



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FIN DE GRADO EN
INGENIERÍA EN DISEÑO INSUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

DISEÑO DE SISTEMA DE PANELES DE
PLÁSTICO RECICLADO:
APLICACIÓN A REFUGIOS DE EMERGENCIA

AUTOR: ENRIQUE MÍNGUEZ ROS

TUTOR: MARINA PUYUELO CAZORLA

Curso Académico: 2015-16

A mis padres, Enrique y Margarita, por su apoyo,
a mi hermana Margarita por la inspiración y el apoyo,
a María Vera y Diego Meseguer por sus consejos,
a Miguel Ángel Rosique por el ejemplo constante de trabajo,
a Lorenzo Ros por abrir ventanas donde no se podía respirar,
a mi tutora, Marina Puyuelo, que supo poner en valor lo que muchos dieron por perdido,
a mi familia y en especial a mis abuelos, concretamente a mi abuelita María

“Vosotros veréis...” y lo que os queda

Enrique Mínguez Ros, 2016

RESUMEN

En el trabajo Final de Grado (TFG) se ha desarrollado un panel de plástico reciclado (PET) que permite construir refugios de emergencia en cualquier parte de mundo, respondiendo a las necesidades básicas de los damnificados, garantizando la salubridad incluso si la situación de emergencia se prolonga en el tiempo. Mantener la sostenibilidad del producto tanto a nivel económico, social y ambiental ha sido una prioridad.

Para lograrlo se utiliza como materia prima el plástico reciclado PET, procedente de las botellas de diferentes tamaños y bebidas. Se resuelven dos problemas de modo simultáneo:

- Las necesidades de alojamiento de los refugiados en distintas partes del mundo
- La mejora del medio ambiente, al eliminar residuos de una manera productiva.

A fin de garantizar la eficiencia económica, el proceso de fabricación se adapta a las características de un entorno en crisis, simplificando al máximo el proceso de montaje, empaquetado y traslado. Analizando distintas opciones de implementación incluyendo los beneficios sociales que se derivan del proceso de fabricación.

El panel es un elemento ligero, resistente y estable. Perfectamente modulado y flexible puede usarse indistintamente como cerramiento o cubierta. El sistema de unión homologado permite que se adapte a diferentes usos tanto en el ámbito de la edificación como en el del mobiliario urbano.

Gracias a sus condiciones técnicas y de diseño el producto posibilita que el propio damnificado pueda, sin ningún medio auxiliar especializado, construir su propio refugio. Para facilitar esta labor se ha desarrollado un prototipo modular de refugio que combina el panel con materiales de proximidad. Este se ha ubicado en Nepal, como respuesta a los terremotos de 2015, proponiendo un prototipo en condicionantes realistas.

Con todo ello se ha logrado un producto que facilitará la recuperación y la calidad de vida de las víctimas de desastres, colaborando en el desarrollo sostenible.

Palabras Clave: Diseño Social, Desarrollo Sostenible, Panel, Refugios Emergencias, Usos múltiples.

ABSTRACT

In the Final Degree Dissertation (FDD) it has developed a panel of recycled plastic (PET) which allows building emergency refuges in any part of world, responding to the basic needs of the victims, ensuring safety even if the emergency situation is prolonged in time. Maintain the sustainability of the product both economic, social and environmental has been a priority.

To achieve it is used as raw recycled plastic PET from bottles of different sizes. Two problems are resolved simultaneously:

- The accommodation needs of refugees in different parts of the world
- Improvement of the environment, by eliminating waste in a productive way.

To ensure economic efficiency, the manufacturing process is adapted to the characteristics of a place in crisis, simplifying the process of assembly, packaging and transportation to the maximum. Analyzing different options of implementation including the social benefits are derived from the process of manufacturing.

The panel is a light, strong and stable element. Perfectly modulated and flexible can be used interchangeably as façade or roof. The jointing approved system allows adapting to different uses like the building and the urban furniture.

Thanks to the technical and design conditions the product enables the own refugees can build their own refuge, without any specialized auxiliary object. To facilitate this work has been developed a modular shelter prototype combines the panel with proximity materials. This is located in Nepal, as a response to the earthquakes in 2015, proposing a prototype in realistic conditions.

At the end, it has made a product which facilitates the recovery and quality of life of victims of disasters, working in sustainable development.

Keywords: Social Design, Sustainable Development, Emergency Refuges, Multiple uses.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Objeto del proyecto	8
1.2. Justificación del Proyecto	8
1.2.1 Justificación Personal	8
1.2.2 Justificación del Producto	8
1.3. Proceso de desarrollo. Metodología	9
2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO	
2.1. Situaciones de emergencia	11
2.1.1 Agentes de Influencia	11
2.1.2 Recomendaciones	12
2.2. Refugios de emergencia	14
2.2.1 Asentamientos Fijos y Temporales. Características	14
2.2.2 Materiales utilizados en la construcción de refugios temporales: reciclables, reciclados y autóctonos	23
2.2.3 El bambú como material de construcción	23
2.2.4 Los plásticos como materiales de construcción	24
2.2.5 Elementos constructivos del refugio: Cerramientos y Cubiertas	27
3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO	
3.1. Carácter sostenible y social: Materiales reciclados	33
3.2. Uso y localización: Materiales de Proximidad	33
3.3. Flexibilidad y múltiples aplicaciones	34
3.4. Rápida utilización y fácil instalación	34
3.5. Proceso de estandarización y fabricación	35
4. PROYECTO DE DISEÑO	
4.1. Bocetos iniciales	37
4.2. Evaluación de las propuestas	39
4.2.1. Evaluación de los sistemas de ensamblaje	44
4.3. Descripción del diseño	50
4.4. Desarrollo y evolución del proyecto	55
4.4.1. Anteproyecto	55
4.4.1.1. Selección del material y sus características	55
4.4.1.2. Tamaño y geometría. Peso	55
4.4.1.3. La estabilidad. Un condicionante del diseño	56
4.4.2. Perfeccionamiento del Producto	57
4.4.2.1. Consulta y visita a diferentes empresas	57
4.4.2.2. Modificaciones del diseño en el proceso de implementación	57
4.4.2.3. El sistema de unión: Machihembrado homologado	58
4.4.3. Definición del producto	58
4.4.3.1. Versatilidad: el panel en distintos productos	59
4.4.3.2 El panel como elemento de cerramiento	59
4.4.3.3 El panel como elemento de cubierta	62
4.4.3.4 Otras Consideraciones	63

4.4.4. Prototipo modular de refugio	64
4.5. Cálculos estructurales	67
4.5.1. Cálculo de peso del panel por metro cuadrado	67
4.5.2. Cálculo de la estructura portante	68
4.5.2.1. Introducción	68
4.5.2.2. Cargas	69
4.5.2.3. Dimensionado de pilares	70
4.5.2.4. Dimensionado de vigas y correas	70
4.5.3. Cálculo de la estructura de paneles	72
4.6. Proceso de fabricación	74
4.6.1. Proceso de fabricación en función de la materia prima	74
4.6.1.1. Proceso de fabricación adquiriendo la materia prima	76
4.7. Envase y embalaje	77
4.8. Viabilidad económica	78
5. PLIEGO DE CONDICIONES	
5.1 Condicionantes de diseño	86
5.2 Condicionantes técnicos	86
5.2.1. Normativa de aplicación	86
5.2.2. Tipos de panel: dimensiones y características	87
5.2.3. Tolerancias	88
5.2.4. Medidas de seguridad	88
5.2.5. Otras propiedades	89
5.2.6. Condiciones de suministro, embalaje y almacenamiento	89
6. CONCLUSIONES	
6.1 Conclusiones	92
7. PLANOS	
7.1 Índice de planos	94
8. ANEXOS	
8.1 Poster	96
8.2 Memoria del IT Sligo	98
8.3 Presentación	108
8.4 Empresas consultadas	110
8.5 Peso del PET. Cálculo del número de botellas	116
9. RELACIÓN DE IMÁGENES Y TABLAS	
9.1. Relación de imágenes	119
9.2. Relación de tablas	121
10. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	
10.1 Bibliografía y webgrafía citada	123
10.2 Bibliografía y webgrafía consultada	124

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del proyecto es la creación de un producto que pueda resultar útil en situaciones de emergencia tales como terremotos, maremotos o cualquier agente externo medioambiental, que pueda dar protección provisional o más o menos permanente, dependiendo de la necesidad a resolver y que tenga un marcado carácter sostenible.

Este elemento, dado que se pretende que sea adaptable, se diseña bajo parámetros de modulación y participación con sus futuros ocupantes. Se busca un producto que proporcione protección durante el tiempo que dure la situación de crisis, conformado por materiales reciclados (deberá ser un producto relativamente económico) y que pueda desmontarse y reutilizarse en otro enclave o para otro uso.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.2.1 Justificación Personal

Una de las inquietudes en la elección de mis estudios universitarios fue la posibilidad de realizar en un futuro, trabajos y productos que pudieran resultar de utilidad a personas que realmente los necesitaran, combinando diseño y funcionalidad.

A su vez, en varias ocasiones he estado en contacto con personas pertenecientes a organizaciones no gubernamentales ONGs, cuyo trabajo me resulta muy meritorio e interesante, hasta el punto de plantearme una posible colaboración con ellos.

Por ello, para la realización del Trabajo Final de Grado (TFG) me interesa en gran medida realizar una primera aproximación diseñando un producto que pueda colaborar, en la medida de lo posible, con soluciones que mejoren las condiciones de vida en lugares de extrema necesidad.

1.2.2 Justificación del Producto

La justificación concreta de este proyecto se obtiene analizando los territorios y ciudades en situación de emergencia debido a agentes medioambientales como terremotos, maremotos o cualquier otro agente medioambiental. Según los datos de la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres de 2015, en 2014 se registraron 317 desastres naturales que afectaron a 94 países, según los datos del Centro de Investigación de la Epidemiología de los Desastres (CRED) estimándose que en 2014 resultaron afectadas por desastre cerca de 107 millones de personas. Después de cualquier destrucción hay que actuar de una manera rápida y eficiente de forma que con el menor tiempo posible se ayude al mayor número de personas. Las cifras relativas a viviendas destruidas y personas en situación de pobreza se disparan tras un agente medioambiental adverso y si a eso le sumamos que muchas veces estos agentes se producen en países donde ya hay una gran pobreza, se incrementa la dificultad de abandonarla siendo necesario un tiempo muy prolongado para poder salir de esta catastrófica situación.

A partir de los datos de terremotos como los de Haití (2010), Nepal (2015), Chile (2015) o Ecuador (2016), o en el maremoto de Japón ocurrido en 2011, también llamado el terremoto de la costa del Pacífico, se pueden observar los graves daños producidos por estas catástrofes,

especialmente en Haití y Nepal, incrementados por la alta situación de pobreza existente en estos países.

Aunque las organizaciones no gubernamentales acuden de inmediato a estos grandes desastres, en la mayoría de los casos su acción es a veces insuficiente por el gran número de personas afectadas. Crear un producto que ayude en las labores de recuperación adaptándose al mayor número de situaciones y en cualquier lugar siendo consciente de su complejidad por las condiciones cambiantes de los desastres y el país donde se producen así como la cantidad de gente a la que hay que ayudar queda justificado dado que las cifras de damnificados siguen incrementándose en el panorama mundial.

1.3. PROCESO DE DESARROLLO: METODOLOGÍA.

Dadas las características del producto: adaptabilidad, sostenibilidad económica, social y ambiental.

Se plantea la realización de un producto bajo un enfoque sostenible y social. Por ello se propone su construcción con materiales existentes en la zona a ubicar, que sea modulable, apilable y de gran versatilidad, de tal manera que el diseño se pueda adaptar tanto a Nepal, país para el cual está pensando su aplicación, como para cualquier otro país que sea necesario.

Otro criterio importante es que debe ser un diseño de un producto resistente, atractivo y ligero al objeto que el usuario se sienta identificado con él mismo, de fácil transporte y sencillez de montaje, que pueda ser montado por personal no cualificado interactuando con el producto y haciendo suya la solución.

Por último señalar que debe ser un producto que si requiere algún proceso industrializado el coste deberá ser el menor posible porque ni los países implicados ni las organizaciones no gubernamentales involucradas van a poder realizarlo o comprarlo si el coste de éste es muy elevado.

Es por ello que el proceso del desarrollo del producto se fundamenta en una serie de fases que buscan contrastar el cumplimiento de estas premisas a través de una metodología de análisis que estudia las fortalezas y debilidades de cada una de las decisiones del proceso de diseño.

2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO

2.1 SITUACIONES DE EMERGENCIA.

“Toda emergencia es un suceso grave, repentino e importante, donde se producen amenazas serias e imprevistas para la salud pública.

Evitar las emergencias es imposible, lo que debemos hacer ante ellas es tratar de paliar sus efectos y limitar sus riesgos, previniendo en la medida de lo posible, sus consecuencias.

Está claro que la mejor emergencia es la que no ocurre, para ello un factor importante es que exista un buen mantenimiento de las instalaciones potencialmente peligrosas y una mínima formación y educación de las personas en materia de prevención. Las consideraciones más generalizadas ante una emergencia tienden comúnmente a estudiar el riesgo bajo el enfoque de la naturaleza estricta del agente causal.

Esto hace que con frecuencia se tipifiquen los riesgos de una manera bastante simple, especialmente si no se tienen en cuenta factores tan importantes como los de localización relativa de cada uno de ellos, medidas de tipo constructivo que eviten la propagación del siniestro y medidas organizativas que garanticen acciones coordinadas ante una emergencia” (Ministerio de salud de Perú, n.d.).

2.1.1 Agentes causantes de las situaciones de emergencia.

Para poder anticiparse a las consecuencias de este tipo situaciones es fundamental analizar cada uno de los agentes que las producen y sus principales características. Sin perder la perspectiva de que por definición una situación de crisis es imprevisible. Ante esta situación podríamos calificar las situaciones de emergencia producidas por cuatro principales agentes.

- **El primer agente son los incendios;** éstos pueden ser provocados por dos principales causas; en primer lugar tenemos las **causas naturales**, que son provocados por los rayos o los volcanes pero también puede ser provocado por el choque de dos piedras silíceas o minerales muy transparentes que pueden actuar de lente produciendo una combustión con la acción del sol aunque hay que señalar que estos fenómenos son muy inusuales y se tienen que dar unas circunstancias excepcionales por lo que su incidencia en cuanto a incendios es mínima. En general, un rayo provoca un 5% de los incendios pero en determinados puntos de la península ibérica, donde se producen tormentas secas, como la cordillera ibérica, Aragón... éste porcentaje aumenta al 25%. En segundo lugar aparecen las **causas antrópicas**, son los accidentes producidos al suceder algún error con alguna máquina, especialmente en lugares inadecuados o por alguna causa intencionada. Éstas causas se pueden subcategorizar en negligencias o intencionadas. Las primeras son fallos que hayan podido haber por las maquinas pero las segundas son las que han sido provocadas. Mirando los datos se observa que un 10% de los incendios son accidentes, 30% negligencias, 30% intencionados y el 30 restante no se sabe cuáles son las causas.
- **El segundo agente son los terremotos.** Los terremotos según la revista National Geographic, 2013.

“Son también conocidos como temblores o seísmos y pueden ser tremendamente destructivos por lo que es difícil imaginar que ocurran todos los días, alrededor del mundo, en forma de pequeños temblores.

Casi el 80 por ciento de los seísmos del planeta ocurren en las costas del Pacífico, un área que también recibe el nombre de «Anillo de Fuego» por la gran actividad

volcánica que presenta. La mayoría de los terremotos ocurren en zonas sísmicas o fallas geológicas, donde las placas tectónicas (gigantes placas rocosas que conforman la corteza superior del globo terráqueo), colisionan o se rozan entre sí. Estos impactos son, normalmente, graduales e imperceptibles en la superficie; sin embargo, una inmensa tensión se puede acumular entre las placas. Cuando esta tensión se libera rápidamente, se emiten vibraciones masivas, denominadas ondas sísmicas, a cientos de kilómetros a través de las rocas hasta llegar a la superficie terrestre. Otros temblores pueden ocurrir lejos de las zonas sísmicas cuando las placas se estiran o comprimen.

Los científicos asignan escalas a los movimientos telúricos en función de la magnitud o duración de sus ondas sísmicas. Un seísmo que mida de 3 a 5 grados se considera leve; de 5 a 7 es moderado a fuerte; de 7 a 8 muy fuerte y al superar los 8 grados se considera catastrófico (Richter o Mercali).

De media, los terremotos de 8 grados de magnitud ocurren en algún lugar del mundo cada año y casi 10.000 personas fallecen anualmente por dicha causa. Las edificaciones que se derrumban son las responsables, con diferencia, de la mayor parte de las víctimas, pero la destrucción se exagera por los deslaves, deslizamientos, incendios, inundaciones o tsunamis que acompañan al seísmo. Réplicas más pequeñas ocurren en los días posteriores a un gran terremoto por lo que pueden complicar las operaciones de rescate y causar más muertes y destrucción.”

- **El tercer agente son las guerras**, éste agente es uno de los principales y el único que se podría evitar.

“La guerra con frecuencia surge de las diferencias entre las personas, o de la voluntad de un grupo de aumentar su poder o su riqueza por tomar el control de las tierras del otro grupo. A menudo los agresores se sienten que son superiores a los del grupo que quieren dominar: ellos creen que su religión, cultura o incluso de raza es mejor que la de las personas que desean derrotar. Este sentimiento de superioridad les hace sentir que es aceptable para combatir a tomar la tierra, posesiones e incluso vidas del grupo inferior, o para forzar sus caminos en el pueblo dominado por lo que se asemejan a sus conquistadores” (Taringa, 2011).

Afortunadamente, las guerras no suponen una situación habitual pero cuando se producen conducen a una situación de emergencia extrema y difícilmente accesible puesto que las zonas afectadas pueden seguir siendo inestables durante un largo tiempo.

2.1.2 Recomendaciones en una situación de emergencia.

Para colaborar en una situación de emergencia es recomendable seguir casi siempre los mismos pasos, independientemente del tipo de agente que lo haya provocado.

Esta información está ratificada por la Unesco de Seguridad Humana, Prevención de conflictos y Paz.

- En primer lugar garantizar la propia seguridad.
- En segundo lugar avisar a los organismos pertinentes.
- Ayudar a quien lo necesitare.

Los recursos básicos necesarios, también suelen ser los mismos independientemente del agente.

- Agentes médicos.
- Comida y agua.
- Estructuras resistentes.

Después de una situación de emergencia, la economía de la zona se rompe puesto que un gran número de personas pierden su hogar, su trabajo y la tranquilidad en su vida diaria. Esta situación de “shock” que debe durar el menor tiempo posible, en muchos casos se prolonga indefinidamente.

El factor principal para una correcta gestión de la crisis es la coordinación entre el gobierno del país donde haya ocurrido el desastre natural y las organizaciones no gubernamentales, convirtiéndose estas en el principal sustento de un gran número de familias que han perdido todo lo que poseían.

Aunque los países desarrollados se comprometen a ayudar cuando se producen las catástrofes, en muchos casos las buenas intenciones no llegan a materializarse en los países en situación de emergencia como podemos observar en el Gráfico 1.

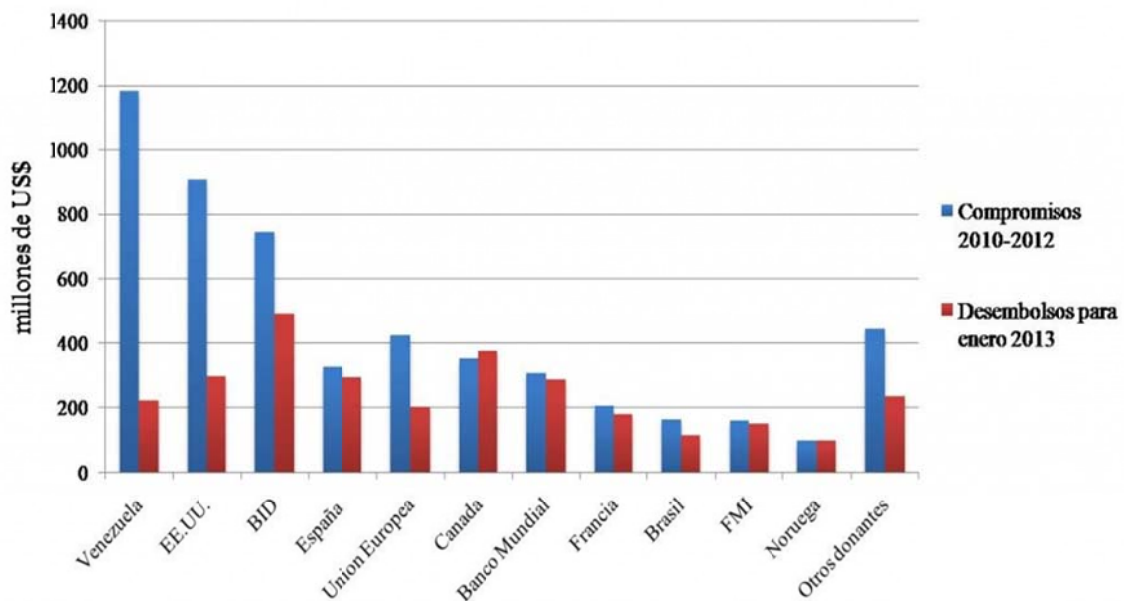


Gráfico 1. El cumplimiento de los compromisos de financiación para Haití (2010-2012).
(Fuente: Trasberg, 2013)

Al estar el Trabajo Final de Grado centrado en el diseño de paneles para asentamientos de emergencia, se analizan para su conocimiento distintos asentamientos desarrollados para refugios después de catástrofes humanitarias, tanto por las organizaciones no gubernamentales como por los gobiernos de los países donde se producen estos desastres.

