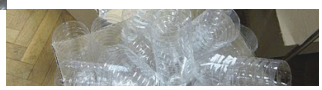


INVESTIGACIÓN

RECICLAJE DE MATERIAL PLASTICO DE DESECHO PARA SU APROVECHAMIENTO EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN USOS COMUNITARIOS

FONDO 0,7% DE LA UDC

[ ] COORDINACIÓN
Cristina García Fontán

[ ] EQUIPO DE TRABAJO
Cristina Blanco Montero
Cristina Botana Iglesias
Miguel Ángel Fernández Souto
Adrián Ferreiro Pérez
Alberto Fortes Novoa
Beatriz García Ron
Carolina Jack Lago
Lara Medín López
Berta Peleteiro Varela

[ ] INDICE

[0] ANTECEDENTES

[1] INTRODUCCIÓN
- 1.1 Contexto
- 1.2 Arquitectos sen Fronteiras en Guatemala
- 1.3 Justificación de la investigación
- 1.4 Objetivos de la investigación
- 1.5 Fases de la investigación

[2] LOS PLÁSTICOS
- 2.1 Definición
- 2.2 Tipos y características
- 2.3 Ciclo de vida
- 2.4 PET. ¿Por qué?

[3] ESTUDIOS PREVIOS - FICHAS DE APLICACIONES
- a.1 Pavimentos
- a.2 Sistemas constructivos

[4] PROCESO CONSTRUCTIVO
- 4.1 Justificación del uso e implantación
- 4.2 Diseño y construcción del prototipo
- 4.3 Evaluación y seguimiento
- 4.4 Sostenibilidad y viabilidad

[5] SENSIBILIZACIÓN Y DIFUSIÓN
- 5.1 Justificación del proyecto y contexto
- 5.2 Actividades realizadas
- 5.3 Pertinencia, aceptación, adecuación

[6] OBSERVACIONES

[7] BIBLIOGRAFÍA

[8] ANEXOS
- ANEXO 1 | Ensayos estructurales. Universidad de San Carlos.
- ANEXO 2 | Manual gráfico para construcción con botellas.

[0] ANTECEDENTES

La Universidade da Coruña (UDC), dentro de sus actividades al servicio de la sociedad, y a través de la Oficina de Cooperación y Voluntariado (OCV) promueve anualmente una "Convocatoria de ayudas a proyectos de investigación en cooperación al desarrollo", con cargo al fondo 0,7% de la UDC, con la que se pretende dar un apoyo a la investigación de los problemas y retos fundamentales para el desarrollo y la cooperación, con el objetivo de contribuir a la mejora del conocimiento de la realidad en la que están trabajando las instituciones y los agentes sociales en el campo de la cooperación al desarrollo.

En un sentido más amplio esta convocatoria tiene varios objetivos, entre los que destacan:

- Consolidar el compromiso solidario de la Universidade da Coruña, impulsando actuaciones investigadoras y de promoción de la formación de ciudadanos y ciudadanas conscientes de las desigualdades, con capacidad para debatir sobre soluciones que tiendan a la consecución de una sociedad más justa.
- Incrementar la formación en cooperación al desarrollo, a través de proyectos de investigación financiados, con el fin de incidir en la necesaria sensibilización social de la comunidad universitaria y de la sociedad gallega en lo relacionado a los colectivos más desfavorecidos del Sur y a los grupos de personas excluídas en las sociedades del Norte.

Gracias a la financiación ortorgada por esta convocatoria de subvenciones, un grupo de investigación coordinado por la docente Cristina García Fontán y formado por varios alumnos de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de A Coruña, ha desarrollado durante 2011, un proyecto para el estudio del reciclaje de material plástico de desecho para su aprovechamiento en sistemas constructivos en usos comunitarios.

Dicho proyecto se ha realizado en colaboración con la ONG gallega Arquitectos Sen Fronteiras, partiendo de la justificación previa de una necesidad real, identificada a partir de los proyectos de cooperación internacional que dicha ONG está ejecutando en el Departamento de Retalhuleu, Guatemala.

El presente documento recoge la ejecución y los resultados de esta investigación, siendo un elemento clave en la difusión de la misma, con el objetivo principal de sensibilizar y contribuir a la mejora de la formación técnica y social de la comunidad universitaria.

[1] INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto

Geográfico y climático

Guatemala se sitúa en la franja continental centroamericana, limitando al norte y al oeste con México, al sur con el Océano Pacífico y al este con: Belice (noreste), el Océano Atlántico (este), Honduras y el Salvador (sureste). Es un país físicamente muy accidentado y con una gran diversidad de entornos naturales y climáticos. Su superficie (108.889 m2) es aproximadamente 3,5 veces la de Galicia. Es uno de los países más volcánicos del mundo, su relieve marcadamente montañoso comprende desde la cota 0 al nivel del mar hasta los 4200m (Volcán Tajumulco, el más alto de Centroamérica); esto hace que Guatemala posea una gran variedad biológica.

El departamento de Retalhuleu se encuentra en la costa sur-oeste de Guatemala, limita al norte con Quetzaltenango, al sur con el Océano Pacífico, al oeste con San Marcos y al este con Suchitepequez. Se trata de un territorio muy plano y que se encuentra limitado entre las cuencas del río Ocosito y Samalá. Estas características convierten a esta región en una zona muy productiva pero, a la vez, muy propicia para las inundaciones.

El municipio de Champerico está ubicado al sur del departamento de Retalhuleu y cuenta con una población aproximada de 30600 habitantes.

La zona de Retalhuleu presenta altas temperaturas durante todo el año, siendo los meses más calurosos de mayo a novembro, aunque raramente bajan de 20º C. En cuanto a las precipitaciones, la media anual es de 2.112 mm y se concentran entre los meses de mayo a octubre, siendo especialmente cortas e intensas en septiembre y octubre. Estas características climatológicas convierten a la región en una zona propicia tanto a las inundaciones como a la sequía.

Demográfico y organizativo

En cuanto a la geografía política, Guatemala, está formada por veintidos departamentos subdivididos en municipalidades. Estas, a su vez, se organizan en pequeñas divisiones políticas con órganos de gobierno de mayor capacidad de intervención regional.

Según el INE y la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida ENCOVI-2006, la población de Guatemala es de 13.276.517 millones de habitantes, es el país más poblado de Centroamérica, concentrándose la mayoría en el área rural (74%), donde vive el 76% de la población indígena. Se trata de una población extremadamente joven, ya que el 42% tiene menos de 14 años y el 54% tiene entre 15 y 64 años. De acuerdo al Índice de Desarrollo Humano (PNUD, 2009) el país ocupa el lugar 122 de 182 países, ubicado dentro de los países de desarrollo medio, y siendo el último de la región centroamericana. La esperanza de vida es de 70,1 años, según el Informe de Desarrollo Humano del PNUD 2009.

La población indígena representa casi el 40% del total. Aunque el idioma oficial es el español, existen 23 idiomas vernáculos que son usados como primera lengua en muchas áreas. Gracias a los acuerdos de paz de 1996, incorporaron la traducción de documentos oficiales y materiales de voto a varios idiomas indígenas y demandaron la provisión de intérpretes en casos legales. El acuerdo también demandó educación bilingüe en español y en idiomas indígenas.

Centrándonos en el departamento de Retalhuleu, la población de sus comunidades pertenece a distintos grupos étnicos: k'iche', mam, ixil, chuj, q'anjob'al y ladino. Hay comunidades en donde sólo se habla el castellano, en otras hablan español y un idioma maya y otras donde se habla español y más de un idioma maya. Los idiomas mayas predominantes son el mam y el k'iche. Una parte importante de la población es originaria del altiplano, principalmente de los departamentos de Quetzaltenango, Huehuetenango, San Marcos y El Quiché.

En la mayoría de las comunidades existen organizaciones locales, constituidas jurídicamente como los Consejos Comunitarios de Desarrollo -COCODES-, asociaciones, patronatos y juntas escolares. Estas organizaciones tienen como objetivo velar por el desarrollo de las mismas, gestionando ante las autoridades municipales. Además, como un proceso muy propio de la población, la mayoría de las comunidades están integradas a la Coordinadora Nacional Indígena Campesina -CONIC-.

Histórico: Conflicto armado, acuerdos de paz y movimiento "Lucha por la tierra"

En 1996 se puso fin al violento conflicto civil armado y se firmaron los acuerdos de paz con el propósito de establecer un marco para el desarrollo del país desde la cohesión, la paz y el respeto de los derechos humanos. Las secuelas del conflicto han sido demasiado profundas y a lo largo de estos años ha habido altos y bajos en el cumplimiento de este marco ya que, en muchos casos, chocaban con los intereses particulares de las élites económicas. Un punto de conflicto es el relativo al derecho a la tierra, por esta razón, impulsado por las resoluciones de los acuerdos de paz, se desarrolló un proceso conocido como "la lucha por la tierra", a través del cual, los campesinos, en su mayoría indígenas, se organizaron para recuperar las tierras que, años atrás los distintos gobiernos militares, habían vendido a grandes finqueros. Esta lucha, tomó especial relevancia en la zona donde se plantea el proyecto (Retalhuleu), ya que allí fue el foco donde arrancó este movimiento y, allí existen gran número de asentamientos comunitarios que fueron producto de este proceso.

La historia de las comunidades de la Costa Sur se enmarca en la historia de las comunidades indígenas y campesinas que sufrieron la represión de la cultura maya y el despojo de tierras de cultivo durante los años de gobierno militar. Tras la firma de los acuerdos de paz, como se ha dicho, comenzó el proceso de "lucha por la tierra" con la comunidad de Sta.Inés (Municipalidad de Retalhuleu) y Nueva Cajolá (Municipalidad de Champerico). Este proceso continuó hasta la concesión

de tierras para otras comunidades de la zona (Monte Cristo, Santa Cruz Cajolá, Victorias III, La Verde y San Miguel las Pilas...). La concesión de estas tierras, aunque supone un éxito para estas comunidades, genera otros problemas derivados de la falta de previsión de los gobiernos, ya que la concesión de tierras no va asociada a la prestación de servicios básicos: vivienda, agua, saneamiento, luz, educación, salud... y por tanto da lugar a focos de pobreza y vulnerabilidad.

Económico

La economía de las poblaciones indígenas se ve fuertemente afectada por la concepción estatal del sistema primario como fundamentalmente exportador, lo que contribuye a alcanzar tasas de pobreza en este colectivo muy elevadas. Informes del PNUD muestran que los municipios con mayor proporción de indígenas presentan los menores niveles de ingreso y los grados más altos de analfabetismo, patrón similar al que muestra la distribución entre hombres y mujeres. Un desigual reparto de la riqueza (el 10% de la población más acaudalada concentra la mitad de todos los ingresos) potencia la brecha económica y social, convirtiendo a Guatemala en uno de los países más desiguales del mundo: el 57% de la población vive en condiciones de pobreza y el 21,7% de extrema pobreza.

En primer lugar, cabe destacar que el municipio no cuenta con buenos servicios básicos, muchos de los cuales se encuentran en procesos de transformación, a través del programa de desarrollo integral Oxlajuj Tz'íkin y proyecciones propias de la municipalidad de Champerico. De hecho, el municipio afronta una situación socioeconómica de pobreza con un 35% y de pobreza extrema con un 4%; esta última concentrada en la población rural. Esto coloca a las familias en condiciones precarias, y trae como consecuencias, entre otras cosas, que la niñez tenga que trabajar para apoyar en la economía del hogar.

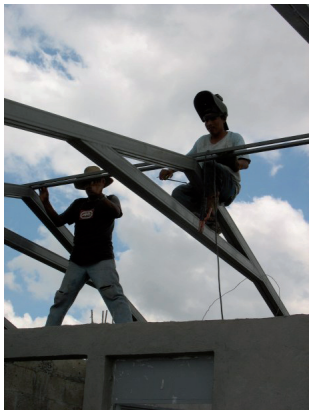
Las principales actividades económicas son la agricultura tradicional, algunas familias realizan actividades con especies pecuarias y en algunas comunidades situadas cerca de los esteros, la pesca. Las mujeres generalmente se dedican a oficios domésticos y en algunos casos a la crianza de animales de forma artesanal.

1.2 Arquitectos sen Fronteiras en Guatemala

La Demarcación de Galicia de Arquitectos Sen Fronteiras es el contacto más próximo para conocer la realidad de los proyectos de cooperación a los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la UDC, promoviendo y apoyando, siempre que fuera posible, actividades de investigación para la aplicación de las nuevas tecnologías para el desarrollo humano en la arquitectura, así como experiencias de trabajo en el terreno en sus proyectos. Esto resulta posible gracias al trabajo que ASF-Galicia lleva haciendo en la Costa Sur de Guatemala desde 1997, desarrollando diferentes proyectos relacionados con la habitabilidad básica.

En la actualidad se mantiene en la zona ejecutando, por un lado, un proyecto de mejora de las condiciones de habitabilidad básica como parte del Programa de Desarrollo Integral "Oxlajuj Tz´ikin" y, por otro, construyendo la infraestructura para un Instituto Básico como parte de un proyecto de mejora de la calidad educativa llevado a cabo en consorcio con la organización Educación Sin Fronteras, ambos financiados por la Xunta de Galicia.

ASF desarrolla su proyecto de habitabilidad basándose en tres líneas principales: la construcción de vivienda, la creación de una planta de fabricación de materiales que funcionará como una cooperativa, y la capacitación en métodos constructivos. Los materiales fabricados y utilizados hasta el momento son diferentes prefabricados, bloque de hormigón y teja de microconcreto, ya que no se tuvo la certeza del buen funcionamiento de otros materiales en un ambiente tan caluroso y tan afectado por las sales marinas, pero cabía la posibilidad de utilizar materiales cercanos como la arena originada por los ríos Ocosito e Samalá.



En general, las infraestructuras existentes en la zona son de carácter muy básico, utilizando principalmente el bloque de hormigón y la chapa metálica como cubrición en cubierta. En el ámbito de la vivienda hay una gran porcentaje de viviendas informales, autoconstruidas, con maderas, hojas de palma, nylon, chapas metálicas, etc. El resto de las viviendas formales vienen en su mayoría de proyectos de cooperación y otras ayudas estatales (FOGUAVI). Existen algunas experiencias con paneles de bahareque, con caña y bambú, que no dieron muy buenos resultados debido a la poca durabilidad de los mismos en esas condiciones climáticas.

La utilización de un sistema constructivo a base de materiales plásticos de desecho sería una experiencia pionera en la zona. Existen algunas referencias de construcciones hechas con este tipo de material dentro de Guatemala, pero en condiciones diferentes (Organización Pura Vida, en el Departamento de Sololá, http://www.puravidaatitlan.org/index.html)

Finalmente, cabe destacar que en la ejecución de estos proyectos ASF trabaja siempre en colaboración con contrapartes locales, como en el caso de la organización comunitaria de base Asociación Indígena Agropecuaria Pro-Desarrollo Integral (ASIAPRODI), entidad que nace por el esfuerzo asociativo de las comunidades pertenecientes a las municipalidades de Champerico y Rethaluleu, hecho que facilita una mejor aproximación al contexto y que acerca las verdaderas necesidades de la población a las instancias de cooperación internacional.

1.3 Justificación de la investigación

La ONGD Arquitectos Sen Fronteiras (ASF) está, actualmente, trabajando en la Costa Sur de Guatemala dentro del Programa de Desarrollo Integral “Oxlajuj Tz´ikin” de la Xunta de Galicia. Este Programa se lleva a cabo en 18 comunidades indígenas y campesinas de escasos recursos situados en el Departamento de Retalhuleu. Las líneas de acción del Programa se centran en la mejora de las condiciones de habitabilidad básica, salud, educación, gestión de riesgos y soberanía alimentaria. Se pusieron en funcionamiento también, unas comisiones de género, pertinencia cultural y medio ambiente encargadas de velar por cada uno de estos enfoques en las intervenciones del Programa. Dentro de la comisión de Medio Ambiente se detectó como un problema relevante dentro de las comunidades la generación y quema de importantes cantidades de desechos plásticos (botellas, bolsas, envoltorios...) que contribuyen a la degradación de los recursos naturales, y por tanto, al medio de subsistencia de las familias.

