

APLICACIÓN DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN VIVIENDAS MULTIFAMILIARES URBANAS DE ESCALA MEDIA: PRESENTACIÓN DE DOS CASOS EN BUENOS AIRES, ARGENTINA

**¹Mühlmann, Susana; ¹Kozak, Daniel; ¹*Yajnes, Marta; ¹Caruso, Susana
¹CIHE FADU UBA and CEP ATAE FADU UBA (Centro de Investigación Hábitat y Energía y Centro Experimental de la Producción de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires)
e-mail: *meyarch@gmail.com**

RESUMEN

Esta ponencia presenta dos casos de estudio de edificios de escala media urbana con destino de vivienda multifamiliar, donde se tomó como objetivo primario el diseño de la envolvente y la selección de materiales según criterios de eficiencia energética y sostenibilidad en general. Ambos fueron producto de una colaboración entre una oficina de arquitectura independiente y centros de investigación de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (FADU UBA), que aportaron asesoramiento en el área de tecnología en relación proyectual. En el primer caso, el asesoramiento se enfocó en el diseño de la envolvente para la mejora de su comportamiento higró-térmico a través del cumplimiento del valor de u y de las protecciones y adecuamiento de aberturas para garantizar el asoleamiento de las viviendas, y la instalación solar-térmica. En el segundo, se incorporó la gestión de residuos para la aplicación directa de demoliciones de la propia obra en materiales nuevos que aportan a la reducción del gasto energético por traslados y a la capacidad térmica de la envolvente .

La originalidad que presenta la ponencia radica en primer lugar en la selección de los casos de estudio: edificios típicos de la ciudad de Buenos Aires, sin presupuestos ni condiciones excepcionales. En oposición a cierta tendencia predominante en la práctica y el estudio en este campo a nivel local, se propone reorientar el debate hacia las posibilidades concretas de promoción de la sostenibilidad en arquitectura urbana, y aportar casuística en este sentido. Por otro lado, los dos casos dan cuenta de modos de articulación entre entidades académicas y de investigación públicas y emprendimientos privados, poco usuales en esta escala. Es de destacar que los proyectos de investigación que en forma directa e indirecta se vinculan con las asesorías que aportan las soluciones técnicas e innovaciones a las obras (como por ejemplo el diseño y los procesos de producción de los bloques cementicios con agregados provenientes de materiales reciclados) están conformados por equipos dirigidos por profesores de la universidad y estudiantes de grado y postgrado.

El análisis de los casos de estudio enfatiza la cuestión de la selección, producción y gestión de los materiales con criterios de sostenibilidad, dentro del marco teórico de materiales, ambiente y salud. Este es otro punto que, dentro de esta área a nivel local, no ha recibido la atención necesaria en términos de divulgación de información, marcos legales, ni protocolos de implementación.

Keywords: materiales, sostenibilidad, envolvente edilicia, Buenos Aires, residuos reciclados

1.- Estado de la cuestión

En Buenos Aires, y en Argentina en general, la aplicación de criterios de sostenibilidad en arquitectura es un campo incipiente, con relativamente pocos ejemplos construidos. Por otro lado, la mayoría de los ejemplos realizados, y en general el estudio de este campo, oscilan entre los casos de edificios pequeños y aislados que requieren un alto nivel de autonomía energética, y los complejos edificios o torres de gran escala –generalmente con usos comerciales o administrativos– que necesitan ineludiblemente reducir su gran demanda energética. Sin embargo, la gran mayoría de edificios de ciudades como Buenos Aires se encuentra precisamente entre estos dos extremos. En Buenos Aires –como en muchas otras ciudades de origen hispanoamericano, con tejidos urbanos tradicionalmente compactos, mayoritariamente conformadas por edificios entre medianeras, de cuatro a doce pisos y frentes que responden a las antiguas diez varas españolas– la mayoría de los edificios cuenta con acceso inmediato a la infraestructura urbana y las redes de servicios. En estos casos, la cuestión del uso racional y eficiente de la energía no necesariamente debería apuntar a la autonomía energética, como si se tratara de edificios rurales aislados. Tampoco es completamente asimilable la problemática que plantean los edificios urbanos de gran escala que cuentan con otro tipo de recursos que posibilitan el desarrollo de instalaciones complejas. Los edificios urbanos de escala media plantean problemas específicos y requieren soluciones y normativas igualmente específicas. Esta ponencia propone enfocar el análisis del tipo de edificios típicos de esta ciudad, con el fin de reorientar el debate hacia las posibilidades concretas de promoción de la sostenibilidad en arquitectura urbana, factibles de ser realizadas sin presupuestos ni condiciones excepcionales, aportando al mismo tiempo casuística en este sentido.