2.2 REFUGIOS DE EMERGENCIA.

Muchas de las organizaciones no gubernamentales que actúan en las situaciones de crisis aportan soluciones para el realojo de damnificados en un primer contacto con la situación: proporcionando refugios temporales. Pero con el paso del tiempo, muchas de estas construcciones comienzan a deteriorarse y dejan de estar en buenas condiciones de habitabilidad, haciendo necesaria su reconstrucción o demolición.

Los asentamientos se pueden clasificar en asentamientos fijos y temporales.

2.2.1 Asentamientos fijos y temporales. Características.

Los Asentamientos fijos están formados por construcciones preparadas para un tiempo prolongado, concebidas desde su inicio como asentamientos estables y los Asentamientos temporales, los forman construcciones realizadas para un breve periodo de tiempo, aunque en muchos casos se convierten en fijos al ser utilizados de manera permanente.

Al analizar diversas situaciones de emergencia en diferentes países y observar el proceder de los gobiernos, tanto del país que ha sufrido la catástrofe como de los países que prestan ayuda humanitaria y las ONGs, que suelen ser las primeras en actuar, se aconseja:

- Asentamientos fijos más sencillos de tal manera que lleve menos tiempo de ejecución. Utilizar materiales autóctonos para optimizar los recursos del lugar donde se van a levantar las construcciones, siempre garantizando las calidades que suelen tener estos asentamientos puesto que van a ser para un tiempo prolongado.
- Asentamientos temporales que sean un poco más complejos y de una mayor calidad que los analizados, con un diseño flexible que permita transformarlos en fijos si fuera necesario. Los asentamientos temporales al requerir muy poco tiempo para su montaje y ser de un único material en la mayoría de los casos son los más empleados.

Dados los problemas económicos de muchos países en vías de desarrollo donde se producen situaciones de crisis humanitarias, el riesgo de que los asentamientos temporales se transformen en futuras “localidades” sin las condiciones de habitabilidad básicas, obliga a combinar la celeridad en la construcción con unas mínimas previsiones de futuro.

Una de las consideraciones que se ha tenido presente en este trabajo es pensar en un diseño capaz de adecuarse al problema del tiempo prolongado, mediante estructuras temporales buena resolución que puedan durar, si fuera necesario, más tiempo del que en principio fueron pensadas.

Teniendo en cuenta los criterios de durabilidad y sostenibilidad se analizan asentamientos que se encuentran en situación de emergencia, desde los más simples a los más elaborados.



Fig.1. Nepalíes refugiados en una tienda de campaña en Bodha. Foto de Harish Tyagi
(Fuente: Redacción EFEverde, 2015)

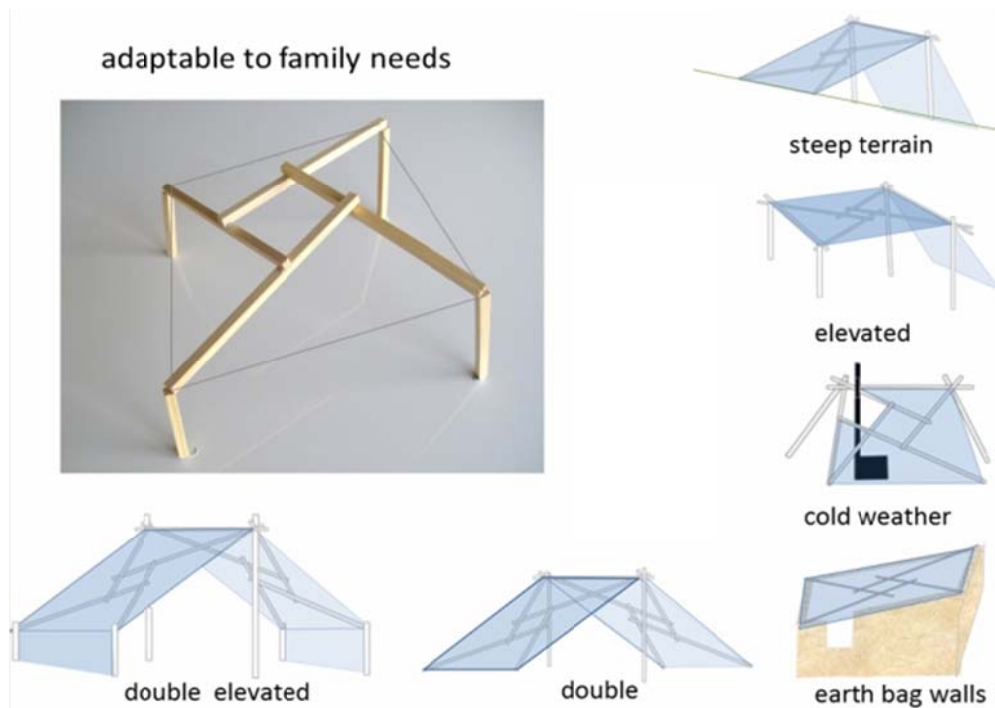


Fig.2. Estructura ReciproBoo, 2016. (Fuente: Ortiz, 2014).

En las dos imágenes anteriores, (figura 1 y figura 2), se pueden observar construcciones realizadas con los materiales disponibles en el momento de la emergencia. Son construcciones temporales, que constan de una estructura principal realizada con madera, que hace de soporte para el recubrimiento que es de tela o de plástico.

Los refugios realizados después de los desastres naturales, tal y como se aprecian en las imágenes 3 y 4, pueden ser de estructuras y cerramientos muy diferentes. Los asentamientos realizados en las figuras 3 y 4, se han llevado a cabo con materiales poco adecuados y aunque los refugios se plantean como temporales en muchos casos llegan a convertirse en fijos.



Fig.3. Casa para 8 personas en Nepal, 2016
(Fuente: Tripadvisor)



Fig.4. Casa en Haiti, 2016
(Fuente: www.eluniversal.com)



Fig.5. Diferentes estructuras para emergencia, 2016. (Fuente: Cosas de Arquitectos).

En la figura 5, se pueden observar diferentes refugios realizados con cerramientos de tela o tela plástica. Estos refugios son ideales para afrontar la situación de inicio por el poco tiempo necesario para su construcción aunque se deterioran mucho con el paso del tiempo y no suelen tener ventilación.



Fig. 6. Prototipo de refugio temporal diseñado por Shigeru Ban para las víctimas del terremoto de Ecuador. (Fuente: Franco, 2016)

En la figura 6, se puede ver un prototipo de refugio temporal diseñado por el arquitecto Shigeru Ban para el terremoto de Ecuador. Aunque se trata de un refugio temporal, tanto la estructura desarrollada con tubos de cartón como el apoyo y los cerramientos desarrollados respectivamente con cajas de cerveza y cañizo le confieren al conjunto el aspecto de una construcción fija.



Fig. 7. Alojamientos de emergencia realizados en Kobe (Japón). (Fuente: Quintal, 2014)

Siguiendo estos criterios, en la figura 7 se observa los alojamientos de emergencia diseñados por Shigeru Ban, en Kobe (Japón). Los componentes estructurales ligeros pueden ser montados fácilmente por mano de obra no especializada. Una vivienda unifamiliar se construye en sólo seis horas y es capaz de soportar vientos huracanados. Los cimientos se han ejecutado a base de cajas de cerveza, los forjados de tablarón de madera y las paredes y la estructura de tubos de cartón estándar. La cubierta es de lona. Estos refugios de emergencia se pueden asimilar igualmente como construcciones fijas.



Fig.8. Diferentes estructuras para emergencia, 2016. (Fuente: Khalili, Outram, 1992)

Igual planteamiento se da en las estructuras que aparecen en la figura 8. Aunque están pensadas como estructuras temporales, los materiales estructurales empleados, los buenos acabados y la solución en conjunto conforman una imagen que responde a construcciones fijas en muchos casos.



Fig. 9. Prototipo de casa transitoria post-terremoto para Ecuador. Natura Futura Arquitectura. (Fuente: Equipo editorial Plataforma Arquitectura, 2016)

El prototipo desarrollado por los arquitectos Natura Futura Arquitectura en la figura 9, plantea un refugio inmediato post-terreno desarrollado en la Ciudad de Babahoyo (Ecuador). El refugio responde a la necesidad urgente de cobijo de las personas afectadas por el colapso de sus viviendas y está realizado con materiales reciclados como pallets, llantas usadas, tablas,.. al igual que los refugios anteriores.



Fig.10. Casa construida con bambú, 2015. (Fuente: www.imagui.com)

En la figura 10, se observa la construcción de una estructura fija realizada con bambú. El bambú es un material de gran resistencia, incluso más que ciertas maderas según el Trabajo Final de Grado: *“Bambú como material estructural: generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura tipo”* realizado por el alumno Samuel Martínez García de la Universidad Politécnica de Valencia.



Fig. 11, Hamro Ramro Ghar, 2016. (Fuente: *Abrazos por el mundo*, 2016)

El asentamiento de la figura 11, está realizado con materiales de reciclaje que han sido tratados previamente en un proceso industrializado. Se trata de perfiles metálicos con una segunda vida. Estos elementos de metal fueron sacados de los edificios demolidos y están sirviendo como perfiles estructurales reutilizados para crear nuevos refugios aunque la mayoría de ellos han tenido que ser tratados después de la situación de emergencia según la ONG *“Abrazos por el mundo”*.



Fig.12. Casa de botellas de plástico, 2010. (Fuente: Sanz, 2011)

Otro tipo de asentamiento que se podría calificar como fijo es el de la figura 12. Consiste en la construcción de una casa realizada con botellas de plástico, madera para los elementos estructurales y tierra tanto para recubrir las botellas como para rellenarlas y así crear lo que se conoce como "eco-brick".



Fig. 13. Asentamientos diseñados por Shigeru Ban para las víctimas del terremoto de Nepal. (Fuente: ARQ Social, 2015)

En la figura 13, el arquitecto Shigeru Ban utiliza para los cerramientos ladrillos reutilizados dentro de módulos formados por marcos de madera. La estructura del techo está realizada con tubos de cartón y vigas de madera interiores para proporcionarle una mayor rigidez según Plataforma de Arquitectura. El diseño fue pensado para las víctimas del terremoto de Nepal para una rápida ocupación tal y como dice su creador "*construcción rápida de los refugios y la posibilidad de habitarlos casi inmediatamente*".

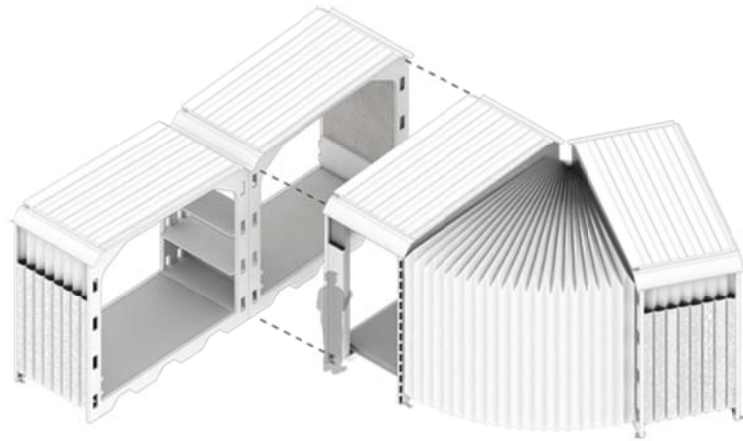


Fig.14. Sistema Suri modular Housing, 2016.
(Fuente: <http://www.suricattasystems.com/en/suri/system>)

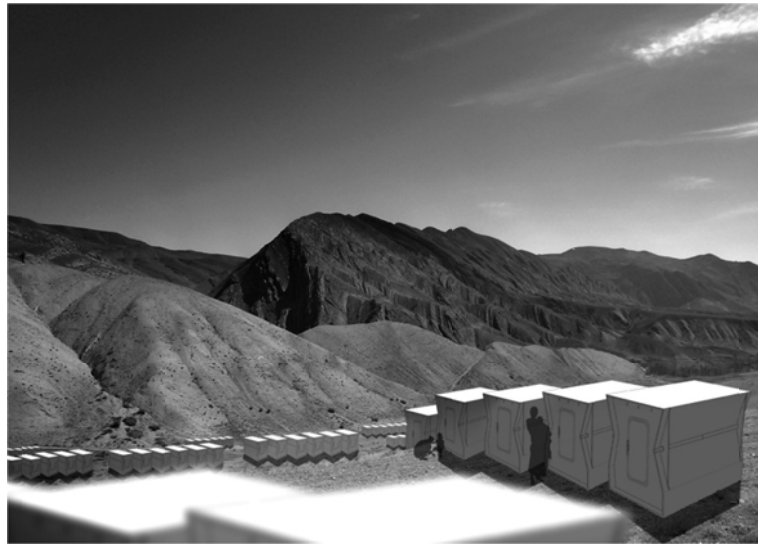


Fig.15. Diseño Rd-Shelter, 2016. (Fuente: Revista Código, 2016)

En la Figura 14 se puede ver el sistema “*Suri modular housing*” que consiste en un sistema modular de viviendas temporales las cuales están muy bien equipadas y que aunque están pensadas para un periodo corto de estancia, por sus materiales, permite que se habite en su interior un mayor periodo de tiempo. Esto mismo ocurre con el diseño “*Rd-shelter*” de la figura 15, que al igual que la imagen anterior, son diseños modulares pensados para un corto periodo pero que al estar tan bien equipados pueden ser usados para un periodo largo de tiempo.



Fig. 16. Diferentes estructuras para emergencia, 2016. (Fuente: Ortiz, 2014)

El refugio de la figura 16, denominado “Concrete Canvas Shelter”, está pensado para un tiempo prolongado puesto que aunque los materiales no son los idóneos es una solución bien resuelta que requiere cierto material que no está al alcance de todo el mundo, como palas de excavación. Una vez levantado el refugio será necesario cubrirlo con tierra para que haga de capa aislante y así la vida del asentamiento sea prolongada.



Fig.17. Casas de Haití, 2016. (Fuente: TelesurTV, 2015)

En la imagen 17, se pueden ver viviendas en Haití construidas después del terremoto con un acabado muy profesional y que podrían encontrarse en cualquier otra parte del mundo. Estas viviendas nos indican que después de un desastre también se intenta realizar edificaciones con

buenas calidades aunque como se ha observado en muchos de los ejemplos anteriores no siempre es posible.

2.2.2 Materiales utilizados en la construcción de Refugios de Emergencia: reciclables, reciclados y autóctonos.

Para garantizar la sostenibilidad de una construcción (temporal o no), un aspecto importante a considerar es saber si son materiales renovables (compuestos por materias primas que nos ofrece la naturaleza), materiales reciclables (su destino es la reutilización y no el vertedero) y materiales reciclados (reutilizamos de nuevo el material y evitamos la fabricación del mismo material nuevo) y de proximidad ya que al eliminar los gastos energéticos de su transporte se reduce considerablemente su huella ecológica. El empleo de materiales con estas características implica no acabar con las reservas, reducir la cantidad de residuos y a su vez al reutilizar materiales se consigue que las emisiones de CO₂ no aumenten por la fabricación de un nuevo producto.

Los elementos reciclados son bastante utilizados actualmente en los países en situación de emergencia, tal y como me lo confirmó la ONG “*Abrazos por el mundo*”. Señalan que se están reutilizando elementos metálicos para construir los refugios porque las estructuras de los edificios al destruirse han dejado una gran cantidad de elementos de metal que previamente habían sido la estructura de éstos. Tras consultar con ellos, confirmaron que la compra de estructuras y metal de otros países, se había sustituido por la reutilización los perfiles metálicos que en principio se encontraban en buen estado. En la figura 11 se puede ver la aplicación de elementos metálicos reutilizados.

Por otra parte, en las situaciones de emergencia para la construcción de refugios o asentamientos es frecuente que se intente usar cualquier elemento que pueda contribuir en la construcción de éstos, principalmente materiales de la zona incluidos los residuos.

2.2.3 El Bambú como material de construcción.

Las estructuras de bambú por su presencia en algunas de las zonas del planeta donde son más habituales las situaciones de crisis resulta adecuado para la construcción puesto que este material tiene unas características resistentes ideales, es relativamente fácil de adaptar a las curvaturas deseadas porque admite cierta flexibilidad y se suele encontrar en muchos países de Asia, centro América y Sudamérica, lugares donde los desastres naturales crean mayores daños.



Fig.18. Puente Vietnam, 2013. (Fuente: www.ecologismos.com)

En la figura 18, aparece la construcción de un puente, de gran complejidad, donde el bambú se ha utilizado como elemento estructural demostrándonos la gran resistencia que puede llegar a tener este material.



Fig.19. Casa de bambú en Guatemala, 2013. (Fuente: www.paniagua.com)

En la figura 19, se puede observar una casa donde el bambú es el único material empleado tanto en la estructura como en los cerramientos. Realizada por la empresa Laminados-Estructuras "KUNTH" y la Organización No Gubernamental Cord. International, de Canadá, se plantea para una vida útil de unos 30 años porque el bambú aparte de ser muy resistente cuenta con una gran durabilidad.



Fig.20. Casa de bambú en Guatemala, 2013. (Fuente: Paniagua, 2013)

En la figura 20, además de la rigidez ya comentada, se puede percibir que gracias a la flexibilidad que tiene el bambú y a la facilidad que tiene de ser cortado se pueden crear articulaciones para crear ventilación o para que entre la luz solar dentro del asentamiento.

2.2.4 Los plásticos como materiales de construcción.

Otro material a tener en cuenta para su posible aplicación en la construcción es el plástico. Su empleo como material reutilizado se está incrementando, señalando que es un material que tarda mucho en biodegradarse. Uno de los plásticos que más se está utilizando para este tipo de situaciones es el Tereftalato de polietileno (PET), con el que se están construyendo tanto

cerramientos para las viviendas como diferentes tipos de estructuras, dándole un segundo uso a este material. Al igual que sucede con el PET, se están creando elementos con materiales de plástico como el Policloruro de vinilo (PVC), Polipropileno (PP) y Polietileno (PE).

Cuando se trabaja con plástico es necesario comprobar que los componentes no son tóxicos o insalubres para la población porque algunos plásticos pueden ser muy peligrosos y no adecuados para refugios para países en situación de emergencia, y que en muchas ocasiones se encuentran en exclusión social. Se debe tener en cuenta que al usar elementos de plástico que se encuentran en el lugar como puede ser trabajar con Polietileno de Tereftalato (PET) que es el material de la mayoría de las botellas de plástico, es preciso tener información detallada sobre este material.

“El PET no es perjudicial para salud si se usa en condiciones normales” según el Centro para el control y la prevención de enfermedades (CDC). Establece que el PET es seguro a menos de 60°C, y esta temperatura no se alcanza en ninguna zona habitable del planeta. A partir de esa temperatura puede ser insalubre porque contiene Dietexil Adipato (DEHA) y este componente podría producir cáncer según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IRAC) y la Agencia de Protección Ambiental de Estado Unidos (EPA), aunque esta información fue negada por ambas agencias y corroborada por la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA).



Fig. 21. Cajas de plástico para construir refugio en Libia, 2014. (Fuente: Isan, 2014)

En la figura 21 se observa un refugio construido con cajas realizadas con Polipropileno y/o Polietileno rellenas de arena para que tenga una mayor resistencia estructural y así usar las cajas como ladrillos para construir el refugio. Esta solución solo es adecuada unas condiciones meteorológicas precisas ya que la protección contra fenómenos como la lluvia es relativa



Fig. 22. Better Shelter en Etiopía e Irak, 2015. (Fuente: Barba, 2015)

La figura 22 es el diseño del refugio Better Shelter realizado por IKEA y la Unidad de Vivienda para Refugiados (RHU) y consiste en un asentamiento para cinco personas de 17'5 m². Según el arquitecto Sergio Vendrell (2015) el diseño “*se construye a partir de paneles de polímero ligero laminado con aislamiento térmico que se acoplan a un marco de acero*”. Este refugio puede generar su propia electricidad ya que posee un panel solar para producir la energía necesaria según la web arquitecturayempresa.es. Señalar además que tiene ventilación porque tiene ventanas y rendijas para ayudar en la eliminación del calor y que el tiempo de montaje está en torno a cuatro horas puesto que viene en cajas incorporando todos los elementos necesarios en su creación y con unas instrucciones claras, al modo IKEA.



Fig.23. Edificio EcoArk, 2013. (Fuente: www.plataformadearquitectura.cl).

Tanto las botellas de plástico como el bambú pueden dotar a las construcciones de una gran calidad como se puede apreciar en el Edificio EcoArk de Taiwan de la figura 23.

2.2.5 Elementos constructivos del refugio: Cerramientos y Cubiertas

En una situación de emergencia, como se ha indicado anteriormente, lo ideal es poder asegurar la zona de manera que los cerramientos previstos con la mayor estabilidad y rigidez posible resistan las condiciones más adversas. Un refugio de emergencia debe garantizar una protección temporal para sus habitantes, sus elementos mínimos son sus cerramientos y cubierta. Existen múltiples soluciones de las que se van a analizar las más características.

Los cerramientos utilizados en las situaciones de emergencia, al igual que en el estudio realizado de los refugios, se van a centrar en materiales reciclados, reciclables y autóctonos.



Fig. 24. Cerramiento de bambú para refugios de emergencia desarrollados por Shigeru Ban para Ecuador. (Fuente: Franco, 2016)

El cerramiento de la figura 24 se ha realizado con **cañizo** de la zona. Unos listones de madera interiores refuerzan las superficies de cañizo. Un gran problema de este tipo de cerramiento es que no impide la entrada de agua al no ser totalmente impermeable y estanco en el caso de lluvia. Su carácter modular permite construir de manera sencilla un gran número de refugios, aunque el carácter orgánico del material no permiten precisión en la modulación.