Paralelamente a esta observación, nace dentro de una de las comunidades (Santa Inés) la preocupación por la falta de medios para la recogida de la basura, de manera que, como alternativa, se habilita un pequeño vertedero para este tipo de materiales no degradables. Al mismo tiempo, dentro de las estructuras de gobierno, comienzan a proponerse ideas para su reutilización. Entre estas ideas nace una propuesta de utilizarlas para la construcción.

1. Personal capacitado para la construcción de las viviendas.
2. Fabricación de bloques prefabricados.
3. Mujeres trabajando en la producción de tejas de microconcreto.
4. Material acopiado por los habitantes de las comunidades.

En este contexto, y entendiendo que los escasos recursos económicos en las comunidades hacen que no sea posible el acceso a un hábitat digno, tanto familiar como comunitario, se propone la estrategia de aportar un sistema constructivo eficaz, pertinente, económico y viable que permita, por un lado, la reutilización de los desechos más contaminantes y, por otro, mejorar el acceso a una construcción digna dentro de estas comunidades.

1.4 Objetivos de la investigación

El objetivo general es contribuir a la articulación del mundo universitario como un espacio para la formación, la generación y la difusión de conocimiento alrededor de la cooperación al desarrollo, a través de la realización de investigaciones relacionadas, que sean de interés y de utilidad para los organismos profesionales que trabajan en estos campos.

El objetivo específico es investigar las posibilidades de realización de un sistema constructivo económica y ambientalmente sostenible basado en el reciclaje de materiales plásticos de desecho en las comunidades rurales de la municipalidad de Champerico, Departamento de Retalhuleu, Guatemala.

De esta manera, queremos favorecer una conciencia del reciclaje en un entorno en el que en pocos años se pasó de generar basura puntualmente a existir un gran problema por la existencia de materiales plásticos debido a los actuales sistemas de envases consumibles y a la inexistencia de una recogida de basuras.

1.5 Fases de la investigación

El proyecto se desarrolla en varias etapas y en dos lugares: la primera de ellas, de carácter más teórico, se lleva a cabo en Galicia, en la Universidad de A Coruña, teniendo como espacio de referencia la oficina de Arquitectos Sen Fronteiras en la Escuela de Arquitectura. Haciendo uso de los medios a disposición en la universidad se llevaran a cabo las tareas de búsqueda de información y análisis teórica para la definición de los sistemas constructivos objeto de la investigación.

La segunda etapa del proyecto se lleva a cabo en la Municipalidad de Champerico, Departamento de Retalhuleu, en la costa Sur de Guatemala. En esta fase son verificados los sistemas constructivos que fueron diseñados de manera teórica para este emplazamiento. Como lugar de referencia se propone el terreno en el que se sitúa la cooperativa comunitaria con la que actualmente ASF trabaja dentro do Programa de Desarrollo Integral “Oxlajuj Tz´ikin”. Esta cooperativa comunitaria (Beljuj Q´nil), de reciente creación y dedicada a la producción de materiales de construcción, se creó con el objetivo de facilitar el acceso a una construcción digna en las comunidades de escasos recursos del Departamento. Durante todo el proceso de investigación y validación, esta cooperativa acompaña el proceso facilitando las instalaciones y participando en los talleres y procesos de construcción.

Y en una tercera y última etapa en Galicia, se atiende a la parte de sensibilización y difusión de cara a la comunidad universitaria como público objetivo. Se realizan varias presentaciones en las que se explica el proceso de la investigación y los resultados obtenidos; así como este informe final que pretende reflejar todos los datos recogidos a lo largo de la investigación y sus conclusiones.

[2] LOS PLÁSTICOS

2.1 Definición

El término plástico, en sentido estricto, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas la diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo generalmente cuando hablamos de plásticos nos referimos a ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización[1] o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

Estos materiales suelen poseer las siguientes propiedades y características:

- Son sencillos de trabajar y modelar
- Tienen un bajo costo de producción
- Presentan una alta relación resistencia/densidad
- Son (en general) impermeables
- Buenos aislantes tanto eléctricos como térmicos, y unos aceptables aislantes acústicos
- Resistentes a la corrosión, a los ácidos, álcalis y disolventes
- Sin embargo no son biodegradables ni fáciles de reciclar

Todas estas características los hacen perfectos para multitud de usos, por eso podemos encontrárnoslos habitualmente, en nuestra vida diaria, en campos tan dispares cómo lo de la alimentación, la industria automovilística o aeronáutica, en la agricultura...

2.2 Tipos y características

Los plásticos se pueden clasificar según el origen de su monómero base en:

- Naturales: derivados de productos de origen natural como la celulosa (celuloide, celofán...), el caucho (goma, ebanite...) o la caseína.
- Sintéticos: derivados del petróleo o del gas, productos previamente transformados por el hombre (de los que nos vamos a ocupar en este documento).

1 Los polímeros son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.

Según su comportamiento térmico:

- Termoplásticos: su macromoléculas están dispuestas libremente sin entrelazarse. Esta disposición los convierte en plásticos o deformables a temperatura ambiente, a altas temperaturas se convierten en líquidos y a bajas temperaturas endurecen. Este tipo de plásticos son fácilmente reciclables, ya que al calentarse se funden y por lo tanto se pueden moldear repetidas veces sin que sus propiedades originales se vean demasiado alteradas. Aun así durante los distintos ciclos de reciclaje van sufriendo modificaciones, por lo que no pueden ser reutilizados más de 5 o 7 veces. La mayoría de los plásticos que usamos habitualmente pertenecen a este grupo.

- Termoestables: Sun macromoléculas se cruzan formando una red de malla cerrada. Esto provoca que estos materiales, una vez sufrido los procesos de calentamiento - fusión y formación-solidificación, sean rígidos y no vuelvan a fundirse. Esto dificulta su reciclado, ya que solo pueden someterse a procesos de reciclado químico.

-Elastómeros: Sus macromoléculas se ordenan en forma de red de malla con pocos enlaces. Son plásticos de gran elasticidad, se deforman al ser sometidos a un esfuerzo y recuperan su forma en cuanto este cesa. No soportan el calor y se degradan a temperaturas no muy elevadas, lo que dificulta su reciclaje.

PLÁSTICOS TERMOPLÁSTICOS	APLICACIONES
PET - Polietileno Tereftalado	Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios. Películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera (productos alimenticios), envases al vacío, bolsas para horno, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles (pavimentación /caminos), películas radiográficas.
PEAD - Polietileno de Alta Densidad	Envases para detergentes, aceites de motor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercados, bazar y menaje, cajones para pescados, gaseosas y cervezas, baldes para pintura, helados, aceites, tambores, caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas.
PVC - Cloruro de Polivinilo	Envases para agua mineral, aceites, zumos, mayonesa. Perfiles para marcos de ventanas, puertas, caños para desagües domiciliarios y de redes, mangueras, blister para medicamentos, pilas, juguetes, envolturas para golosinas, películas flexibles para envasado (carnes, fiambres, verduras), film cobertura, cables, papel vinílico, catéteres, bolsas para sangre.
PEBD - Polietileno de Baja Densidad	Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc. Películas para: Agro (recubrimiento de Acequias), envasado automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, plásticos, etc.). Base para pañales desechables. Bolsas para suero, contenedores herméticos domésticos. Tubos y pomos (cosméticos, medicamentos y alimentos), tuberías para riego.
PP - Polipropileno	Película/Film (para alimentos, snacks, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria). Bolsas tejidas. Envases industriales. Hilos cabos, cordelería. Caños para agua caliente. Jeringas descartables. Tapas en general, envases. Bazar y menaje. Cajones para bebidas. Baldes para pintura, helados. Envases para margarina. Fibras para tapicería, cubrecamas, etc. Telas no tejidas (pañales desechables). Alfombras. Cajas de batería, paragolpes y autopartes.
PS - Poliestireno	Envases para lácteos (yogurt, postres), helados, dulces, etc. Envases varios, vasos, bandejas de supermercados. Heladeras: contrapuertas, anaqueles. Cosmética: envases, máquinas de afeitar descartables. Bazar: platos, cubiertos, bandejas, etc. Juguetes, cassetes, blisteres, etc. Aislantes: planchas de PS espumado.

PLÁSTICOS TERMOESTABLES	APLICACIONES
Resinas fenólicas, baquelita	Industria eléctrica y electrónica, laminados, recubrimientos, menaje de cocina, adhesivos.
Melamina	Laminados y recubrimientos de muebles (formica), industria eléctrica, adhesivos y barnices.
Resinas epoxi	Encapsulados de componentes electrónicos, matrices de materiales compuestos, adhesivos, pinturas y barnices.

PLÁSTICOS ELASTÓMEROS	APLICACIONES
Caucho natural	Neumáticos, juntas, tacones y suelas de zapatos.
Polibutadieno (BR)	Neumáticos.
Policloropreno (CR)	Cintas transportadoras, mangueras, cables, trajes de submarinista.
Polisiloxano (SL)	Materiales aislantes eléctricos y térmicos, prótesis, adhesivos.
Neopreno (PCP)	Correas industriales, recubrimientos de cables, trajes de buceo.

2.3 Ciclo de vida

Este es un esquema de la vida de los plásticos:

- Derivado del petróleo

Como se explicó en el punto 2.1, la mayor parte de los plásticos que usamos habitualmente se fabrican a partir de los derivados del petróleo o del gas natural, por eso el primer paso para producirlos es refinar el petróleo. Para el refinamiento, el crudo es calentado a altas temperaturas de tal manera que se va separando en diferentes productos según va alcanzando las diferentes temperaturas de fusión de estos. El proceso de refinamiento es muy contaminante y produce gases de efecto invernadero.

- Polimerización

Una vez hecho el proceso de refinamiento comienza la fabricación del plástico. Primeramente se realizan los procesos de polimerización, se le añaden los adictivos o productos químicos pertinentes y se le da forma y acabado.

La mayoría de los polímeros orgánicos se obtienen por reacciones de condensación o de adición. En la reacción de condensación, se combinan los monómeros con pérdida de moléculas pequeñas, como agua, alcohol, etc, este es el proceso por el que se forman: el polietileno, el poliestireno o el cloruro de polivinilo. En las reacciones de adición, varias unidades monoméricas se unen, en presencia de un catalizador, como resultado de la reorganización de los enlaces C=C de cada una de ellas, así se crea, por ejemplo, lo poliéster o el nylon.

- Moldeo

Una vez obtenido el producto plástico, éste es moldeado para formar el objeto deseado. Existen diferentes métodos de moldeo:

· Moldeo a alta Presión:

Se realiza mediante máquinas hidráulicas que ejercen la presión suficiente para el moldeado de las piezas.

-Compresión: el plástico en polvo es calentado y comprimido entre las dos partes de un molde mediante la acción de una prensa hidráulica.

-Inyección: consiste en introducir el plástico granulado dentro de un cilindro, donde se calienta. Una vez que este se reblandece lo suficiente, es inyectado a alta presión en el interior de un molde de acero para darle forma. El molde y el plástico inyectado se enfrían mediante unos canales interiores por los que circula agua.

-Extrusión: el material es empujado a través de un cilindro que acaba en una boquilla, lo que produce una tira de longitud indefinida que adopta la forma de la boquilla así se pueden obtener barras de distintos perfiles.

· Moldeo a baja presión:

-Absorción de aire: consiste en efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde.

- Soplado: consiste en aplicar aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde.

- Colada: La colada consiste en el vertido del material plástico en estado líquido dentro de un molde, donde fragua y se solidifica.

-Espumado: Se introduce aire u otro gas en el interior de la masa de plástico de manera que se formen burbujas permanentes.

-Calandrado: el material plástico pasa a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor.

- Consumidor

Una vez transformado el plástico puede tener multitud de usos, algunos de corta duración como es el caso de los embalajes, las botellas o las bolsas, y otros de más larga duración: ventanas, muebles, etc.

- Residuos

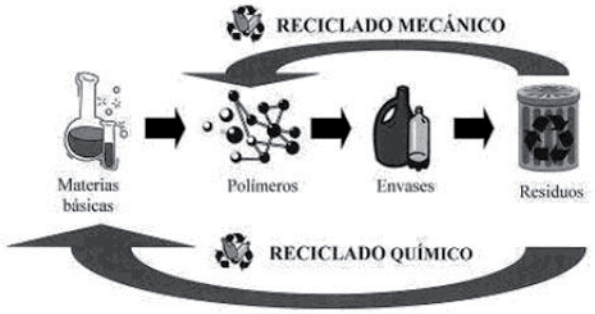
Cuando el objeto de plástico deja de ser útil, se convierte en un residuo. En este momento los residuos se pueden gestionar se tres maneras:

1. Reciclaje

Aunque esta debería ser la primera opción en el tratamiento de los residuos plásticos posconsumo, a nivel mundial se reciclan en un porcentaje muy bajo, solamente el 2% del total frente a otros materiales como el 29% del aluminio o el 60% del papel. Dos son las causas fundamentales de este hecho:

- Solo es posible reciclar mecánicamente los plásticos termoplásticos, lo que excluye los termófilos o los elastómeros (en algunas ocasión se pueden usar nuevamente triturados, como materiales de relleno para carreteras, pistas deportivas...). Los polímeros entrecruzados, al no poder fluir es imposible darles nuevas formas y uso, es necesario aplicar el reciclado químico, más costoso y complicado.

- Los plásticos usados pierden en cierto grado sus propiedades, bien debido a la degradación que pudieran sufrir durante su uso o por la presencia de sustancias ajenas de los productos que contuvo. Esta pérdida de propiedades limita su uso posterior, siendo su destino la fabricación de productos con menores exigencias que el original. El plástico reciclado no puede usarse como envase de productos de consumo humano. Además, el plástico usado puede ocasionar problemas durante su transformación y no dar la calidad esperada en el nuevo producto debido a la falta de homogeneidad entre los mismos residuos, ya que, aun tratándose del mismo tipo de plástico, pudo tener aplicaciones diferentes.



Fases del reciclaje:

A. Recolección selectiva de los residuos.

B. Transporte y almacenamiento de los residuos en un centro de reciclaje.

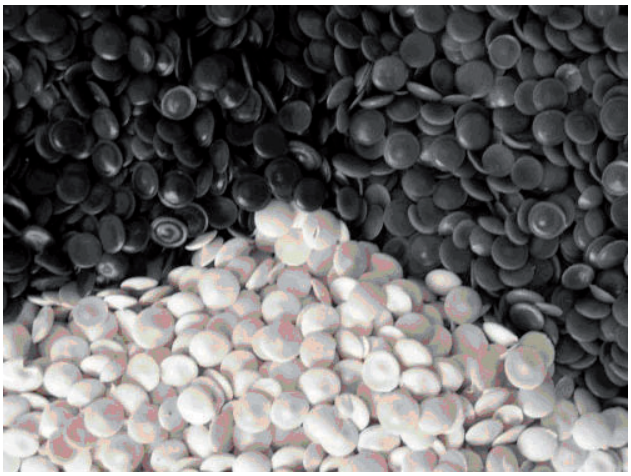
C. Limpieza y clasificación segundo el tipo de plástico y su color.

Tipos de reciclaje:

- Reciclaje mecánico: consiste en cortar las piezas de plástico en pequeños granos para posteriormente tratarlos. Se trabaja con macromoléculas de los polímeros. Los procesos de reciclaje mecánico cuentan con las siguientes etapas:

- Triturado
- Lavado purificación
- Extrusión
- Granceado: este proceso consigue la homogenización del material, mediante la fundición, el teñido y el corte en pequeños trozos. Es necesaria su presentación en forma de granza para su introducción en los equipos de reciclaje.

Por otro lado no todos los materiales plásticos están en condiciones de ser sometidos a una reciclaje mecánico, bien porque están muy degradados y no darían productos con buenas características, o porque se encuentren mezclados con todo tipo de sustancias que su separación y limpieza no resultaría rentable.



Granceado de PEBD

- Reciclaje químico: en este proceso los envases se descomponen por procesos químicos en componentes sencillos que pueden ser utilizados como materias primas para obtener otros productos: aceite, grasas, monómeros, etc. El reciclaje químico puede efectuarse por medio de diversas técnicas:

- Pirolisis: Es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío. Este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías.

- Hidrogenación: En este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas se rompen y son convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.

- Gasificación: Los plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoniaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos.