2.- Objetivos

- Promover el debate sobre las posibilidades de aplicación de criterios y estrategias de sostenibilidad en arquitectura urbana de escala media en ciudades de las características de Buenos Aires, factibles de ser realizadas con los medios tecnológicos y presupuestarios usuales en esta escala, y dentro del marco normativo vigente.
- Presentar casos construidos que incorporan criterios de sostenibilidad en la selección de materiales existentes en el mercado local.
- Introducir procesos innovativos en el diseño y la producción de nuevos materiales fabricados con la inclusión de residuos de la propia locación reciclados in situ, que entre otras características, aportan capacidad aislante térmica a la envolvente edilicia.

3.- Criterios de selección de materiales [1]

Ante los vacíos técnicos y legales a nivel local, se presenta una síntesis de una serie de criterios a nivel general, que sin ser definitivos posibiliten una selección de materiales más allá de las variables económicas, de mercado y de políticas de estado, clasificados desde el punto de vista del Diseño, del Impacto a través del tiempo, del Ciclo de Vida Útil y de sus Atributos.

En lo referente al *Diseño* –tanto de obra nueva como de intervención en el stock construido– es fundamental contemplar el análisis y aprovechamiento de elementos desmontados, deconstruidos y/o demolidos en una obra, así como su posible derivación a otras; el estudio de tecnologías recientes y pretéritas, para verificar compatibilidad entre materiales existentes y nuevos; la detección de materiales que actualmente se consideran nocivos (por ej. amianto) y su tratamiento y/o remoción con procedimientos seguros, antes de una intervención que los altere.

En cuanto al *Impacto de los materiales a través del tiempo*, es importante atender a aspectos relativos a la protección y preservación del ambiente. En lo referente al *Ciclo de Vida Útil* (obtención de materia prima, traslado y procesamiento, aplicación y/o instalación, uso, desecho), el criterio general es estudiar cada etapa del material, producto o elemento, individualmente y en su interacción en obra. Dentro de este marco, es prioritario evaluar el origen de la materia prima (animal, vegetal o mineral), y las consecuencias en el entorno producidas por el volumen y el método de extracción; la energía y el agua utilizadas en la fabricación, transporte y procesamiento, y para ello atender a innovaciones en el diseño y embalaje; controlar la posible contaminación (incluyendo la sonora) en el momento de la aplicación y/o instalación en obra; verificar el impacto y nocividad sobre la salud de los usuarios; elegir materiales que faciliten la reducción del volumen destinado a disposición final y que admitan posibilidad de reutilización, recambio y/o reciclaje.

En el siglo XXI, la reflexión en torno al Ciclo de Vida Útil experimentó un viraje con el pasaje del concepto “De la Cuna a la Tumba”, que subrayaba la necesidad de reducir al máximo el impacto del desecho, al de “De la Cuna a la Cuna”, que aboga por un ciclo virtuoso en el que todo material extraído de la Tierra retorne sin consecuencias negativas significativas, reeditando el ciclo biológico de la naturaleza. En cuanto a los *Atributos*, es preciso conocer en primer término la *composición química*. Los materiales con sustancias tóxicas o contaminantes pueden provocar degradación de ecosistemas y ofrecen escasa o nula posibilidad de reciclaje. Un atributo derivado de la composición, es el *comportamiento ante el fuego*: hay materias primas que en estado natural no son contaminantes, pero sí cuando se las procesa con sustancias para mejorar sus propiedades. Por otra parte, es deseable el uso de materiales no inflamables, pero en caso de que no lo sean, se deben garantizar los protocolos de seguridad previstos; es importante distinguir entre materiales ignífugos (que no propagan llama ni liberan emisiones tóxicas) y autoextinguibles (que no liberan llama pero sí emisiones), así como aquellos sometidos a tratamientos con retardantes de llama.

También se debe tener en cuenta la *(bio)degradabilidad* (capacidad del material de entrar en descomposición biológica o química) y la *compostabilidad* (biodegradación bajo condiciones específicas), propiedades que facilitan el retorno del material utilizado a la Tierra. Otros *Atributos* a contemplar son: *calidad y rendimiento; mejoramiento de la calidad de aire interior; conservación, ahorro de energía y eficiencia energética y durabilidad*.

4.- Metodología: Estudio de Casos

Selección y producción de materiales con criterios de sostenibilidad en Arquitectura Urbana: análisis de casos post-ocupación y en fase de construcción inicial.

En Argentina prácticamente no hay materiales certificados, ni tampoco sistemas de certificación ambiental locales acordes a nuestro marco legal en funcionamiento – aunque existen iniciativas y estudios con este fin– nuestros mercados de materiales y productos para la construcción son fluctuantes y están condicionados por políticas públicas, circunstancias económicas, disponibilidad de recursos naturales y tecnológicos, posibilidad de importación y demanda interna, entre otros. En este contexto se propone examinar casos construidos donde tanto las decisiones proyectuales como las de materialización en obra fueron procuradas con el objeto de alcanzar los mayores niveles de sostenibilidad posibles, ya que se sostiene que, inclusive en un entorno que no facilita la aplicación de criterios de sostenibilidad, es posible lograr mejoras significativas.