Fig. 25. Construcción de refugio mediante Pallets reutilizados. Ecuador, 2016
(Fuente: Plataforma Arquitectura)

En el Proyecto Chacras desarrollado por Natura Futura Arquitectura y el Colectivo Cronopios para Ecuador, figura 25, el cerramiento se resuelve mediante módulos de pallets de **madera** de pino, que habían servido para soportar carga de mercancías en grandes bodegas. En este caso se transforma la rigidez del material en una ventaja a través una modulación que incluye la transparencia de los huecos como elemento de iluminación y ventilación.



Fig. 26. Casa de madera Nepal, 2016. (Fuente: Barba, 2015)

A veces los cerramientos de madera como el que aparece en la figura 26, se realizan con restos de madera de tamaños irregulares transmitiendo las construcciones falta de estabilidad y seguridad.



Fig. 27. Paredes de tubo de cartón. Shigeru Ban. Kobe (Japón). (Fuente: [https://www.google.es/search?q=Shigeru+ban.+Refugios+en+Kobe+\(japon\).&biw=1536&bih=755&tbm=isch&imgil=9KJlyge2zdIHM%253A%253Bjlr-Q](https://www.google.es/search?q=Shigeru+ban.+Refugios+en+Kobe+(japon).&biw=1536&bih=755&tbm=isch&imgil=9KJlyge2zdIHM%253A%253Bjlr-Q))

En el proyecto de alojamientos de emergencia realizados en Kobe (Japón) por el arquitecto Shigeru Ban, utiliza como componentes estructurales y paredes **tubos de cartón**. Estos tubos le dan rigidez al conjunto, y al haber sido industrializados, las uniones entre ellos pueden ser perfectas porque todos los elementos son regulares y con las medidas especificadas en el diseño del refugio. La normalización y la sistematización son claves para el éxito de este diseño.



Fig. 28. Invernadero hecho con bambú y botellas de plástico. Vietnam.

Otro de los materiales utilizados para los cerramientos son las **botellas de plástico** abandonadas, que se emplean como material reciclado, como ocurre en el invernadero desarrollado con bambú y más de 2.000 botellas de plástico en Vietnam de la figura 28, denominado Vegetable Nursery House. Este tipo de cerramiento es un ejemplo de investigación y aplicación de materiales reciclados en la construcción.



Fig. 29. João Boto Caeiro & Maria da Paz Braga, 2015. (Fuente: www.mejorarq.com, 2015)

En la figura 29 se puede ver un cerramiento realizado con **bambú**, material de fácil crecimiento y abundante en zonas de Asia. En estos refugios, los cerramientos realizados al no ser totalmente estancos pueden tener problemas de agua con las lluvias del lugar. Como elemento estructural se han utilizado trozos de viejas construcciones realizadas con ladrillo usado.

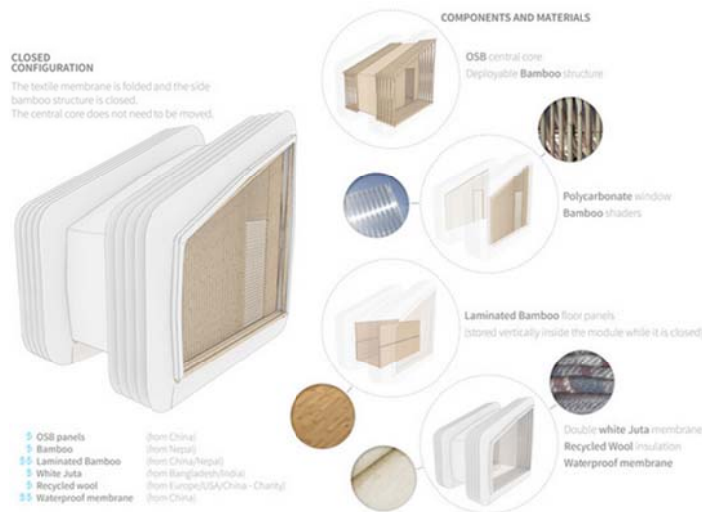


Fig. 30. João Boto Caeiro & Maria da Paz Braga, 2015. (Fuente: www.mejorarq.com)

En el refugio de la figura 30, la estructura se ha sido realizada con bambú y el cerramiento con una **tela impermeable**. El refugio, al estar cubierto con la tela, adquiere una imagen unitaria y compacta. Este diseño, realizado por Barberio Colella y fabricado en China, se transporta a Nepal y se despliega en el lugar donde sea necesario.



Fig. 31. Refugio Temporal en Nepal, 2015. (Fuente: www.plataformadearquitectura.cl)

Otro de los cerramientos utilizados son **las chapas metálicas**. Como las utilizadas en el refugio de la figura 31 después del desastre en Nepal. Este refugio, diseñado por Charles Lai y Takehiko Suzuki (2015), fue penado expresamente para Nepal. Levantado mediante perfiles de bambú a los que se fijan unas chapas de metal para cubrirse de los agentes atmosféricos.

3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Una vez analizados los diferentes ejemplos y necesidades a resolver con el productos se procede a una clasificación de los diferentes requerimientos y objetivos que se pretenden alcanzar a fin de tenerlas presentes a la hora de materializar el diseño y poder contrastarlas a lo largo del proceso de implementación.

Las consideraciones principales a contrastar a lo largo del proceso de diseño son:

3.1. CARÁCTER SOSTENIBLE Y SOCIAL: MATERIALES RECICLADOS.

Desde el inicio se ha buscado un producto que más allá del posible rendimiento económico que pueda producir se oriente a lograr un beneficio social para grupos desfavorecidos. Es por ello que se decide buscar una pieza que pueda colaborar en situaciones de crisis a lo largo de todo el planeta. Dado que estas premisas son muy amplias, para acotar las necesidades y facilitar el proceso de decisión se ha tomado como referencia una de las catástrofes humanitarias más importantes de los últimos años, los terremotos de Nepal del año 2015.

Para complementar el carácter social del producto y ser coherente con su filosofía, además de ser sostenible en el ámbito social debe abarcar los otros dos ámbitos de la sostenibilidad: el económico y el ambiental. Por lo que es necesario que el producto sea eficiente y colabore en la recuperación del medio ambiente. Es por ello que la recuperación de materiales y su recuperación deben formar parte de la identidad del producto. De este modo el beneficio social se multiplica.

Los parámetros a considerar en este ámbito son: El uso de materiales reciclados, la garantía de un beneficio social para los damnificados por distintos tipos de catástrofes y su aplicación concreta para el caso de los terremotos de Nepal del año 2015.

3.2. USO Y LOCALIZACIÓN: MATERIALES DE PROXIMIDAD.

En el ámbito de un asentamiento de emergencia la principal problemática es alojar y dar protección a las víctimas que han perdido sus hogares. Es por ello que se ha decidido buscar un producto que ayude en las labores de acogimiento a las familias. El terremoto de Nepal fue especialmente problemático por sus réplicas, lo que aumentó los daños y el tiempo necesario para la recuperación. Debido a la complejidad de datar el tiempo de recuperación se ha incluido la durabilidad en el tiempo como un factor más del diseño.

El diseño debe adaptarse a los condicionantes de su emplazamiento, utilizándolos en su propio beneficio. El carácter sostenible estará presente en el uso de materiales de proximidad. Tal y como se ha desarrollado en el punto 2.2.2 *“Materiales utilizados en la construcción de refugios temporales: reciclables, reciclados y autóctonos.”* resultan claves en el desarrollo del producto por su accesibilidad y bajo gasto energético.

Los parámetros a considerar en este ámbito son: Garantizar la durabilidad del producto, aun tratándose de medidas de protección temporal y el uso de materiales de proximidad.



Fig. 32. Terremoto en Nepal 2015. (Fuente: www.elmundo.es, 2016)

3.3. FLEXIBILIDAD Y MÚLTIPLES APLICACIONES.

La necesidad principal en un asentamiento de emergencia es el alojamiento temporal, pero debido que las necesidades pueden ser imprevisibles se ha decidido que el producto debe, gracias a su sencillez, poder contar con distintos usos. La flexibilidad debe ser una de las premisas del diseño. Debe poder aplicarse en diferentes ámbitos, ya sea en su uso principal como en los posibles usos complementarios. Dentro de este desarrollo se considerará que el uso principal estará ligado a las labores de protección “residencia temporal” y el resto de posibles usos complementarios estarán vinculados a otras labores como puede ser la configuración de elementos urbanos temporales.

Los parámetros a considerar en este ámbito son: Se busca un producto que proporcione protección durante el tiempo que dure la situación de crisis y que posteriormente pueda desmontarse y reutilizarse en otro enclave o con el mismo uso u otro más adecuado a las nuevas necesidades.

3.4. RÁPIDA UTILIZACIÓN Y FÁCIL INSTALACIÓN.

Las condiciones de trabajo en un momento de crisis son especialmente duras, y difícilmente previsibles. Por lo que la facilidad de transporte y montaje del elemento de protección resulta imprescindible. El producto debe poder ser trasladado por una o dos personas sin ningún medio auxiliar. Es por ello que su peso condiciona las posibles soluciones. Así mismo, el proceso de montaje debe ser especialmente simple. Debe poder realizarse por personal no cualificado. Se debe prever que el propio damnificado pueda autoconstruirse su elemento de protección, es por ello que el proceso no puede necesitar grandes explicaciones ni necesitar maquinaria especial. Garantizando en todo momento la seguridad y la estabilidad del conjunto.

Los parámetros a considerar en este ámbito son: La facilidad de montaje, la ausencia de medios auxiliares, la rápida respuesta ante la crisis y la estabilidad de la pieza. Para ello resulta fundamental la modulación de producto y el uso de la misma pieza para resolver distintas necesidades constructivas.

3.5. PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN Y FABRICACIÓN.

Para que un producto se materialice no puede resultar ruinoso, aun contando con una fuerte carga social. La pieza debe optimizar todas sus fases de producción a fin de garantizar su viabilidad. Se deben de analizar las posibles opciones de fabricación: métodos de obtención del material reciclado, ubicación de la producción, procesos de empaquetado... Con el objeto de garantizar la eficiencia en las distintas etapas de la materialización y poder evaluar la repercusión económica de los diferentes beneficios sociales.

Los parámetros a considerar en este ámbito son: Se persigue configurar un producto que tenga un carácter sostenible también en el ámbito económico. Deber ser eficiente y rentable. También juega un papel fundamental en este ámbito la modulación y el desarrollo de las diferentes fases del proceso de fabricación, desde el reciclado al embalaje y entrega del producto a las víctimas de la catástrofe.

4. PROYECTO DE DISEÑO

4.1. BOCETOS INICIALES.

Tal y como se puede seguir en la cronología de los bocetos, los distintos objetivos del producto: su carácter social, la estabilidad del panel, el uso de materiales reciclados,...

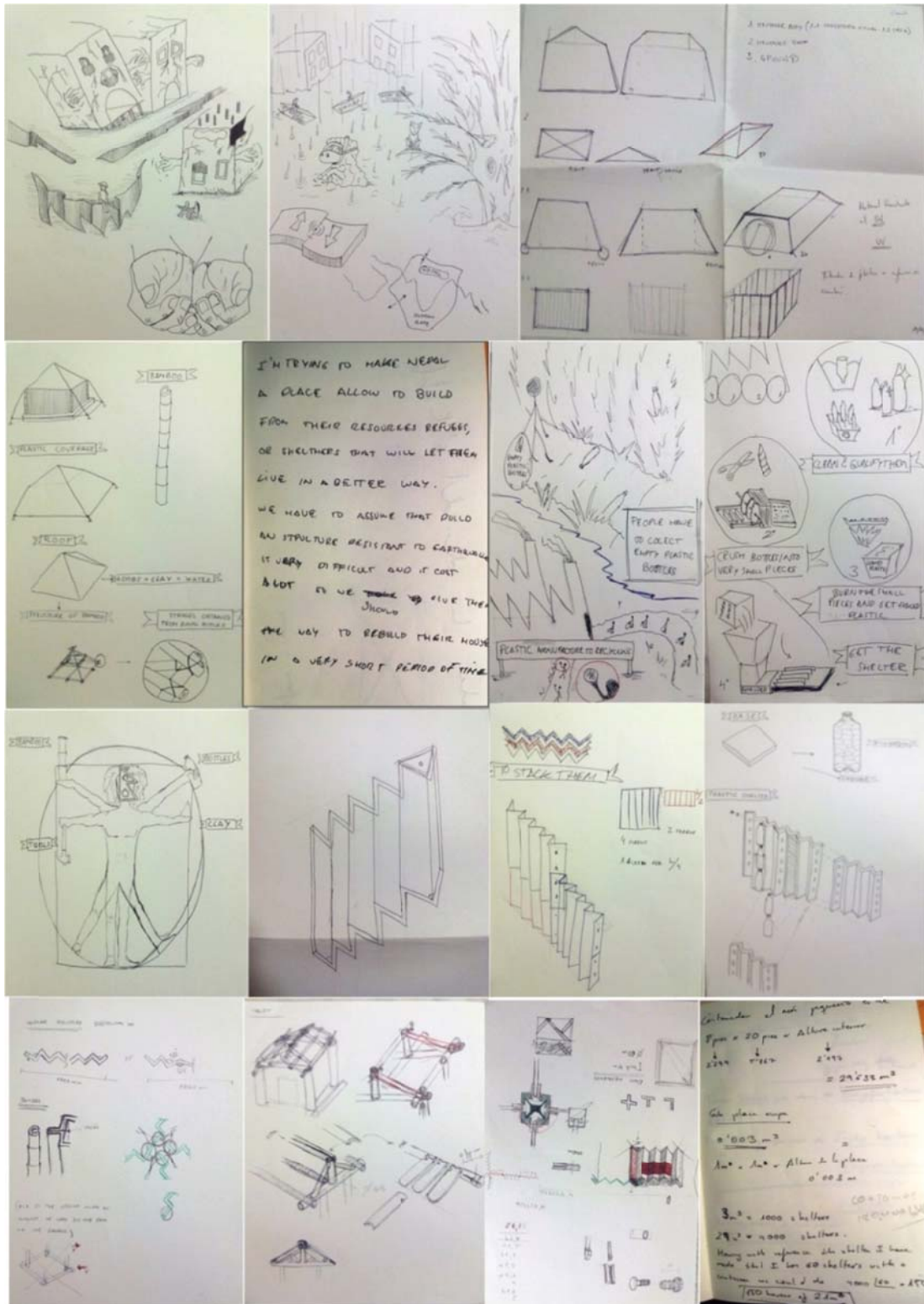


Fig. 33. Bocetos (1) explicativos del desarrollo del trabajo. (Fuente: Elaboración propia).

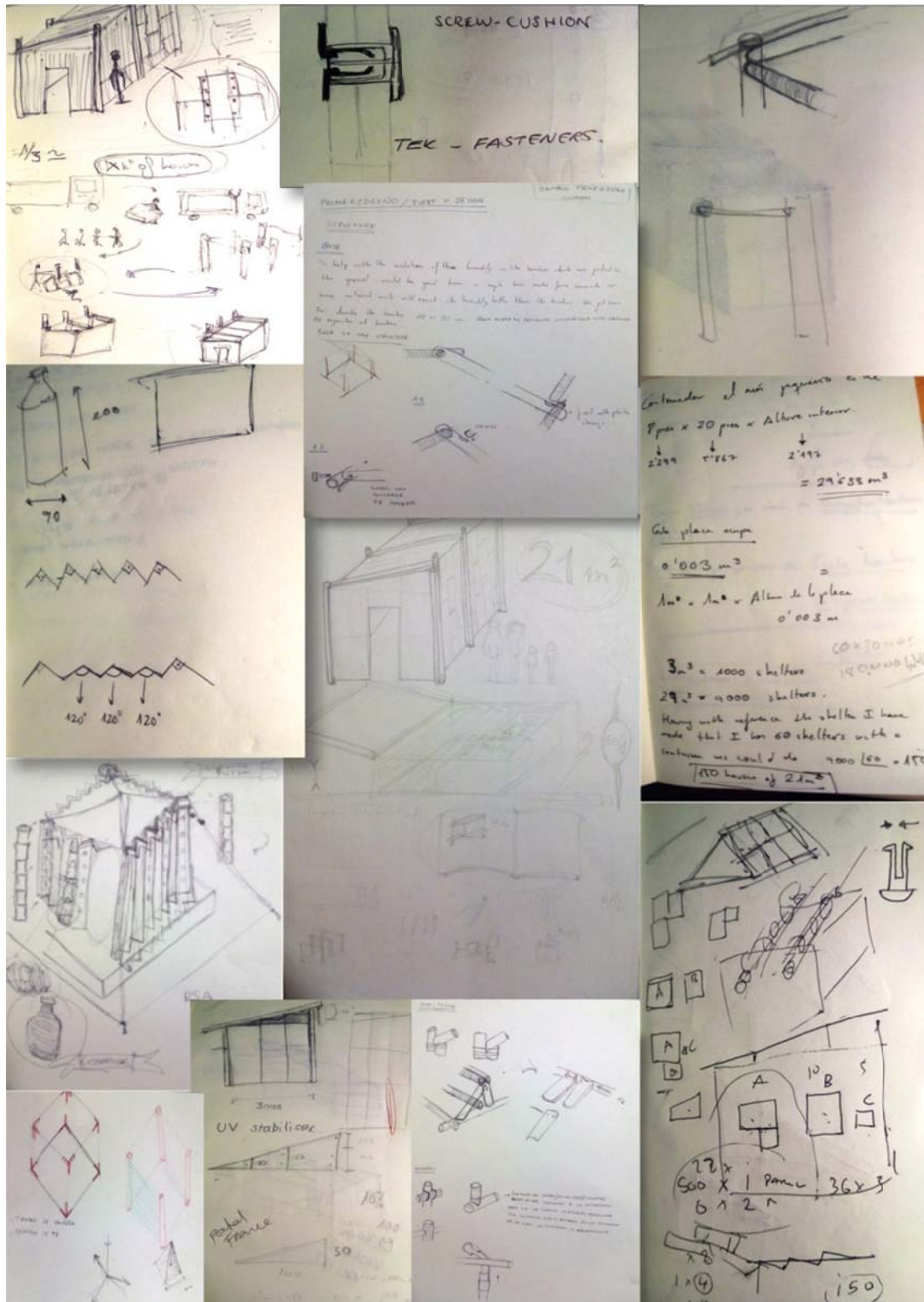


Fig. 34. Bocetos (2) explicativos del desarrollo del trabajo. (Fuente: Elaboración propia).

4.2. EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS.

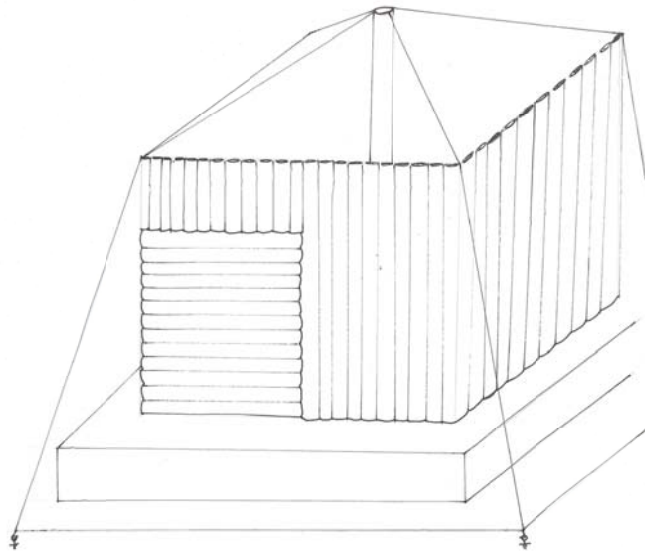


Fig. 35. Boceto 1. Tienda de campaña con pilar central. (Fuente: Elaboración propia).

El boceto "1" es un rediseño de una típica tienda de campaña pero incorporando elementos que la hagan habitable para un largo periodo. Tiene un único pilar en el centro que sujeta toda la tela o el plástico que se incorpore de protector. Está realizada casi toda la estructura con bambú. Posee una base como cimentación.

Tabla 1. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Aspectos Negativos del boceto	Aspectos Positivos del boceto
<ul style="list-style-type: none"> - Requiere gran número de bambú. - Requiere que el bambú sea seleccionado para hacerlo lo más similar los unos a los otros. - Requiere una base estructural. - Necesita una tela de gran superficie. - Si la tela no fuera transparente no entraría nada de luz a la casa. - Posee un único pilar para la sujeción de toda la tela/plástico. Si se suelta alguno de los agarres se puede desnivelar y caer. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovecha los recursos locales, de ahí el realizarla con bambú. - Estructura muy resistente debido al uso del bambú. - Buen aislamiento a los agentes externos. - Base para aportar mayor rigidez. - Uso de elementos convencionales como piquetas y agarres. - Uso de muy pocos elementos para realizar el elemento aislante. - Diseño fácilmente comprensible.

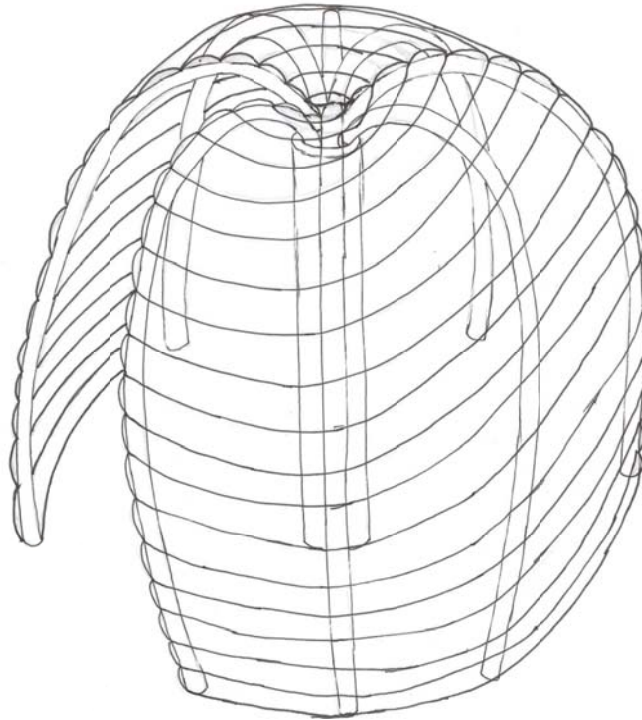


Fig. 36. Boceto 2. Refugio de bambú. (Fuente: Elaboración propia).