- Disolventes: Por medio del uso de disolventes se pueden se separan mezclas de plásticos, difíciles de separar por otras técnicas Una vez separados los materiales se podrán reciclar por separado mediante alguna de las técnicas descritas anteriormente.

Después del reciclaje, el plástico se vuelve a incorporar al ciclo de la vida, hasta que ya no es posible que este se recicle de nuevo.

2. Valoración energética

La valorización energética consiste en la introducción de los plásticos, una vez homogeneizados, en un horno donde se producirá la combustión, y el calor que se desprenda se utilizará para calentar un líquido (normalmente agua) que pasará a vapor y generará energía. Los plásticos tienen un elevado poder calorífico 45.000 KJ/Kg (son derivados del petróleo o del gas) lo que los hace perfectos como combustible para la obtención de energía.

Es importante destacar que durante la incineración pueden aparecer sustancias tóxicas, como es el caso de dioxinas y furanos, por tanto es imprescindible tener unos sistemas de limpieza y gestión, tanto de gases como de cenizas, adecuados para que no se emitan al exterior. La mejor opción es incineración de los plásticos en solitario (sin otros residuos), de este modo será más fácil controlar las emisiones ya que los materiales son más homogéneos.

El PVC aporta a los gases de combustión ácido clorhídrico que en presencia de materia orgánica puede originar productos tóxicos derivados de las dioxinas y de los dibenzofuranos. Para evitarlo, basta con controlar la temperatura durante lo proceso de combustión, la temperaturas superiores a 600 ºC no se producen este tipo de compuestos orgánicos. La incineración suele realizarse a temperaturas de 1000 ºC.

Cabe destacar que la combustión de los plásticos presenta ventajas frente a la combustión de recursos fósiles, ya que no se generan gases de óxidos de azufre que son los causantes, entre otros, de la lluvia ácida.

El aprovechamiento de los plásticos como combustibles es conocido en las industrias que necesitan gran cantidad de energía para alimentar sus hornos, sustituyendo así al carbón, que es el combustible más utilizado, y reduciendo con eso los impactos ambientales que este provoca.

3. Vertedero

Ésta debería ser la última opción en el tratamiento de los residuos plásticos, sin embargo es la más común y la que genera mayores problemas. Por una parte el plástico no es biodegradable y tarda entre 100 y 1000 años en desaparecer. El otro problema es que posee un volumen elevado en relación con su peso (pensemos en lo que ocupa por ejemplo una botella de agua). La combinación de estos dos factores genera un problema de espacio en las escombreras.

2.4 PET. ¿Por qué?

El consumo de PET (Polietileno Tereftalado) se ha incrementado notablemente en los últimos años a nivel mundial, debito a la proliferación de envases de PET en la industria alimentaria.

El Polietileno Tereftalado se inventó en 1941 en forma de fibra de poliéster y su destino fue la industria textil. En 1952 empieza a ser utilizado ya en la industria alimenticia, en forma de film. Pero fue en el año 1976 en el que empezaron a fabricarse los primeros envases rígidos de PET.

Los envases plásticos rápidamente desbancaron al vidrio en el envasado de bebidas; su peso y volumen es menor lo que permite abaratar costes de transporte, además elimina el costoso trámite de reutilización de las botellas de vidrio. En los últimos años además se valió de la mala prensa de los envases de PVC para sustituirlo en el envasado de agua y bebidas no gaseosas (el PVC no sirve para el envasado de bebidas con gas). A su proliferación en el mercado hay que sumar los cambiantes hábitos de consumo que llevan a la población a consumir cada vez más agua embotellada y bebidas gaseosas. Con lo que nos encontramos con que cada vez se producen más residuos de PET en forma de botella, ya que una vez consumido su contenido, el envase no tienen ningún valor útil para el consumidor.

Aunque el PET puede ser reciclado fácilmente mediante el reciclaje mecánico, es mínimo el porcentaje que llega a serlo, ya que este proceso no es rentable económicamente. Debido a todo esto las botellas de PET acaban en los vertederos, donde, cada vez más, generan problemas de espacio y hacen necesaria la ampliación de estos espacios de vertido de residuos.

A pesar de todo el PET que se usa para envasar productos alimentarios es inocuo y no contamina el medio ambiente (salvo en su proceso de producción), es por eso que nuestra investigación se centró en la reutilización de este material.

[3] ESTUDIOS PREVIOS

Durante la primera fase del proyecto, se definieron los distintos sistemas constructivos que serían objeto de la investigación, apoyándose en toda la información obtenida sobre este tipo de construcciones. Empleando los medios disponibles en la universidad, se construyeron los prototipos a escala, considerando los factores geográficos y técnicos que separan la construcción en un taller de investigación de la aplicación real. Por ello, se probaron diversas mezclas de cemento de agarre y de revoque, analizando la proporción de tierra y cemento y el coste real del sistema.

En este apartado se describen, a través de fichas descriptivas, cada uno de las aplicaciones y sistemas constructivos diseñados, analizándolos desde un punto de vista técnico y evaluando los resultados obtenidos en términos estéticos y funcionales.

PAVIMENTO HINCADO - BOTELLAS CORTADAS a1.1

[1] DESCRIPCIÓN GENERAL

Sistema de pavimentación que consistente en el hincado de botellas de plástico en la tierra.

[2] ADECUACIÓN

Puede ser una alternativa de bajo coste para la pavimentación de espacios peatonales de índole privada en entornos rurales, especialmente en aquellas comunidades en las que se generan grandes cantidades de residuos plásticos de botellas de PET. Este sistema está pensado para hacer transitables aquellos caminos que, en época de lluvia, se encharcan creando pequeños barrizales que impiden el paso de las personas.

[3] MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS

- Botellas de PET

- Cutter y/o tijera
- Pala de jardín
- Martillo / maza (opción A)
- Palo (opción B)

[4] CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- Es importante que todas las botellas sean de la misma altura para que el pavimento sea horizontal, ya que todas van apoyadas sobre la misma superficie plana. De no ser así habría que ir excavando a diferentes alturas a la vez que se nivela la superficie pavimentada, lo cual dificultaría enormemente el trabajo.

- Al rellenar los huecos entre las botellas es posible que no quede bien compactado el terreno.

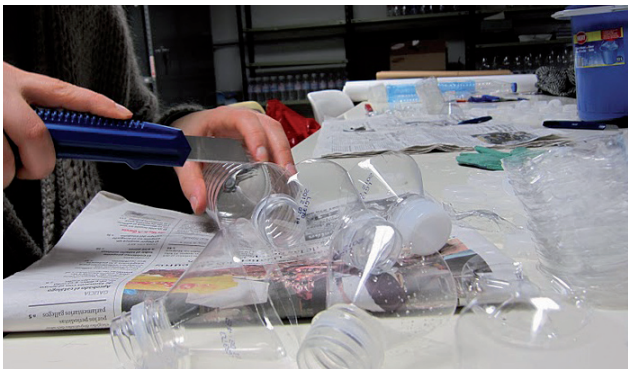
- Es probable que, con el paso del tiempo, las botellas se muevan o se salgan del sitio. Esto puede ser debido a la presión ejercida sobre las botellas por los viandantes y/o a los movimientos de retracción y expansión de la tierra, provocados por los diferentes niveles de saturación de agua de la misma (este problema tal vez podría evitarse con una pequeña capa de mortero aplicada entre las botella, aunque esto encarecería el sistema).

[5] PROCESO CONSTRUCTIVO

[5.1] RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS BOTELLAS

1 Corte transversal de las botellas próximo a la boca de la botella, que será el elemento desechable.

2 Lijado/rayado de la base de la botella.



[5.2] COLOCACIÓN DE LAS BOTELLAS

OPCIÓN A

3 Hincado de la botella directamente sobre el terreno, con la base de la botella hacia arriba. Se van colocando alineadas en filas, de tal manera que las botellas de la segunda fila se intercalan en los huecos dejados entre las botellas de la primera. Deben sobresalir al menos un par de cms. por encima del nivel del terreno.

OPCIÓN B

3 Excavación de la zona a pavimentar. La profundidad debe se un par de cms. menor a la longitud de las botellas cortadas, para que una vez colocadas estas sobresalgan sobre el nivel del terreno.

4 Relleno de las botellas cortadas con la tierra sacada del la excavación. Usar el palo para compactar.

5 Colocación de las botellas rellenas en la zona excavada, con la base de la botella hacia arriba, intentando que se pierda la menor cantidad de relleno posible. Se van alineando en filas, de tal manera que las botellas de la segunda fila se intercalan en los huecos dejados entre las botellas de la primera.

6 Relleno de los huecos que quedan entre las botellas con la tierra restante, intentando compactarla lo máximo posible. Usar el palo para compactar en los huecos.

[6] CONCLUSIONES/RESULTADOS

APARIENCIA/DISEÑO

La apariencia final del sistema es consecuencia directa de una correcta y regular colocación de las botellas, adquiriendo un aspecto de mosaico muy característico.

RESISTENCIA

La superficie plástica de PET posee una resistencia al desgaste por rodadura reducida, por lo que su uso se ha de limitar al tráfico peatonal.

DIMENSIONES MÁXIMAS

Es conveniente que el pavimento se confine entre elementos rígidos cada 50-70cms (marcos de madera aserrada, por ejemplo).

\+

- Estéticamente atractivo.
- Alta capacidad drenante.

\-

- Alta velocidad de desgaste.
- Bajo rendimiento de material/m2.
- Alta dificultad técnica en su colocación y compactado del terreno adyacente.
- Existe la posibilidad de que la superficie de las botellas, al mojarse, se vuelva resbaladiza, lo que las convierta en un problema mayor que el barro.

[7] REFERENCIAS

PAVIMENTO HINCADO - BOTELLAS S/CORTAR a1.2

[1] DESCRIPCIÓN GENERAL

Sistema de pavimentación que consistente en la colocación de botellas de plástico con o sin tapón y rellenas de tierra a modo de adoquines.

[2] ADECUACIÓN

Puede ser una alternativa de bajo coste para la pavimentación de espacios peatonales de índole privada en entornos rurales, especialmente en aquellas comunidades en las que se generan grandes cantidades de residuos plásticos de botellas de PET. Este sistema está pensado para hacer transitables aquellos caminos que, en época de lluvia, se encharcan creando pequeños barrizales que impiden el paso de las personas.

[3] MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS

- Botellas de PET

- Pala de jardín
- Martillo / maza)opción A)
- Palo (opción B)

[4] CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- Es importante que todas las botellas sean de la misma altura para que el pavimento sea horizontal, ya que todas van apoyadas sobre la misma superficie plana. De no ser así habría que ir excavando a diferentes alturas a la vez que se nivela la superficie pavimentada, lo cual dificultaría enormemente el trabajo.

- Al rellenar los huecos entre las botellas es posible que no quede bien compactado el terreno.

- Es probable que, con el paso del tiempo, las botellas se muevan o se salgan del sitio. Esto puede ser debido a la presión ejercida sobre las botellas por los viandantes y/o a los movimientos de retracción y expansión de la tierra, provocados por los diferentes niveles de saturación de agua de la misma (este problema tal vez podría evitarse con una pequeña capa de mortero aplicada entre las botella, aunque esto encarecería el sistema).

[5] PROCESO CONSTRUCTIVO

[5.1] RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS BOTELLAS

1 Lijado/rayado de la base de la botella.

[5.2] COLOCACIÓN DE LAS BOTELLAS

2 Excavación de la zona a pavimentar. La profundidad debe ser menor 2 cms a la longitud de las botellas, para que una vez colocadas estas sobresalgan sobre el nivel del terreno.

3 Relleno de las botellas cortadas con la tierra sacada del la excavación. Usar el palo para compactar.

4 Colocación de las botellas rellenas en la zona excavada, con la base de la botella hacia arriba (en el caso de las botellas sin tapón, intentando que se pierda la menor cantidad de relleno posible). Se van alineando en filas, de tal manera que las botellas de la segunda fila se intercalan en los huecos dejados entre las botellas de la primera.

5 Relleno de los huecos que quedan entre las botellas con la tierra restante, intentando compactarla lo máximo posible. Usar el palo para compactar en los huecos.

[6] CONCLUSIONES/RESULTADOS

APARIENCIA/DISEÑO

La apariencia final del sistema es consecuencia directa de una correcta y regular colocación de las botellas, adquiriendo un aspecto de mosaico muy característico.

RESISTENCIA

La superficie plástica de PET posee una resistencia al desgaste por rodadura reducida, por lo que su uso se ha de limitar al tráfico peatonal.

DIMENSIONES MÁXIMAS

Es conveniente que el pavimento se confine entre elementos rígidos cada 50-70cms (marcos de madera aserrada, por ejemplo).

\+

- Estéticamente atractivo.
- Alta capacidad drenante.

\-

- Alta velocidad de desgaste.
- Bajo rendimiento de material/m2.
- Alta dificultad técnica en su colocación y compactado del terreno adyacente.
- Existe la posibilidad de que la superficie de las botellas, al mojarse, se vuelva resbaladiza, lo que las convierta en un problema mayor que el barro.

[7] REFERENCIAS

BALDOSAS DE TAPAS DE BOTELLAS a1.3

[1] DESCRIPCIÓN GENERAL

Sistema de pavimentación o recubrimiento de paredes consistente en la creación de baldosas a partir de mosaicos de tapas de botellas plástico (polietileno de alta densidad) y mortero de cemento.

[2] ADECUACIÓN

Es una propuesta alternativa de bajo coste para la protección frente a los líquidos y a la humedad de los elementos constructivos en las zonas húmedas de la vivienda. También permite obtener superficies menos porosas y más lisas, y por lo tanto más fáciles de limpiar.

[3] MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS

- Tapas de botellas de plástico
- Mortero de cemento/arena (el mortero de tierra tiene menos resistencia al roce y se desgasta más fácilmente, por lo que en principio no sería adecuado)
- Malla plástica o similar #<1cm
- Cartón
- Madera aserrada
  Listón de 40x40mm (longitud variable)

- Martillo
- Puntas para madera
- Cutter
- Cubo/Cubetas
- Paleta

[4] CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- La arena del mortero ha de ser lo más fina posible para rellenar bien los huecos situados entre las tapones.

- El molde, en la medida de lo posible, deberá adaptarse al tamaño de los tapones.

- Se ha de tener especial cuidado en la colocación de los tapones; es importante dejar endurecer ligeramente el cemento, especialmente si se trata de mortero de tierra, asegurando así que tenga la dureza necesaria para que no se hundan al presionar, quedando una superficie irregular u ocultando parcialmente los tapones.

- Evitar que los tapones queden demasiado ajustados en los moldes, ya que al endurecerse el cemento puede abombarse la superficie.

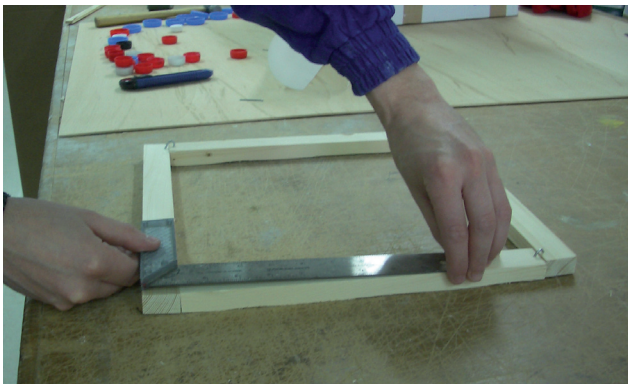
[5] PROCESO CONSTRUCTIVO

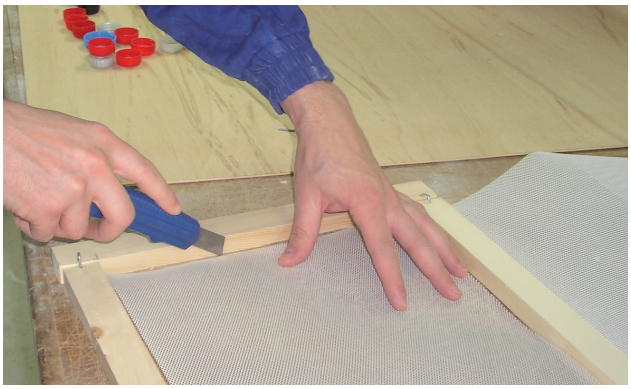
[5.1] RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS BOTELLAS

1 Recolección de tapones.
2 Selección de tapones con la misma altura.

[5.2] PREPARACIÓN DEL MOLDE

3 Se recorta una base realizada con algún material liso (por ejemplo cartón o metal).
4 Se realiza un marco perimetral de madera aserrada de las mismas dimensiones en planta que la base previamente cortada, con una altura similar o 4-5mm menor a la de los tapones.
5 Se recorta una malla plástica o similar de las mismas dimensiones que el interior del marco, cuya función es “armar” la base de la baldosa.





