeta técnica prevista en la ley.
- > La escasa capacitación de los profesionales, especializada en este campo, no llega a incorporar y verificar medidas de eficiencia en construcciones y preparar la carpeta técnica requerida por ley.
- > La ley se aplica a todos los nuevos edificios de la provincia, aunque las Normas IRAM incorporadas en su cuerpo fueron desarrolladas inicialmente para vivienda, mostrando la necesidad de mayor desarrollo y especificidad según tipo de edificios.

teadas para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, esperando se implementen medidas que aseguren mayor grado de cumplimiento, con los consecuentes beneficios económicos, energéticos y ambientales a largo plazo. El Decreto N° 140/07 del Poder Ejecutivo Nacional (PEN 2007) estableció el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de Energía (PNUREE), con requerimientos para iniciar programas aplicados especialmente en edificios del sector público. El decreto muestra la preocupación por la situación energética al mencionar el uso de energía en edificios en forma específica. Sin embargo, los resultados hasta la fecha no han sido suficientes para revertir el crecimiento de la demanda. El etiquetado de viviendas es una estrategia ya implementada en otros países para mejorar la eficiencia energética (EE) de edificaciones nuevas y existentes. Como en las etiquetas de eficiencia energética de los electrodomésticos, el etiquetado de EE en edificios tiene por objetivo informar a compradores o inquilinos de viviendas sobre la demanda de energía del inmueble en condiciones normales de uso. En

Más recientemente, se implementó una iniciativa similar a la Ley 13.059 en la ciudad de Rosario y otras medidas ya fueron plan-

Figura 5
Desempeño de un muro de mampostería convencional en Bariloche, Zona VI.



2010, se aprobó la Norma IRAM 11.900 (2010) que establece la metodología para definir las categorías de eficiencia, según el comportamiento térmico de un edificio en invierno. La norma, promovida por la Secretaría de Energía, fue aprobada en un plazo reducido con el apoyo del subcomité de IRAM. Sin embargo, a diferencia de la aplicación de sistemas de etiquetado de edificios en Europa, todavía no es obligatoria en Argentina, perdiendo eficacia. Un sistema obligatorio de etiquetado pondrá en evidencia la diferencia entre viviendas convencionales y viviendas con buenos niveles de desempeño térmico. Otra medida posible y efectiva es la certificación voluntaria, ya adoptada por empresas interesadas en demostrar su política de promoción de sustentabilidad en el desarrollo de sus actividades, incluyendo nuevos edificios. El sistema más conocido, el LEED, administrado por el Consejo de la Edificación Verde de Estados Unidos (*United States Green Building Council -USGBC*), incluye sistemas para nuevos edificios, reciclajes (USGBC 2014), y la gestión sustentable de edificios existentes. Este sistema exige un nivel mínimo de eficiencia y otorga puntos adicionales, según el ahorro adicional de energía o uso de energías renovables en el edificio. Adicionalmente, se logran puntos por el uso racional de agua, minimización del impacto ambiental de la construcción y el diseño del terreno, el uso de materiales de bajo impacto y alta calidad ambiental. La exigencia mínima es lograr una reducción del 14 % comparada con un edificio que cumpla con la norma de Estados Unidos para edificios energéticamente eficientes ASHRAE 90.1 (2013). Las instalaciones de enfriamiento, calefacción y calentamiento de agua tienen una vida útil menor a la vida de un edificio, evidenciando la necesidad de renovarlas periódicamente, aunque las etiquetas de eficiencia energética de los equipos de acondicionamiento frío-calor ya son obligatorias y muestran una creciente influencia sobre las decisiones de compra. Las etiquetas de lámparas fue una de las primeras medidas de aplicación obligatoria en Argentina, y ya ha entrado en la segunda etapa con la eliminación de las lámparas incandescentes de baja eficiencia.

Actualmente, las lámparas LED permiten un nuevo salto en el nivel de eficiencia, sin reducir la calidad de iluminación artificial. Un estudio sobre el uso de lámparas para proyectar sombras, demostró que es posible reemplazar una lámpara incandescente de 150 Watts por otra LED de 7 Watts, logrando mayor intensidad de luz a 2 m de distancia, clara evidencia del impacto de las nuevas tecnologías en la búsqueda de mayor eficiencia.

En la misma búsqueda, el Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS) está desarrollando un sistema propio de etiquetado de gas, proponiendo un aporte importante al informar a los consumidores y compradores sobre la eficiencia de artefactos domésticos, vital contribución si se considera la importancia que tiene el gas en la matriz de energía en vivienda.

¿Energía para calefacción o uso de materiales aislantes?