El boceto “2” es el diseño de un refugio realizado totalmente con bambú, que incorpora tornillos y clavos para ayudar en la sujeción de la estructura. Está basado en la idea de choza maorí en la que hay un único espacio para el desenvolvimiento de la vida en el interior del habitáculo. Está diseñado con un único pilar de gran sección en el centro del diseño y de éste parte el bambú de menor sección. Tiras de bambú, van unidas al bambú de sección menor y que conforma el refugio, que se fijarán con tornillos y clavos.

Tabla 2. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Aspectos Negativos del boceto	Aspectos Positivos del boceto
<ul style="list-style-type: none"> - Fácilmente inflamable al ser toda la estructura de bambú. - Tamaño del refugio en función del bambú encontrado. - Facilidad para dejar huecos en la creación del refugio porque el bambú es irregular. - Necesidad de bambú muy flexible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizado con un único material. - Realizado con un material autóctono, en el caso de Nepal, teniendo unos costes mínimos. - Rápida disponibilidad de los materiales. - Uso de bambú que nos permite adaptabilidad estructural al modelo configurado.

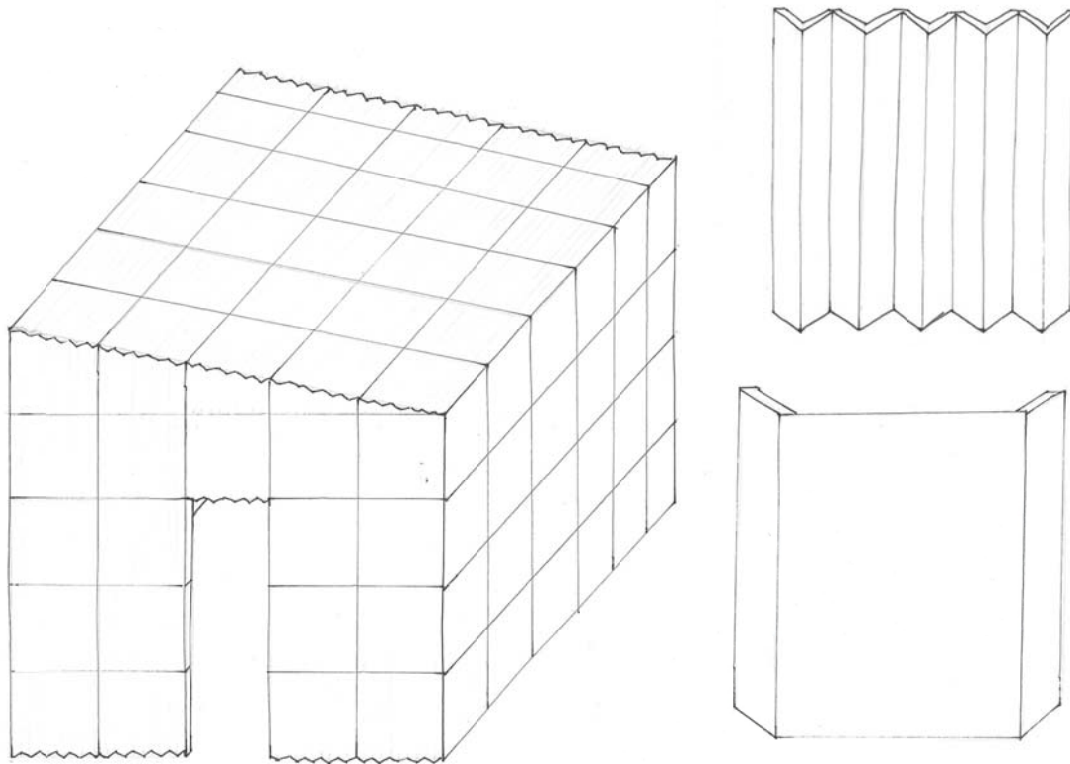


Fig. 37. Boceto 3. Diseño modular de placas de plástico. (Fuente: Elaboración propia).

El boceto “3” es un diseño modular de placas de plástico reciclado a partir de botellas de plástico para darles un segundo uso. Éste diseño es modular, de manera que todos los elementos son importantes pero tienen un sencillo sistema de modulación lo que hace que trabajar con el panel sea muy fácil. Para fabricarlo se necesitará un proceso industrializado pero los módulos serán autoportantes por la rigidez que adquieren por el diseño de las piezas trianguladas.

Tabla 3. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Aspectos Negativos del boceto	Aspectos Positivos del bocetos
<ul style="list-style-type: none"> - Requiere proceso industrializado. - Posibles problemas en los encuentros. - Necesidad de cortar paneles. - Gran número de conexiones debido al tamaño del panel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Un único material utilizado. - Facilidad de montaje. - Rápido montaje. - Duradero. - Adaptado para resistir condiciones climatológicas adversas.

Los criterios escogidos para el análisis del producto han sido los de:

- Seguridad
- Apariencia
- Coste
- Peso
- Modularidad
- Facilidad de montaje

Estos criterios se van a basar en una puntuación de 0 a 3 siendo el 0 el número más desfavorable y el 3 el más favorable. Explicación de la evaluación de los criterios:

- Seguridad:
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño sea inhabitable por la inseguridad que pueda producir, esto se puede deber a que el refugio pueda ser inestable.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño pueda sostenerse pero le falte algún elemento estructural o se deba reforzar algún elemento.
 - La calificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño de la estructura muestre seguridad pero contiene materiales no muy resistentes.
 - La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño de la estructura esté bien asegurada y los materiales son los adecuados.
- Apariencia:
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño sea de impacto visual negativo.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño no sea novedoso y no sea del todo atractivo.
 - La calificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño sea agradable visualmente y los materiales usados sean atractivos e introduzcan alguna novedad estética,
 - La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño sea agradable de ver, los materiales sean atractivos y además un diseño novedoso.
- Coste:
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño tenga un coste elevado y no aporte ninguna mejora significativa.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño tenga un coste elevado pero por sus prestaciones merezca la pena.
 - La calificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño sea barato pero sus prestaciones no sean todo lo adecuadas que debiesen

- La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño sea barato y las prestaciones que ofrece sean las de una estructura eficiente.
- **Peso**
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño sea muy pesado y difícil de trabajar con los materiales.
 - La calificación de “1” se otorgará cuando el diseño sea un poco pesado y haya cierta dificultad en trabajar con los materiales.
 - La calificación de “2” se otorgará cuando el diseño no sea pesado y los materiales especificados sean fáciles de manejar.
 - La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño sea ligero y los materiales de montaje fácil.
- **Modularidad**
 - La calificación de “0” se otorgará cuando el diseño no sea nada modular y cada elemento sea diferente/pueda ser diferente.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño no sea del todo modular y tenga algunos elementos similares aunque una gran cantidad de elementos diferentes.
 - La calificación de “2” se otorgará cuando el diseño sea modular en determinadas partes del diseño o sea difícil su modulación.
 - La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño sea modular y con todos los elementos iguales.
- **Facilidad de montaje**
 - La calificación de “0” se otorgará cuando el diseño sea muy difícil de montar.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño posea elementos de fácil montaje aunque la mayoría sean difíciles de montar.
 - La clasificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño posea la mayoría de elementos de fácil montaje.
 - La clasificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño posea un sistema de montaje sencillo para todos los elementos del diseño.

Tabla 4. Criterios comparativos. (Fuente: Elaboración propia)

Criterios	Seguridad	Apariencia	Coste	Peso	Modularidad	Facilidad de montaje	Resultados
Bocetos							
Boceto 1	2	2	3	2	1	2	11
Boceto 2	1	3	2	3	1	1	11
Boceto 3	3	2	1	2	3	3	14

4.2.1. Evaluación de los sistemas de ensamblaje.

Para el análisis de los aspectos positivos y negativos se parte del análisis previo de la evaluación de las propuestas.

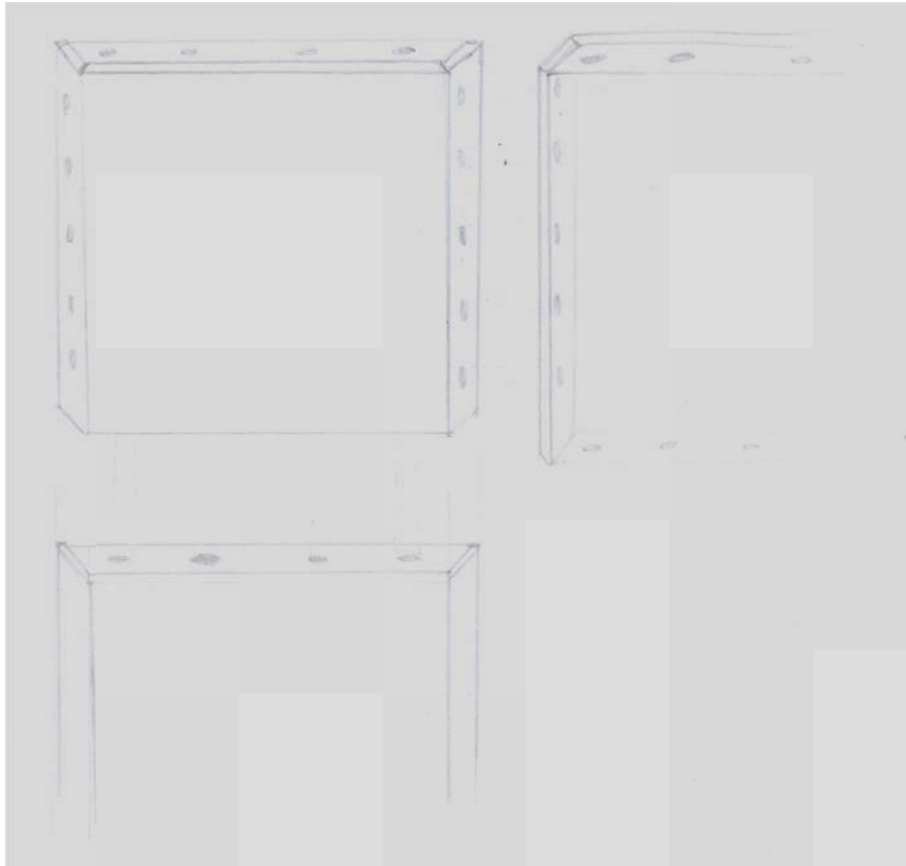


Fig. 38. Boceto 1. Sistema de ensamblaje. (Fuente: Elaboración propia).

El boceto "1" consiste en una lámina plana de plástico con los cantos a bisel y ensamblada mediante la utilización de tornillos en los huecos existentes. Se ensambla tanto vertical como horizontalmente, variando la superficie porque para hacerla modular se tiene que invertir la dirección de colocación del panel.

Tabla 5. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Aspectos Negativos del boceto	Aspectos Positivos del bocetos
<ul style="list-style-type: none"> - Forma variable del recubrimiento. - Problemas en el ensamblaje porque la extrusión es muy grande. - Problemas en la fabricación del biselado. - No se puede apilar 	<ul style="list-style-type: none"> - Sencillo sistema de ensamblaje. - Rápido sistema de ensamblaje. - Pocos costes de fabricación. - Modularidad homogénea.

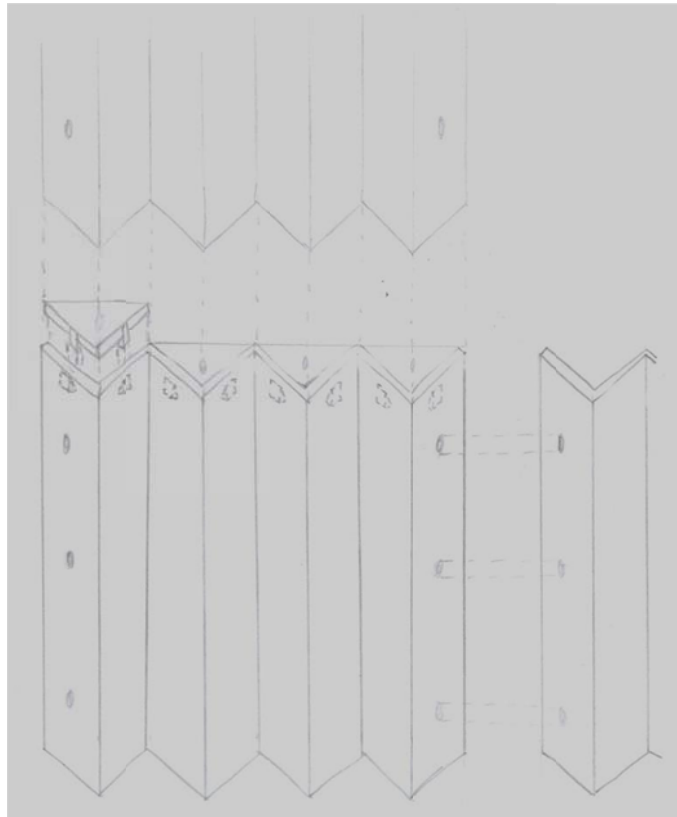


Fig. 39. Boceto 2. Sistema de ensamblaje. (Fuente: Elaboración propia).

El boceto "2" es una lámina con la sección en forma de zigzag. En este diseño, el elemento de ensamblaje son tornillos que fijan las piezas tanto verticalmente como horizontalmente. Este diseño permite apilar las piezas si se quitan unos triángulos interiores que se colocan para hacer los ensamblajes verticales.

Tabla 6. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Aspectos Negativos del boceto	Aspectos Positivos del bocetos
<ul style="list-style-type: none"> - Zona de encuentros muy débil. - Posible problemática a la hora de quitar o poner los triángulos de ensamblaje vertical. - Doble fabricación, paneles y triángulos. - Dificultad de crear los huecos interiores para el encastramiento. - Necesidad de mayor espacio para guardar los triángulos. - Problemas de fabricación por el tamaño. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de apilamiento. - Rápido sistema de ensamblaje una vez encastrados los triángulos. - Modularidad homogénea. - Pocos puntos de ensamblaje. - Buena resistencia por el diseño de su perfil.

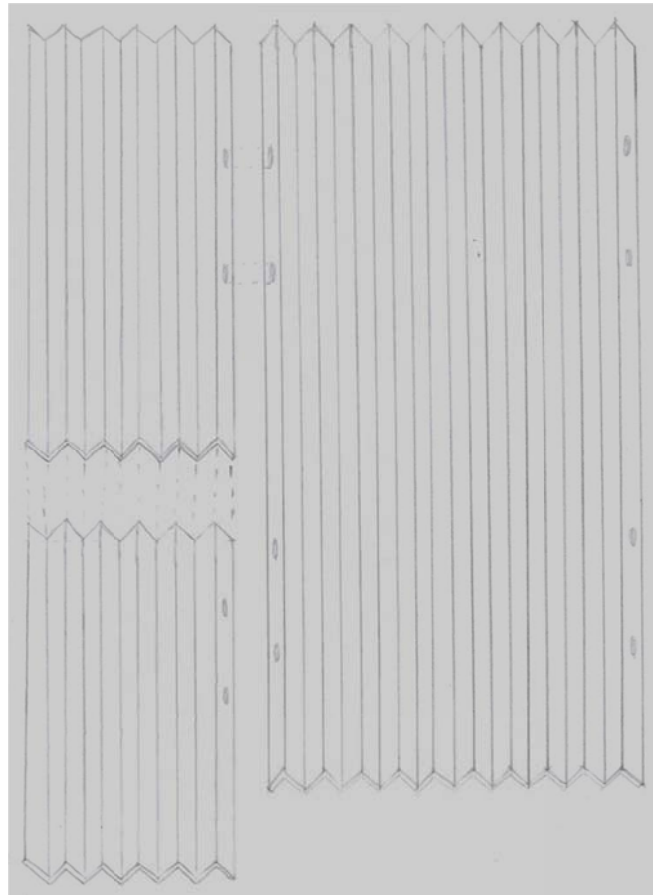


Fig. 40. Boceto 3. Sistema de ensamblaje. (Fuente: Elaboración propia).

El boceto “3” es una lámina con la sección en forma de zigzag. El sistema de ensamblaje utilizado es un sistema de medios, es decir, se establecen relaciones de posición entre láminas que se ensamblan con otras que son de la mitad de tamaño que las de su derecha o izquierda. El ensamblaje horizontal se realiza con fijadores al objeto de poder quitarlos en caso de que sea necesario.

Tabla 7. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Aspectos Negativos del boceto	Aspectos Positivos del bocetos
<ul style="list-style-type: none"> - Encuentros verticales sin cerrar. - Necesidad de varios tipos de panel. - Necesidad de elementos de ensamblaje. - Problemas en la fabricación por el tamaño. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de apilamiento. - Rápido sistema de ensamblaje - Modularidad casi total. - Buena resistencia por el diseño de su perfil.

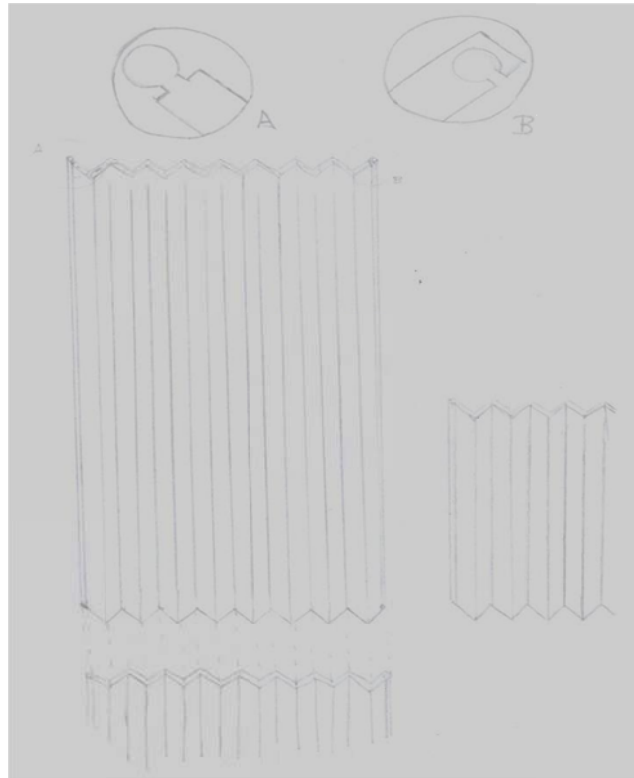


Fig. 41. Boceto 4. Sistema de ensamblaje. (Fuente: Elaboración propia).

El boceto “4” es una lámina con la sección en forma de zigzag. El sistema de ensamblaje utilizado es un sistema de medios, es decir, se establecen relaciones de posición entre láminas que se ensamblan con otras que son de la mitad de tamaño que las de su derecha o izquierda. El ensamblaje realizado es un sistema de machihembrado que se encaja de manera sencilla y con estructura alveolar para reducir costes.

Tabla 8. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Aspectos Negativos del boceto	Aspectos Positivos del bocetos
<ul style="list-style-type: none"> - Encuentros verticales sin cerrar. - Necesidad de varios tipos de corte del panel. - Concentración de tensiones en el machihembrado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de apilamiento. - Rápido sistema de ensamblaje - Modularidad casi total. - Buena resistencia por el diseño de su perfil. - Creación única del panel. - Sistema de machihembrado testado por empresas del sector. - Estructura alveolar interior para reducir costes.

Los criterios escogidos han sido los de:

- Resistencia
- Durabilidad
- Coste
- Peso
- Modularidad
- Facilidad de montaje
- Elementos añadidos

Estos criterios se van a basar en una puntuación de 0 a 3 siendo el 0 el número más desfavorable y el 3 el más favorable.

A continuación, se va a explicar cómo se han evaluado cada uno de los criterios:

- Resistencia:
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño no sea resistente, que se aprecie claramente su poca resistencia.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño pueda no ser resistente.
 - La calificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño sea resistente con muchos puntos de unión de ensamblaje.
 - La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño sea resistente con pocos puntos de unión de ensamblaje.
- Durabilidad:
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño sea para un periodo muy corto de tiempo porque se deteriore pasado ese tiempo
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño sea para un periodo corto de tiempo pero suficiente como para poder darle un uso como estructura temporal.
 - La calificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño pueda ser usado como refugio temporal pero pueda aguantar un mayor periodo mientras está el problema de la reconstrucción de los refugios.
 - La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño pueda llegar a ser usado como refugio fijo.
- Coste:
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño resulte costoso y no aporte ninguna mejora significativa.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño sea caro pero por sus prestaciones merezca la pena.

- La calificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño sea caro pero por sus prestaciones merezca la pena y se haya realizado un estudio del material para poder realizar un ahorro en el coste en la fabricación.
- La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño sea barato y las prestaciones que ofrece sean las de una estructura eficiente.
- **Peso**
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño sea pesado y no sea posible transportar ni un panel.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño sea pesado y una persona tenga problemas en transportar un bloque de paneles del refugio.
 - La calificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño sea ligero y una sola persona pueda transportar un bloque de paneles del refugio
 - La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño sea ligero y una única persona pueda transportar un solo refugio.
- **Estabilidad**
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño no posea estabilidad y con una pequeña fuerza se pueda caer una vez ensamblado.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño posea una buena estabilidad pero no pueda soportar esfuerzos una vez ensamblado.
 - La calificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño posea una buena estabilidad y pueda soportar grandes esfuerzos una vez ensamblado.
 - La calificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño posea una buena estabilidad y pueda soportar grandes esfuerzos una vez ensamblado e individualmente.
- **Facilidad de montaje**
 - La calificación de “0” se otorgará en caso de que el diseño sea muy difícil de montar.
 - La calificación de “1” se otorgará en caso de que el diseño sea fácil de montar pero tenga varios elementos para ensamblar.
 - La clasificación de “2” se otorgará en caso de que el diseño sea fácil de montar pero tenga un único elemento para ensamblar.
 - La clasificación de “3” se otorgará en caso de que el diseño sea fácil de montar y no tenga ningún elemento salvo el propio panel.