[5.3] PREPARACIÓN DEL MORTERO

6 Elaboración del mortero de cemento base.

[5.4] FASE INICIAL DE PREPARACIÓN DE LA BALDOSA

7 Aplicación de una capa de 1-2cm de mortero base sobre la superficie del molde.

8 Colocación de las tapas de botellas, con la concavidad hacia abajo, sobre el mortero recién echado. Se van colocando en filas y columnas, formando retícula o esquema hexagonal, de tal manera que un tapón está pegado a los tapones de las filas y columnas contiguas, pero deja un hueco con la tapa que está justo en diagonal.

9 Comprobar que todos los tapones están a la misma altura y en caso necesario nivelar.

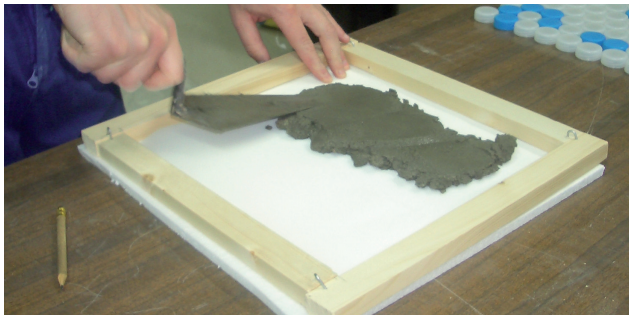
10 Dejar secar.

[5.5] FASE FINAL DE PREPARACIÓN DE LA BALDOSA

11 Hacer un mortero suelto (tipo lechada) y echar sobre la superficie cubierta de tapones, de tal manera que el mortero vaya tapando los huecos que han quedado entre tapones.

12 Dejar secar; antes de que seque de todo limpiar la superficie con un cepillo y agua pasa quitar el exceso de mortero.

13 Desmoldar.



[6] CONCLUSIONES/RESULTADOS

APARIENCIA/DISEÑO

La apariencia final del sistema es muy variable en función de los tipos de tapones que se utilicen, su color y su tamaño, así como del diseño específico que se aplique a la distribución de los mismos. En cualquier caso, adquiere un aspecto de mosaico muy característico.

RESISTENCIA

La superficie plástica de PET posee una resistencia al desgaste por rodadura reducida, por lo que su uso se ha de limitar al tráfico peatonal.

DIMENSIONES MÁXIMAS

Es conveniente que el pavimento se confine entre elementos rígidos cada 50-70cms (marcos de madera aserrada, por ejemplo).

\+

- Esteticamente atractivo.
- Facilidad de limpieza-
- La superficie plástica de los tapones parece dotar a las baldosas de una alta resistencia a la fractura por impacto.

\-

- Muy bajo rendimiento de material/tiempo/m2, por lo que su aplicación se ha de reducir a las zonas húmedas, siendo difícil aplicarlo en toda la vivienda.

-No se ha evaluado el ahorro real del sistema con respecto a las baldosas y/o trozos de baldosas (que generalmente existen a la venta en la zona).

[7] REFERENCIAS

MURO A BASE DE BOTELLAS DE PET a2.1

[1] DESCRIPCIÓN GENERAL

Se trata de un sistema constructivo con capacidad autoportante que utiliza botellas de PET rellenas de arena a modo de ladrillos; estas se van colocando por hiladas unidas mediante mortero.

[2] ADECUACIÓN

Supone una propuesta alternativa para la construcción de edificaciones de bajo costo, especialmente indicada en lugares donde se generen grandes cantidades de residuos plásticos de botellas de PET y donde el coste de la construcción tradicional no sea accesible a la mayoría de la población.

[3] MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS

- Botellas de PET – 42 botellas
- Arena/Tierra tamizada
- Cuerda/Alambre
- Mortero
  - Tipo 1 – cemento/arena/agua
  - Tipo 2 – cemento/tierra/agua

- Tamiz para tierra
- Palo para compactar
- Cubo/Cubetas
- Paleta/Llana

[4] CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- Para un mismo tramo de muro es necesario utilizar botellas de dimensiones similares, asegurando así que la superficie conformada por las mismas sea lo más regular posible.

[5] PROCESO CONSTRUCTIVO

[5.1] CLASIFICACIÓN DE LAS BOTELLAS

1 Se deben escoger aquellas botellas que se encuentren en las mejores condiciones de conservación; principalmente no han de estar rotas ni excesivamente deformadas. Además, han de ser todas del mismo tipo/tamaño (o muy similar) para facilitar su colocación de modo que resulten lo más estables posibles. Resultan más apropiadas para este sistema las botellas con rugosidades laterales.

2 Se limpian (se recomienda no utilizar agua en este proceso) y se les sacan las etiquetas.

3 Se dejan secar para facilitar su posterior relleno.

[5.2] RELLENO DE LAS BOTELLAS

4 Se corta la parte inferior de una botella, de modo que pueda utilizarse como un embudo para rellenar.

5 La arena (o en su defecto la tierra) deberá estar seca y ser lo más fina posible, por lo que deberá ser tamizada.

6 Se rellenan las botellas con la arena/tierra, compactando el material lo máximo posible con ayuda de un palo o con sucesivas vibraciones del envase. Es importante iniciar este proceso desde el primer relleno, para que el fondo de la botella también quede correctamente compactado.

[5.3] PREPARACIÓN DE LA BASE Y DISEÑO DEL MURO

7 Se han de tener en cuenta las dimensiones de las botellas para modular la construcción.

8 Debe dársele especial importancia a la unión entre muros y a las esquinas del mismo, trabándolas como aparejo o con disposición de esquina en forma curva, para asegurar el enjarje.

9 La base sobre la que se realizará el muro ha de estar preparada con anterioridad; deberá tratarse de una cimentación con la capacidad resistente suficiente para resistir y distribuir uniformemente la carga de un muro de estas características.

[5.4] PREPARACIÓN DEL MORTERO

10 A continuación se prepara el mortero para la unión de las botellas; su dosificación varía según se trate de un mortero a base de cemento, tierra o cal.

**ECOTEC*

En los muros usamos normalmente una mezcla de tierra con greda/barro muy similar de la tierra de adobe, se puede agregar cáscara de arroz o grama pero no es tan importante. Cada 4-6 hiladas usamos una mezcla de cal y cemento para evitar problemas si construimos en época de lluvia. La mezcla es 1 de cemento 6 de arena y 0,5 de cal. Si no tienen arena se puede hacer la misma mezcla usando tierra hasta 1 de cemento, 10 de tierra y 0,5 de cal.

Mortero tipo 1 – cemento/arena/agua – dosificación 1:5

Mortero tipo 2 – cemento/tierra/agua – dosificación resultado de prueba*

** La cantidad de cemento que deba mezclarse a la tierra depende de la proporción de arena contenida en dicha tierra. Esta proporción se determinará valiéndose de una botella normal y corriente de vidrio claro y transparente a la cual previamente se marcará de abajo hacia arriba cada 2cm hasta un total de 10cm. Luego se procederá a colocarle internamente una porción de tierra previamente mezclada del sitio hasta una altura de aproximadamente 4 dedos. Después se llenará la botella con agua casi hasta el final de la misma.*

Se agitará entonces firmemente la botella tapando el cuello de la misma e invirtiéndola varias veces, para luego dejarla reposar hasta que los áridos se asienten por orden de densidad; la arena en primer lugar, la arenilla en segundo y por último la arcilla. Este asentamiento de los componentes se verá separada por líneas bien definidas.

Al observar la botella podrá verse la línea de separación entre los elementos livianos y el pesado. Tomando la medida precisamente de los agregados más pesados o los colocados al fondo, se procederá a medir cuantas franjas de las marcadas ocupa y en ese caso se dirá que la tierra tiene tantas partes de arena por partes de tierra. En la siguiente relación se obtendrá, a partir de la medición anterior, cuantas partes de tierra por cemento deberá contener la mezcla.

Arena - Cemento - Tierra
1 - 1 - 7/8
2 – 1 – 9/11
3 – 1 – 12/14
4 – 1 – 15/16

[5.5] APAREJADO DE LAS BOTELLAS

11 Se echa una primera capa de mortero con cierto grosor (2-3cm) en la que asentar correctamente la primera hilada de botellas.

12 Se procede a la colocación de la primera hilada de botellas. Se asegurará la regularidad en su geometría mediante el uso de un nivel o similar. Según el tipo de botella, su ancho, forma y estabilidad conjunta, podrán colocarse todas con el tapón hacia la misma cara del muro o ir alternando hiladas.

13 A continuación se extiende encima de la primera hilada una segunda capa de mortero, intentando rellenar bien los intersticios entre las botellas y manteniendo la verticalidad del conjunto.

14 Se repite el proceso las veces que sea necesario.

[5.6] UNIÓN DE LAS BOTELLAS

15 Se unen los cuellos de las botellas mediante un hilo plástico, alambre o cuerda* para evitar que se desplacen y queden correctamente distribuidas.

**ECOTEC*

Se usa cabuya o nylon, que normalmente se emplean en la agricultura. En los muros amarramos cada botella entre sí como haciendo una red, con las tapas y otro amarre en la base de la botella. La base se ata dando una vuelta con el lazo, cuando la colocamos. Los picos o tapas igualmente se dan una vuelta y se entrelazan unas con otras en una forma de triangulo.

[5.7] REVOCO DEL CONJUNTO POR AMBAS CARAS

16 A continuación se procede al revoco por ambas caras del muro con el fin de proteger los cuellos y culos de las botellas de la luz solar, para lo cual se podrán aplicar diferentes tipos de mortero en función de las necesidades/características de la zona donde se realice la construcción.

Se ha de aplicar una mezcla lo suficientemente espesa, que permita extenderla más fácilmente mediante el uso de una llana y obtener así una correcta planeidad del paramento.

Como recurso estético la cara del muro en la que van los culos de las botellas puede no revocarse, aunque en ese caso es recomendable utilizar otro medio para proteger las botellas expuestas de agente que puedan degradar el plástico.

[5.7] ACABADO

Como acabado final podrán utilizarse alguna de las siguientes mezclas: cal/arena en proporción 1:5, cemento/tierra en proporción 1:4 o cemento/arena en proporción 1:9. En esta fase es importante la aplicación de un impermeabilizante, al menos en su cara exterior, que proteja al conjunto de la acción de los rayos solares y la humedad. Se recomienda la utilización de productos orgánicos o con la mínima cantidad de ingredientes químicos posibles.

[6] CONCLUSIONES/RESULTADOS

APARIENCIA/DISEÑO

Su apariencia final será el resultado de la aplicación del acabado, por lo que no difiere en exceso de un muro de ladrillo o bloque convencional

RESISTENCIA

Dado que las botellas se encuentran rellenas con arena o tierra compactada, se crea un conjunto macizo, con gran resistencia a la compresión y al impacto.

DIMENSIONES MÁXIMAS

El espesor del muro será resultado principalmente de las dimensiones del tipo de botellas utilizadas.

\+

- Su espesor le otorga una gran resistencia a la compresión, así como un alto grado de aislamiento térmico y acústico.

\-

- Ha de ejecutarse “in situ”.
- Exige la utilización de un gran número de botellas, así como de mortero para aparejarlas. Esto se traduce en un coste elevado en relación al sistema de cerramiento 4.2.
- El proceso de relleno de las botellas es un proceso largo y tedioso, si bien admite la implicación y colaboración de toda la comunidad.
- Necesidad de protección frente a la humedad y el agua de escorrentía > aleros/vierteaguas

[7] REFERENCIAS

http://www.eco-tecnologia.com/
http://www.instructables.com
http://inspirationgreen.com/plastic-bottle-homes.html
http://www.learningsite.info/PETdwelling.htm
http://mioplanet.org

CERRAMIENTO A BASE DE BOTELLAS DE PET a2.2

[1] DESCRIPCIÓN GENERAL

Se trata de un sistema constructivo que utiliza paneles, prefabricados o in situ, realizados a base de botellas plásticas de PET unidas o confinadas en un bastidor rígido de madera aserrada.

Dichos paneles se fijan a los elementos estructurales de la edificación y son revocados con mortero para su utilización como cerramiento exterior o interior.

[2] ADECUACIÓN

Supone una propuesta alternativa para la construcción de edificaciones de bajo costo, especialmente indicada en lugares donde se generen grandes cantidades de residuos plásticos de botellas de PET y donde el coste de la construcción tradicional no sea accesible a la mayoría de la población.

[3] MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIOS

- Botellas de 1/2l - 168 uds.
- Madera aserrada
  - Montantes – 3 uds. de 1000x200x70mm
  - Travesaños – 2 uds. de 1500x200x70mm
- Alambre de ø2mm – 5mL
- Clavos
- Malla de gallinero de #>2cm - 3m2 (1,5x2m)
- Mortero
  - Tipo 1 – cemento/arena/agua
  - Tipo 2 – cemento/tierra/agua

- Sierra
- Martillo
- Tenazas/Alicates
- Cutter
- Cubo/Cubetas
- Paleta/Llana
- Esparavel

[4] CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- En el componente que se ejecuta se ha utilizado madera para la realización del bastidor, si bien la disponibilidad y coste de la misma puede desaconsejar su utilización a favor de un material alternativo.

- El bastidor de soporte puede suprimirse en los casos de rehabilitación/ampliación de las edificaciones siempre y cuando haya elementos existentes (vigas, pilares) en los cuales se puedan fijar las botellas.

- Se recomienda que la madera utilizada en la realización del bastidor (en especial las testas), siempre que vaya a permanecer en contacto con el exterior, sea tratada con algún producto, preferiblemente ecológico, que la proteja de la humedad.

- Para un mismo tramo de cerramiento es necesario utilizar botellas de dimensiones similares, asegurando así que la superficie conformada por las mismas sea lo más regular posible.

- La apertura de la malla de gallinero ha de permitir la correcta penetración del revoco de mortero en los espacios intersticiales entre botellas, facilitando así su unión y evitando la creación de huecos en el interior del cerramiento.

- Los paneles deberán estar protegidos de la lluvia a través de aleros, vierteaguas o similares, especialmente en el caso de morteros o acabados finales a base de tierra.

[5] PROCESO CONSTRUCTIVO

[5.1] MONTAJE DE BASTIDOR DE MADERA

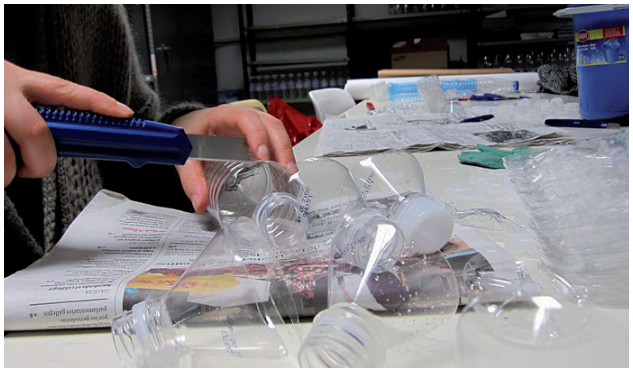
1 Las piezas de madera aserrada se unen mediante clavos para formar un bastidor de madera lo más regular posible. A continuación se procederá al tratamiento del conjunto.

[5.2] PREPARACIÓN DE LAS BOTELLAS

2 Se limpian las botellas, quitándoles las etiquetas y el tapón.

3 A 6 de cada 8 se les recorta la base, de modo que puedan encajar entre ellas ejerciendo una leve presión. A 1 de cada 8 se le recorta la parte de arriba, ya que serán las que cierren las columnas.

4 Las botellas ya preparadas se agrupan según el modelo de cortado que han recibido, facilitando así su utilización posterior.



