

Bloque de hormigón liviano con agregados reciclados apto para generar una huerta vertical.

María Belén Putruele¹

Resumen

El área temática que abarca la investigación es "Materiales y técnicas de Construcción Sustentable". El objetivo de este trabajo es el desarrollo y perfeccionamiento de un bloque de hormigón liviano fabricado a partir de mezclas cementicias con agregados provenientes de Residuos Sólidos Urbanos, RSU y Residuos de Construcción y Demolición, RCD. Dicho bloque permite la incorporación de una maceta para el crecimiento vertical de huerta o plantas que sirvan a la vivienda. Estos bloques cuentan con un sistema de recuperación de agua de lluvia para riego a partir del diseño de vinculación entre ellos. Los mismos aportarán aislación térmica al muro debido a su composición que incluye agregados livianos. La metodología utilizada en primera instancia fueron varias investigaciones sobre mezclas cementicias con agregados provenientes del reciclado. Se utilizaron molidos de poliestireno expandido, triturado de cascotes, papeles y otras fibras naturales. Se realizaron siete ensayos, con los cuales se obtuvieron resultados positivos para continuar con la experimentación del bloque.

Palabras clave: Bloque Hormigón; Muro Verde; Sustentabilidad, RCD, RSU.

Lightweight concrete blocks with recycled aggregates suitable for vertical gardening

Abstract

The thematic area covered by the investigation is "Materials and techniques for Sustainable Construction". The aim of this paper is the development and improvement of a block made of lightweight concrete that includes cementitious mixtures with aggregates from USW and C&DW. This block incorporates a module suitable for vertical gardening. In addition, these blocks include an inbuilt designed system that recovers rainwater for irrigation as a result of the linkage between them. Their composition also provides thermal insulation to the walls. The methodology used in the first instance was based on previous investigations on cementitious mixtures with aggregates from recycling. The blocks include minced expanded polystyrene and crushed construction rubble. Seven prototypes were conducted, with positive results that support further investigation.

1. Introducción

En la actualidad, vivimos una contaminación globalizada, padecemos un indiscriminado uso de los recursos del cual nosotros mismos somos responsables. Dicho paradigma comenzó con el inicio de la revolución industrial y a partir de entonces ha estado vigente sin presentar mayores cambios. La contaminación masiva de ecosistemas, el aumento de los niveles de carbono en la atmósfera, la desigual distribución de la riqueza, poblaciones enteras con problemas de desnutrición, son unos de los tantos conflictos latentes que vivimos cotidianamente. Está claro, que el consumo insostenible de bienes, así como el actual modelo que rige el funcionamiento de las economías mundiales, no está mirando el futuro próximo. Todos estos factores están relacionados, y poco a poco pueden ser atacados desde distintos ejes, logrando una sustancial mejora respecto de la situación actual.

Actualmente podemos encontrar ciertas partes del mundo en donde todavía hay ausencia de políticas que aborden el reciclaje de residuos, generando serias dificultades para reutilizar o reciclar los mismos. Esto, sumado al importante crecimiento demográfico que vivimos, acarrea pronósticos devastadores para nuestro futuro si no vamos hacia un desarrollo sostenible.

Problemática de la edificación a nivel mundial

Hoy en día la edificación afecta al problema climático mundial en relación a la cantidad y calidad de desechos que generan, la utilización de energías no renovables empleadas para: la fabricación y traslado de materiales, la energía utilizada para el funcionamiento de máquinas de fraccionamiento y ensamblado en obra y la energía que necesitará el edificio para un uso con confort de sus habitantes. La edificación genera in situ una cantidad de residuos de escombros (RCD) y lo que llamamos (RSU) Residuos sólidos urbanos provenientes de embalajes de una amplia variedad de productos.

Problemática de la edificación en Argentina

Entre nuestros mayores problemas ambientales, se encuentra la incorrecta gestión de residuos en la mayoría de sus provincias, asociados a la generación, manejo y disposición final de los residuos, tanto urbanos como industriales, son cuestiones ambientales que también influyen en la construcción.

En Argentina, la historia de la gestión está relacionada con la historia de la Ciudad de Buenos Aires, que fue el mayor asentamiento humano que tuvo siempre el país. La cantidad de residuos sólidos generados y recolectados condicionan todos los otros aspectos de su gestión integral. Resulta fundamental diseñar itinerarios de recolección, el tipo de vehículos a utilizar, el diseño e infraestructura de las instalaciones de recuperación de materiales y para el dimensionamiento de los rellenos sanitarios, entre otros aspectos.