Tabla 9. Criterios comparativos. (Fuente: Elaboración propia)

Criterios	Resistencia	Durabilidad	Coste	Peso	Estabilidad	Facilidad de montaje	Resultados
Bocetos							
Boceto 1	1	2	1	1	1	2	8
Boceto 2	2	2	1	2	2	1	10
Boceto 3	2	2	1	2	2	2	12
Boceto 4	3	2	2	2	2	3	14

4.3. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO.

En este apartado se va a definir el producto argumentando todos estos datos con las imágenes que aparecen posteriormente.

Las medidas principales del panel son 1000 mm de largo x 500 mm de ancho x 3 mm de espesor.

El diseño del producto, es una lámina con forma de zigzag. Los triángulos creados por el zigzag son de altura 65,00 mm como se observa en la siguiente figura. Se trata de una correlación de cuatro triángulos por la parte superior y de tres triángulos por la parte inferior con 85,40 mm de hipotenusa.

El perfil del triángulo es de 3 mm de espesor, como se ha notificado antes, pero al ser una estructura alveolar tiene un grosor de 1 mm cada pared con paredes interiores perpendiculares de 1 milímetro. Hay ocho huecos interiores de 1 mm de ancho y 9 mm de largo y dos huecos trapezoidales, excepto en las lamas que tienen el machihembrado que sólo tienen 1 puesto que en uno de los extremos está el macho o la hembra, de 1 y 2 mm de bases y 1 mm de altura. Se va a utilizar un único útil para la extrusión para ahorrar costes por tanto los paneles deberán ser cortados con las medidas precisas durante la extrusión. Esto se va a resolver únicamente moviendo la cuchilla de corte o reduciendo el largo que se quiere cortar.

El sistema de machihembrado es un círculo de 1 milímetro de radio, con unas paredes que lo unen al cuerpo del triángulo de 0.45 mm. La hembra del machihembrado es el complementario, por tanto, tiene un hueco de 2 mm de diámetro, con las paredes de enlace de 0.45 mm y con unas paredes de 0.5 mm de distancia desde el extremo del círculo a la pared final del triángulo.

Las esquinas se van a cerrar con una estructura de 4 mm de espesor y 6 mm de ancho extruido 1000 mm como los paneles. Tiene la función de elemento unión porque que al llevar direcciones contrarias en el ensamblaje no se puede unir los paneles formando ángulos de 90° para las esquinas.

Los huecos que se encuentran en el perfil son para poder ensamblar las dos direcciones de las esquinas.

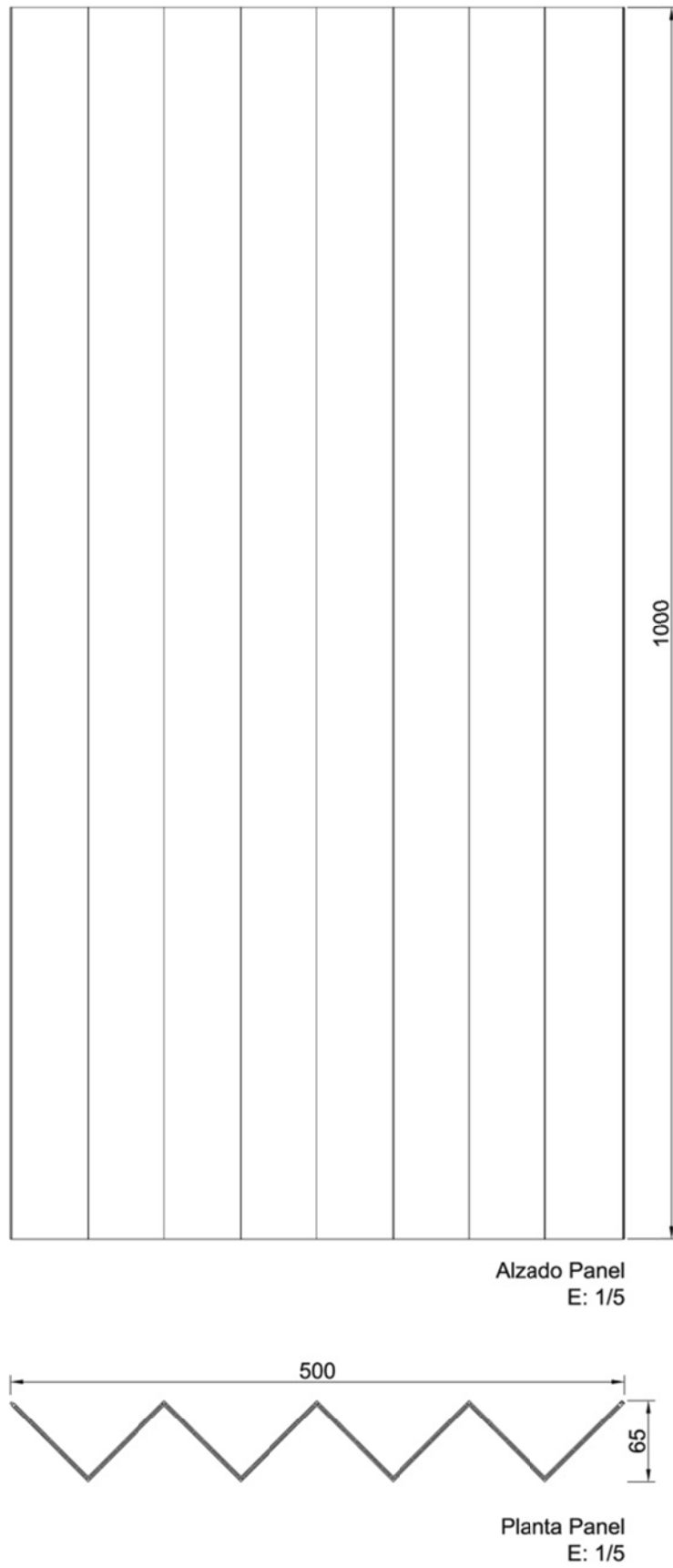
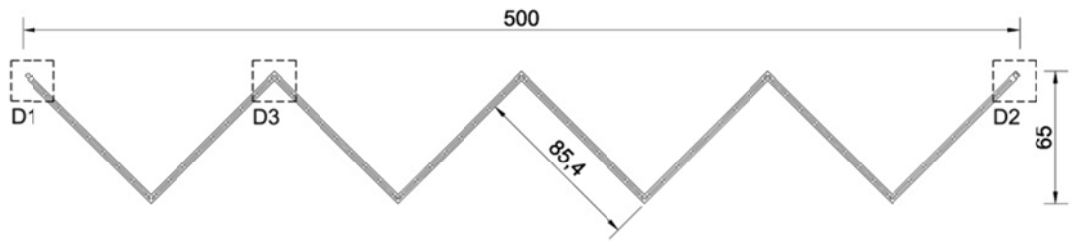
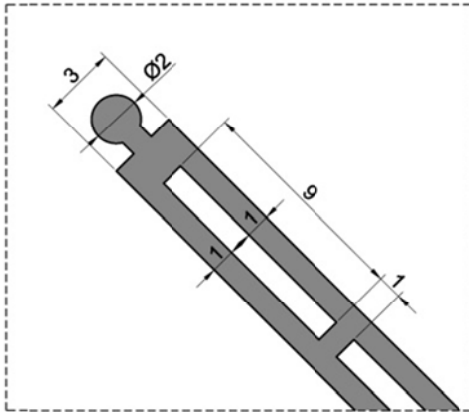


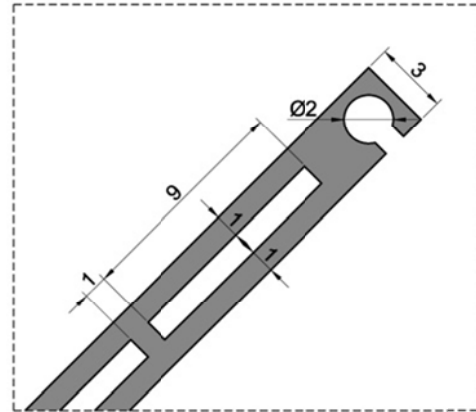
Fig. 42. Alzado y planta del panel. Fuente: (Elaboración propia).



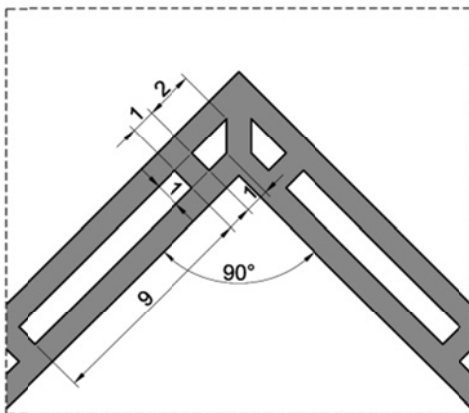
Planta Panel
E: 1/3



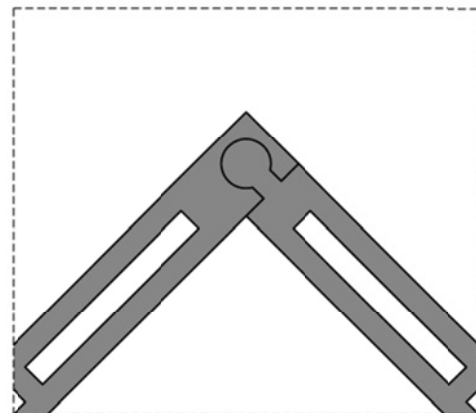
D1. Detalle extremo conexión macho
E: 4/1



D2. Detalle extremo conexión hembra
E: 4/1



D1. Detalle esquinas intermedias
E: 4/1



E: 4/1

Fig. 43. Detalles del panel. (Fuente: Elaboración propia)



Fig. 44. Detalles machihembrado paneles. (Fuente: Elaboración propia)

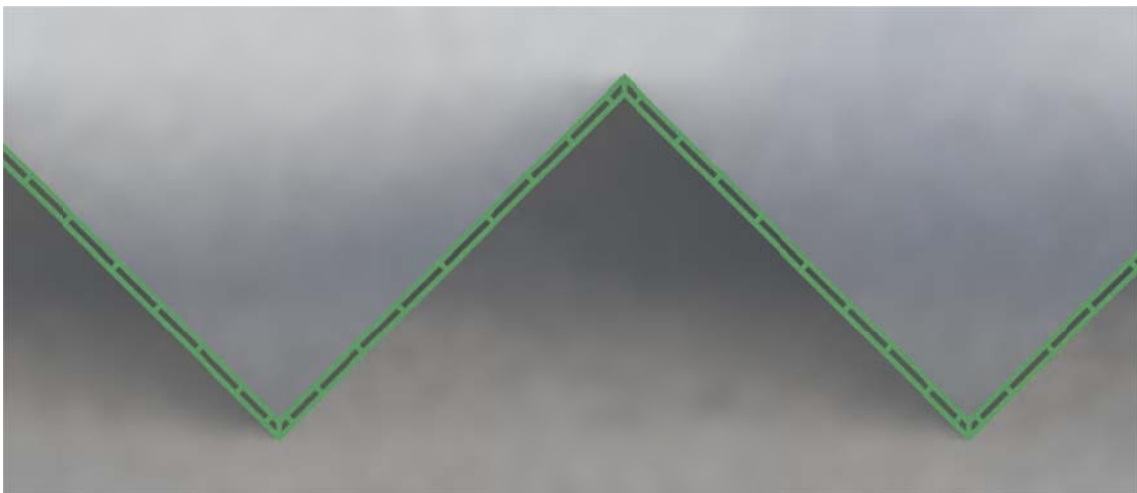


Fig. 45. Detalle de panel en planta con la cámara incorporada. (Fuente: Elaboración propia)

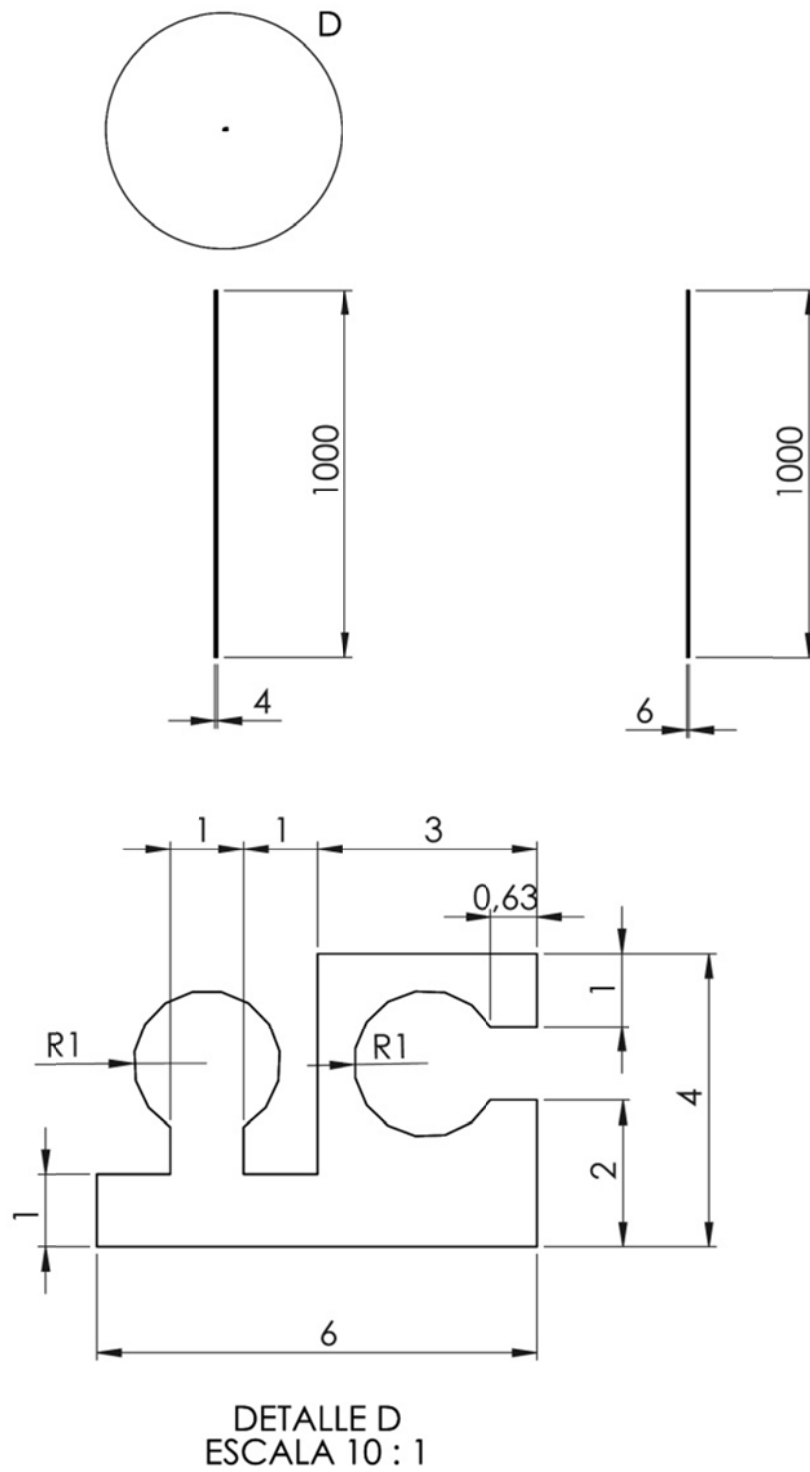


Fig. 46. Detalles del panel. Unión Esquinas. (Fuente: Elaboración propia).

4.4 DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DEL PROYECTO.

Para alcanzar el objetivo de un producto que cumpla todos requisitos previstos, se ha realizado previamente una labor de recopilación de información que conjuga tanto los productos existentes con usos similares, a fin de analizar sus fortalezas y debilidades y aplicar estas conclusiones en el diseño final. Como de las necesidades que debe satisfacer para tenerlas presentes a la hora de materializar el diseño.

4.4.1 Anteproyecto:

Recogiendo todos los parámetros previos se han configurado diferentes matrices de evaluación que han permitido decidir cuál es el producto que puede responder a todos los requerimientos y necesidades expuestos del modo más adecuado. Se comenzó a trabajar en un panel constructivo formado por elementos reciclados.

4.4.1.1 Selección del material y sus características.

En la búsqueda de un material reciclable que pueda conformar un panel y que reúna las características técnicas que requiere la labor de protección, se estableció una comparativa entre los productos de desecho más abundantes, eliminando aquellos que por su peso o fragilidad no cumplen todos los requisitos (el vidrio), por su falta de durabilidad (las latas y sus posibles problemas de corrosión o el cartón) o por la dificultad en su clasificación y posterior transformación (los tetra brik). Resultando más adecuado el PET, por su fácil acceso y materialización del producto, su ligereza y resistencia. Dependiendo del análisis económico y de la huella ecológica del proceso se incluirá dentro del proceso de fabricación del producto el reciclaje de las botellas de PET o se adquirirá directamente RPET, de un suministrador debidamente identificado. La labor social que cumpliría la planta de reciclado, proporcionando trabajo tanto a los recolectores como a los distintos trabajadores que colaboren en el proceso.



Fig. 47. Reciclaje de PET. (Fuente: <https://www.veoverde.com/2014/07/la-planta-de-reciclaje-de-pet-mas-grande-del-mundo-esta-en-mexico/>)

4.4.1.2 Tamaño y geometría. Peso.

Dados los condicionantes existentes en cuanto a la movilidad del producto y teniendo en cuenta que la densidad del PET es de 1.38 g/cm^3 se realizan estimaciones en cuanto al tamaño y al espesor, iniciándose los cálculos del tamaño del panel con un espesor de 5 mm y un

tamaño de inicio de 1 x 1 metro, lo que suponía un peso de 69 kilos por panel. Algo inviable dados los requerimientos.

Se ha ido procediendo a un trabajo de ajuste entre tamaño, peso y espesor. De ahí que el siguiente tamaño sea 1 x 0.50 metros y un espesor de 3 cms lo que suponía 20.7 kg por panel.

Se fue puliendo el sistema, introduciendo la variable de los condicionantes de la máquina de extrusionado, lo que ha supuesto disminuir el tamaño del mismo, se ha modificado la estructura del panel, transformándola en celular, adoptando un sistema similar al del policarbonato celular, y obtener de este modo 10 paneles no macizos con un tamaño aproximado de 1 x 0,5 metros y un espesor de 3 mm.

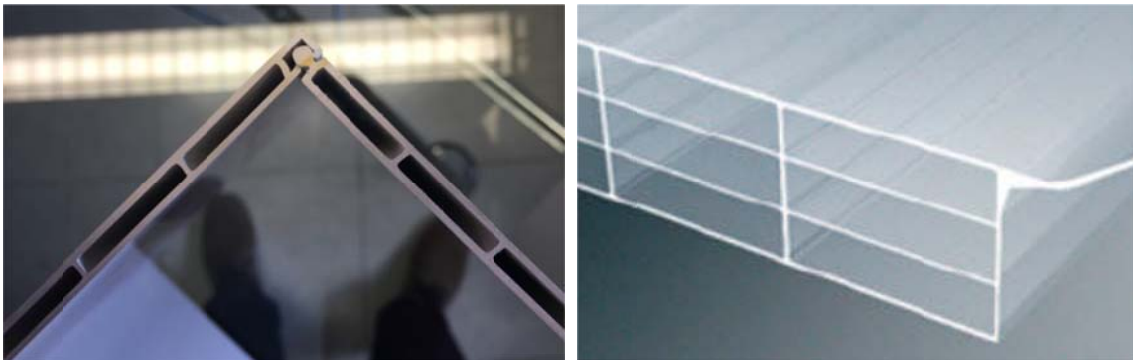


Fig. 48. Imágenes de policarbonato celular y maqueta de análisis de la estructura PET. (Fuente: Izq: Elaboración propia; Dcha: http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/60331-3888481.jpg)

4.4.1.3 La estabilidad. Un condicionante del diseño.

Las características del panel: material, tamaño aproximado, espesor, estructura se precisan en base a los requerimientos. En cuanto a la estabilidad necesaria para garantizar la resistencia y la durabilidad que requieren los condicionantes físicos límites a los que se puede enfrentar (posibles replicas en el caso de terremotos, grandes lluvias...) se ha decidido “plegar” el panel. De este modo se aumenta su estabilidad, facilitando su montaje en vertical y aumentando la rigidez del conjunto frente a posibles deformaciones y tensiones.

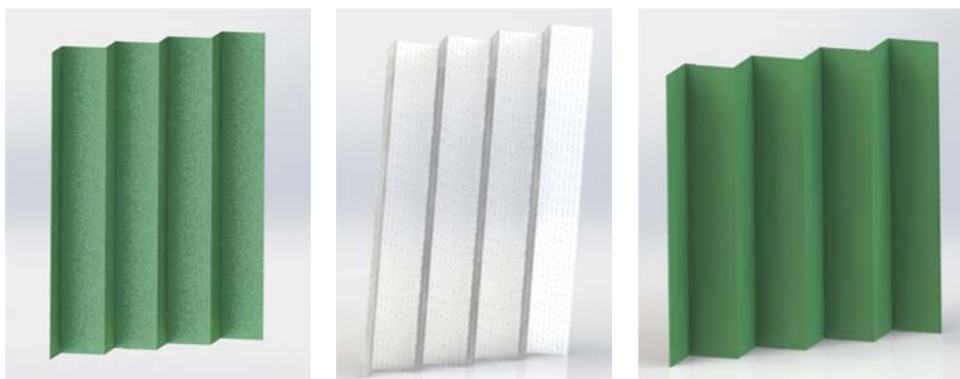


Fig. 49. Evolución de distintos modelos de panel. (Fuente: Elaboración propia)

4.4.2 Perfeccionamiento del Producto.

Una vez definido a grandes rasgos el producto en el Anteproyecto, se procede a desarrollarlo incluyendo las variables referentes a su proceso de implementación, con el objetivo de incrementar su eficiencia y perfeccionarlo al adaptarlo a los procesos de fabricación. Se busca determinar los costes (monetarios y para el medio ambiente) con el fin de optimizar tanto el panel como el proceso de fabricación. Se han utilizado distintos tipos de **matrices de ratios** para conseguir basar las decisiones en una metodología contrastada.