A través de dos estudios de caso se exponen los resultados de la incorporación de estos criterios en la selección de materiales, reciclaje de residuos de construcción y

operaciones de diseño en viviendas multifamiliares urbanas en un contexto de densidad media de la ciudad de Buenos Aires, y la vinculación en red de investigaciones del CIHE, CEP y prácticas profesionales. En el primer caso se trata de un edificio construido cuyo diseño contó con distintos estudios de eficiencia energética y sostenibilidad en arquitectura urbana, nutridos principalmente de investigaciones del CIHE. El segundo –actualmente en el inicio de su construcción– incorpora además de las estrategias implementadas en el primer ejemplo, el abordaje del CEP en cuanto a la producción de materiales *in situ*. En este sentido, a partir de una tradición constructiva local basada en el uso de mampostería, se investigan y desarrollan mezclas de hormigones para mampuestos que incorporan tanto restos de demoliciones seleccionados y procesados, como material reciclado –cuyo uso anterior no necesariamente se vincula a la construcción– mejorando sustancialmente sus propiedades térmicas, y reduciendo la huella de carbono ocasionada por traslado de materiales y uso de productos vírgenes.

5.- Hipótesis de trabajo

A partir del estudio en profundidad de la construcción y materialidad de casos realizados a nivel local –en cuyos procesos proyectuales y de materialización, la aplicación de criterios de sostenibilidad en arquitectura ha tenido un rol principal– es posible determinar tanto los límites como los grados de sostenibilidad asequibles en la construcción en nuestro medio en cuanto a los materiales producidos y/o utilizados.

6.- Estudio de casos

6.1.- Edificio Aráoz

La operacionalización de la hipótesis de trabajo plantea la conveniencia de adoptar como metodología principal el estudio de casos reales, ya que la mejor demostración de que es posible construir un edificio de viviendas de escala media que logre incorporar estrategias y recursos de arquitectura sostenible urbana, con las restricciones y posibilidades de un contexto específico (en este caso, la ciudad de Buenos Aires), es la constatación misma y evaluación de casos construidos.

6.1.1.- Análisis del proceso constructivo y post-ocupación

Está constituido por un edificio de planta baja y tres pisos, proyectado según criterios de sostenibilidad en arquitectura urbana. El proyecto fue realizado por el Estudio Kozak, Arqs., con la asesoría de Evans-de Schiller Consultores. La construcción del edificio comenzó en febrero de 2011 y finalizó en febrero de 2013. Actualmente todas sus unidades están habitadas y en funcionamiento. El edificio está ubicado en un barrio en el que se permite la construcción de edificios de planta baja y cuatro pisos. A partir de estudios previos se incluyeron tanto las condicionantes dadas por las características del tejido y regulaciones urbanas, como las del clima local, capacidad de recursos tecnológicos y restricciones económicas de una obra que debe cumplir con las expectativas y posibilidades de comitentes reales (Kozak *et al.*, 2013) [3].

6.1.2.- Características generales del edificio y proceso de construcción

En la resolución de la planta de los departamentos y la ubicación y diseño de ventanas y parasoles se buscó optimizar la captación de sol directo en invierno y asegurar la protección solar necesaria en verano para evitar sobre-calentamiento. (Fig. 1). Sobre las medianeras preexistentes, contiguas a los edificios vecinos, de ladrillo común de 45cm de espesor (en PB y 1º piso), se buscó adoptar un detalle que permitiera alcanzar el menor valor de transmitancia térmica posible sin aumentar en exceso el espesor del muro. La solución adoptada consistió en: ladrillo común

macizo al exterior, más 5cm de aislación celulósica proyectada (Fig. 2)., barrera de vapor de film de polietileno de 200 μ m, y placas de roca-yeso al interior. Los muros al exterior fueron construidos con ladrillo hueco de 18cm, más 5cm de aislación celulósica y placas de roca-yeso, en el caso de los dormitorios al patio, y tabiques de H^ºA^º de 15cm de espesor, más 5cm de EPS de alta densidad y pared de ladrillo macizo de panderete en los dormitorios principales y el estar. En las terrazas también se adoptó como material aislante EPS de alta densidad y en los cielorrasos bajo losa en PB, se utilizó lana de vidrio (3cm) más la acumulación del EPS recibido en la obra como *packaging* de productos e insumos (Fig. 5). Todas las ventanas del edificio cuentan con doble vidrio hermético y –salvo en cocinas– persianas de aluminio anodizado con poliuretano inyectado.