[5.3] REALIZACIÓN DE COLUMNAS DE BOTELLAS

5 La columna se inicia con una botella no cortada, la cual se apoya en el travesaño inferior del bastidor.

6 A continuación se encajan las demás botellas, tratando de que el conjunto quede lo más ajustado y vertical posible.

7 La columna se cierra con una botella sin parte superior, colocándola al revés que el resto y cerrando así el conjunto para evitar que durante la aplicación del revoco de mortero, este pueda introducirse en el interior de las botellas.

[5.4] FIJACIÓN DE COLUMNAS AL BASTIDOR

8 Sistema de fijación tipo 1 – las botellas se fijan al bastidor utilizando un alambre que las va entrelazando horizontalmente.

9 Sistema de fijación tipo 2 – se introduce, a través del cuello de las botellas un barrote de madera, que posteriormente se clava al bastidor.

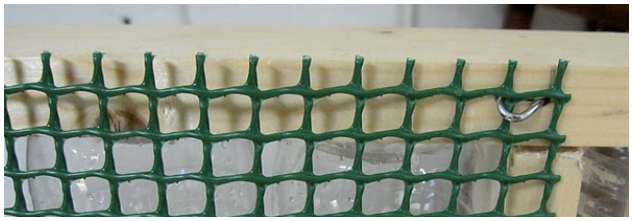
10 Sistema de fijación tipo 3 – se introduce, a través del cuello de las botellas un alambre, que posteriormente se engancha al bastidor mediante una punta.

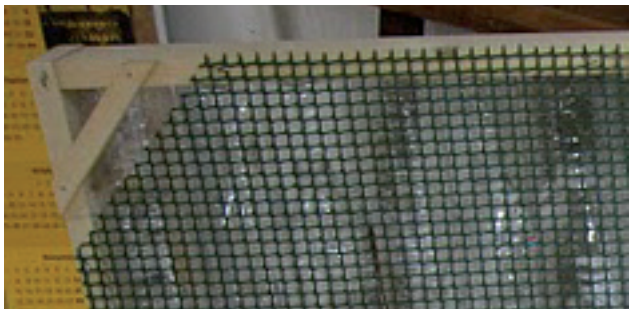
[5.5] COLOCACIÓN DE LA MALLA DE REFUERZO

11 Se recorta y se coloca a cada lado del bastidor un trozo de malla de gallinero del tamaño del paño de columnas de botellas que se quiere revocar.

12 Se clava a los montantes y travesaños del bastidor.

13 Conviene que la superficie conformada por la malla se encuentre lo más regular y tensa posible.





[5.6] REVOCO DEL CONJUNTO POR AMBAS CARAS

14 A continuación se procede al revoco del conjunto por ambas caras, para lo cual se podrán aplicar diferentes tipos de mortero en función de las necesidades/características de la zona donde se realice la construcción.

El revoco se realizará en dos fases:

- La primera mano siempre debe llevar cemento y se recomienda no usar cal en el caso de utilizar malla galvanizada para evitar la corrosión de la misma. La mezcla no ha de ser demasiado espesa para lograr una mejor unión a la malla galvanizada y al plástico de las botellas.

Mortero tipo 1 – cemento/arena/agua – dosificación 1:5

Mortero tipo 2 – cemento/tierra/agua – dosificación resultado de prueba*

** La cantidad de cemento que deba mezclarse a la tierra depende de la proporción de arena contenida en dicha tierra. Esta proporción se determinará valiéndose de una botella normal y corriente de vidrio claro y transparente a la cual previamente se marcará de abajo hacia arriba cada 2cm hasta un total de 10cm. Luego se procederá a colocarle internamente una porción de tierra previamente mezclada del sitio hasta una altura de aproximadamente 4 dedos. Después se llenará la botella con agua casi hasta el final de la misma.*

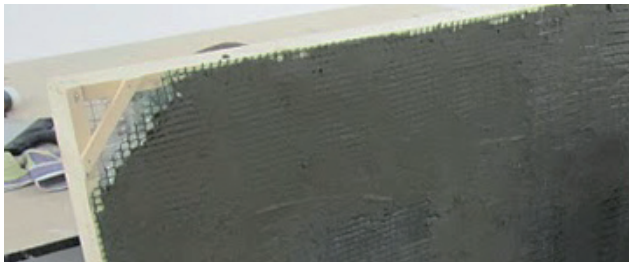
Se agitará entonces firmemente la botella tapando el cuello de la misma e invirtiéndola varias veces, para luego dejarla reposar hasta que los áridos se asienten por orden de densidad; la arena en primer lugar, la arenilla en segundo y por último la arcilla. Este asentamiento de los componentes se verá separada por líneas bien definidas.

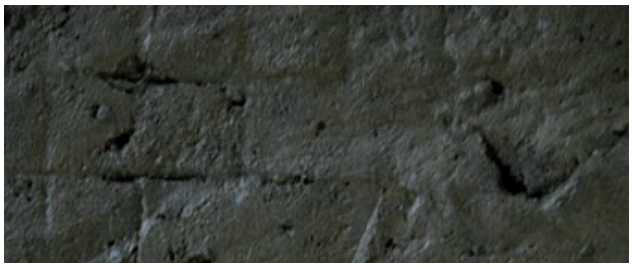
Al observar la botella podrá verse la línea de separación entre los elementos livianos y el pesado. Tomando la medida precisamente de los agregados más pesados o los colocados al fondo, se procederá a medir cuantas franjas de las marcadas ocupa y en ese caso se dirá que la tierra tiene tantas partes de arena por partes de tierra. En la siguiente relación se obtendrá, a partir de la medición anterior, cuantas partes de tierra por cemento deberá contener la mezcla.

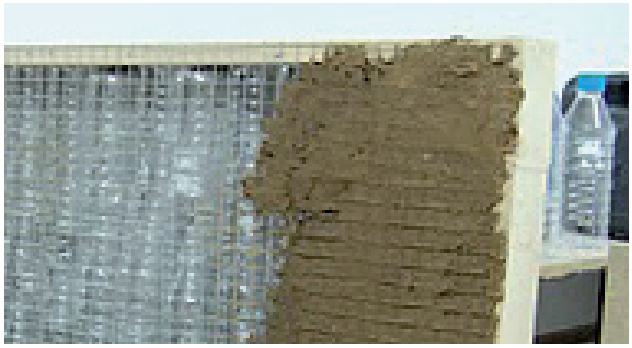
Arena - Cemento - Tierra
1 - 1 - 7/8
2 – 1 – 9/11
3 – 1 – 12/14
4 – 1 – 15/16

- En la segunda mano se aplicará una mezcla más espesa que permita extenderla más fácilmente mediante el uso de una llana y obtener así una correcta planeidad del paramento.

15 Panel revocado con mortero tipo 1 de cemento/arena – dosificación 1:5.
16 Detalle de panel revocado con mortero tipo 1 de cemento/arena.
17 Panel revocado con mortero tipo 2 de cemento/tierra – dosificación 1:10.
18 Detalle de panel revocado con mortero tipo 2 de cemento/tierra.







[5.7] ACABADO

Como acabado final podrán utilizarse alguna de las siguientes mezclas: cal/arena en proporción 1:5, cemento/tierra en proporción 1:4 o cemento/arena en proporción 1:9. En esta fase es importante la aplicación de un impermeabilizante, al menos en su cara exterior, que proteja al conjunto de la acción de los rayos solares y la humedad. Se recomienda la utilización de productos orgánicos o con la mínima cantidad de ingredientes químicos posibles.

[6] CONCLUSIONES/RESULTADOS

APARIENCIA/DISEÑO

Su apariencia final será el resultado de la aplicación del acabado, por lo que no difiere en exceso de un muro de ladrillo o bloque convencional. Si no se aplica el revoque las botellas quedan a la vista, pudiendo funcionar así como áreas parcialmente translúcidas, aunque el sistema se degrada rápidamente por la acción solar y pierde sus características resistentes y de aislamiento térmico y acústico.

RESISTENCIA

Su resistencia está directamente relacionada con el espesor, ligereza y composición interna del panel. Se desaconseja su uso como soporte para colgar elementos.

DIMENSIONES MÁXIMAS

En el caso de utilizar bastidores, sus dimensiones máximas se relacionan con las posibilidades de la madera utilizada, si bien es aconsejable desarrollar el sistema en dimensiones manejables fácilmente para facilitar su posterior traslado.

\+

- Ligereza en la fase previa al revoque y acabado final
- Las botellas funcionan a modo de cámara de aire estanca, mejorando considerablemente las características térmicas del conjunto.
- Rapidez de ejecución.

\-

- La necesidad de madera para la realización de bastidores puede encarecer el sistema en lugares donde la adquisición u obtención de madera no sea asequible.
- Resistencia al impacto reducida y aislamiento debido al poco espesor.
- Necesidad de protección frente a la humedad y el agua de escorrentía > aleros/vierteaguas
- Posibilidad de anidamiento de bichos en el caso de la aparición de fisuras > impermeabilizante

[7] REFERENCIAS

http://www.puravidaatitlan.org
http://casadebotellasdepet.blogspot.com
http://www.eco-tecnologia.com

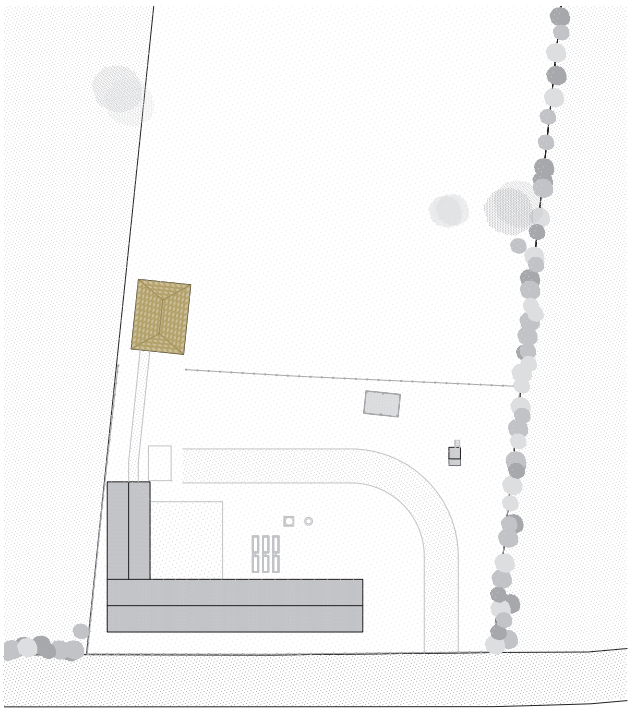
[4] PROCESO CONSTRUCTIVO

4.1 Justificación del uso y la implantación

La implantación del prototipo y el uso del mismo fue una decisión conjunta tomada entre el Consejo Microrregional (representante de las comunidades), la junta directiva de la Cooperativa de fabricación de materiales Beljuj Q'anil gestionada por las comunidades y los propios investigadores.

Se llega al acuerdo de construir el prototipo dentro de la finca de la Cooperativa, que ofrece el espacio y sus instalaciones y es un lugar adecuado por su situación accesible a todas las comunidades y por ser un lugar de referencia en cuanto a temas constructivos.

Se concreta el uso del prototipo en salón comunal para realizar actividades o reuniones que den servicio a todas las comunidades y en especial a la Cooperativa. La ubicación final del prototipo se realiza en la parte trasera de la finca, hasta el momento vacía, para no entorpecer y dejar suficiente espacio en previsión del paso de camiones que transporten materiales y el acopio de los mismos.



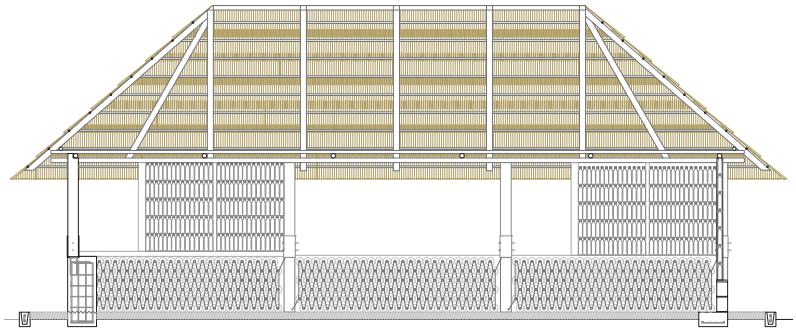
Planta de situación de las instalaciones de la Cooperativa Beljuj Q'anil. El prototipo se dispone en la parte trasera de la parcela.

4.2. Diseño y constrcución del prototipo

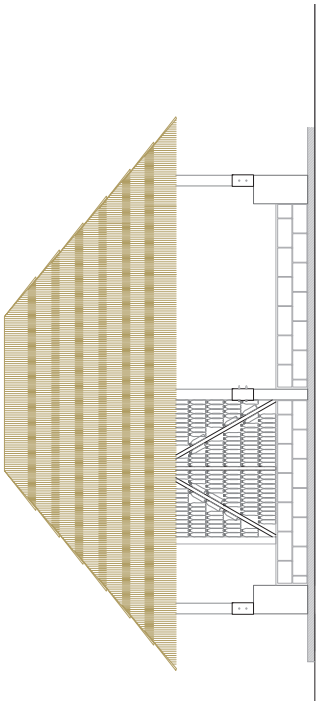
Los condicionantes previos para el diseño del prototipo fueron de diversa índole:

- Por un lado, la función y ubicación del prototipo. Una vez decidido el uso para el que iba a ser diseñado y su implantación, se toma la decisión de realizar un espacio que sirva para realizar múltiples actividades por lo tanto debe ser amplio y poco compartimentado. Debido al clima caluroso y húmedo a lo largo de casi todo el año, el salón comunal debe ser un lugar fresco, permitiendo el paso del aire reduciendo así la sensación de calor, a la vez que está protegido del sol por una cubierta que evite en la medida de lo posible la acumulación de calor.

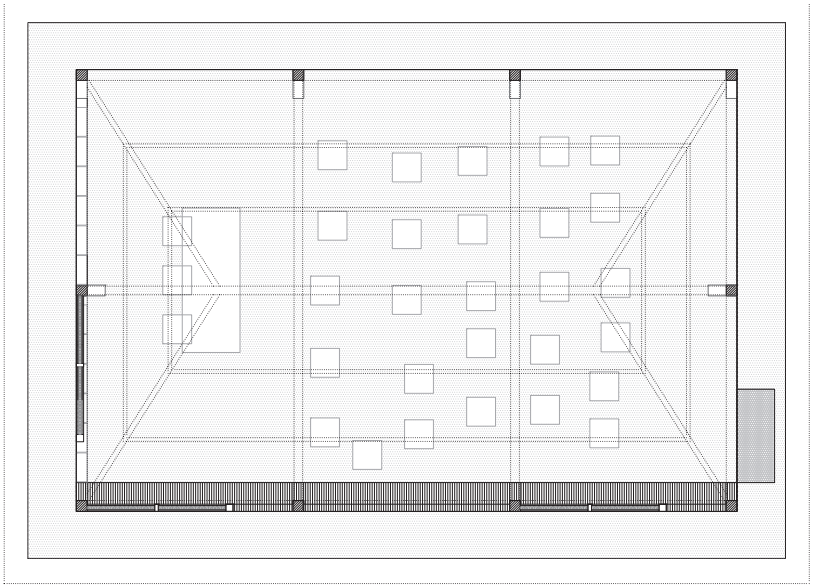
El edificio se concreta en un espacio de 6x9 m techado a la manera tradicional, con una cubierta amplia y en pendiente, realizada con una estrcutura de eucalipto y con un acabado en hoja de palma, un sistema especialmente adecuado porque gracias al grosor y densidad de las hojas de palma no deja pasar el agua, pero permite que el aire transpire a través de ella, evitando la acumulación de calor en su interior. Esta cubierta está soportada por una estructura de pilares de madera de guayabo fijados a unos enanos de hormigón de sección rectangular y que serán los que permitan delimitar los muros hechos a base de botellas.



Sección longitudinal



Alzado transversal



Planta

- Por otro lado, se buscaba conseguir un sistema lo más sencillo y barato posible, para que el proceso de apropiación por parte de la población tuviese más posibilidades de ser satisfactorio. En este caso, fueron varios los factores determinantes. La existencia de dos tipologías mayoritarias de botellas (pequeñas de 600 ml y grandes de 3,3 l) fue un factor determinante en la elección de los sistemas, puesto que era necesario que éstos estuvieran diseñados para optimizar esos recursos pero ofreciendo diferentes posibilidades.