4.4.2.1 Consulta y visita a diferentes empresas.

Para conocer las posibles problemáticas que pudieran aparecer durante el proceso de fabricación y eliminar posibles contratiempos se contactó con diferentes empresas:

- INPLASVA S.A. de extrusión de perfiles de plástico.
- GRANZPLAST S.A. de compuestos termoplásticos.
- FERPLAST, especializada en la fabricación, transformación y manipulación de piezas de diferentes tipos de plásticos.
- El Instituto Tecnológico del Plástico AIMPLASS.

Además de constatar la viabilidad constructiva de la pieza con el profesor D. Enrique Giménez del Departamento de Ingeniería de Materiales.

4.4.2.2 Modificaciones del diseño en el proceso de implementación.

Como consecuencia de estas consultas y visitas, se optimiza el diseño.

Se adapta el tamaño del panel al útil de la máquina de extrusionado, se introduce la estructura celular que aligera considerablemente el peso y el coste del producto y se obtiene información sobre las uniones entre paneles.

Inicialmente estaba previsto un sistema de fijadores que complicaban el montaje al añadir piezas y herramientas para fijarlas. De la conversación con las empresas INPLASVA S.A., GRANZPLAST S.A., surgió el nuevo tamaño del panel y la introducción de un sistema machihembrado que eliminara la necesidad de otras piezas y que, gracias a un sistema homologado y normalizado, garantizara la estabilidad y resistencia de las uniones.

La estructura celular se desarrollará manteniendo las condiciones de resistencia mecánica necesarias para garantizar la seguridad del producto y siguiendo las prescripciones del proceso de fabricación (tamaños más recomendados para la maquinaria de extrusión....)

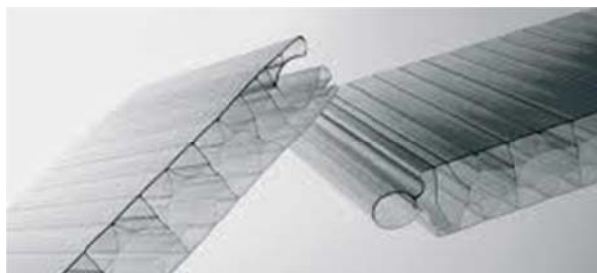


Fig. 50. Sistema de unión machihembrada en paneles. (Fuente: <http://www.polimerlux.com/imagenes/sistemas.jpg>)

Otro de los puntos clave en esta fase de desarrollo es el análisis de los procesos de implementación en dos supuestos:

- Supuesto 1: El producto se fabrica en un país y se traslada el producto hasta la zona en crisis.
- Supuesto 2: Se traslada todo el proceso al país en crisis.

En este análisis además de los condicionantes económicos, sociales y ambientales de cada una de las opciones se incluye el factor tiempo. A la hora de actuar frente a una situación de crisis, los tiempos de respuesta son fundamentales, el tiempo de montar una empresa de fabricación de paneles en un país devastado es difícil de cuantificar. Es por ello que cuando se habla de evaluar trasladar el proceso allí, se trata más de una acción social que responde a una necesidad en el tiempo del producto. Siempre la primera respuesta ante la crisis se realizará con la mayor celeridad posible.

4.4.2.3 El sistema de unión: Machihembrado homologado.

Gracias al sistema previsto y al dentado de los paneles el proceso de montaje puede realizarse por una única persona, sin ningún tipo de preparación específica.



Fig. 51. Esquemas de machihembrado. (Fuente: Elaboración propia y moldes de Inplasva).

De este modo se reducen costes y el producto puede salir de la máquina extrusora listo para ser montado en cualquier parte del mundo.

El panel cuenta con una estructura supletoria de bambú de refuerzo. Las uniones con el bambú se realizarán por medio de tornillos y clavos. En el caso de Nepal se ha seleccionado el bambú por ser uno de los principales materiales de construcción de la zona, por su fácil manejo y el conocimiento por la gente de la zona de los procedimientos constructivos.

En el caso de utilizar el panel en otros ámbitos en crisis, la estructura complementaria se adaptará a las características del lugar. Siempre primando los materiales y metodologías constructivas accesibles para la mayor parte de la población damnificada y el carácter sostenible de los productos.

4.4.3.- Definición del producto.

El panel, como se ha explicado en puntos anteriores, se ha pensado para que sirva para diversos usos como se mostrará en los siguientes puntos.

4.4.3.1.- Versatilidad: el panel en distintos productos.

Después de este proceso de desarrollo el producto está definido.



Fig. 52. Imagen conjunto del refugio. (Fuente: Elaboración propia)

Dada su versatilidad y capacidad de adaptación se procede a buscar diferentes usos y aplicaciones a fin de aumentar su utilidad en condiciones extremas.



Fig. 53. Maquetas de análisis. Distintas aplicaciones del producto. (Fuente: Elaboración propia)

Se han realizado distintos análisis del producto para establecer otras opciones de uso. Entre ellas, además del uso principal de refugio de emergencia, se plantea como pieza de mobiliario urbano (pérgola de protección, vallado para animales,...). Un contenedor conformado por un producto que resuelve de manera simultánea las necesidades de los cerramientos y la cubierta.

4.4.3.2 El panel como elemento de cerramiento.

Para evaluar el diseño del panel como elemento de cerramiento y ajustar las medidas se ha procedido a realizar un reparto de los distintos alzados para precisar el tamaño exacto del panel. Realizando el esquema de fachada se comprueba la viabilidad final del tamaño y las sujeciones, el número de paneles, el peso total del refugio....

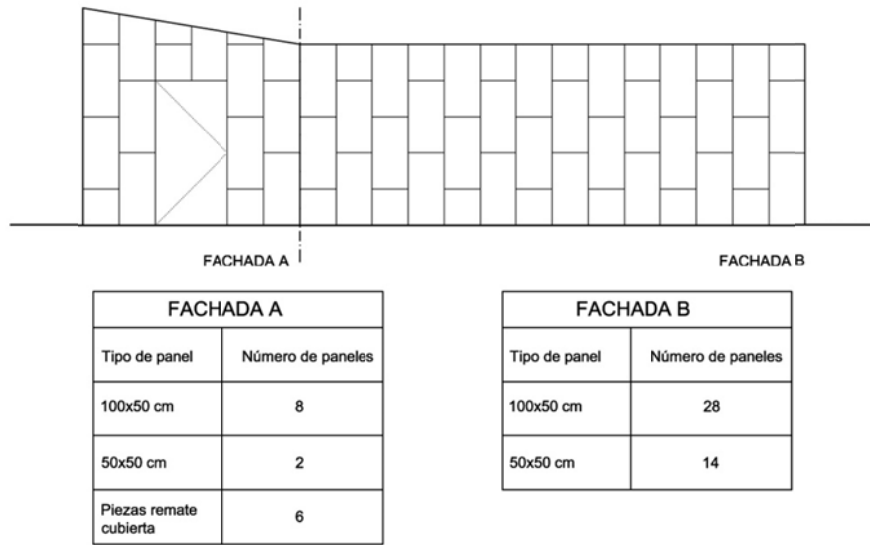


Fig. 54. Esquema de reparto de paneles en fachada. (Fuente: Elaboración propia).

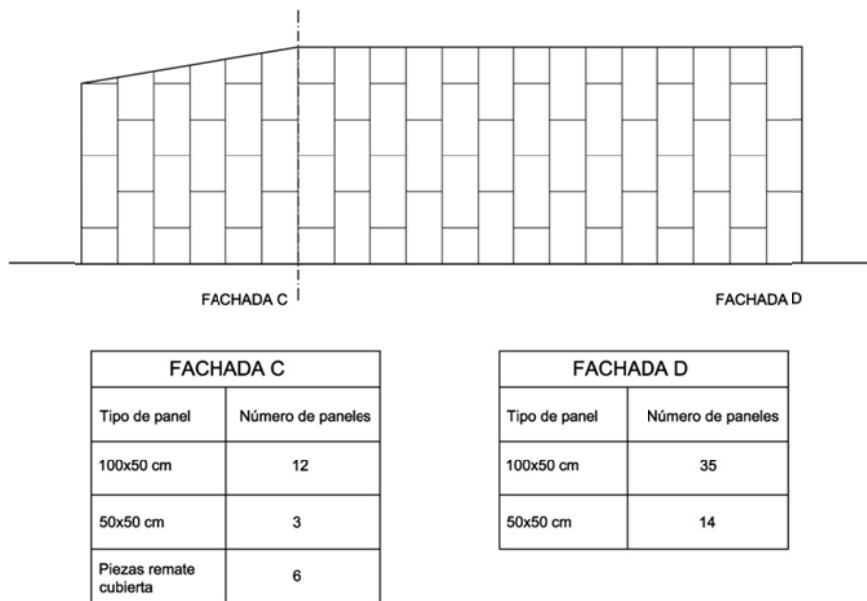


Fig. 55. Esquema de reparto de paneles en fachada. (Fuente: Elaboración propia).



Fig. 56. Alzado lateral refugio. (Fuente: Elaboración propia).



Fig. 57. Alzado refugio. (Fuente: Elaboración propia).



Fig. 58. Sección refugio. (Fuente: Elaboración propia).

4.4.3.3 El panel como elemento de cubierta.

Una vez definido el tamaño de la fachada se ajustará el reparto a la cubierta. El objetivo es garantizar que el mismo panel puede construir todo el refugio. De este modo se simplifica el montaje considerablemente.

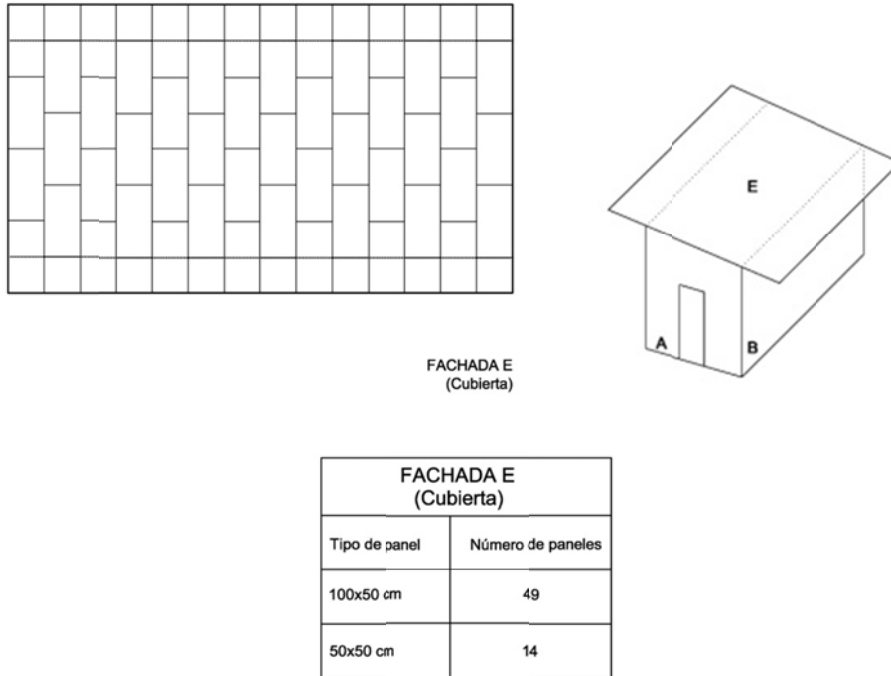


Fig. 59. Esquema de reparto de paneles en cubierta. (Fuente: Elaboración propia).

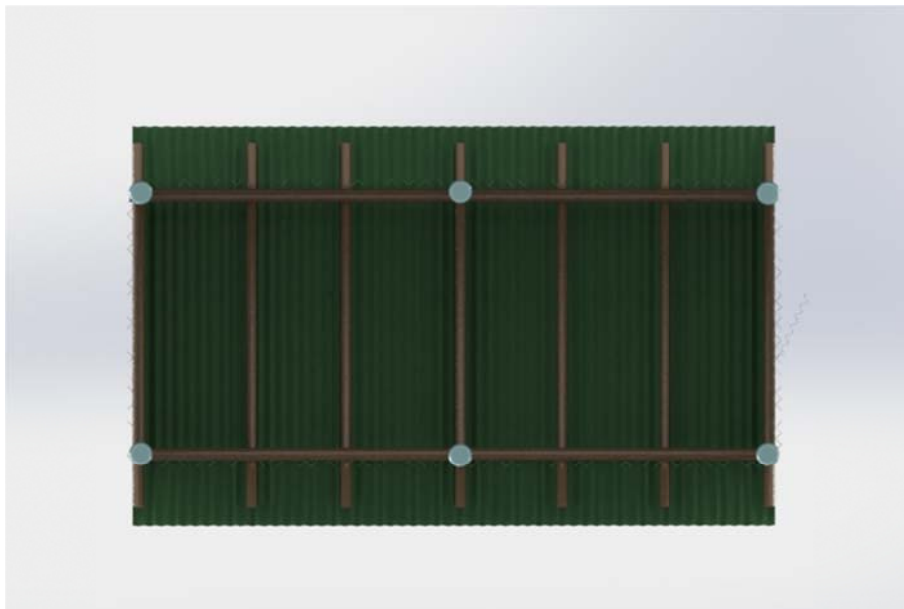


Fig. 60. Planta de cubierta cenital. (Fuente: Elaboración propia).

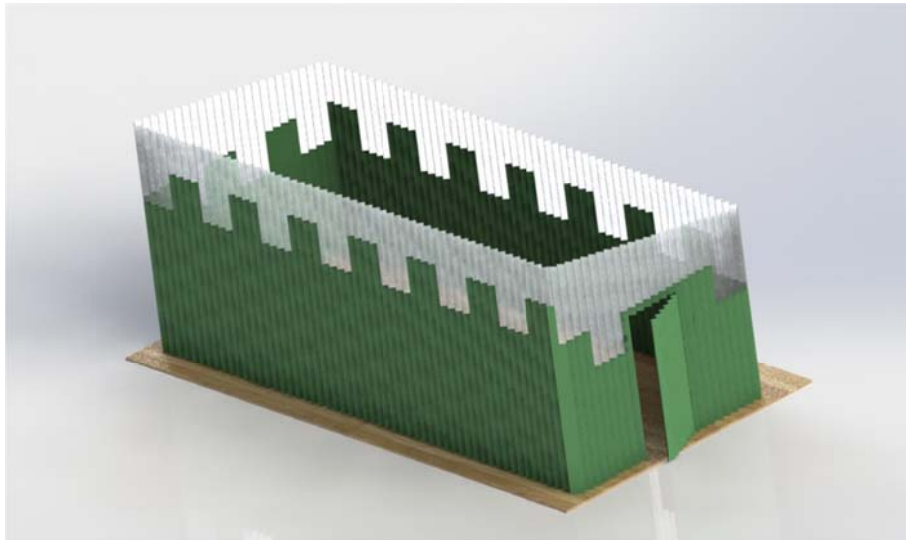


Fig. 61. Composición cerramientos. (Fuente: Elaboración propia).

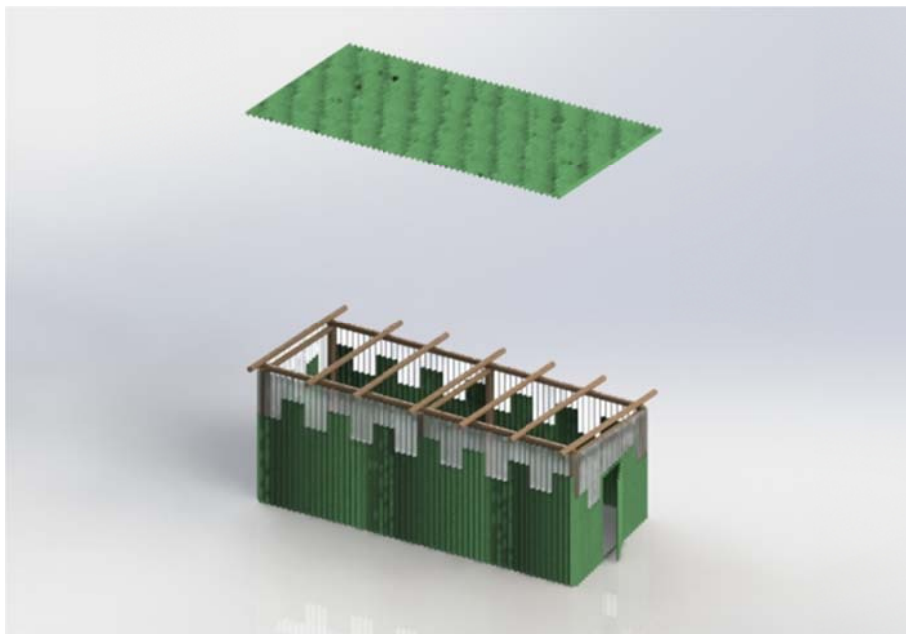


Fig. 62. Montaje cubierta. (Fuente: Elaboración propia).

Para ello, los paneles desarrollados para los cerramientos se emplean para la cubierta del refugio con un mínimo solape en la dirección de la pendiente de la misma, al objeto de poder evacuar el agua en caso de lluvia.

Finalmente con los paneles perfectamente definidos y ajustados en las medidas definitivas se han completado todos los cálculos que garantizan su estabilidad mecánica, y que responden a las posibles solicitaciones que se pueden dar en un entorno de riesgo como pueda ser Nepal.

4.4.3.4 Otras Consideraciones

Se complementa el desarrollo del producto con los últimos procesos de definición, los presupuestos de los distintos supuestos, las consideraciones de empaquetado y el traslado de los paneles.

4.4.4. Prototipo modular de refugio.



Fig. 63. Composición prototipo modular de refugio (I). (Fuente: Elaboración propia).

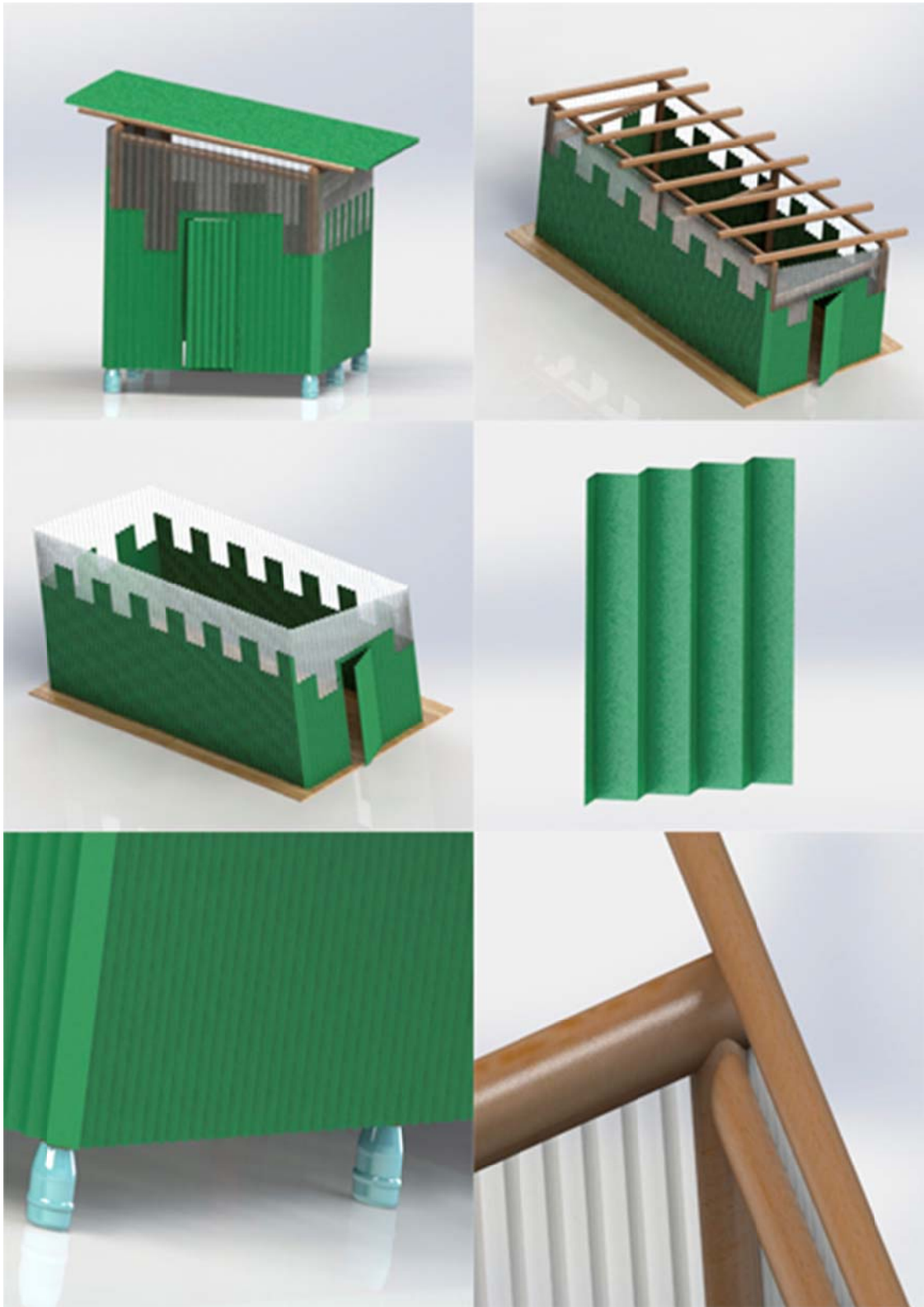


Fig. 64. Composición prototipo modular de refugio (II). (Fuente: Elaboración propia).