Residuos Sólidos Urbanos y Residuos de Construcción y Demolición en Argentina

En nuestro país se ha producido un considerable avance en el manejo de RSU desde la crisis del año 2001. Los cartoneros, como respuesta a una necesidad de supervivencia, comenzaron un proceso de valoración de desechos, para convertirlos en recursos, al recolectarlos, reutilizarlos y/o reciclarlos.

A partir de la expansión de este fenómeno en toda la sociedad es que surgen ONGs, Asociaciones civiles y pequeños emprendimientos que desarrollan programas para el reciclado de materiales. Algunas veces, éstas cuentan con la intervención de entes gubernamentales, profesionales y estudiantes universitarios a través de programas de extensión y vinculación con la comunidad. Algunos de los programas que se pueden nombrar son:

- Programas auspiciados por el gobierno CABA como "Producción + limpia", otorgan diferentes beneficios a aquellas empresas que realicen prácticas sustentables en su manejo de desechos.
- ONGs y asociaciones que realizan tareas docentes y de difusión en el manejo RSU incluyendo campañas de clasificación y recolección diferenciada como: UBA y Fadu Verde; Geo Fans; Arca group; Red puntos verdes; Manos verdes; Padua Recicla; Dona tu basura y Fundación Equidad.
- Recolectores RSU: Coop. CreandoConciencia; Recuperadores del Sur; Recuperadores comunales.
- Emprendimientos que utilizan residuos para fabricación de productos: Fundación Garrahan; Modesta; Dos puntos, Bop bolsos reciclados; Sirplast; Cooperativas El Ceibo, Abuela naturaleza.

La actual pasión local por la clasificación y reciclado de RSU no se ha trasladado aun masivamente a los RCD. En el área metropolitana de Buenos Aires se generan mensualmente una considerable cantidad de toneladas de residuos de obras que todavía no tienen tratamiento sustentable.

En el manejo de los RCD y para la reducción de los mismos es fundamental llevar adelante una clasificación selectiva de los residuos que se generan. Para lograr resultados económicos y ambientales satisfactorios se requiere un proceso ordenado y eficiente de reciclado. Es conveniente aplicar los mismos criterios de clasificación que han resultado eficientes en el manejo de RSU. Según Mercante (2008):

"Los residuos no forman parte de la cultura de la obra, es importante que la Cámara de la Construcción se involucre en la gestión de residuos, se requiere crear una base de datos que contenga índices de generación para cada tipo de obras a fin de planificar la gestión intraedificacional, tener en cuenta las responsabilidades y actuaciones que se establecen para cada agente de obra: proyectista, director, capataz, operario."

Centro de investigación

En el centro donde se realiza la investigación, se toma conocimiento de la influencia que tienen los materiales y tecnologías sobre el balance ecológico de las construcciones y se conocen las formas innovadoras de aprovechamiento de materiales, reciclaje, mejora en su uso, diferentes formas de ensamble y métodos de aplicación, con el objetivo de reducir el impacto ambiental de la obra.

Actualmente se llevan a cabo distintos proyectos con el objetivo de aportar soluciones sustentables para la construcción, como el tratamiento de hormigones en base a poliestireno de diversas características y el desarrollo de diferentes fórmulas que incluyen papel reciclado y fibras naturales mezcladas con distintos ligantes como cemento, cal o arcilla y cascotes.

Todas las prácticas tienen la intención de elaborar materiales para la construcción durables, económicos, de bajo peso y con buena aislación térmica, reduciendo significativamente el impacto ambiental que produce la fabricación tradicional de bloques, ladrillos y revestimientos.

En el centro se diseña y fabrican distintos productos, aplicando hormigones livianos que incorporan agregados de reciclado en moldes sencillos. Se ha logrado ensayar en el INTI los bloques estándar a compresión. Los mismos están conformados con materiales reciclados que arrojaron resultados satisfactorios para conformar muros no portantes. Paralelamente al desarrollo de las investigaciones nombradas anteriormente y en relación a las mismas, en el centro de investigación se abordan diferentes temáticas, entre ellas:

- La vivienda como ecosistema de residuo cero, llevada a cabo con la reutilización de los residuos producidos en obra para la fabricación de la materia prima para la construcción de la misma.

- Las aislaciones como reductores de consumo satisfaciendo las necesidades básicas de viviendas y edificios, así también como el uso de eco-productos que generan empleos verdes.
- El aprovechamiento de aguas de lluvias en relación a programas GASS 013-2014 para la búsqueda de soluciones sustentables gestionados por OPS (Organización Panamericana de la Salud)
- El problema alimentario a nivel global mediante el desarrollo de huertas orgánicas en vertical y de producción familiar, teniendo en cuenta el espacio como un factor limitante.