Un argumento en contra de los materiales aislantes térmicos livianos, especialmente los que utilizan petróleo en su fabricación, es el balance entre la energía empleada en la producción y colocación en obra, sumado a la energía necesaria para la calefacción. A fines demostrativos, en la Figura 5 se presenta el análisis de un muro de mampostería convencional en Bariloche, Zona VI, muy fría.

Si bien, la suma de energía requerida para construcción y calefacción anual en 3 años es similar en ambos casos, con y sin aislación, en los años siguientes la cantidad de energía es menor en el muro con aislación térmica. La forma del gráfico puede variar según los materiales elegidos y el clima de la localidad, aunque la conclusión es similar en todos los casos: siempre es conveniente incorporar aislación.

Aunque inicialmente el balance puede ser desfavorable, en pocos años la energía acumulativa utilizada para fabricar materiales y calefaccionar un edificio con baja calidad térmica, supera la demanda de energía requerida en un edificio con buen comportamiento térmico y adecuada respuesta ambiental (Evans y de Schiller 2015).

8 Localidades

Nº	Localidades seleccionadas	Zona bioambiental
1	Formosa, Formosa	Ib
2	Tafí Viejo, San Miguel de Tucumán	IIb
3	Rosario de Lerma, Salta	IIIa
4	San Martín, Mendoza	IIIa/IVa
5	Almirante Brown, Gran Buenos Aires	IIIb
6	Rawson, Chubut	IVc
7	Comodoro Rivadavia, Chubut	V
8	Ushuaia, Tierra del Fuego	VI Sur

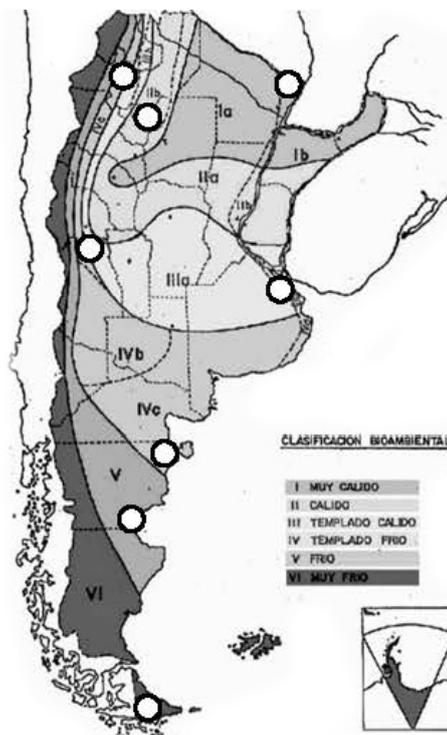


Figura 6
Zonificación Bioambiental de la República Argentina, IRAM 11.603 (2012) con la ubicación de los conjuntos de vivienda del Proyecto GEF.

De la reflexión a la puesta en práctica

Pasando de la reflexión y la extensa trayectoria en capacitación a la puesta en práctica de conceptos de eficiencia energética y posibles estrategias de implementación en distintas condiciones locales dentro del contexto nacional, se presenta como caso de aplicación el Proyecto GEF 4816, *Global Energy Facility*, con financiación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El proyecto planteaba el desafío de lograr 30 % de reducción de energía convencional en vivienda social a nivel nacional. Los estudios realizados, con asesoramiento de investigadores del Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE), permitieron demostrar dicha hipótesis, estableciendo medidas de factibilidad e implementación en los institutos provinciales de vivienda (de Schiller 2014).

Para ello, se propusieron innovaciones de diseño, sistemas constructivos e instalaciones, y cuidadosa implantación, en ocho localidades representativas de la Zonificación Bioambiental de la República Argentina (IRAM 2012) (Figura 6). El primer recurso aplicado es la mejora de la envolvente edilicia, con aislación térmica en muros y techos, a fin de mostrar el efectivo cumplimiento del Nivel B de la Norma IRAM

11.605 (1996). El segundo recurso fue aplicar estrategias bioclimáticas de diseño y el tercero lograr la integración de sistemas solares térmicos para calentamiento de agua, tecnología fotovoltaica y otras instalaciones de energías renovables, según las condiciones de cada zona bioambiental.

Posteriormente, se prevé la construcción de 128 viviendas a fin de realizar el monitoreo de las viviendas durante un año, conjuntamente con el INTI, para verificar el desempeño energético en la práctica con las viviendas habitadas. Los estudios realizados en el proyecto confirman la posibilidad de alcanzar la meta requerida de lograr 30 % de reducción de energía convencional en vivienda social, hipótesis fundamental del proyecto. Dichos estudios permitieron demostrar la hipótesis, introduciendo nuevos criterios de innovación, modificando el diseño de las viviendas, mejorando el desempeño de sus envolventes e integrando sistemas solares. Esto se logra, aún sin cambiar la eficiencia de los artefactos domésticos, indicando el gran potencial que ofrece mejorar la eficiencia en la producción de vivienda social en el marco del desarrollo sustentable.