Para poder evaluar el panel en su función principal se ha desarrollado un prototipo ubicado en Nepal, como elemento de protección para los damnificados de los terremotos del 2015. El panel actúa como elemento de cubrición y de cubierta. Todo el refugio se ha previsto según la modulación del panel y partiendo de las premisas de facilidad de montaje.

Dado que en este caso el enclave es Nepal, se utilizará un sistema constructivo habitual de la zona, el bambú como elemento portante.

Para evitar humedades se preparará un talud de tierra compactada que eleva el pavimento del refugio 15 cms aproximadamente.

Como cimentación se utilizarán botellas de plástico rellenas de grava. Por un lado protegerán al bambú de la posible humedad del terreno y por otro aumenta la estabilidad del conjunto.

Con estos elementos, accesibles en situaciones de crisis, se configura un refugio temporal que mantendrá su habitabilidad incluso aunque se prolongue su vida útil.

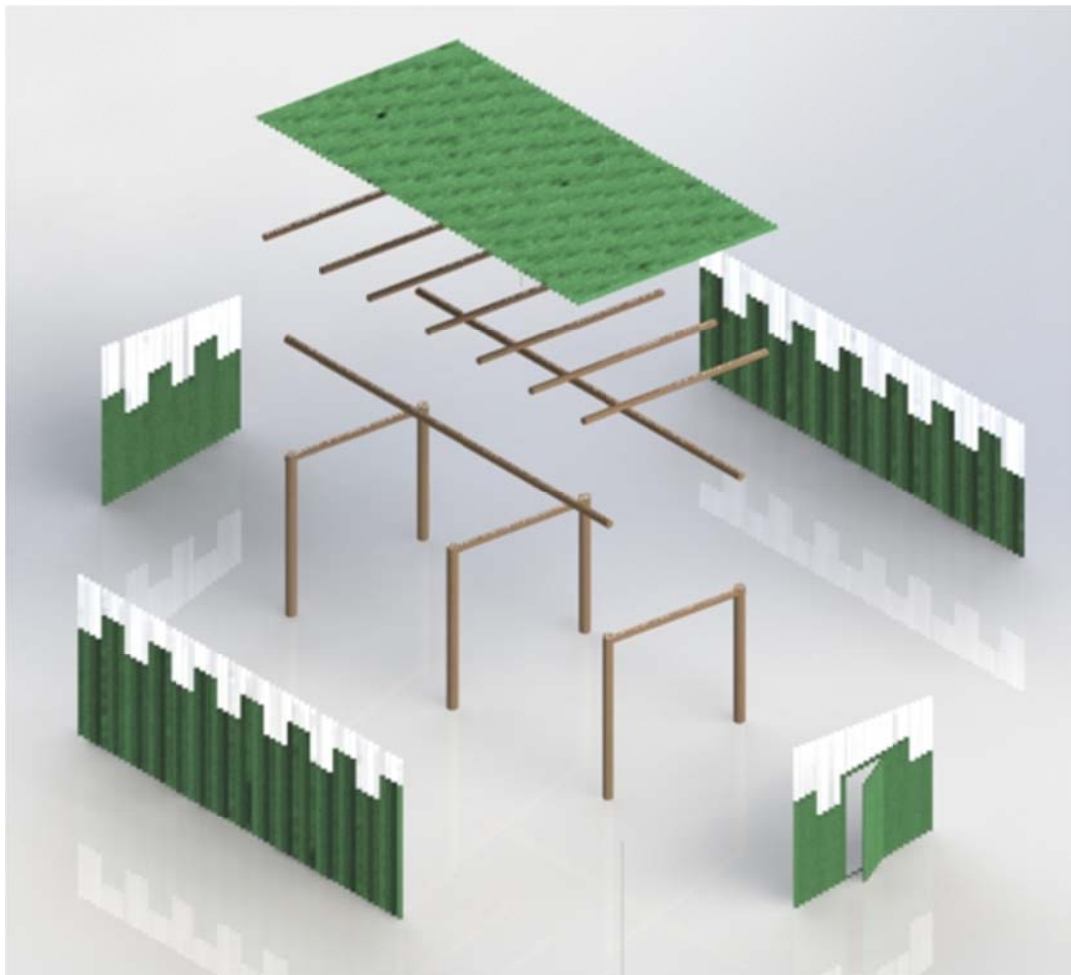


Fig. 65. Elementos compositivos y estructurales del refugio. (Fuente: Elaboración propia).



Fig. 66. Volumetría. (Fuente: Elaboración propia).

4.5 CÁLCULOS ESTRUCTURALES.

4.5.1. Cálculo del peso de panel por metro cuadrado.

Las dimensiones del panel tipo son 0,5 metros de lado y 1 metro de largo con un espesor de 3 milímetros.

El panel lo conforman 8 lamas de tal manera que cada lama que compone el panel mide 88,4 milímetros.

Interiormente tiene cavidades de 1 milímetro, lo que permite sin quitarle sección reducir el peso del panel. Habrá que tener en cuenta los huecos interiores para calcular el volumen del mismo.

Para el cálculo del peso de cada panel, hallamos el volumen de cada lama y aplicando la densidad del plástico utilizado, (densidad PET= 1,38 g/cm³) obtenemos su peso. A partir de ahí, sacamos el peso total del panel multiplicando por las 8 lamas que lo componen.

Cálculo del peso de una lama:

- Volumen de una lama (sin considerar los huecos internos):

$$\text{Base} \times \text{Altura} \times \text{Espesor} = 88,4 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} = 265200 \text{ mm}^3$$

- Volumen de los huecos internos de la lama:

Cada lama está conformada en su interior mediante una serie de huecos que hacen que tenga menor peso. Hay dos tipos de huecos: 2 huecos de esquina y 8 huecos de interior.

Los huecos de esquina tienen forma trapezoidal con unas dimensiones de 1 y 2 milímetros de base y 1 y 1,4 milímetros para los lados. Por tanto, para calcular el volumen que ocupan estos huecos operamos de la siguiente forma:

Volumen hueco de esquina = Área del trapecio x Altura de la lama

$$[(B+b)/2]xh \times \text{Altura lama} = [(1+2)/2]x1 \times 1000 = 1500 \text{ mm}^3$$

Por tanto el volumen del hueco de esquina es 1500 mm³ multiplicado por el número de huecos de esquina que forman la lama tenemos un volumen total de huecos de esquina igual a 3000 mm³.

Los huecos de interior tienen forma rectangular con unas dimensiones de 9,5 mm x 1 mm, por tanto, el volumen de los huecos de interior es:

Volumen hueco de interior = Área de rectángulo x Altura de la lama

$$Bxh \times \text{Altura lama} = 9,5x1 \times 1000 = 9500 \text{ mm}^3$$

Por tanto el volumen del hueco de interior es de 9500 mm³ que multiplicado por los 8 huecos de interior que forman la lama dan un total de 76000 mm³.

Sumando el volumen de los huecos de esquina y huecos de interior obtenemos un volumen total de huecos por lama de 79000 mm³.

- Para obtener el volumen de una lama teniendo en cuenta los huecos internos restamos al volumen inicial (265200 mm³) el volumen de los huecos (79000 mm³) lo que nos da un volumen total de lama igual a 186200 mm³ = 186,2 cm³.
- Para el cálculo del peso por lama solo queda multiplicar el volumen de cada lama por la densidad del material, en este caso PET (densidad = 1,38 g/cm³). Por tanto:

$$\text{Peso unidad de lama} = 186,2 \text{ cm}^3 \times 1,38 \text{ g/cm}^3 = 256,95 \text{ g} = 0,256 \text{ kg.}$$

Una vez tenemos el peso por lama, hallamos el peso del panel (formado por 8 lamas) obteniendo un **Peso por Panel = 2,048 kg.**

Cada panel tiene una superficie en planta de 0,5 m², por lo que el peso por metro cuadrado de panel es de 4,096 kg. **PESO POR M2 DE PANEL = 4,096 kg/m².**

Por último, transformamos el peso por m² de panel (4,096 kg/m²) en carga gravitatoria para el cálculo de la estructura, obteniendo un valor de **0,004 KN/m² de panel.**

4.5.2. Cálculo de la estructura portante.

4.5.2.1. Introducción

Para la estructura portante del refugio se escoge el bambú como material. El haber elegido el bambú como elemento estructural es porque existe en la zona donde se materializa el Trabajo Final de Grado. Señalar que para otros entornos, se ha pensado como material estructural perfiles de madera. Es por ello por lo que el cálculo justificativo de la estructura se ha realizado con madera, indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE) "C18" sabiendo que las características del bambú son estructuralmente mejores que las de la madera y por lo tanto con los cálculos realizados estaríamos en el lado de la seguridad.

4.5.2.2. Cargas

Para el cálculo de los elementos que conforma la estructura se han tenido en cuenta las indicaciones del Código Técnico de la Edificación (CTE). En concreto se han utilizado por un lado el Documento Básico de Seguridad Estructura Acciones en la Edificación (CTE DB-SE-AE) para obtener las cargas a las que va a estar sometida la estructura y por el otro lado el Documento Básico de Seguridad Estructural Madera (CET DB-SE-M) para hallar las dimensiones de los perfiles que forman la estructura.

Cargas gravitatorias:

Tabla 10. Cargas de la estructura portante. (Fuente: Elaboración propia).

Carga	Fuente	KN/m ²
Peso propio	Según cálculos del apartado 1 de esta memoria	0,004
Sobrecarga de uso	CTE DB-SE-AE	1,000
Viento	CTE DB-SE-AE (Tabla 4.3)	0,400
Nieve	CTE DB-SE-AE	0,500
TOTAL		1,904

Por tanto, la carga que gravita sobre la estructura es de **1,904 KN/m²**

Según el diseño planteado para el refugio las superficies de carga que soporta cada pilar se corresponden con las áreas grafiadas en la figura 53.

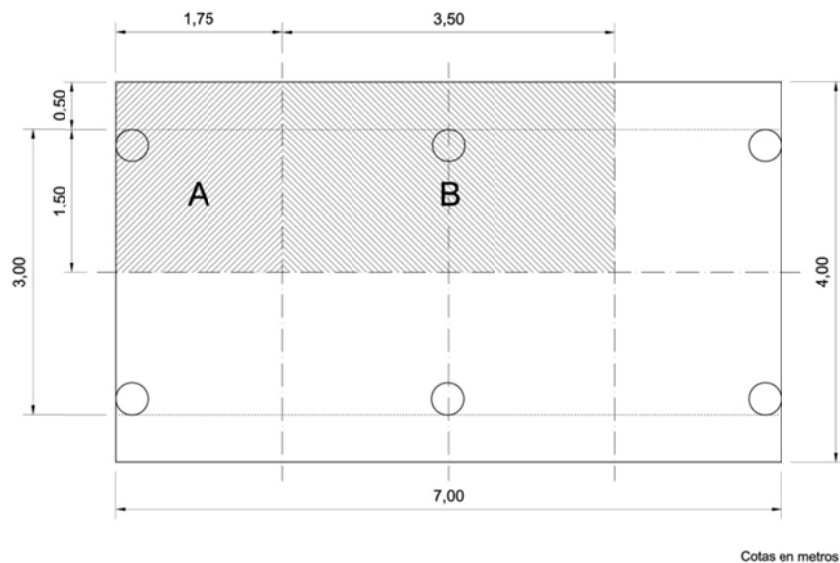


Fig. 67. Áreas de carga Pilar A y Pilar B. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 11. Superficies de apoyo. (Fuente: Elaboración propia).

	A	B
Base	1,75 m	3,50 m
Lado	2,00 m	2,00 m
Superficie de apoyo	3,50 m ²	7,00 m ²

Por un lado tenemos 4 pilares de esquina a los que les corresponde la Superficie A y 2 pilares centrales a los que les corresponde la Superficie B.

Calculamos las cargas que solicitan sobre cada uno de los tipos de pilar:

- **Superficie A** = $3,5 \text{ m}^2 \times 1,904 \text{ KN/m}^2 = 6,65 \text{ KN}$
- **Superficie B** = $7,0 \text{ m}^2 \times 1,904 \text{ KN/m}^2 = 13,33 \text{ KN}$

4.5.2.3. Dimensionado de pilares.

Teniendo en cuenta estos datos y mirando el Código Técnico de la Edificación (CTE) de seguridad (CTE-SE), concretamente, de la madera (CTE-SE-M) y sabiendo que el bambú que estamos usando tiene una longitud de 3 metros como máximo y escogiendo 4 caras de incendio, puesto que se quiere hacer segura, nos da una sección de $0,15 \times 0,15 \text{ m}^2$ si es un perfil de sección cuadrada y un diámetro mínimo de $0,17 \text{ m}^2$ si la sección es circular (como sucede con el bambú). Este dato se ha obtenido puesto que el área de la sección es $0,0225 \text{ m}^2$ ($0,15 \times 0,15$ metros), y aplicando el área del círculo obtenemos el diámetro indicado.

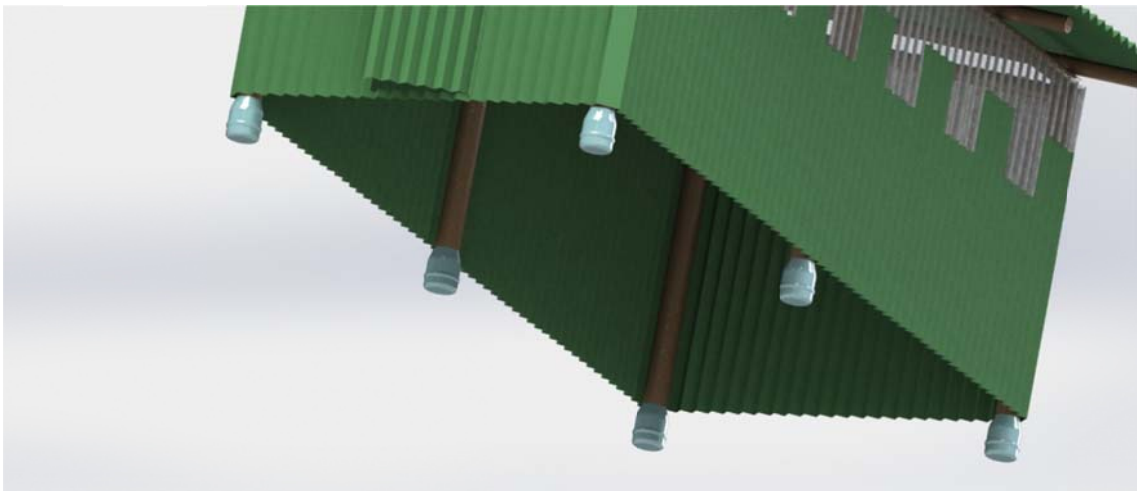


Fig. 68. Detalle arranque pilares de bambú. (Fuente: Elaboración propia).

4.5.2.4. Dimensionado de vigas y correas.

Para calcular las vigas se considera como tejado pesado puesto que la carga es superior a $1,8 \text{ KN/m}$ y tras mirar en las tablas se ve que el diámetro mínimo debería ser de $0,14 \text{ m}^2$ puesto que es circular pero para madera las medidas serían de $0,12 \times 0,15$ metros.

Y en último lugar, para calcular las correas, se hace igual que las vigas y nos da una sección circular menor de $0,12 \text{ m}^2$ y de $0,10 \times 0,12$ metros de sección cuadrada en caso de quererse hacer de bambú.

Estos datos son correctos para el tipo de bambú que vamos a utilizar que es el Bambusa, que se encuentra en Nepal. La altura del bambú de esta especie se encuentra entre 6 y 30 metros de altura, con un diámetro aproximado de 3 a 20 cm. Como se ha indicado con anterioridad, no es necesario realizar la estructura con bambú si no que se puede realizar con cualquier tipo de madera, es por eso que anteriormente se han mostrado los datos mínimos de la sección

cuadrada que deberían tener las vigas para sujetar la cubierta. Señalar que esos datos son los datos de una madera "C18" por tanto casi cualquier madera serviría para su aplicación.

Los encuentros que se van a realizar de las vigas con los pilares van a ser empotramientos, siendo los pilares de un diámetro de 20 cm y las vigas de 14 cm. como se acaba de ver. Se ha aumentado la sección de los pilares para que el empotramiento funcione de mejor manera y exista mayor unión.

El encuentro de las correas con las vigas también funciona con empotramiento pero es importante señalar que los agujeros que se le hagan no deben ser perpendiculares a la superficie si no con un ángulo que responde a la inclinación de la cubierta.

El último encuentro que tenemos para el sistema de la cubierta, es el uso de un gancho de fijación metálico donde fijamos los paneles de cubierta con los perfiles de bambú de las correas. Estos ganchos de fijación metálicos se encontrarían cada medio metro y en todas las correas que se encuentran separadas un metro.

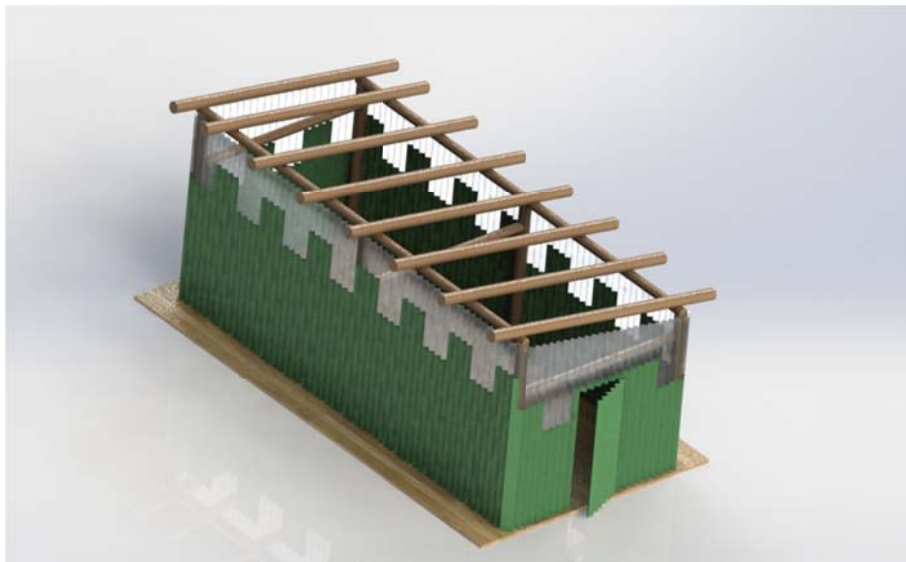


Fig. 69. Elementos estructurales. (Fuente: Elaboración propia).



Fig. 70. Detalle encuentro del pilar, viga y correa de bambú. (Fuente: Elaboración propia).

4.6. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE PANELES

Se ha calculado la resistencia que ofrecen los paneles cuando se aplica una carga en el punto más desfavorable del refugio que es el que se encuentra más lejano de los pilares y en las fachadas que mayor medida tienen, en definitiva, la fachada que mide siete metros de ancho por tres metros de alto.

Para la simulación se va a escoger únicamente de pilar a pilar por tanto la sección seleccionada será de 3,5 metros de ancho por 3 m de alto. La simulación se realizará con el programa ABAQUS® y se ha podido usar con la ayuda del ingeniero aeroespacial Miguel Ángel Rosique.

Se emplea para el análisis el algoritmo de Riks. La carga de referencia que se ha estimado ha sido 300 N ($LPF=P/P_{ref}=1$), esta carga es, aproximadamente, la que podría ejercer un niño que se haya caído o haya sufrido cualquier infortunio, se ha tomado a los niños como principal factor en contra de las paredes porque son los más propensos a sufrir caídas y a no prestar atención a muchos de sus actos.

La fuerza que se ha aplicado ha sido lo más desfavorable posible puesto que aplicó en la base de los paneles en dirección opuesta al empotramiento con los pilares y se añadieron tres puntos de contacto de 100 N cada uno.

El Arc Length es la magnitud de referencia del algoritmo, y permite saber en qué punto de la simulación nos encontramos, cuanta carga se está aplicando, de manera que si el ARCLength es de 0.06125, sabremos que en ese punto se está aplicando una fuerza mayor de 300 N puesto que ofrece un resultado LPF de 1.09, y como se ha enunciado antes el 1 equivalía a 300 N.

A continuación se pueden apreciar imágenes con diferentes LPF para ver la deformación y tensión equivalente de von Mises que muestran.