Hipótesis

Es posible desarrollar un bloque de hormigón liviano a partir de mezclas con materiales reciclados que permitan el crecimiento vertical de una huerta, reduciendo la huella de carbono.

2. Objetivos

- Desarrollar un bloque de hormigón liviano a partir de mezclas cementicias con reciclados, que tenga la particularidad de permitir el crecimiento vertical de plantas para generar un módulo de huerta verde apuntando a un diseño sostenible. Dicho bloque deberá poseer una calidad comparable con un bloque similar realizado con materiales vírgenes, al mismo tiempo diseñando ensamble, apilamiento y encastre de bloques, pudiendo captar y aprovechar el agua para riego; y contribuyendo a la disminución de la huella de carbono al utilizar materiales reciclados.

3. Metodología

Se plantea una metodología experimental; para la cual:

- Se estudiaron productos diseñados en el centro con el objetivo de adaptarlos para su aplicación.
- Se analizaron los muros verdes existentes y sus características.
- Se adquirieron y mandaron a fabricar herramientas simples y de baja tecnología que sirvieron para el desarrollo del producto.
- Se realizó una campaña de recolección de materiales de desecho destinados a moldes y a agregados de hormigones (materiales de desecho sin un circuito definido de reciclaje)
- Se modelaron el bloque propuesto tridimensional y posteriormente se materializó con hormigón reciclado. Se diseñó el encastre y apilamiento teniendo en cuenta riego y acumulación de agua.
- Se estudiaron las capacidades de los diferentes prototipos de maceta con el objetivo de obtener el mejor espacio de cultivo posible.
- Se estudiaron y estandarizaron los moldes necesarios para el hormigonado de los bloques.
- Se estudiaron las especies vegetales que resultaron aptas para el desarrollo de la huerta verde.
- Se analizaron variantes en las terminaciones que garantizan correctas aislaciones y calidad.

Trabajos previos al Bloque Verde

En primera instancia se diseñó un bloque con hormigón liviano, incluyendo EPS (polietileno expandido) reciclado y cascote. Dicho hormigón liviano, tiene una densidad en seco de 1,0 kg/dm³ y

en comparación con otros de su especie éste se caracteriza por su bajo peso, su buen comportamiento térmico, su escasa absorción de humedad. Se combinan estas mezclas con mortero de cemento con el objetivo de terminación.

Figura 1. Bloque Ladrillón. Conformación de muro mediante encastre entre bloques y bloque maceta.



Fuente: Imágenes de producción propia.

La propuesta del bloque toma proporciones y medidas del bloque Ladrillón (ver figura 1); se le agrega un módulo a la cara longitudinal exterior que funciona como maceta. La importancia de este bloque radica en su función de huerta para la vivienda, aumentando también la superficie verde absorbente y el aprovechamiento de agua de lluvias. La idea de este bloque nace en el estudio de muros verdes.

Antecedentes y definición de Muros Verdes

Los muros verdes o jardines verticales son elementos arquitectónicos que benefician a los usuarios brindando superficie de cultivo, creando atractivo visual y mejorando la aislación térmica en edificios ya construidos. Los beneficios asociados al empleo de dichos jardines verticales son:

- Mantienen una temperatura constante, pueden reducir hasta 5 grados la temperatura interior de un edificio en verano y mantienen la temperatura en invierno generando significativos ahorros en consumos de energía eléctrica por uso de calefactores y/o aires acondicionados.
- Un m² de Muro Verde o Jardín Vertical absorbe CO² y lo transforma, generando el oxígeno requerido por una persona para vivir durante un año. Un muro verde de 30 m² atrapa y filtra hasta 20 t de gases nocivos y atrapa y procesa 10 kilos de metales pesados.
- Mejoran la calidad del aire en los edificios o lugares de trabajo propiciando mejores ambientes laborales y más productividad, atrapando el smog y gases tóxicos. Reducen el estrés, además de ser una conexión espiritual y física con la naturaleza.
- Es un aislante natural de ruido ya que absorbe y reduce sonidos de alta frecuencia, disminuyendo el ruido hasta en 10 decibeles.