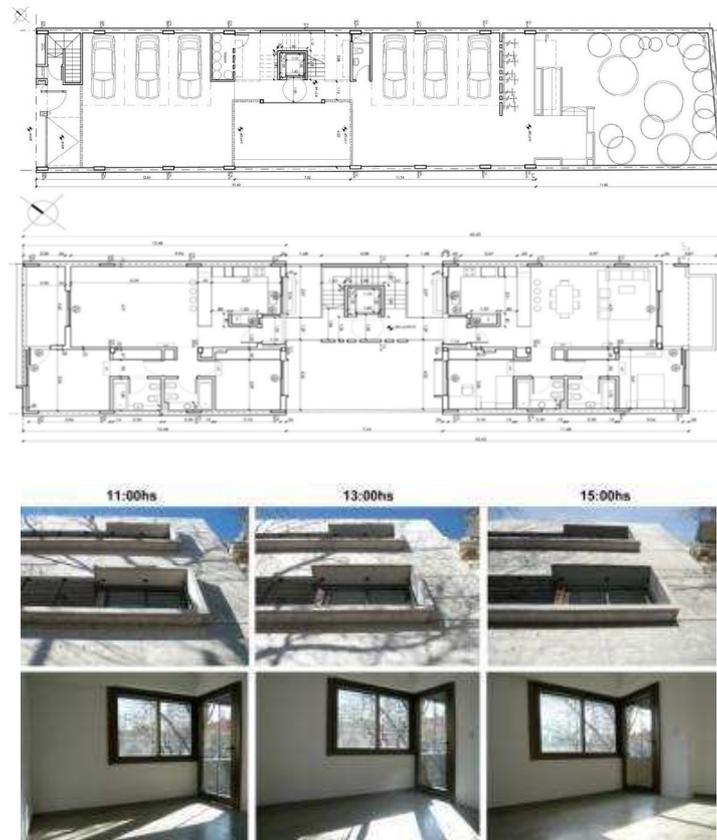


Fig. 1 “Plantas Baja y Tipo Aráoz más Estudio de Asoleamiento”. Fuente: arq. D. Kozak



Fig. 2 “Aplicación de aislación de celulosa proyectada”. Fuente: los autores

Los departamentos tienen equipos de acondicionamiento de aire invierno-verano con sistema *multi-split inverter* que utilizan fluidos refrigerantes de bajo impacto ambiental, la condensación de agua es recuperada para el sistema de riego por goteo del jardín.

El equipamiento sanitario incluye inodoros de doble descarga y griferías con aireadores para reducir el consumo de agua. Se cuenta con un sistema de colectores solares de tubos evacuados que transforma la radiación solar en energía térmica para calentar el agua de consumo con el fin de lograr un promedio de ahorro energético anual en el orden del 60%. Los espacios comunes son iluminados durante el día mediante luz natural y por la noche con artefactos de bajo consumo accionados por sensores de movimiento y fotocélulas. En PB se procuró maximizar la superficie de terreno absorbente y se destinaron espacios en diferentes niveles para prácticas de agricultura orgánica urbana. Parte de la PB se reservó para estacionamiento de bicicletas con fácil acceso, promoviendo formas de movilidad sostenible (Kozak *et al.*, 2013) [3].

6.1.3.- Materiales en el edificio terminado en la actualidad

En el 1º y 2º piso, un tabique de H⁰A⁰ resuelve la protección solar (en una fachada al NO) con parasoles horizontales y verticales conformados en único elemento continuo. Se utiliza también vegetación como parte del sistema de protección solar y filtrado de aire. En el 3º piso, la protección solar es resuelta mediante vegetación sobre cables tensados y una pérgola de madera. En el patio central, un solado de pavimento semipermeable de adoquines de hormigón intertrabados es alternado con superficie absorbente de granza en los patios laterales al núcleo de circulación vertical. Sobre la medianera libre y frente al ascensor, se dispuso una franja con sustrato para el crecimiento de especies vegetales trepadoras sobre una malla metálica, que contribuyen a mejorar la calidad de aire y bajar temperaturas en verano. Los muros calados –construidos con los mismos adoquines del solado– son utilizados para separar el espacio para el estacionamiento de bicicletas y el límite con el jardín. El fondo del terreno con sustrato elevado y contenido por muretes permite mayor absorción de agua de lluvia, crecimiento de especies vegetales más frondosas, y evita el arrastre y obstrucción de desagües pluviales (Fig. 3).

La malla metálica y canteros en cada nivel sostienen el jardín vertical, cuyo fin es además brindar protección al ascensor y evitar que el agua de lluvia entre al pasadizo (con ese fin también se dispusieron rejillas “guardaganado” frente al ascensor). La iluminación artificial en la escalera y puente es activada a través de sensores de movimiento y fotocélulas.