Conclusiones

El análisis del contexto energético-ambiental demuestra la necesidad de lograr una reducción significativa en el uso de energía y, en ese desafío, este estudio indica la importancia del sector residencial y los ECPs, ante la gran oportunidad que este sector ofrece para reducir la demanda de energía convencional y responder eficazmente al mejoramiento del hábitat edificado en el marco del desarrollo sustentable.

Si bien hay varias respuestas técnicas constructivas que permiten lograr este objetivo a través del aprovechamiento de energías renovables y aislación térmica para reducir las pérdidas de calor en invierno y ganancias excesivas en verano, los recursos de diseño plantean el desafío de innovación con la promoción de formas edilicias energéticamente más favorables, agrupamientos y densidades urbanas que respondan a los requisitos de las distintas regiones climáticas del país.

Tamaños y orientaciones que faciliten la captación de radiación sol en invierno y protección en verano, colores de muros y techos, con mayor o menor absorción de la radiación solar, etc., son todos factores que influyen en mayor o menor grado en el confort y bienestar de los espacios interiores, con la correspondiente demanda y dependencia de energía.

Las medidas para lograr una efectiva reducción del uso de energía convencional en edificios son muy variadas y las barreras de implementación son múltiples, tanto tecnológicas, económicas, políticas como sociales. Solo para el territorio continental de Argentina, las medidas deberían responder a la gran variación climática del territorio, comprendido entre 22° y 55° de latitud, una diferencia similar a la distancia entre el centro del Sahara en África y Escocia o Escandinavia en el norte de Europa, según la Norma IRAM11.603 (IRAM 2012). A su vez, también deben abarcar la gran variación de sistemas constructivos y diferentes tipologías edilicias, viviendas, oficinas, edificios comerciales, hospitales y edificios públicos de todo tipo. Se requieren, por tanto, políticas y sistemas de implementación para edificios nuevos y mejoramiento de

edificaciones existentes, en forma simultánea. La multiplicidad de actores complejiza aún más el panorama: arquitectos, empresas constructoras, fabricantes de materiales de construcción, instalaciones termo-mecánicas, artefactos de gas y electricidad, y colectores solares. Por otro lado, se suman los actores políticos, administradores y técnicos de instituciones gubernamentales, en sus respectivos niveles de acción, nacional, provincial y municipal, junto a los emprendedores inmobiliarios y empresarios y, finalmente, los usuarios de edificios, los actores más importantes en este proceso.

Una eficaz política de eficiencia energética debe así lograr cambios en tres áreas complementarias: el diseño, es decir, el mejoramiento y mantenimiento de edificios, la eficiencia de las instalaciones y artefactos y el comportamiento, desempeño y operación de los usuarios, requiriendo cada uno de ellas capacitación y plena conciencia social.

Las barreras y dificultades para lograr mayor eficiencia energética en el hábitat construido, si bien importantes, son superables y, por las características del sector, es importante empezar inmediatamente e implementar medidas de mejoramiento progresivo. A mediano y largo plazo no se dispone de alternativas si se espera lograr un nivel y forma de desarrollo más sustentable.

Este trabajo de reflexión surge a la vista de 32 años de trayectoria en la FADU-UBA, habiendo establecido los autores la Cátedra de Diseño Bioambiental en 1984, la primera materia electiva de grado en este campo, contando desde el inicio con alta inscripción de alumnos, correspondida por el rápido desarrollo de formación docente para su atención y creciente interés en investigación con el soporte de sucesivos proyectos UBACYT, concursados y financiados por SECYT-UBA desde 1987. Dicha iniciativa se vio fortalecida en 1986 con nuevos posgrados, al mismo tiempo que motivaba la extensión de sus contenidos conformando una *trilogía* de materias complementarias entre sí: Introducción al Diseño Bioambiental, Introducción a la Arquitectura Solar y Energía en Edificios. Con 60 horas presenciales cada una, dictadas en la modalidad de taller, integran teoría e instru-

mentos técnicos en el proceso de desarrollo de proyectos en sus contextos académicos específicos.