Los actuales muros verdes tienen como antecedentes las enredaderas aplicadas directamente sobre muros. Los problemas que pueden generar las raíces de dichas enredaderas al fisurar revoques, fueron superados con la incorporación de mallas intermedias ya sean tramas metálicas aún en uso desde las más simples de tejido fino hasta tramas de perfiles metálicos. Existen en el mundo diversos tipos de muros verdes, con diferentes estructuras, pueden añadirse sobre el muro estructuras adicionales que soporta el peso del mismo o puede hacerse que el muro este conformado por

contenedores de plantas. Pueden dividirse según riego natural, aprovechando el agua de lluvias siempre dependiendo del clima del lugar y la especie vegetal empleada, ó según riego artificial que con sistemas que permiten abastecer al mismo. Para la confección de los muros se pueden utilizar materiales cerámicos, plásticos u metálicos, dependiendo tanto de las necesidades de la especie a albergar como del diseño empleado. Los formatos tienen variantes desde macetas individuales, como las empleadas en este trabajo, lineal que implica especies albergadas en un gran contenedor de recorrido lineal o superficial, por ejemplo medianeras o grandes fachadas (figura 2).

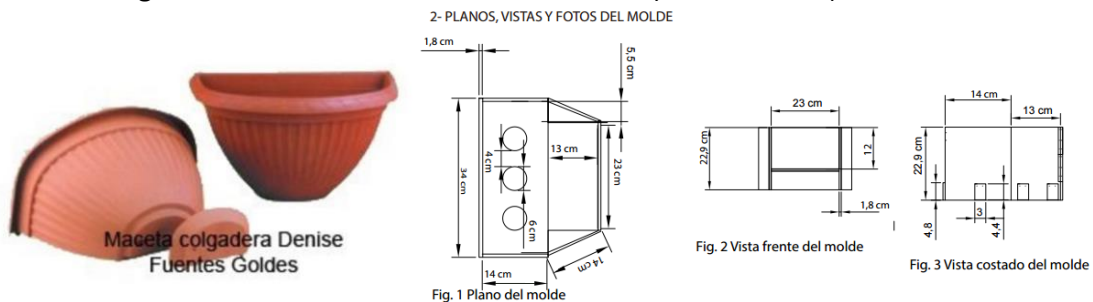
Figura 2. Bloque Ladrillón. Conformación de muro mediante encastramiento entre bloques y bloque maceta.



Fuente: Imágenes de producción propia.

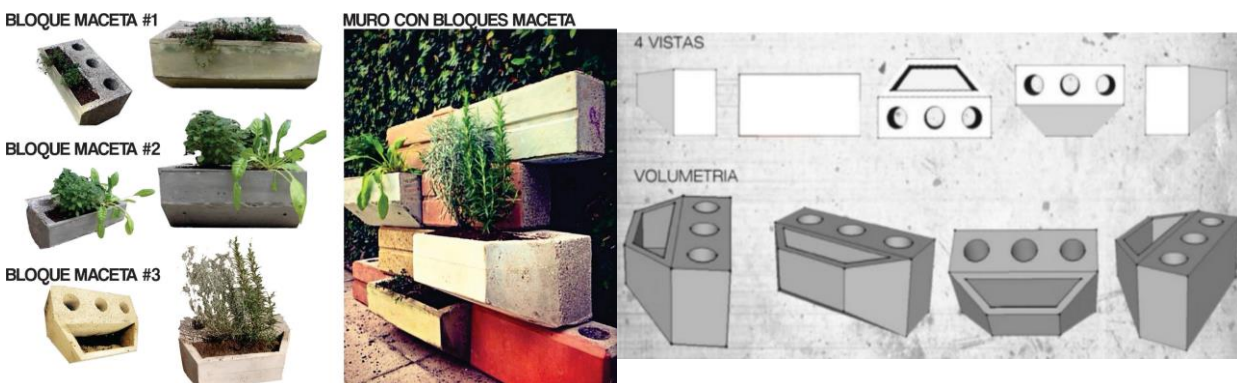
Para el diseño del prototipo se estudiaron macetas tradicionales, sus proporciones, su capacidad y el tipo de plantas que allí pueden crecer. A partir del estudio de las mismas, se pasó a diseñar las medidas apropiadas para el bloque. Luego de varias pruebas se llegó a la conclusión que la mejor medida de volumen de tierra era de 4 lts, capacidad similar a la de una maceta Nº 3 (Ver figura 3)

Figura 3. Maceta estándar de 30 cm $\frac{1}{4}$ de esfera y encofrado bloque maceta.



Fuente: <http://www.fuentes-goides.com.ar/>, y planimetría de producción propia.

Figura 4: Prototipos 1,2,y3. Conformación de muro con bloques maceta. Vistas y volumetría del bloque.



Fuente: Producción propia.