Fig. 3 “Patio y espacios de circulación con jardines verticales”. Fuente: los autores

Los muebles de la cocina están realizados en MDF revestido en melamina blanca con herrajes en aluminio. Como continuación de las mesadas, a través de las ventanas apaisadas, los canteros para huertas individuales suman aislación térmica

a los muros exteriores de las cocinas. En los muros medianeros con orientación NE, ladrillos de vidrio incrementan la iluminación natural de los espacios principales de los departamentos en el 2º y 3º piso.

Las paredes y cielorrasos (con losa de H⁰A⁰ a la vista) están terminados con pintura blanca al agua. Las terrazas al jardín también tienen una estructura de cables tensados y pérgolas de madera para permitir el crecimiento de enredaderas y plantas trepadoras para brindar protección solar en verano, reducir la entrada de material particulado y mejorar la calidad de aire interior durante todo el año. En los dormitorios al patio, la protección solar del frente NO es resuelta mediante el retranqueo de ventanas, que generan un espacio interior con la posibilidad de armar equipamiento, como estanterías, eventualmente desmontables y reusables.

6.2.- Edificio Olaya

6.2.1.- Análisis preliminar y producción materiales con reciclados *in situ*

Se trata de un edificio de planta baja y cuatro pisos, para cuyo proyecto se adoptaron soluciones similares a las utilizadas en el edificio Araoz 1459 en cuanto a sostenibilidad en arquitectura urbana (Fig. 4). La principal innovación en este caso está dada por la producción de mampuestos *in situ* a partir de materiales reciclados, y sobre este punto se concentra el análisis en esta sección.



Fig. 4 "Imágenes exteriores". Fuente: los autores

El proyecto fue realizado por el Estudio Kozak, Arqs. y cuenta con el asesoramiento en Gestión de Residuos de las Arqtas. Marta Yajnes y Susana Caruso. La construcción del edificio comenzó en agosto de 2014 y su finalización está prevista para agosto de 2016. El edificio está ubicado en un barrio de características similares al del caso anterior.

La construcción preexistente se encontró en deficiente estado de conservación. Su núcleo original, construido en la década del 30, fue intervenido y alterado. El sistema constructivo principal está constituido por muros de ladrillos comunes asentados con morteros pobres con cal como aglomerante principal, espesores de 45cm para medianeras, 30cm para muros de frente y a patios y divisiones no portantes de 15cm. Los techos sobre la planta baja (no tiene pisos superiores) tienen estructura de perfiles "doble T" metálicos normalizados y bovedillas de ladrillos comunes revocados con cubiertas metálicas. Intervenciones posteriores densificaron los patios con ambientes de tamaños reducidos incluyendo su altura, muros de ladrillos huecos de 8cm de espesor, asentados con morteros ricos en cemento y revocados. Sus techos presentan tipologías desde losas de hormigón armado hasta losas

armadas con ladrillos comunes. Este tipo de construcciones, muy corrientes en la Ciudad de Buenos Aires, al día de hoy presentan una importante falta de adecuación a normas vigentes sobre seguridad eléctrica, medidas de ambientes, iluminación y ventilación, conservación por humedades y deterioro edilicio muy importantes. Como resultado de la aplicación de estos indicadores surge la necesidad de demolerlas para desarrollo de nuevas propuestas [5]. La reutilización de los materiales demolidos es una cuestión de suma importancia en la actualidad.



Fig. 5 “Demolición y recuperables, sistema productivo actual y Propuesta de refuncionalización del modelo productivo” [6]. Fuente: los autores

6.2.2.- Propuesta constructiva con materiales reciclados (fig. 5)

De la demolición se reservó una parte de aproximadamente 28 m³ (12.000 kg) de cascotes, medido en su estado de demolición, para su reciclado y transformación de residuo en recurso como agregado grueso de hormigones a ser utilizado para la construcción de bloques no portantes. A partir de estudios en el CEP se seleccionaron dos mezclas para la fabricación de bloques de construcción para muros dobles exteriores. Se trata de bloques tricapa: capa exterior de mortero de cemento con la inclusión de aditivo hidrófugo y color a partir de ferrites, alma aislante de hormigón de cemento con arena como agregado fino y cascotes y EPS triturados como agregados gruesos, luego se aplica lechada de cemento para sellar la superficie y evitar desgranado en el manipuleo. Se buscó un mampuesto que tuviera peso y medidas similares a las de los bloques de mercado pero presentando terminaciones superiores a los mismos, incluyendo color, buñas y por sobre todo evitando la necesidad de revoques y otras tareas engorrosas de obra tanto por la inversión económica que implican como por los riesgos laborales. Se les aplica una mano de sellador o laca al agua para protección del acabado (Fig. 7)