El interés que este campo ha mantenido ininterrumpidamente en la currícula de la FADU-UBA, a nivel de grado, es demostrativo de la sostenida preocupación por la temática planteada. A nivel de posgrado, el Programa de Actualización en Diseño Bioambiental de la Escuela de Posgrado (FADU-UBA), de 240 horas presenciales, monografía y proyecto, dictado por los autores, sustentó la participación de la FADU en la conformación de la Maestría Interdisciplinaria en Energía (MIE-UBA), en 2010. Desarrollada en el marco del Programa Interdisciplinario de la UBA en Energías Sustentables (PIUBAES), la MIE promueve la integración y complementación de diferentes disciplinas con la participación de cuatro facultades de la Universidad de Buenos Aires: Derecho, Ciencias Económicas, Ingeniería y Arquitectura, Diseño y Urbanismo, donde los autores desarrollan el uso de energía en el hábitat construido, por parte de la FADU. Se fue preparando así un valioso cuerpo de recursos humanos, atento a nuevas expectativas de desarrollo profesional, investigación y docencia, con un gran desafío por delante en la búsqueda de sustentabilidad en arquitectura, construcción y urbanismo ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE. 2013. *ASHRAE Standard 90.1, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings* (Wáshington: ASHRAE).

DE SCHILLER, Silvia. 2014. "Diseño bioclimático, eficiencia energética y energía solar para la reducción de energía convencional en vivienda social", en *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, AVERMA, Salta.

EVANS, John Martín y Silvia DE SCHILLER. 1992. "Energía y vivienda", en *AREA, Agenda de Reflexión en Arquitectura, Diseño y Urbanismo* 1, 20-28.
IRAM. 1996. *Norma IRAM 11.605, Valores máximos admisibles de Transmitancia Térmica "K"* (Buenos Aires: IRAM).

IRAM. 2010. *Norma IRAM 11.900, Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente* (Buenos Aires: IRAM).

IRAM. 2012. *Norma IRAM 11.603, Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina* (Buenos Aires: IRAM).

PEN (Poder Ejecutivo Nacional). 2007. *Decreto N° 140/07, Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de Energía*, Boletín Oficial de la Nación 31309, 4.

PROVINCIA DE BUENOS AIRES. 2003a. *Ley 13.059*, Boletín Oficial Provincia de Buenos Aires, 24738.

PROVINCIA DE BUENOS AIRES. 2003b. *Decreto 767/2003*, Boletín Oficial Provincia de Buenos Aires, 24738.

PROVINCIA DE BUENOS AIRES. 2010. *Decreto 1030/2010*, Boletín Oficial Provincia de Buenos Aires 26406.

SADS. 2015. *Tercera comunicación nacional sobre cambio climático* (Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable).

SECRETARÍA DE ENERGÍA. 2014. *BEN, Balance Energético Nacional 2013* (Buenos Aires: Secretaría de Energía), www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366 [Consulta: 22 de marzo 2016].

UNFCCC. 2015. *Tercera comunicación nacional de la República Argentina a la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático*, UN, New York. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/argnc3s.pdf> [Consulta: 22 mar de 2016].

USGBC. UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. 2014. *LEED V4 for building design and construction* (Wáshington: Green Building Council).

RECIBIDO: 28 abril 2016.

ACEPTADO: 6 julio 2016.

CURRÍCULUM

Los autores son profesores consultos de la Universidad de Buenos Aires. Se desempeñan como directores del Centro de Investigación Hábitat y Energía y el Laboratorio de Estudios Bioambientales, que fundaron en 1986 en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UBA, donde desarrollaron su actividad docente desde 1984. Son especialistas en diseño bioambiental y sustentabilidad urbana, y asesores en desarrollos urbanos y edificios. Dictan cursos y dirigen tesis de maestrías y doctorados en universidades latinoamericanas y europeas. Desde 1987, dirigen proyectos de investigación UBACYT, concursados y financiados por SECYT-UBA, cuentan con publicaciones especializadas y son oradores invitados en reuniones internacionales. Recibieron premios en concursos internacionales de proyectos, España 1991 y China 2004; a la 'Investigación en Arquitectura', SICYT-FADU-UBA, 1994; Premio Vitruvio 2003, Buenos Aires, a la 'Trayectoria en Investigación en Arquitectura', y Prometeos Senior 2013-2014 a la innovación académica, SENESCYT, Ecuador. Se desempeñan en investigación, docencia y transferencia social a través de la docencia, capacitación profesional y actualización institucional en arquitectura de bajo impacto ambiental y alta eficiencia energética y calidad de vida, en el marco de la edificación sustentable.

**Centro de Investigación Hábitat y Energía,
Secretaría de Investigaciones,
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo,
Universidad de Buenos Aires**

Ciudad Universitaria, Pabellón III, 4º piso,
Buenos Aires, Argentina

Tel: (011) 1538562060

E-mail: evansjmartin@gmail.com / sdeschiller@gmail.com