La definición de la morfología del mismo parte del diseño de un muro generado por la superposición de dicho bloque (ver figura 4). Una vez pensado el apilamiento se sostuvo por cuestiones estéticas y para el aprovechamiento de la luz solar, que se fuera modificando su morfología general.

4. Resultados

- Primer prototipo del bloque

Encofrado: Realizado en EPS reciclado, con uniones de clavos, se recubrió con PVC espumado como interfaz para facilitar el desmolde. Para las perforaciones cilíndricas se reutilizaron tubos de PVC recubiertos en nylon para desmolde.

Dosificación de mezclas: Para el alma del bloque se adoptó la mezcla cuya dosificación es 1:1:1:3,75:13,5% agua. Para la capa exterior se utilizó un mortero de cemento de color con dosificación 1:3. Para el acabado interior del bloque se realizó una composición a base de cemento 1:3; con el motivo de crear una pequeña película protectora para prescindir de revestimiento interior y evitar el desgranamiento del hormigón.

Preparado de la capa y hormigonado. Vibrado y secado: Se vibró el bloque; a los 20 minutos se retiraron los tubos de PVC y se dejó secar.

Desencofrado: Se desencofró el bloque a los 7 días de haberlo hormigonado y se procedió a su pesado. El mismo se realizó a los 7, 14 y 21 días. Su peso final fue de 16kg, se redujeron 0,415 kg debido a la evaporación del agua. El volumen libre consistió en 1,470 litros.

Desagüe: Se caló en los extremos de la cara inferior una perforación de 1,5 cm como desagote.

Observaciones: Se concluyó que debido a la morfología compleja del bloque es dificultoso su hormigonado, la superficie cultivable era demasiado pequeña para poder albergar la mayoría de las especies vegetales además de que el excesivo peso del mismo dificulta su manipulación y traslado.

- Segundo prototipo del bloque

Encofrado: Se reutilizó el encofrado y se aumentó el volumen del vacío perteneciente a la maceta. Se redujeron los bordes de la maceta (el recubrimiento). Se procedió al mismo hormigonado que en el primer bloque con igual dosificación y vibrado.

Desencofrado: Se desencofró el bloque a los 7 días de haberlo hormigonado y se procedió a su pesado. El mismo se realizó a los 7, 14 y 21 días. Su peso final fue de 15,015 kg, se redujeron 0,740 kg. El volumen libre consistió en 2,260 lts. Se calaron iguales perforaciones de 1,5 cm de diámetro en los extremos de la cara inferior.

Observaciones: Se redujo el peso del bloque en comparación al primer bloque lo que mejora su manipulación. Las caras exteriores y encuentros del bloque no quedaban notoriamente prolijas y el vacío de cultivo no es comparable al de las macetas estándar aunque el mismo haya aumentado.

- Tercer prototipo del bloque

Construcción del encofrado: Se realizó un nuevo encofrado en EPS. Se emplearon las mismas mezclas. El ferrite amarillo y verde fue reemplazado por cemento blanco, para lograr una diferente gama de colores. Se procedió al mismo hormigonado que en el primer bloque. Posterior vibrado.

Desencofrado: Se desencofró el bloque a los 7 días de haberlo hormigonado y se procedió a su pesado. El mismo se realizó a los 7, 14 y 21 días. Su peso final fue de 15,700 kg, se redujeron 0,500 kg debido a la evaporación del agua. Los pesajes respectivos fueron: 16,200 kg; 15,940kg y 15,700kg. El volumen libre consistió en 3,000 lts

Desagüe: Se dejaron las mangueras introducidas durante el hormigonado como desagüe. Se reforzó el azotado hidrófugo con una capa de pintura siliconada.

Observaciones: Se mejoró la morfología y encastre facilitando su apilamiento para la conformación de muro. El nuevo diseño de facetado de caras laterales provee mayor iluminación a la maceta inferior sin dejar de abastecer con agua a los bloques inferiores x desagüe. Debido al aumento en el tamaño saliente, aumentó su pesaje. Dicho aumento amplía el repertorio de plantas disponibles.

La realización del encofrado en EPS concede ciertas desprolijidades en su aspecto exterior, por lo cual debería ser reemplazado, al igual que la manera de hormigonarse, ya que luego de fabricada la maceta se podía observar que parte de la mezcla del alma del bloque se filtró hacia el sector de la maceta; debilitándose así la resistencia de la misma.

Figura 5: Prototipos 4, 5, 6 y 7. Conformación de muro mediante encastre.



Fuente: Imágenes de producción propia.