En la investigación en curso sobre el uso de cascote como agregado grueso, las incorporaciones se miden en kg, por ello se estudió la forma de medir en obra el volumen de demolición a reservar para la futura fabricación de los bloques. Con este fin se retiró una muestra de escombros *in situ*, incluyendo todas las variantes existentes en cuanto al tamaño, forma y materiales originales (ladrillo hueco y común, revoques y mezclas de asiento), para luego pesarlo y estimar el volumen necesario. Las mediciones de la muestra indicaron 24,5kg de peso y 0,0424m³ de volumen, alcanzado un p.e. de 578kg/m³. Luego el material fue picado hasta pasar por el tamiz de 12.5mm y conservando su peso, su volumen pasó a 0,0297m³ con un p.e. de 826kg/m³. En otra etapa se separó el material pulverulento arrojando un volumen útil de 0,024m³ con un peso de 17,5kg y un p.e. de 728kg/m³, se consideró que podría utilizarse 1kg del material pulverulento en esa proporción. Como conclusión de este análisis se determinaron los 28m³ necesarios para cubrir la necesidad de 12.000kg. Una vez realizada la demolición se procederá a fabricar con

dichos cascotes una tanda de bloques con las dos mezclas citadas para realizar ensayos de aptitud en laboratorio certificado.

6.2.3.- Proceso de producción

- Capacitación en obra (Fig. 6)
- Preparación de moldes
- Procesado de materiales reciclados: Picado y tamizado de cascotes; Pesado de cascotes picados; Triturado y tamizado EPS, Medición en volumen de EPS triturado
- Pesado de materiales vírgenes (cemento, cales, arena, aditivos, colorantes, agua)
- Pre humectación de cascotes; Mezclado de EPS con agua más aditivos
- Mezclando restos de materiales en seco; Mezclado de conjunto del hormigón
- Preparación de morteros para terminaciones con sus aditivos y colorantes
- Colado de capas
- Curado; Desmolde; Estiba; Control de calidad y descarte piezas; Estiba controlada
- Limpieza del lugar, moldes y herramientas.



Fig. 6 “Capacitación en obra”. Fuente: los autores

6.2.4.-Proceso de construcción en obra

Usualmente, en obras como la del presente caso de estudio, se dispone de embalajes de EPS o EPOR en dos etapas: una durante la obra a partir de provisión y colocación por parte de la empresa constructora de los diferentes equipos del edificio, lo que representa un estimado de 2000l de material ya procesado, y durante la etapa de mudanza y ocupación de los departamentos (embalajes de heladeras, lavarropas, etc.) representan otros 2000l. Al inicio de la obra, se cuenta con este volumen de EPS de obras anteriores. Para completar los 40.000l estimados para la fabricación de los bloques de muros exteriores, se propone establecer una estrategia de logística de recolección con generadores como empresas cadenas vendedoras de electrodomésticos e hipermercados, laboratorios y cooperativas de recolección de residuos. Se pueden incluir además los puntos barriales de recolección sabatina de residuos para reciclado como la “Red de Puntos Verdes” [7] del vecino barrio porteño de Flores. En todos los casos el desafío es minimizar los movimientos especiales de traslado dado el volumen de las piezas y la cantidad de vacíos que presentan por su formato.

Como el EPS por embalajes de aires acondicionados, cocinas y muebles entra en una etapa donde la obra está prácticamente terminada, se presenta la posibilidad de acopiarlo para una obra posterior y surge la necesidad de contar con un depósito.

Una posible solución sería medir el metraje cúbico de EPS generado y crear un acopio virtual a cargo de una cooperativa de recuperadores, donde al ser entregados por ejemplo 30 m³, la cooperativa devuelve esa cantidad con una quita, funcionando

los m³ retenidos como pago por el transporte y acopio virtual. La cooperativa no guardaría efectivamente esos m³ sino que los podría vender a terceros, asumiendo el compromiso de reponer el material al tiempo que se necesite en la obra, con un aviso de anticipación pactada, tal como funciona un banco. Esto crearía un mercado de intercambio y valorización de un material de descarte como el EPS. Ya se logró un vínculo con la comunidad barrial a partir de la intervención de FADU Verde [8]. y el Hospital Italiano [9], distante 2 km de la obra de Olaya, que aporta semanalmente conservadoras de medicamentos para su triturado en obra.



Fig. 7 “Distintas piezas del sistema de Bloques y pruebas de color”. Fuente: Los autores

En la obra de Olaya se aspira a cubrir con los bloques producidos *in situ* el cerramiento de los frentes a la calle, el jardín y el patio, completando el círculo virtuoso de obtención de materia prima, acopio, preparación, capacitación, moldeo, estiba y puesta en uso, todo dentro de la misma obra, aspirando a disminuir en forma considerable costos económicos y ambientales.