Botellas más utilizadas: 600 ml y 3 l.

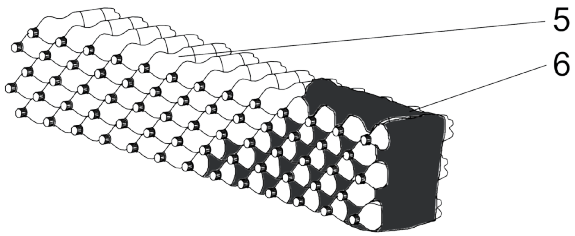
1 y 2. Dos ejemplos de construcción con ecoladrillos realizados por Pura Vida en San Marcos Atitlán.

- Otro de los factores determinantes del diseño de los sistemas constructivos fue el conocimiento in situ de otros prototipos construidos con sistema de ecoladrillos por la asociación Pura Vida, que nos ofreció una visita a sus instalaciones en San Marcos además de algunos consejos técnicos y relacionados con la sensibilización medioambiental. La eficacia de este sistema a la hora de reutilizar residuos fue la razón que nos llevó a utilizarlo en nuestro prototipo.

Es por estas razones que se decide simplificar los sistemas constructivos utilizados para los cerramientos a dos:

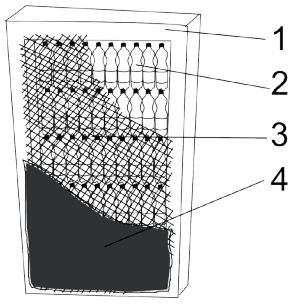
1. sistema de muros de botellas rellenos de arena
2. sistema de paneles de ecoladrillos (botellas rellenas de plásticos de deshecho).

Sistema 1_Muros a base de botellas rellenas de arena



Sistema 2: Paneles a base de ecoladrillos

1. Bastidor de madera
2. Ecoladrillos: botellas de 600 ml. rellenas de plásticos .
3. Malla de acero galvanizado clavada al bastidor.
4. Mortero de tierra y arena o cemento y arena
5. Botellas de 3 l. rellenas de arena de río
6. Mortero de tierra y arena



Una vez elegidos los sistemas y definido el prototipo, uno de los primeros trabajos fue trazar la ubicación exacta para marcar la cimentación que se realizó con una zapata corrida de 20 x 40 cm de sección, donde se anclaron los enanos de hormigón armado de 40x15 cm y 90cm de altura, para la construcción de la estructura. Ésta se realizó con 10 pilares de madera de guayabo de 15 x 15 cm dispuestos ortogonalmente cada 3 m y anclados a los enanos de hormigón armados con unas cajas metálicas, que permitieran la transmisión de esfuerzos. Estos pies derechos sirvieron para sujetar todo el entramado de vigas de eucalipto que formaban la cubierta. A este entramado se ataron las hojas de palma; creando un espacio protegido del sol.

1. Replanteo en el terreno.
2. Cimentación con zapata corrida de hormigón.
3. Construcción de estructura a base de pilares de madera sobre enanos de hormigón.
4 y 5. Montaje de cubierta con estructura de eucalipto y hoja de palma.

En la parte inferior de la construcción, a modo de zócalo y entre los enanos de hormigón se construirá un cerramiento de 90 cm. de altura con uno de los sitemas elegidos, el muro de botellas rellenas de arena. Para la construcción de este tipo de muro se utilizan las botellas de 3 l. rellenadas previamente de arena o tierra. Las botellas se colocan de forma horizontal como hiladas de ladrillos. Para la unión se usa un mortero formado por una mezcla de 4 partes de tierra, 4 partes de arena y 1 de cemento. Una vez terminadas las 5 hiladas que conforman el muro, es necesario atar los cuellos de las botellas entre si con cuerda, para evitar que estas se desplacen. Finalmente el muro es enfoscado, con un mortero de cal o cemento, para que las botellas de PET estén siempre protegidas de los rayos ultravioletas, evitando así su degradación.

Este tipo de muro es conveniente construirlo previamente ejecutada una estructura que lo arriostre. En el caso de plantas curvas, ésto no sería necesario ya que el muro se consideraría portante (no así en este caso).

1. Rellenado de botellas de arena
2. Colocación de las hiladas de botellas con mortero de tierra y arena.
3. Atado de los cuellos de las botellas con cuerda plástica
4. Vista del muro desde su cara exterior.

Apoyados sobre el muro de botellas rellenas de arena y entre los pilares de madera de la estructura, se montan los paneles de ecoladrillos (rellenos con plásticos de desecho).

Se basan en la formación de un marco rectangular de madera que conforma un bastidor donde se irán introduciendo las botellas de plástico de 600 ml. rellenas de plásticos de deshecho (envoltorios de agua pura, paquetes de gominolas, etc.). El bastidor de madera se cierra por ambas caras con una malla de gallinero grapada en su perímetro para evitar

1. Ecoladrillos (botellas de 600 ml. rellenas de plásticos.
2, 3 y 4. Construcción de los paneles de ecoladrillos.
4. Colocación de los paneles sobre el zócalo.
Pág. derecha:
1, 2, 3 y 4. Trabajos finales sobre el protitpo. Revoque y pavimentos.
5. Prototipo terminado con revoque de cal y arena

que las botellas se desplacen y servir de agarre para el enfoscado final. El bastidor es necesario anclarlo a la estructura. Para terminar la construcción de los paneles se rovocan por ambas caras con una o varias capas (según acabado final) de mortero de tierra-arena o cemento-arena. En este caso no se puede utilizar mortero de cal por incompatibilidad con la malla metálica. Hay que decir que el relleno de plasticos no responde a ninguna función concreta sino que sirve sencillamente para evitar que estos plásticos sean desperdigados en el entorno, quedando ocultos dentro de las botellas.

En un primer momento los paneles se hicieron sobre estos bastidores, pero luego se vio que éstos no eran estrictamente necesarios por lo que se probó a colocar las botellas directamente sobre la estructura y entre la doble malla de gallinero grapada a la misma. De esta forma funcionó igual pero ahorrando el material para la construcción de los bastidores.

Otra de las pruebas que se realizó fue la colocación de los paneles sobre otro tipo de zócalo realizado con bloques de hormigón, lo que es válido igualmente. Debemos decir que el sistema de paneles es conveniente que vaya colocado siempre sobre un zócalo que lo proteja del agua en el encuentro con el terreno.

Para completar la construcción del prototipo se realizó un piso (pavimento) a base de un mortero de tierra y cemento en el interior. En algunas partes se colocaron hincados en la tierra los tapones de las botellas, a modo de decoración. Este piso se prolongó hacia el exterior de manera que se convirtió en un corredor perimetral delimitado por una hilera de bloques en U, haciendo la función de nervio de borde.

4.3 Evaluación y seguimiento del proceso constructivo

A continuación se detallan algunas incidencias detectadas a lo largo del proceso constructivo de los prototipos:

- En la construcción de los muros de botellas rellenas de arena, se ha detectado la necesidad de disponer siempre de una estructura previa, con unos soportes que impidan el deslizamiento lateral de las botellas, y que no deberían estar separados más de 3 metros. Para los casos de construcciones circulares esto se hace innecesario, pues la estructura del muro se soporta a sí misma.

- Asimismo, se aprecia que el proceso de rellenado de las botellas parece demasiado lento e implica disponer de arena de río o tierra que debieran estar muy secas, lo cual no siempre puede garantizarse en un clima como el de la costa sur de Guatemala. Además la cantidad de tierra de relleno necesaria es lo suficientemente importante como para necesitar de un punto de almacenamiento temporal.

- Las esquinas de los muros son demasiado débiles, pues debido a la forma propia de las botellas, queda únicamente una capa de revoque conformando la arista. Al cabo de un par de semanas de echado el revoque y rematado el muro, se aprecia que comienzan a desconcharse las esquinas.

- Es importante rematar bien el muro cubriendo los tapones, especialmente si están en una cara expuesta del muro, dónde el sol pueda degradar el plástico, y en el caso de los tapones, para evitar que puedan abrirse.

- En el sistema de paneles, es necesario que el interior entre las dos mallas quede lo más relleno posible de material plástico para evitar desperdiciar demasiado enfoscado exterior que se pueda colar hacia dentro.

- En el momento de dar la capa de acabado a los paneles con la mezcla de cal y arena 1:5, ha de tenerse especial cuidado con que la malla metálica esté bien cubierta, para que en ningún punto entren en contacto, y evitar así su corrosión.

- La primera mezcla que se utilizó para tomar las hileras de botellas y para dar el repello de muros y paneles se componía de 9 partes de tierra con 1 de cemento, pero durante la construcción del primer tramo se observó que era conveniente emplear 4 partes de arena y 4 de tierra por cada una de cemento, con lo que se obtenía una mejor adherencia y al secar el acabado no resultaba tan arenoso y no se deshacía en polvo al desgastarse.

- Con el objetivo de reducir la cantidad de cemento para así abaratar la construcción y en vista de los buenos resultados, se fijó esta mezcla 4tierra:4arena:1cemento como la más óptima, y así se utilizó en todos los muros y en los paneles, que a día de hoy, presentan un buen comportamiento.

- En la construcción de los paneles de ecoladrillos se plantean dos formas para el montaje de los paneles. En el primer tramo se opta por montar primero un bastidor de madera dentro del que se colocan las botellas y se cierra con la malla metálica. Ese bastidor se fija posteriormente a la estructura de la construcción. Este sistema además de ser un poco más complejo, requiere mucha más cantidad de madera. Por lo tanto, y aprovechando que la estructura está realizada en madera, se opta por montar directamente los paneles sobre ésta, subdividiendola con montantes verticales de madera cada 80 cm o 1 m., para que las botellas permanezcan estables.

- Un aspecto importante a tener en cuenta es el punto de contacto de la construcción con el terreno. En el caso de los muros es conveniente reforzar el encuentro. La medida adoptada para el caso fue levantar el nivel del suelo con un escalón de 5 cm de alto, formando así un zócalo protector. Para los paneles es importante no olvidar disponer un zócalo sobre el que apoyarlos, pues necesitan estar protegidos de las salpicaduras de la lluvia o el ascenso de la humedad por capilaridad.

4.4 Sostenibilidad y viabilidad

El PET utilizado en esta investigación es un material de desecho procedente en todos los casos de la separación de basuras o recogido en vertederos improvisados, donde existe en grandes cantidades. De esta manera se contribuye a evitar que el plástico quede desperdigado a lo largo de los cientos de años que puede tardar en descomponerse si no está protegido de los rayos ultravioletas. Se está obteniendo, por tanto, un material a coste cero, que se está reutilizando y nos permite poner en práctica un sistema constructivo técnicamente viable. EL PET es además un material 100% reciclable y no es dañino para salud. El proceso de reciclaje del PET es un sistema costoso, puesto que es necesaria la utilización de tecnología específica y consumo de energía elevado para poder tranformarlo, por lo que en términos medioambientales lo más adecuado es su reutilización para evitar un impaco mínimo.

Las botellas de PET son ligeras y estables, y tienen buenas propiedades aislantes, lo que hacen de ellas un material apto para la construcción. Ahora se están poniendo a prueba por primera vez estos sistemas constructivos a gran escala[2].

La ligereza de este material permite que en el proceso desde su recolección hasta su colocación, puedan participar personas que no dispongan de excesiva fuerza física. Si bien es cierto, que en uno de los sitemas utilizados donde las botellas se rellenan de arena, el peso de éstas se incrementa, pero a su vez, son capaces de convertirse en un elmento portante.

En resumen, salvo matices propios de la construcción in situ, los sistemas utilizados en esta investigación se consideran correctos y viables para su uso en sistemas constructivos sencillos. El proceso de evaluación se ha mantenido durante los últimos tres meses, con buenos resultados, pero cabe resaltar la relevancia de realizar un proceso de evaluación a medio y largo plazo para conocer la eficacia real de la investigación.

2 Véase el pabellón EcoARK de Taipei (China)

[5] SENSIBILIZACIÓN Y DIFUSIÓN

5.1 Justificación del proyecto y contexto

Como ya se ha explicado anteriormente (léase contexto y antecedentes), la situación actual en las comunidades, medioambientalmente hablando, es grave.

La utilización de materiales y envases plásticos ha aumentado considerablemente en la zona. Existe un gran consumo de bebidas embotelladas provocado por la falta de agua potable. El PET ha sustituido en pocos años a las botellas de vidrio por su ligereza, abaratamiento de costes en el transporte, etc. También la industria alimentaria diseña cada vez más, productos que se presentan en envases individualizados, lo que ofrece más facilidad a la hora de vender el producto por su disminución en el precio unitario.

Todos estos condicionantes han provocado una generación incontrolada de residuos. Las alternativas para la eliminación de estos residuos son la quema o la acumulación de los mismos en zonas utilizadas como vertederos improvisados, con la consecuente contaminación del aire, suelos y agua, provocando daños para la salud humana. La falta de previsión por parte de la Municipalidad y la inexistencia de una recogida de residuos en la zona provoca daños cada vez mayores en el entorno más próximo. Las posibilidades de la población para utilizar otro tipo de sistema de procesamiento de residuos diferente al actual son limitados, debido a las grandes distancias que existen entre unas comunidades y otras así como la mala accesibilidad a las mismas, provocando que la población opte por la opción de la quema o abandono de los residuos.

1. Imágen representativa del vertido de basuras a la orilla de una carretera.

Siendo conscientes las propias comunidades de este problema, surge en una de ellas la idea de reutilizar la basura para la construcción. Es por todo esto que consideramos primordial que toda la población tome conciencia de que el problema debería ser atajado desde un punto anterior. Por lo tanto, y de manera paralela al proceso de investigación constructiva, se plantea la implementación de una línea de educativa de carácter ambiental que se nos antoja necesaria ante un proyecto de estas características, además de una propuesta constructiva que pueda repercutir en la mejora de la situación.

A lo largo de toda la investigación se ha contado con el apoyo y la opinión de una junta representativa de las 19 comunidades (Consejo Microrregional), que nos hizo llegar sus preocupaciones y necesidades, así como sus motivaciones a la hora de participar de una manera activa en el proceso.

2. Imagen de la quema de basuras.
3. Imagen de una reunión con los representantes de las comunidades.

5.2 Actividades realizadas para la sensibilización y difusión

Ante la necesidad de analizar la repercusión de los sistemas adoptados, se diseña una estrategia de información y difusión para entrar en contacto con diferentes grupos de beneficiarios, que consiste en la realización de varias actividades para dar a conocer los sistemas investigados. Estas actividades consistieron en la realización de dos talleres de construcción para la aplicación de los sistemas elegidos en el propio prototipo, haciendo así participes de la construcción a las comunidades implicadas. Además de los talleres, se plantean una serie de visitas al prototipo entre las que tiene lugar un acto de inauguración que permite ampliar las posibilidades de difusión entre la población.

Para poder involucrar a toda la población beneficiaria posible, se cuenta con el apoyo de la Cooperativa de construcción de materiales Beljuj Q'anil y Junta Directiva del Consejo Microregional, un órgano representativo de gran peso entre las comunidades. En conjunto con estos dos apoyos de referencia, que realizan labores de orientación y mediación entre investigadores y beneficiarios, se llega la conclusión de que el prototipo debe ser una construcción que de servicio a todas las comunidades y para ello es necesario que en la medida de lo posible sean participes de este proceso de construcción.

Debido a la limitación del tiempo disponible en el terreno, se deciden realizar dos talleres de carácter teórico-práctico como muestra, dirigido a dos grupos de edades diferentes, uno de ellos formado por adultos, y otro formado por jóvenes, de edades comprendidas entre 10 y 15 años, seleccionados por el personal docente de la escuela de la comunidad de Nueva Cajolá.

Los objetivos de los talleres son:

- La concienciación sobre el reciclaje y sobre la importancia de no generar residuos.
- Dar a conocer las posibles aplicaciones de la reutilización de los materiales plásticos en el ámbito de la construcción, proponiendo un sistema de construcción pertinente con el lugar y apropiable por la población. Que además sea viable económicamente para comunidades con escasos recursos, sencillo de replicar, y donde puedan participar personas sin una capacitación técnica específica.