- Cuarto prototipo del bloque

Construcción del encofrado: Nuevo encofrado en madera para mejorar terminaciones y sectorizado de mezclas. Con la ayuda de una chapa divisoria de mezclas, el hormigón liviano que conforma el alma del bloque conserva su lugar. Para el alma del bloque se adoptaron las mismas mezclas. Para el acabado interior del bloque se realizó una composición a base de cemento y arena; con el motivo de crear una pequeña película protectora para prescindir de revestimiento interior y evitar el desgranamiento del hormigón liviano.

Preparado de la capa y hormigonado: Se procedió al mismo hormigonado

Vibrado y secado: Se repite el procedimiento de vibrado y secado. Se retiran tubos y chapa divisoria.

Desencofrado: Se desencofró el bloque a los 7 días de haberlo hormigonado y se procedió a su pesado. El mismo se realizó a los 7, 14 y 21 días. Su peso final fue de 13,530 kg, se redujeron 0,670 kg debido a la evaporación del agua. El volumen libre consistió en 3,200 lts

Desagüe: Se dejaron las mangueras incorporadas durante el hormigonado como desagüe.

Observaciones: Se redujo el peso del prototipo lo cual beneficia a la manipulación, se observan varias desprolijidades en el aspecto exterior del bloque. Se planteó el posible aumento de la capacidad el mismo mediante la reducción de los espesores. El catálogo de colores fue ampliado.

- Quinto prototipo del bloque

Encofrado: Se agrandó el vacío. Se empleó interfaz para mejorar acabado. Se realizó el mismo procedimiento anterior en cuanto a mezclas y vibrado

Desencofrado: Se desencofró el bloque a los 7 días de haberlo hormigonado y se procedió a su pesado. El mismo se realizó a los 7, 14 y 21 días. Su peso final fue de 14,630kg, se redujeron 0,670 kg debido a la evaporación del agua. El volumen libre consistió en 4,10 lts.

Desagüe: Se realizaron 2 perforaciones de 1,5 cm en la cara inferior

Observaciones: Se mantuvo el peso del prototipo, el aspecto exterior del bloque mejoró. El volumen cultivable aumento notablemente lo que amplía el catálogo de plantas disponibles. El nuevo aspecto del bloque involucra la reutilización de desechos del mismo cascote. Los bordes interiores del vacío de la maceta resultaron en ángulos muy agudos dificultando el crecimiento de plantas y desagote.

- Sexto prototipo del bloque

Observaciones: Se realizó el mismo procedimiento se diferencia en la morfología del vacío interior de la maceta. Dicho vacío se trató de realizar mediante la reutilización EPS y restos de hormigón liviano, con el objetivo de realizar una pieza de vacío más duradera y prolija. Por su granulometría, se dificultó el tiempo de desencofrado, requiriendo más mano de obra. El problema de los ángulos agudos en el vacío interior, fue resuelto pero la respuesta no fue satisfactoria debido al incremento en los tiempos. A su vez la desprolijidad del vacío provoco un aumento en el peso del bloque ya que los espesores de recubrimiento variaban. La capacidad de la maceta se mantuvo en 3,90 lts. Pesaje final del bloque fue de 17,310 kg.

- Séptimo prototipo del bloque

Observaciones: Para dicho prototipo se realizó un diseño en impresión 3d del vacío del bloque, con el objetivo de evitar ángulos agudos que dificultan el desmolde, uso, y su optimización en cuanto a forma para desagüe. Lo resultante respecto al vacío específicamente diseñado fue que el espesor del mortero de cemento en el sector maceta fue muy variado y excesivo, provocando aumento en el peso del mismo. El volumen cultivable se redujo a 3,00 lts. Los desagües fueron realizados una vez hormigonado el bloque con taladro. Los mismos tenían un diámetro de 1,5 cm. Pesaje final del bloque fue de 15,720 kg.

Selección de Especies cultivables

Tabla 1. Tipos de plantas posibles para cultivo en bloque maceta.