6.2.5.- Justificación de incorporación EPS triturado en la mezcla para bloques

Las mezclas convencionales, obtenidas a partir de la incorporación de cascote picado como agregado grueso, generan pesos específicos que difícilmente bajan de 1300 kg/m³, lo cual resulta poco apropiado para los objetivos de obtener productos competitivos en peso y aislación térmica. A partir de la investigación del proyecto SI TRP19 se obtuvieron diferentes resultados con fórmulas que combinan EPS triturado y cascote. Para este proyecto se optó dentro del abanico de mezclas disponibles, por aquellas que tienen como ligante uno de carácter pastoso preferido por su trabajabilidad por el contratista con densidad de 900 kg/m³, denominada TRPN°1. La dosificación es 1:1:1:3,25 correspondiendo a cemento, arena y cascote respectivamente en kilos y EPS medido en litros. Cada alma de bloque de 12 cm de espesor contiene 2 kg de cemento, arena y cascote y 7,5 litros de EPS aditivado. Las caras superficiales corresponden a mortero de cemento 1:3 con espesores de 1 cm al exterior y 0,5 cm al interior. Los muros serán dobles completándose con capa de aislante y terminación de placas de roca yeso para llegar a un valor de U de 0,60 a 0,70 W/m²C. Un muro construido con el bloque de 13 cm de espesor tiene un valor U inferior en 29% al de un bloque cerámico según cálculos propios en base a valores tabulados en Normas locales y a la siguiente referencia: <http://www.lapastoriza.com/images/el-bp12-transmtermica.pdf>

Material	Cant	U	Recorrido total obra Olaya a vertedero y vuelta del camión a su base (Km)	Cantidad de Volquetes	Costo Carga de volquete (estimada como 1 jornal de oficial c/u)	Consumo de gasoil (litros)
EPS	50	m3	240	15	15	48
Cascote	12	m3	48	3	3	9,6

Tabla 1 “Estimación huella EPS y cascotes en combustible de traslados producidos en Obra si fueran descartados”. Fuente: los autores

Respecto al EPS, el reciclado de este material desarrolló una dinámica en los últimos tiempos que hace modificar la mirada sobre este insumo. El GCBA lo incorporó dentro de los materiales que recibe en sus Centros Verdes y existen empresas o particulares que ya lo muelen y comercializan, habiendo adquirido un valor de venta similar al de la arena. En el caso Olaya se molerá in situ el EPS, creando fuentes de trabajo y eliminando costos de transporte e intermediarios (Tablas 1 y 2).

Material	Cant	U	Viaje Ida y Vuelta fábrica-sitio de extracción (Km)	Fletes corralón – obra Ida y Vuelta (Km)	Consumo de gasoil (litros)
Ladrillos	6000	un	150	20	34
Cemento	760	kg	1400		
Cal	1360	kg		20	33,24
Arena	7,2	m3	300		

Tabla 2 “Estimación de la huella de materiales en combustible de traslados para 400 m2 de muro exterior de ladrillos cerámicos huecos con revoque grueso”. Fuente: los autores

6.2.6.-Ensayos de bloques

Tres bloques fueron ensayados en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) para Resistencia a la Compresión con resultados promedio de 3,10 Mpa, siendo aptos para muros no portantes (Fig. 8). Próximamente se realizarán ensayos de Absorción, Resistencia a la Compresión en Muros y Permeabilidad al Agua de Lluvia.



Fig. 8 “Ensayos a la compresión realizados en el INTI, Argentina”. Fuente: INTI

7.- Conclusiones

7.1.- El edificio Aróoz

Este Estudio de Caso fue concebido a partir de estudios tipológicos en el marco legal normativo del GCBA y criterios de sostenibilidad con énfasis en la eficiencia

energética, respaldados por análisis de asoleamiento, envolvente edilicia y energía renovable, a los que se suman el aprovechamiento y reducción del consumo de agua y la incorporación del verde como parte estructural e inseparable del proyecto en su conjunto., la observación del edificio terminado y a un año de su funcionamiento permite detectar el cumplimiento tanto en lo referente al Diseño, como al Ciclo de Vida, a la Huella de los materiales en el Tiempo y los Atributos deseables. Los criterios en la práctica se interrelacionan, a continuación un punteo en el que se verifica utilización de:

- Materiales locales/regionales, reducen distancias de transporte, ergo, contaminación y gasto energético.
- Materiales tradicionales en el mercado local, que suelen ser de fácil reposición.
- Materiales de buena calidad y rendimiento.
- Estas ventajas traen aparejadas otras tales como, posibilidad de Reciclaje en demoliciones parciales o totales.
- Se observan pocos elementos fijos y los que hay brindan posibilidad de Desmontaje, Reparación, Reemplazo, Reúso y Reciclado.
- Desde el punto de vista de la composición química, se observan Materiales con baja o nula toxicidad
- En interiores, las superficies no porosas de pisos, muros y mesadas de microcemento no acumulan suciedad e impiden la proliferación de microorganismos (bacterias y hongos de humedad), lo que también se ve favorecido por la falta de juntas, abundante luz y ventilación natural en todos los locales.