El primero de los talleres, se dirigió a la población adulta de las comunidades, contando con una representación de cada una de ellas, de tal forma que las personas que asistiesen al mismo pudiesen difundir el conocimiento dentro de su comunidad. En el taller, de carácter teórico-práctico, comenzó impartiendose una pequeña charla sobre la contaminación medioambiental, el reciclaje y la separación de las basuras y posteriormente se puso en práctica el proceso constructivo donde los asistentes, divididos en grupos, fueron conociendo todas las partes del proceso guiados por un supervisor/a encargado de explicar cada una de las fases. Estos subgrupos fueron rotando de manera que todos tuviesen la oportunidad de pasar por la totalidad de las etapas de la construcción: rellenado de botellas de plástico o arena según sistema, colocación de botellas, aplicación de morteros, etc.

1.Explicación de los sistemas constrcutivos a la gente participante en el taller.
2. Rellenado de botellas con arena.
3 y 4. Construcción zócalo con botellas rellenas de arena.
5. Rellenado de botellas con plástico (ecoladrillos) y montaje de panel.

El segundo taller se realizó con 30 alumnos de entre 10 y 15 años del colegio de la comunidad de Nueva Cajolá. La parte teórica consistió en una charla introductoria sobre el medioambiente, impartida por una maestra de la organización PRODESSA, la cual se encarga de los proyectos relacionados con la educación dentro del Programa de Desarrollo que se lleva a cabo en la zona. Y a continuación se llevó a cabo otra parte más lúdica donde se realizó un teatrillo con títeres introduciendo conceptos sobre el reciclaje y la separación de basuras. Como parte práctica se diseñó un taller en el que el objetivo era la construcción de una compostera a base de paneles de ecoladrillos, de manera que los alumnos pudiesen obtener un objeto construido por ellos mismos que les sirviese de utilidad en el colegio.

En ambos talleres, se obtuvo una buena respuesta por parte de los participantes, que mostraron mucho interés por los sistemas explicados y una gran predisposición a continuar aprendiendo e incluso a aplicarlos por su cuenta.

1 y 2. Clase sobre medioambiente y teatrillo sobre reciclaje a los alumnos de la Escuela de Nueva Cajolá.
3, 4 y 5. Varios momentos del taller con los niños y niñas.

Manual gráfico de construcción (ver Anexo 2)

Como parte del proceso de difusión de los resultados de la investigación, se elaboró un manual de construcción con botellas desechables de plástico en el que se exponen de un modo gráfico y accesible los distintos sistemas constructivos diseñados.

El manual se estructura según los dos sistemas constructivos diseñados durante la investigación, el muro a base de botellas de plástico rellenas de arena de río y los paneles de ecoladrillos. Incluyen también una serie de recomendaciones y consejos que se fueron observando durante todo el proceso constructivo.

El objetivo de estos manuales es facilitar las iniciativas constructivas que puedan surgir espontaneamente. De esta forma, cualquier persona que esté interesada en aplicar dichos sistemas, puede tener una guía sencilla y fácilmente comprensible.

Para ello, se hizo entrega de varios manuales a cada uno de los representantes de las comunidades en la inauguración del salón comunal prototipo, donde estaban presentes representantes de las distintas comunidades.

Socialización de los prototipos

Como actividades finales se llevaron a cabo la inauguración de ambos prototipos (compostera y salón comunal)

- Finalización de la compostera

Durante los talleres llevados a cabo con los alumnos de la escuela de Nueva Cajolá se explicó el proceso constructivo del mismo con un ejemplo práctico a menor escala: una compostera. Los alumnos completaron cuatro paneles de ecoladrillos realizados con el mismo sistema constructivo empleado en el prototipo. Posteriormente se ensamblaron y el Jueves 30 de Junio se hizo entrega de la compostera en la escuela de la comunidad de Nueva Cajolá para que fuese revocada in situ, lo cual facilitaría el transporte, y además, el que los niños pudiesen estar presentes en la última fase del proceso. La ubicación de la compostera fue elegida con los directivos de la escuela y del instituto y las compañeras de PRODESA, quienes también estuvieron presentes en el acto. Para la ocasión se preparó un panel explicativo del uso de la compostera, en el que se incluían nociones básicas de reciclaje e imágenes del trabajo llevado a cabo por los alumnos en el taller de construcción.

Se realizaron dos presentaciones: una con los alumnos de primaria que habían participado en el taller y otra con los alumnos del instituto que cursan asignaturas de cocina y carpintería, ya que se consideraba muy interseante que pudiesen colaborar en el buen funcionamiento de la compostera con los residuos que generasen en sus clases. En ambos casos nos sorprendió muy gratamente su interés por la ecoconstrucción.

1. Portada del manual gráfico de construcción
2. Niños con la compostera aun sin revocar.

- Inauguración del salón comunal

Con este motivo se realizó un acto donde se pudo contar con los representantes y miembros de las diferentes comunidades.

Para este día, se terminaron expresamente las muestras de los dos sistemas constructivos, que finalmente se recubrieron en su cara externa con un mortero de cal y cemento para darle una protección frente a la lluvia y evitar así su desgaste. En su cara interior podía verse el repello de tierra, donde se dibujó la silueta de un Quetzal, en representación del animal patrio y sagrado de Guatemala, dejando las botellas vistas como muestra de la estructura interior de los paneles.

Como parte de la inauguración se preparó un explicación del proceso de la investigación que nos llevó hasta la conclusión del prototipo, al tiempo que se hizo entrega de los manuales de construcción a las comunidades, recordando el proceso constructivo de cada uno de los sistemas. Se animó también a las comunidades a completar la construcción del prototipo y a hacer nuevas propuestas de sistemas constructivos complementarios a los propuestos desde la investigación.

El futuro deseado es que en cada comunidad se pueda habillitar un punto de acopio de botellas y residuos plásticos, desde el que dar salida a través de pequeñas iniciativas comunitarias de construcción para pequeños elementos domésticos que puedan ser construidos con el apoyo del manual. Para esto se instó a los representantes de las comunidades a iniciar campañas de recogida de residuos y a continuar con el mensaje de mantener la tierra, su medio de subsistencia, limpio y sin la presencia de basuras que contaminen el suelo del que nos alimentamos. Desde el INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación) de Guatemala, durante una visita al prototipo se manifestó su interés por el proyecto y la intención de organizar en su entorno campañas de sensibilización y de recogida de residuos plásticos.

A partir de este punto, nuestro deseo es que las ideas e iniciativas planteadas logren llevarse a cabo en los próximos meses, y sobretodo, que poco a poco vaya creciendo la conciencia de que el ciclo de los residuos plásticos puede ser más largo y eficiente, conviertiéndo en un elemento constructivo económico y sencillo.

1. Panel explicativo para la utilización de la compostera.
2. Panel con dibujo de quetzal.
3. Acto de inauguración del salón comunal.
2 y 3. Dos imágenes del salón comunal terminado.

5.3 Pertinencia, adecuación y aceptación

En un proyecto de estas características es indispensable que exista una pertinencia y adecuación del diseño constructivo a los condicionantes del lugar, clima, materiales dosponibles así como de otros factores socioculturales, que pueden influir en la aceptación por parte de los usuarios.

En cuanto a la parte formal de la construcción, se tuvo en cuenta el tipo de construcción tradicional de la zona, consistente en cerramientos ligeros o inexistentes que permitan una adecuada ventilación y cubiertas amplias que protejan del sol. Para ello se optó por un sistema de estructura tradicional en madera, con cubierta de palma, permitiendo elegir las zonas a cerrar a base de botellas según la orientación, los vientos y el propio uso del prototipo.

Por otro lado, se intentó incidir en varios puntos que consideramos claves para la apropiación del sistema:

- el abaratamiento de costes de los materiais utilizados en la construcción, que en este caso, por ser materiales de desecho los utilizados en el sistema constructivo podemos decir que se reduce notablemente el coste.
- la ligereza de los materiales y el proceso sencillo de ejecución, es susceptible de ser utilizado en procesos de autoconstrucción sin que se necesite de una mano de obra especialmente cualificada. De esta manera, se amplian también las posibilidades de incorporación de las mujeres al ámbito de la construcción.

Por cumplir estas dos condiciones, consideramos que los objetivos iniciales estaban bien planteados.

En cuanto a una posible futura línea de trabajo, se considera necesario dar un seguimiento a medio plazo del prototipo que pueda comprobar la eficacia del sistema; y continuar con las actividades de difusión y sensibilización, apoyando las iniciativas que hayan podido surgir en estos meses de investigación.

Durante todo el proceso de construcción se recibieron varias visitas de interesados en el proyecto, e incluso algunos casos de iniciativas individuales con dudas respecto a la construcción y la posibilidad de ser apoyados con aportes de material acopiado.

[6] OBSERVACIONES

El grupo de trabajo dedicado a la investigación estuvo formado en su totalidad por voluntarios, lo que obligó a una dedicación demasiado exigente para una investigación de esta envergadura. Sería necesaria una mayor cantidad de recursos humanos y los medios técnicos con los que cuenta la ETSAC para la realización de prototipos han resultado muy insuficientes; y tampoco se han aprovechado las instalaciones que podrían ofrecer otras facultades. En este sentido se ha echado de menos que hayan surgido sinergias con otros grupos investigadores, entre otras cosas, por la falta de tiempo, pero es un punto importante a fomentar de cara a futuros proyectos.

Otro aspecto a considerar de cara a la formulación, es que los trámites burocráticos relacionados con la UDC han resultado tediosos y en ocasiones incoherentes, lo cual ha ralentizado mucho el proceso. Consideramos importante incluir estas reflexiones para que se revisen determinados aspectos de la convocatoria, de modo que resulte más efectiva y accesible.

Consideramos un elemento básico de esta clase de proyectos el desplazarse a terreno para completar las investigaciones. Ha resultado muy positivo contar con una logística existente en la zona, sin la cual no hubiese sido posible realizar todas las tareas necesarias ni hubiéramos contado desde el principio con el apoyo de las comunidades.

Lo que inicialmente se había programado como investigación, finalmente ha derivado más en un proyecto de información y difusión en Guatemala. Como innovación en terreno se aportó la combinación entre ambos sistemas contructivos, dando como resultado un nuevo sistema en sí mismo.

A pesar de la buena disposición de la gente, las iniciativas que fueron surgiendo de manera espontánea por parte de las comunidades, no se pudieron completar debido a la falta de tiempo en terreno. Sin embargo, se pudo comprobar que la parte de difusión a corto plazo, fue bien recibida por los beneficiarios, que demostraron su motivación e interés por continuar con el proceso. La fase de evaluación y seguimiento a día de hoy continua, ya que dos meses son insuficientes para obtener unas conclusiones técnicas apropiadas, y consideramos importante un seguimiento a medio y largo plazo, de cara a la evaluación de los sistemas constructivos en cuanto a la durabilidad y su eficiencia real.

[7] BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- *"Manual Pura Vida"* realizado por la Asociación Pura Vida Atitlán.
- *"Diseñar con plástico"*, Cristian Campos.
- *"Ladrillos de plástico reciclado"*, Horacio Berreta.
- *"Juegos ecológicos con botellas de plástico"*, Manuel Gutiérrez Toca.
- *"El ABC de los plásticos"*, María Laura Cornish Alvarez.

ENLACES Y ARTÍCULOS DE INTERÉS EN LA WEB

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LOS PLÁSTICOS Y EL RECICLAJE

- *"¿Cuántas veces se puede reciclar?"*, Clemente Álvarez http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/10/cuantasveces-se-puede-reciclar.html

- http://www.monografias.com/trabajos5/plasti/plasti2.shtml
- http://yolimpio.com/recicla/pdf/4_Reciclaje_del_Plastico_2.pdf
- http://www.fi da.es:8001/fi da/VisNot?id=3a1c92b290b716e4373bd54105714c
- http://www.ecojoven.com/cuatro/12/plasticos.html
- http://catalitza.info/eaeaea/recursos/residus/espanol/ciclovidaplastico.pdf
- http://www.maldibujante.com/2010/04/como-se-hacen-las-botellas-de-pet.html
- http://www.eumed.net/libros/2006a/aago/a5f.htm

CONSTRUCCIÓN CON BOTELLAS

- http://www.eco-tecnologia.com
- http://www.puravidaatitlan.org
- http://casadebotellasdepet.blogspot.com
- http://www.basurillas.org
- http://www.labsisco.ufsc.br
- http://www.learningsite.info
- http://www.eco-tecnologia.com

- *Esquema pared* > http://www.instructables.com/files/deriv/fvp/yia1/gg4a6sof/fvpyia1gg4a6sof.medium.jpg

- *Información sobre as investigación do Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) de Argentina*

http://www.ceve.org.ar/ttplasticos.html

- http://sites.google.com/site/lacasadebotellas2
- http://www.instructables.com/id/New-Innovation-in-Construction-using-Waste-Plastic/
- http://inspirationgreen.com/plastic-bottle-homes.html
- http://www.negociosenelsur.com/index.php/mexico/5843-conacyt-propone-construir-casas-con-botellas-de-plastico.html
- http://mioplanet.org/paredes-a-base-de-botellas-recicladas-%C2%BFes-posible
- http://www.slideshare.net/cbarbilla39/pequeo-invernadero-con-botellas-de-plstico
- http://www.reapscotland.org.uk/reports/greenhouse%20v1.pdf

VIDEOS

- http://www.youtube.com/watch?v=G5doJAbsWeI
- http://www.youtube.com/watch?v=z0anwlU21Ws&feature=related
- http://www.youtube.com/watch?v=ALktclcU4u0&feature=related
- http://www.youtube.com/watch?v=y0jyot20l70&feature=related
- http://www.youtube.com/watch?v=sl0TYt6JYDw&feature=related

INFO VARIOS EXPERIMENTOS

- http://www.temasactuales.com/temasblog/environmental-protection/ecological-bricks/
- http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/jovenesSAM08/Trabajos_completos/10.Materiales%20Polim%C3%A9ricos/10017GagginoR.pdf

OTROS USOS PARA LAS BOTELLAS

- *Filtros de auga con botellas (e outros inventos)*
http://tipoalgo.blogspot.com

- *Usos relacionados co xardín*
http://pepenasinpena.blogspot.com/2010/09/recicla-tu-botella-de-pet.html

- *Bombilla de botella de coca-cola e auga*
http://eliax.com/?post_id=6667

ANEXO 1. ENSAYOS ESTRUCTURALES PARA LA VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PANELES PREFABRICADOS DE ECOLADRILLOS CON ESTRUCTURA DE MADERA EN ALBERGUES PROGRESIVOS (Realizado por la Universidad de San Carlos, Guatemala para la Asociación Pura Vida)

El Programa Diseño sin Fronteras, con la participación del INDIS / URL, el Instituto de Investigación en Diseño de la Universidad Rafael Landivar y el Centro De Investigaciones De La Facultad De Ingenieria De La Universidad de San Carlos De Guatemala – CII /USAC realizó una serie de pruebas estructurales para marcos de madera prefabricados con el sistema de ecoladrillos de Pura Vida. Estos son los aspectos generales:

Procedimiento General:

Se rellenan las botellas plásticas con bolsas del mismo componente. La basura plástica debe estar seca y limpia, y luego ser compactada, hasta rellenar por completo los envases. Se rellenan con estas botellas los marcos de madera, de forma que queden acomodados uniformemente dentro de este. Los marcos de madera deben de ser preferentemente del mismo ancho de las botellas con las que se rellenan y luego se forran dichos marcos con malla de gallinero.

Análisis de marcos del Sistema "Pura Vida"

El proyecto consiste en el análisis estructural de los marcos "pura vida" por medio de ensayos realizados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del cual se determinarán la configuración estructural óptima para su construcción luego de ser sometidos a diferentes tipos de ensayos de laboratorio.

1. Muro ensayado a corte:

El corte en los muros es muy importante ya que es el resultado de las fuerzas ya sea de sismo mas que todo y algunas veces por fuerzas de viento ocasionadas por el muro que se encuentra empotrado perpendicular a él. Para realizar los ensayos respectivos se elaboraron muros con el sistema pura vida y se pusieron a ensayo en el laboratorio a los 21 días de edad.