A. Nombre Vulgar	B. Nombre científico	C. Altura	D. Hoja*			E. Época de floración	F. Color de flores	G. Luz**			H. Riego***			I. Mantenimiento			J. Precio****		
			A. Anual	B. Bienal	C. Perenne			A. Sombra	B. Semisombra	C. Pleno sol	A. Poco	B. Regular	C. Mucho	A. Bajo	B. Medio	C. Alto	A. Bajo	B. Medio	C. Alto
Aromáticas																			
1. Menta	Mentha aquatica	20-80 cm			X	Verano	Lilas o blancas			X		X		X				X	
2. Menta Piperita	Mentha piperita	30-50 cm			X	Verano	Lilas o blancas			X		X		X				X	
3. Orégano	Origanum vulgare	40-80 cm			X	Verano	Rosas o Blancas			X		X		X				X	
4. Majorana	Origanum majorana	Hasta 60 cm			X	Verano	Blancas o lilas			X		X		X				X	
5. Tomillo	Thymus vulgaris	10-25 cm			X	Verano	Blancas			X		X		X				X	
6. Cilantro	Coriandrum sativus	Hasta los 90 cm	X			Verano	Blancas			X		X		X				X	
7. Perejil	Petroselinum hortense	20-75 cm		X		Verano	Verde amarillento		X			X		X				X	
8. Romero	Romarinus officinalis 'Prostratus'	35 cm			X	Primavera	Azul, rosa o blanco			X			X		X			X	
9. Albahaca	Ocimum basilicum	30 a 50 cm	X			Verano	Rosas o Blancas		X	X		X		X				X	
10. Zanahoria enana	Daucus carota Var Nantes	Hasta 20 cm		X		Primavera - Verano	Blanca			X			X	X				X	
Cruuláceas																			
11. Sedum	Sedum caucicola	8 cm			X	Otoño	Rosa púrpura			X	X			X				X	
12. Aptenia	Aptenia cordifolia	5-10 cm			X	Primavera	Rosa Fucsia			X	X			X				X	
13. Rosario	Senecio rowleyanus	5-10 cm			X	Verano	Blancas			X	X			X				X	
14. Echeveria	Echeveria elegans	5-10 cm			X	Primavera - Verano	Rojo y amarillo		X		X			X				X	
15. Calanchoe	Kalanchoe blossfeldiana	30 cm			X	Invierno	Variedad de colores		X			X		X				X	
Ornamental																			
16. Alegria del hogar	Impatiens walleriana	20 cm			X	Todo el año	Variedad de colores		X				X	X				X	
17. Pensamiento	Viola tricolor	15-25 cm	X			Otoño - Primavera	Variedad de colores		X	X			X		X			X	
18. Flasa brechina	Cuphea hyssopifolia	20-30 cm			X	Verano	Rosas o Blancas		X	X			X	X				X	
19. Copete	Tagetes erecta	Hasta 30 cm	X			Verano - Otoño	Amarillo o Naranja			X		X		X				X	
20. Verbena	Verbena hybrida	30-50 cm			X	Primavera - Verano	Variedad de colores			X		X		X				X	

Fuente de información: Producción propia y <http://fichas.infojardin.com>

Simultáneamente al diseño del bloque, junto con estudiantes de la Licenciatura en Planificación y Diseño del Paisaje, se estudiaron tipos de especies disponibles para el cultivo. En tabla 1 se organizaron las especies según 3 criterios: aptas para el módulo huerta (mayoritariamente aromáticas), de bajo mantenimiento y especies ornamentales. En la Figura 6 se resumen las especies existentes con sus características más relevantes.

Figura 6: Imágenes en referencia a la tabla anterior. Plantas posibles para cultivo en bloque maceta.



Fuente: Trabajo Final materia “Materiales, Elementos y Procedimientos en la construcción” de la Licenciatura en Planificación y Diseño del Paisaje realizado por Florencia Ledesma y Lucía Silva.

Aplicación en vivienda

Tal como indica la figura 7 es posible construir una vivienda mediante la combinación de bloques ladrillón y bloques maceta pensando en un sistema de construcción sostenible orientado al diseño bioambiental, que reutilice desechos, aumente la superficie cultivable y favorezca al bienestar de las personas. La siguiente vivienda fue diseñada para un terreno en Bella Vista. La planta fue proyectada en base a medidas de bloques y cada una de sus fachadas fue pensada para aprovechar la luz solar y/o protegerse según la estación del año; al igual que las especies que allí podrían cultivarse. La estructura se resuelve independientemente. En el interior, los muros incluyen un acabado que prescinde de revoques o pinturas.

Figuras 7: Plantas y vistas de la vivienda fabricada con bloques ladrillón y maceta.



Fuente: elaboración propia

5. Conclusiones

Discusión

El sistema de construcción propuesto mediante la utilización de bloques maceta conlleva varios aciertos y complicaciones entre ellos se pueden mencionar.