7.1.1.- Criterio de unidad e interacción entre materia orgánica e inorgánica:

- Las especies vegetales ornamentales, trepadoras, enredaderas y huerta, mejoran la calidad de aire del edificio en general y de las unidades en particular.
- En expansiones con pérgolas y estructuras para crecimiento de trepadoras y enredaderas se crea una barrera natural para filtrado del aire, reduciendo el ingreso de contaminación exterior y creando un microclima que mejora la calidad de aire interior, el cual pasa de la expansión a estares y dormitorios.
- Similar con el cantero para huerta orgánica de la cocina, de dimensiones mucho mayores que simples maceteros.
- El edificio se autoabastece de agua de riego a través de dispositivos y mangueras conectadas a desagotes de equipos de acondicionamiento térmico.

7.1.2.- Calidad de aire interior y Comportamiento ante el fuego:

- Salvo el equipamiento de MDF (que a nivel local tiene ligantes con contenido de VOCs) con melamina (material sintético no sostenible pero de fácil limpieza y difícil reemplazo en el mercado local), se observa poca o nula posibilidad de arder.
- De estos dos puntos, sumado a las circulaciones exteriores y profusa ventilación de las unidades, se infiere que el riesgo de arder es mínimo y acorde a sus materiales, habría muy buen comportamiento ante el fuego.
- Hay presencia de lana de vidrio, menos sostenible, y EPS y poliuretano inyectado, no sostenibles, pero todos estos materiales están confinados dentro de muros y pisos, y cubiertos por materiales no inflamables en caso de incendio. Su sustitución en el mercado local es discontinua tanto por la

fluctuante importación de otros materiales como la eventual diferencia de costos.

7.2.- El edificio Olaya

En este Estudio de Caso, además de cumplirse los criterios observados en Aráoz, se incorporan aspectos innovadores relevantes tales como:

- El uso de material reciclado:
- Parte del mismo, proveniente de la demolición realizada in situ.
- Su fabricación cuenta con el respaldo de estudios y ensayos en el INTI que verifican su aptitud para un edificio de viviendas de estas características en la Ciudad de Buenos Aires.
- El empleo del sistema de bloques de hormigón con agregados provenientes de reciclado, fabricados a medida.
- Estos bloques pueden ser diseñados y fabricados adaptados a los requisitos constructivos de la obra en cuanto a dimensiones y encuentros. De esta manera:
 - Se reducen:
 - Las habituales situaciones de cortes de piezas
 - Su correlativa emisión de material pulverulento
 - La generación de residuos, puntos críticos típicos de obras convencionales con bloques estándar.
 - Se solucionan las dificultades ocasionadas por el uso de productos estandarizados ideados por un equipo técnico y de diseño diferente al usuario final.
 - Se elimina la huella ecológica del transporte del material terminado a la obra.

Para finalizar, la sostenibilidad y la selección de materiales son un tema de diseño, de armonía con el ambiente, el sol y la naturaleza, en función de la calidad de vida de las personas y de la preservación de nuestra única fuente de recursos, el planeta.

REFERENCIAS

- [1] Mühlmann, Susana I.(2011). *La Selección de Materiales de construcción con criterios de sostenibilidad como interfase en el proceso proyectual*, XXV Jornadas de Investigación y VII Encuentro Regional SI + AMB, Proyecto y Ambiente, FADU-UBA, Buenos Aires.
- [2] Yajnes, Caruso et al (2014) Sustainable solutions for masonry construction using recycled materials *4th Conference on Heritage and Sustainable Development*. Edited by Amoedo,R; Lira,S; Pinheiro, C. Green LInes Institute, p419-429 , Barcelos, Portugal.
- [3] Kozak, D. Evans, J., Adamo G., Abálsamo D. y Romanello, L. (2013). *Criterios y normativas para la promoción de Sostenibilidad en arquitectura urbana en la Ciudad de Buenos Aires*. En: XXVII Jornadas de Investigación, IX Encuentro Regional SI+NOS (Re) Pensar la formación, FADU-UBA. Buenos Aires.
- [4] Ibid.
- [5] Yajnes, Sutelman et al (2014), <http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf> El camino del Cascote en Buenos Aires, Argentina
- [6] Yajnes, Caruso, Sutelman, Tosi, Moreno (2014) Recursos en Residuos, hormigones con incorporación de agregados provenientes de residuos en productos de construcción con generación de empleo verde. *5º Congreso Internacional Solar Cities*, APRA, p. 201-225, Buenos Aires, Argentina.
- [7] Red de Puntos Verdes: <https://www.facebook.com/puntosverdescomuna7>
- [8] Fadu Verde : <https://www.facebook.com/faduverde>
- [9] Hospital Italiano : <http://www.hospitalitaliano.org.ar/>