Se le aplicó una carga horizontal en intervalos de carga igual a 50 psi = 50 kg. En la parte superior con el gato hidráulico, colocando los dos deformó metros, uno midiendo la deriva máxima y el otro el volteo máximo. La carga

máxima que soporto el muro fue de 650 kg. Con una deriva de aproximadamente 4 cm., mostrando en la parte intermedia un levantamiento de 2.5 cm., hubo desprendimiento de partículas a los 500 kg.

Recomendaciones tomadas en base a los resultados:

- Se recomienda hacer la estructura mas rígida para que tenga una mayor resistencia a la carga horizontal, esta carga se puede simular o igual a la carga que le ocasiona un sismo a una edificación. Al tener la estructura más rígida se obtendrá una mayor resistencia a las fuerzas horizontales ocasionadas por los sismos.
- Mejorar las uniones entre las breizas y la columna. Se colocaron dos clavos de 2" en vez de uno de 2.5".

Mejoras hechas en la construcción:

- Se incrementó el tamaño de los reigidizantes colocados en las esquinas a 45 Grados, de 0.40 cm a 0.60 cm.
- Se cambio la orientación del peralte de los rigidizante, siendo clavados en su lado más ancho y no del peralte como estaba inicialmente, así se aumento la sección clavada entre las columnas y las vigas. Se sujetaron los rigidizantes con dos clavos de 2" en vez de uno de 2.5",

2. Muro ensayado a compresión:

Análisis por cargas verticales

Para el análisis por cargas verticales se tomó en cuenta que en las juntas de los muros y los elementos de piso ocurren rotaciones locales debidas al aplastamiento del mortero. Por tanto, para muros que soportan losas de concreto monolíticas o prefabricadas, se supone que la junta tiene suficiente capacidad de rotación para que pueda considerarse que, para efectos de distribución de momentos en el nudo muro–losa, la rigidez a flexión fuera del plano de los muros es nula y que los muros sólo quedan cargados axialmente. En el análisis se deberá consideró la interacción que pueda existir entre el suelo, la cimentación y los muros. Cuando se consideren los efectos a largo plazo, se tomarán los módulos de elasticidad y de cortante para cargas sostenidas. Para el ensayo a corte se construyo un modelo del muro con el sistema pura vida y se puso a prueba en el laboratorio a los 21 dias de edad y los datos utilizados son los siguientes.

Se coloco el panel en forma vertical entre dos vigas de acero, y se colocaron tres deformometros en la parte central del panel dos a los costados, o sea en el ancho de panel y otro en la parte frontal, para determinar el pandeo que se obtendría al aplicar la carga de compresión, y se le aplico carga en la viga superior, se le aplicó una carga axial al muro en libras para determinar la compresión máxima que fue de 24000 lb. Alcanzando una deformación de 7.28 cm en la parte frontal, que fue la deformación relevante en este ensayo.

Recomendaciones tomadas en base a los resultados:

- Mejorar el confinamiento que se maneja entre las breizas y las columnas para darle una mayor rigidez y pueda soportar una mayor carga de compresión.
- El tipo de madera utilizada debe tener un secado óptimo para evitar las fisuras y los pandeos por los distintos cambios de temperatura que se manejan en Guatemala.

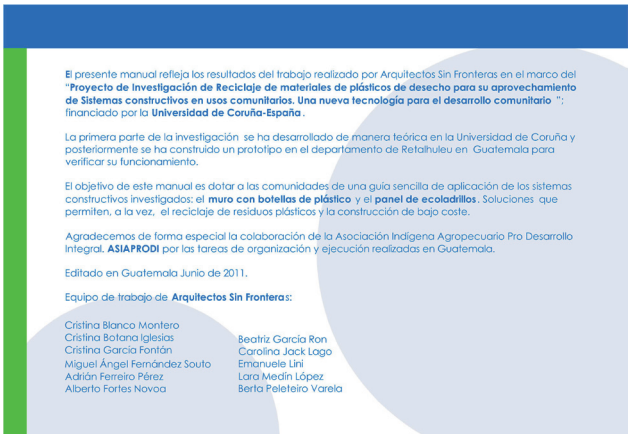
Mejoras hechas en la construcción:

- Se aumento una breiza mas, de 1 a 2, a lo largo de los vanos de puerta.
- Se trato de poner a secar en sombra (almacenado) las piezas a usar en construcción con 22 días previo al inicio de la construcción. Se hace la salvedad de que la madera es un material "Vivo" que sufre una expansión y una compresión según el clima, pero que esta naturaleza del material no varía sus propiedades mecánicas de estabilidad.

De las observaciones se estipula que el sistema Pura Vida, posee características físicas que permiten una absorción aceptable de las fuerzas a que puede ser sometido ente la inclemencia, uso y temporalidad. Los desprendimientos no reprendan un peso nocivo y las deformaciones que sufrió no motivan su destrucción total, por lo que los resultados de estos ensayos sugieren la consideración de que es un sistema físicamente recomendable para la construcción.

Ahora que se tienen bases teóricas y con pruebas realizadas, se puede concluir que el sistema si es estructuralmente viable ya que se estableció que si resiste cargas y variaciones de esfuerzos permisibles para ser habitado.

ANEXO 2. MANUAL GRÁFICO REALIZADO PARA CONSTRUCCIÓN CON BOTELLAS: SISTEMA DE MURO DE BOTELLAS RELLENAS DE ARENA Y PANELES DE ECOLADRILLOS



El presente manual refleja los resultados del trabajo realizado por Arquitectos Sin Fronteras en el marco del "**Proyecto de Investigación de Reciclaje de materiales de plásticos de desecho para su aprovechamiento de Sistemas constructivos en usos comunitarios. Una nueva tecnología para el desarrollo comunitario** ", financiado por la **Universidad de Coruña-España** .

La primera parte de la investigación se ha desarrollado de manera teórica en la Universidad de Coruña y posteriormente se ha construido un prototipo en el departamento de Retalhuleu en Guatemala para verificar su funcionamiento.

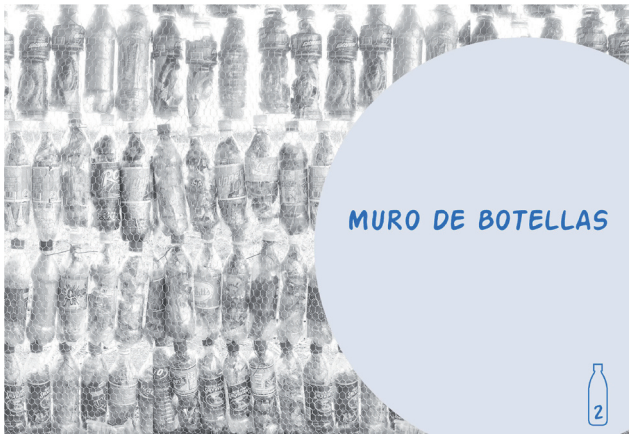
El objetivo de este manual es dotar a las comunidades de una guía sencilla de aplicación de los sistemas constructivos investigados: el **muro con botellas de plástico** y el **panel de ecoladrillos**. Soluciones que permiten, a la vez, el reciclaje de residuos plásticos y la construcción de bajo coste.

Agradecemos de forma especial la colaboración de la Asociación Indígena Agropecuario Pro Desarrollo Integral. **ASIAPRODI** por las tareas de organización y ejecución realizadas en Guatemala.

Editado en Guatemala Junio de 2011.

Equipo de trabajo de **Arquitectos Sin Fronteras**:

Cristina Blanco Montero
Cristina Botana Iglesias
Cristina García Fontán
Miguel Ángel Fernández Souto
Adrián Ferreiro Pérez
Alberto Fortes Novoa
Beatriz García Ron
Carolina Jack Lago
Emanuele Lini
Lara Medín López
Berta Peleteiro Varela



MURO DE BOTELLAS

2

MURO DE BOTELLAS

MATERIALES NECESARIOS

BOTELLAS DE PLÁSTICO GRANDES
Los galones de aguas son perfectos.
Mejor si son todas iguales

CEMENTO
Para preparar la mezcla con que se tomarán las hiladas de botellas

ARENA DE RÍO
En temporada seca, puede utilizarse tierra, siempre que no esté demasiado húmeda. Cuanto más seca esté la arena, más fácil resultará llenar las botellas

Antes de nada tenemos que construir una base firme y sólida sobre la que apoyar el muro, con una solera de concreto o block U.

Una vez tengamos la base, se comienza con la primera hilada.

3

MURO DE BOTELLAS

PASO 1
RELLENAR LAS BOTELLAS

LLENADO DE LAS BOTELLAS
En temporada seca, puede utilizarse tierra, siempre que no esté demasiado húmeda.
- Cuanto más seca esté la arena, más fácil resultará llenar las botellas

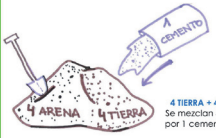
COMPACTADO
A medida que vamos llenando la botella de arena, vamos dándole toques para que la mezcla se vaya compactando.

Cuando ya parezca que está llena, compáctar nuevamente con unos toques y se verá que aún entra más arena. Funcionará mejor si esta bien llena

4

MURO DE BOTELLAS

PREPARACIÓN DE LA MEZCLA CON CEMENTO



4 TIERRA + 4 ARENA + 1 CEMENTO
Se mezclan 4 partes de tierra con 4 de arena por 1 cemento. Debe mezclarse bien .

AÑADIR AGUA
Vamos añadiendo agua a la mezcla de tierra y cemento, dándole consistencia con la cuchara.

PASO 2
PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

5

MURO DE BOTELLAS

PASO 3
CONSTRUCCIÓN

1 COLOCACIÓN DE LAS BOTELLAS JUMBO
Colocar las hileras de botellas **TODAS** en la misma dirección sobre una buena capa de mezcla y asentarlo bien, para nivelarlo.
- Correr una cuerda pita de principio al final del muro para mantener el nivel.

2 AÑADIR LA MEZCLA
Vamos cubriendo bien los espacios entre las botellas.
- La mezcla de cemento debe cubrir bien las botellas para colocar la siguiente hilada.

3 ATADO CON CUERDA DE PITA
Cada dos hiladas, se debe atar con pica la una a la otra:
- Se da una vuelta en torno al tapón y se sube a la 2ª, se da nuevamente otra vuelta al tapón y se baja a la primera..

Algunas recomendaciones:
- Para garantizar un buen funcionamiento, deben disponerse columnas o muros para contener las botellas.cada **3 m** como máximo. Si el muro es circular, no será necesario
- No levantar más de 8 hiladas de botellas. el muro puede no resistir su peso. No está pensado para muros muy altos.
- Es importante no olvidar atar bien las hileras, para que trabajen juntas las botellas.

6

MURO DE BOTELLAS

PASO 4
REPELLAR MURO

4 REPELLO DEL MURO
Se utilizará la misma mezcla de cemento y tierra **4:4:1** .
- Debe ser poco espesa para mejorar el agarre a la malla
- Se da una primera mano y se deja que vaya secando y agarrando

Pueden usarse otras mezclas
1cemento : 5 arena
1 cemento : 4 barro

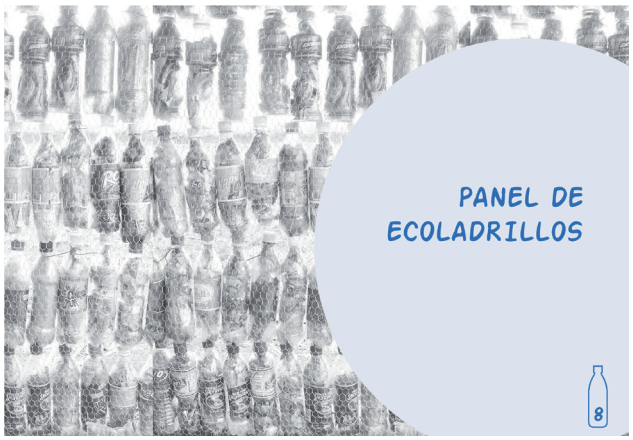
5 SEGUNDA MANO
Se aplica una segunda mano, cubriendo bien las botellas
- Dejar secar.

6 ACABADO FINAL
Se puede dar una última mano con un mortero de **1cal : 5 arena**

ACABADO DE LODOCRETO: 1 cemento : 4 barro
Podemos pintarlo, o dejar el repello bien acabado.

Algunas recomendaciones:
- Cubrir bien las botellas con el repello para que el sol no las degrade luego.
- Emplear la misma mezcla de cemento en el repello.

7



PANEL DE ECOLADRILLOS

8

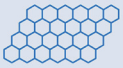
PANEL DE ECOLADRILLOS

MATERIALES NECESARIOS

1 REGLAS DE MADERA
Para montar el bastidor del panel

2 MEZCLA PARA EL REPELLO DEL PANEL
4 TIERRA + 4 ARENA + 1 CEMENTO
Se mezclan 4 partes de tierra con 4 de arena por 1 cemento. Debe mezclarse bien

3 ECOLADRILLO
Empujar con un palito los plásticos para que quede bien llena y después **poner el tapón.**



4 MALLA GALVANIZADA GALLINERO

9

PANEL DE ECOLADRILLOS

LLENADO DE LAS BOTELLAS
Rellenar las botellas con plásticos de la basura.

ECOLADRILLO
Empujar con un palito los plásticos para que quede bien llena y después **poner el tapón.**

PASO 1
RELLENAR LAS BOTELLAS

En casa vamos guardando la basura plástica dentro de las botellas en vez de tirarlas al suelo

10

PANEL DE ECOLADRILLOS

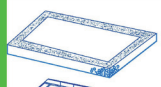
5º ATADO DE LAS DOS MALLAS
Es importante ir atando con alambre las dos mallas a medida que vamos subiendo en el panel.

6º CERRAR LA MALLA
Se termina de colocar la malla y se fija con clavos.

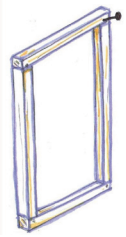
PASO 4
CERRAR PANEL

13

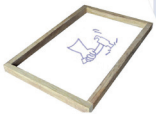
PANEL DE ECOLADRILLOS



1º CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE SÓLIDA
o La base para apoyar el panel puede hacerse con una solera de concreto, block U o piedra.



2º MONTAJE PANEL MADERA
Montamos el bastidor para el panel

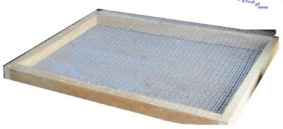


PASO 2
MONTAJE DEL MARCO PARA EL PANEL

11

PANEL DE ECOLADRILLOS

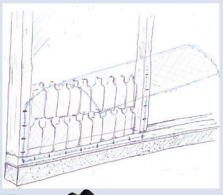
3º COLOCAR LA MALLA
Se coloca la malla de un lado y se fija con clavos.



4º EMPEZAR A RELLENAR
A medida que vamos rellenando con botellas.

o A continuación vamos clavando la malla del otro lado.

PASO 3
COLOCAR LA MALLA Y EMPEZAR A RELLENAR



Es importante rellenar los espacios con plásticos, para llenar bien el panel

12

PANEL DE ECOLADRILLOS
PASO 5
REPELLADO DEL PANEL
7º REPELLADO DE LOS PANELES
o Dar una primera capa de repello con la mezcla 4:4:1.
o Debe ser poco espesa para mejorar el agarre a la malla
o Se da una primera mano y se deja que vaya secando y agarrando. Luego se darán las siguiente capas hasta cerrar el panel completo.
ACABADOS
Se puede rematar con un mortero de 1cal : 5 arena
o Podemos pintarlo, o dejar el repello bien rematado.
CUIDADO: La malla galvanizada no debe tocarse con el mortero de cal porque se corroe
14

PROYECTO DE RECICLAJE DE MATERIAL PLÁSTICO DE DESECHO PARA SU APROVECHAMIENTO EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN USOS COMUNITARIOS
Departamento de Retalhuleu, Guatemala 2011
Elaborado por :
Financiado por :
Arquitectos Sen Fronteiras
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

[ ] Este informe ha sido realizado por:

Cristina Blanco Montero
Cristina Botana Iglesias
Miguel Ángel Fernández Souto
Alberto Fortes Novoa
Beatriz García Ron
Carolina Jack Lago

A Coruña, 30 Septiembre de 2011

Proyecto subvencionado por:

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Colabora:

Arquitectos
Sen Fronteiras