Logros:

- Se fabricó un bloque capaz de albergar diferentes especies vegetales; Se redujo el peso del mismo sin modificar la incorporación de agregados reciclados para mejorar su manipulación; Se utilizaron materiales de desecho que no poseen un circuito de reciclaje definido como agregados en las mezclas; Se realizaron diferentes prototipos con diversos tamaños de volumen cultivable, favoreciendo la pluralidad de especies; Se relevaron los prototipos a medida que fueron fabricados con el objetivo de evaluarlos y sugerir mejoras sustanciales; Se elaboraron planillas de identificación de especies vegetales posibles para el bloque según sus necesidades. Se fabricaron bloques que en su morfología contemplan el manejo del agua sin necesidad de un riego artificial; Se logró diseñar un sistema de desagüe y se pudo incorporar al prototipo.

Dificultades:

- El peso de la sección del bloque que contiene las especies vegetales tiene un peso mayor al del alma del bloque superándolo por más del 20% de su peso (sin considerar el peso correspondiente a las especies vegetales con su debida hidratación) lo que podría generar fracturas y separación entre las capas del bloque. Por ejemplo el 7mo prototipo ,cuyo pesaje final fue de 15,720kg, el alma del bloque compuesto por hormigón liviano peso 6,095kg y la sección de la maceta compuesta por mortero de cemento pesó 9,625 kg, siendo un claro ejemplo de la diferencia de pesajes entre las partes. Otra dificultad es el tiempo de producción del bloque (debido a espesores laterales y tamaño del vacío) es alto y requiere de un trabajo preciso de hormigonado que complejiza la tarea y dificulta su estandarización así como sus costos.

Este trabajo muestra un avance innovador en el tema de materiales para la construcción sustentable ya que actualmente no existe en el mercado un sistema de construcción de muros verdes que incluyan agregados reciclados en su fabricación. Se concluye, que es posible desarrollar un bloque de hormigón liviano a partir de mezclas con materiales reciclados que permitan el crecimiento vertical de una huerta, reduciendo la huella de carbono. El mismo, deberá tener en consideración las dificultades presentadas anteriormente; la problemática respecto al peso de la sección maceta podrá resolverse con la incorporación de una malla de red que tome la parte inferior tanto del alma del bloque como de la maceta, con el objetivo de lograr una superficie continua que solidarice con el alma del bloque los esfuerzos producidos por su peso. Los resultados favorables en cuanto a los prototipos producidos indican que dichos bloques pueden cumplir con los objetivos planteados al igual que con los beneficios que presentan los muros verdes en las construcciones.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de Lucía Silva, Florencia Ledesma , Yael Irueta y María Florencia Zuccotti. Este trabajo se inserta dentro del Proyecto Ubacyt GEF 20020130200132BA “*Desarrollo de materiales sustentables con la incorporación de cascotes, eps, materiales naturales y papel provenientes de RSU*”

y RCD en hormigones con la misión de generar productos aptos para uso en emprendimientos sociales y generación de empleos verdes” bajo la dirección de la arquitecta Marta Yajnes.

Bibliografía y referencias

Ackerman, F. W DC; *Why Do We Recycle?, Markets, Values and Public Policy*; Island Press, Washington DC, 1997.

Anca, E. [en línea], *Jardines Verticales · Muros Verdes · Paredes Vegetales · Enredaderas · BUENO SABER, Buenos Aires, Argentina, 2015*, <http://zenambient.blogspot.com.ar/p/jardines-verticales-muros-verdes.html#>

Azqueta, P. E. [en línea] *Hormigones livianos a base de poliestireno expandido*. http://www.aape.com.ar/biblioteca/Hormigones_Livianos.pdf 27/02/13

Borsani, Maria Silvia; *Materiales Ecológicos: estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de habitats urbanos sostenibles*. Master Arquitectura y Sostenibilidad: Herramientas de diseño y técnicas de control medioambiental; Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2011.

Gonzalo, Guillermo Enrique; Nota, Viviana; *Manual de Arquitectura Bioclimática*, Buenos Aires, Nobuko, 2003

Mercante, I (2008) *Impacto ambiental de los residuos de construcción y demolición alternativas de gestión*. <http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/mercante-residuosconstruccion.pdf> Universidad Nacional de Cuyo. San Juan, Argentina.

Valdés, A.Juan [en línea], *Re-use of construction and demolition residues and industrial wastes for the elaboration or recycled eco-efficient concretes*, Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Universidad de León. Avda. Portugal, 41. 24071 León. España. 2010. <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/viewFile/1140/1137>

Autores

María Belén Putruele es estudiante de la carrera de Arquitectura en la Universidad de Buenos Aires, posee una beca “Estímulo a las Vocaciones Científicas” otorgada por el Consejo Interuniversitario Nacional. Actualmente investiga con cargo de ayudante en el CEP-ATAE Centro Experimental de la Producción Arquitectura y Tecnología aplicada a la Emergencia, dentro de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. beluputruele@gmail.com