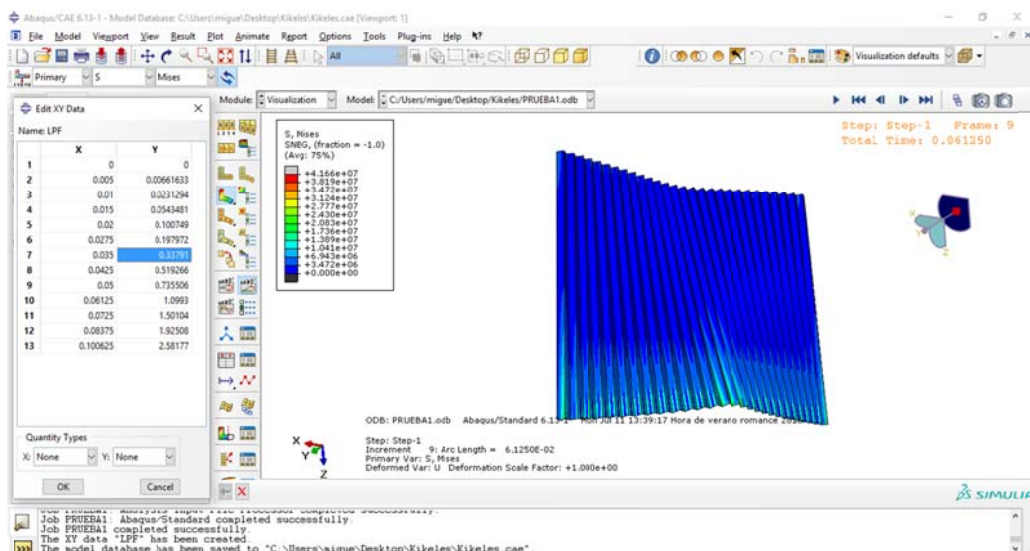


Fig.71. Calculo de tensión de rotura con un LPF de 1.09, 2016. (Fuente: Elaboración propia)

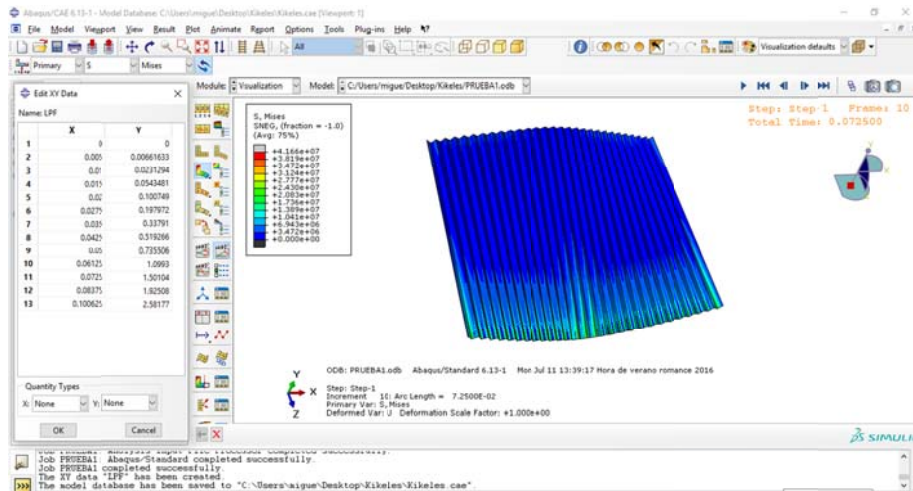


Fig.72. Calculo de tensión de rotura con un LPF de 1.50, 2016. (Fuente: Elaboración propia)

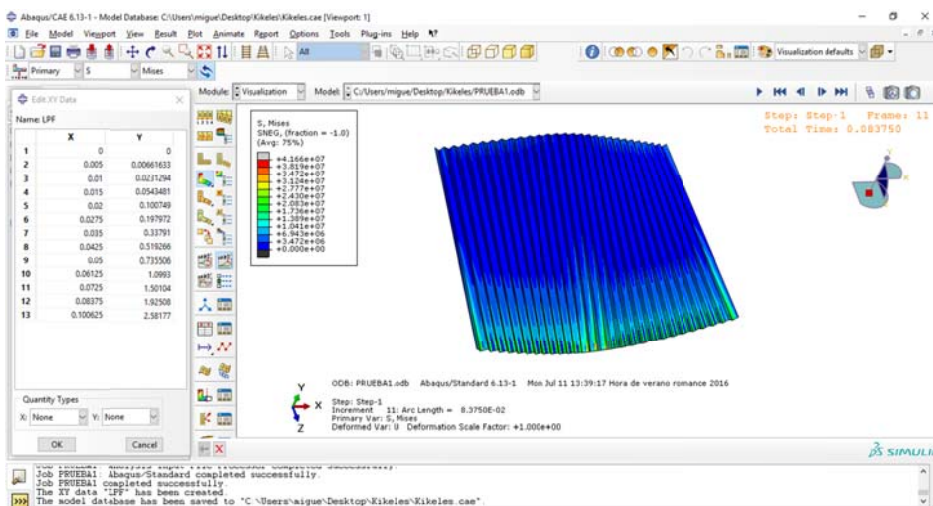


Fig.73. Calculo de tensión de rotura con un LPF de 1.90, 2016. (Fuente: Elaboración propia)

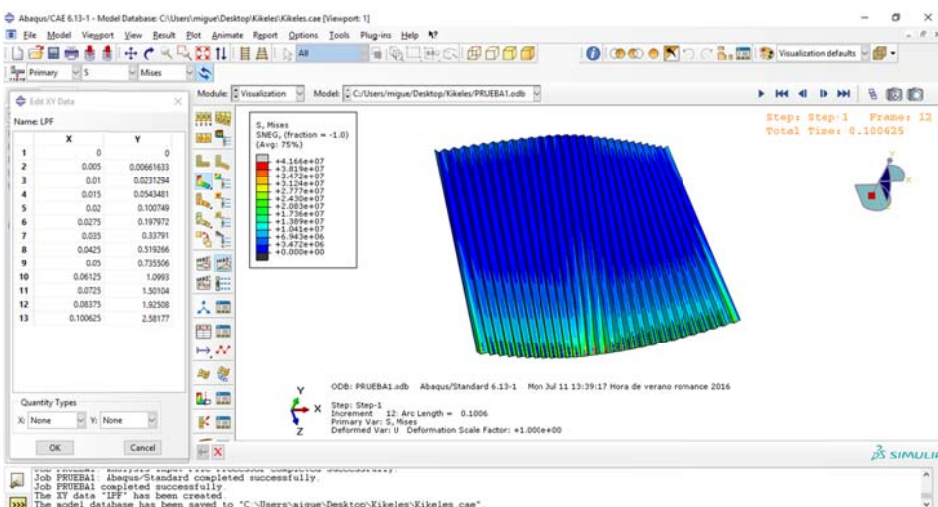


Fig.74. Calculo de tensión de rotura con un LPF de 2.58, 2016. (Fuente: Elaboración propia)

Sabiendo que el punto de tensión máxima del PET, que es el material utilizado, es de 55 MPa eso significa que aguanta una tensión de $5,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ por tanto se puede en la simulación se aprecia que se puede alcanzar un LPF de 2,58, equivalente a una carga de 774 N o incluso superior.

En definitiva la estructura está diseñada para soportar una gran fuerza debida a un posible impacto.

4.6 PROCESO DE FABRICACIÓN.

El proceso de fabricación llevado a cabo para obtener el producto anteriormente especificado dependerá del país donde se realicen los paneles, puesto que desde el punto de vista económico, en los países donde se encuentran las botellas de plástico, será posible su transformación y por lo tanto será más económico que adquirir la materia prima transformada, como se refleja en el apartado sobre viabilidad económica, ya que las máquinas empleadas poseen un largo tiempo de posible utilización.

En el proceso de fabricación se van a distinguir dos categorías principales: la de los países que disponen de la materia prima y la de los países que tengan que adquirirla. Para la primera categoría se incluyen todos los procesos que se siguen en la segunda salvo la compra de materia prima. Señalar, que aunque las plantas de reciclaje de botellas posean una maquina lavadora de botellas y es lo recomendable a la hora de reciclar como se muestra tanto en coparm.biz y en plastico.com, en el primer caso no sería necesario puesto que el coste por máquina es elevado pudiendo obtener un resultado similar lavándolas en el lugar de origen. En la siguiente tabla se muestra la maquinaria necesaria y las operaciones a realizar en ambas categorías centrándonos en Nepal y España.

Tabla 12. Maquinaria necesaria diseño paneles. (Fuente: Elaboración propia).

Maquinaria	PAIS	
	NEPAL	ESPAÑA
Lavadora	NO	NO
Máquina de trituración	SI	NO
Máquina compactadora	SI	NO
Máquina extrusora	SI	SI
Sistema de enfriamiento, cinta y cortadora	SI	SI

4.6.1. Proceso de fabricación en función de la materia prima.

En primer lugar, recopilar las botellas que se están considerando como residuos. Para este proceso en el análisis de la viabilidad económica, se ha considerado un gasto cero teniendo en cuenta que este trabajo será realizado de manera voluntaria y por lo tanto sin beneficio económico.

En segundo lugar, limpiar las botellas. Esta parte del proceso, tal y como se ha explicado previamente, tampoco se ha incluido como gasto puesto que se pueden limpiar en el lugar de origen y no tener que adquirir una maquina específica.

En tercer lugar, se deben triturar las botellas en trozos pequeños de manera que el fundido sea más fácil. Este tipo de máquinas tiene un precio variable dependiendo de la potencia que se desee. Para estas condiciones se ha seleccionado la de la figura 54, que tiene un precio de 9000 €, un rendimiento de 100 kg/hora y una vida útil de 6 años.



Fig. 75. Máquina trituradora. (Fuente: www.dforceblog.com, 2016)

Tanto la trituradora como la compactadora sirven para facilitar el fundido de los trozos de PET y mejorar su facilidad a la hora de transportarlo o de trabajar con él. Al igual que ocurre con los precios de la trituradora, los precios de las máquinas compactadoras suelen ser variables pero a diferencia de la anterior estos se basan en el rendimiento o capacidad. Se ha seleccionado una compactadora de 8500€ con un rendimiento de 180 Kg/hora y una vida útil de 25 años.



Fig. 76. Máquina compactadora. Fuente: (www.hedeifangai.com.cn, 2016)

Una vez realizados estos procesos, la materia prima está transformada y lista para ser extruida.

Las dos máquinas mencionadas son las necesarias en caso de que se posea la materia prima y no se adquiriera. Todos los procesos, a partir de los anteriores, son necesarios tanto si se posee como si es necesario adquirirlo.

4.6.1.1. Proceso de fabricación adquiriendo la materia prima.

Los procesos anteriores son necesarios para el reciclaje del material pero una vez se posee el material transformado, bien porque se ha adquirido desde otro lugar o porque se ha reciclado el proceso es el mismo.

En primer lugar la máquina necesaria será la extrusora. Esta máquina es la que transformará la materia prima en el perfil que se desee. Esta máquina funciona de la siguiente manera:

“El material se introduce en la máquina y cae dentro del tornillo interior siendo presionado hacia la salida, donde los inductores magnéticos funden el material y al estrecharse la atura aumenta la presión y por ende el calor por fricción. El PET fundido y comprimido es presionado hacia el extremo del tornillo y maleable por el calor fluye hacia el molde pero antes pasa por un filtro en su extremo pues este filtro retiene las impurezas que dañarían el molde y contaminaría el producto”, según G&B Import Latinoamérica, c.a.

A la hora de elegir la extrusora lo más importante es la presión a la que extruya, por eso se ha elegido una de 100 Kg/hora porque aunque en el mercado hay mayores con esta es suficiente para el trabajo que se pretende realizar. Tiene un coste de 4000€ y una vida útil de 15 años.

Aunque la mayoría de extrusoras llevan incluido el sistema de enfriamiento, la cinta y la cortadora, la máquina seleccionada no lo lleva incluido al ser más económica que las extrusoras habituales en el mercado.



Fig. 77. Máquina extrusora. (Fuente: www.solostock.com, 2016)

El siguiente proceso, el sistema de enfriamiento, la cinta y la cortadora son fundamentales a la hora de crear nuestro producto. La razón es que nada más extruir el material por el útil se debe enfriar para que no varíe su forma, transportar puesto que si no se bloquearía la salida del punto de extrusión y cortar cuando alcanza la temperatura que admite su corte, ya que se pueden producir tensiones si se realiza cuando ya se ha enfriado del todo.

Todo este proceso se ha podido comprobar con las empresas con las que se ha contactado, especialmente con Inplasva al permitirme acceder al interior de la fábrica donde estaban extruyendo en ese preciso momento.



Fig. 78. Sistema de enfriamiento, cinta y máquina cortadora. (Fuente: www.spanish.alibaba.com, 2016)

4.7 ENVASE Y EMBALAJE.

Para calcular el precio del embalaje se debe calcular el precio de papel film y de los pallets que se van a usar en la creación de un panel. Para este dato se debe tener en cuenta la cantidad que necesitamos para cubrir todos los paneles fabricados por las 100 Toneladas anteriormente nombradas.

- Sabiendo que cada panel son 2.048 Kg habrá que introducirlo de divisor entre los 100.000 kilos. Posteriormente habrá que calcular cuántos metros cuadrados son necesarios para embalar los 17 paneles que van en cada caja puesto que necesitamos 170 paneles para realizar el refugio. El ancho de la caja va a ser 116 mm porque la altura de los triángulos de los paneles es 65 mm y hay que añadirle los 17 paneles por su ancho que es 3 mm.

$$17 \times 3 = 51; 51 + 65 = 116 \text{ mm}$$

$$100.000 / 2.048 = 48828; 48828 / 17 = 2872 \text{ agrupaciones.}$$

- Para el embalaje se ha seleccionado un sistema de pallets y film con protecciones en los laterales que garantizan la integridad del material.

Cada pallet tendrá un peso aproximado de 350 kg y estará formado por 10 paquetes de 17 paneles que también estarán embalados con film, estos 10 paquetes serán los necesarios para realizar cada refugio. De este modo se garantiza la integridad de los paneles en su traslado en todo tipo de situaciones de emergencia, ya que solo tiene un peso de 35 kilos por paquete embalado de 17 paneles.

- Los 350 kg podrán ser soportados por el pallet ya que este tiene una capacidad de carga de 600 kg aproximadamente según www.mantenipal.com, (2016). Las medidas del pallet son 102x122 cm y el precio es de 2.47€. Este precio es el de un panel unitario, pero si se comprasen los 288 que serían necesarios para poder transportar todo el material que se ha comprado anteriormente se aplicaría un descuento en torno al 15% que establecería el precio unitario del panel en 2.10€. El precio habrá que dividirlo entre los 170 paneles que se ha establecido que debe aguantar cada pallet para obtener cuánto vale cada pallet respecto a un panel.

$$2.10 / 170 = 0.01\text{€/panel}$$

- Para las labores de packaging se solicitarán los servicios de una empresa cuyo modelo de negocio es ceder las involucradas de manera gratuita, por lo que el único gasto imputable es del Film suministrado. Se ha seleccionado por sus prestaciones, el denominado “film dispensador” de un peso aproximado por bobina de 54kg y tamaño de precorte 1300 x 1500 mm.
- La empresa realiza un estudio previo para optimizar el gasto de film, y dado el volumen de compra previsto, las empresas consultadas han proporcionado un valor aproximado de 0.1€ /panel en concepto total de embalaje.

En definitiva, se tiene un gasto de envase y embalaje de 0.11€/panel que se deberá sumar en la viabilidad económica a los costes de fabricación, mano de obra, materia prima, costes de fábrica y costes indirectos.

4.8 VIABILIDAD ECONÓMICA

FABRICACIÓN DE UN PANEL. Estimación del valor de costo de un panel.

Tabla 13. Costo de fabricación de un panel. (Fuente: Elaboración propia).

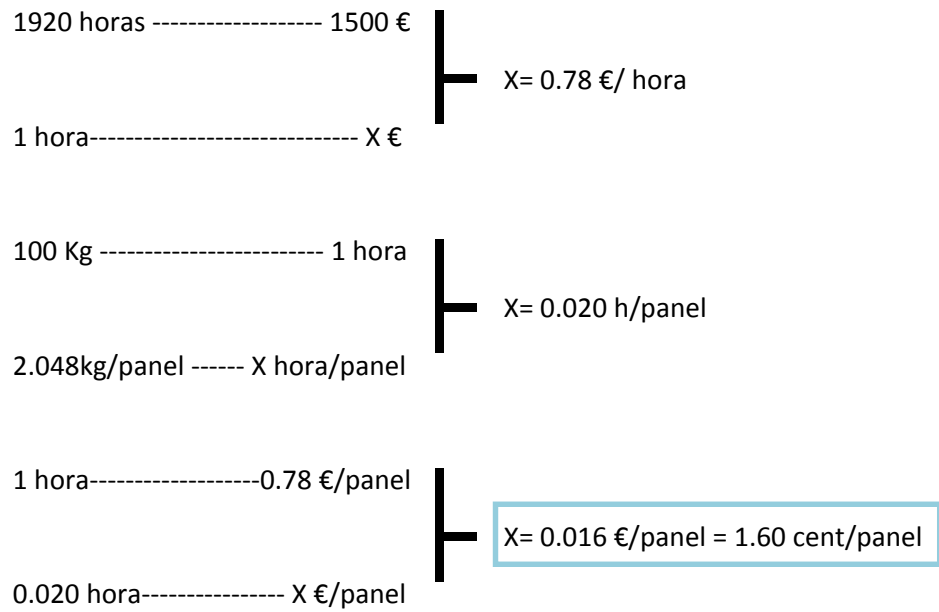
	RENDIMIENTO (kg/h)	COSTE TOTAL (€)	VIDA ÚTIL (años)	AMORTIZACIÓN ANUAL (€/año)
Lavadora				
Máquina de Trituración	100	9000	6	1500
Máquina Compactadora	180	8500	25	340,00
Máquina Extrusora	100	4000	15	267
Útil de la extrusora	155	45000	15	3000
Sistema de enfriamiento, cinta y cortadora	100	111200	15	747

1 AÑO= 240 días útiles X 8 horas hábiles cada día= 1920 hora/año

Para hacer un panel necesitamos 2.048 Kg

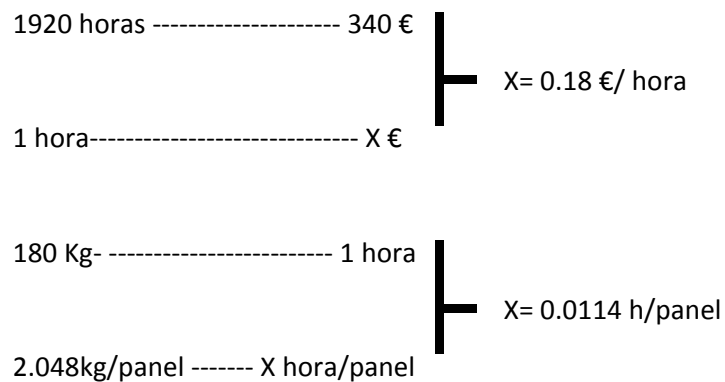
MÁQUINA DE TRITURACIÓN:

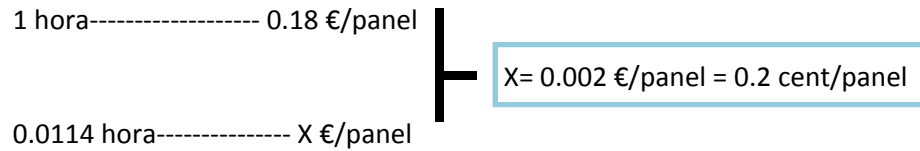
- RENDIMIENTO= 100 Kg/h
- AMORTACIÓN= 1500 €/año



MÁQUINA COMPACTADORA:

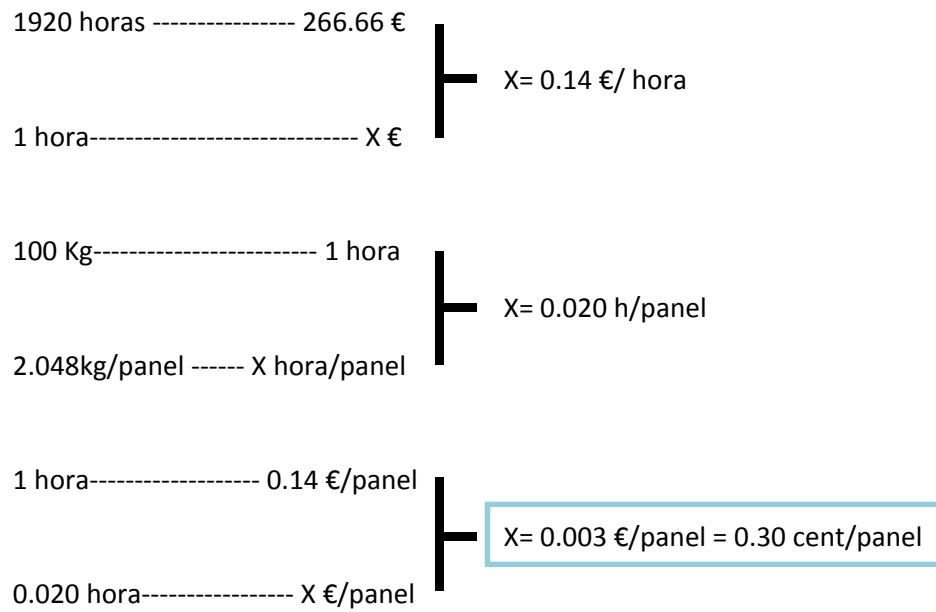
- RENDIMIENTO= 180 Kg/h
- AMORTACIÓN= 340 €/año





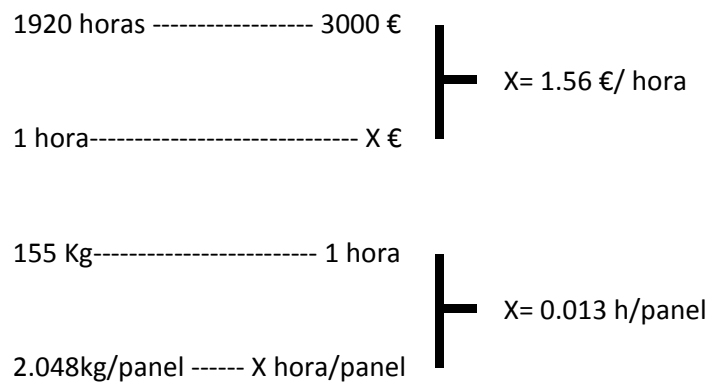
MÁQUINA EXTRUSORA:

- RENDIMIENTO= 100 Kg/h
- AMORTACIÓN= 266.66 €/año



ÚTIL DE LA EXTRUSORA

- RENDIMIENTO= 155 Kg/h
- AMORTACIÓN= 3000 €/año



$$\begin{array}{l} 1 \text{ hora} \text{-----} 1.56 \text{ €/panel} \\ 0.013 \text{ hora} \text{-----} X \text{ €/panel} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \text{ hora} \\ 0.013 \text{ hora} \end{array}} \right\} X = 0.021 \text{ €/panel} = 0.21 \text{ cent/panel}$$

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO, CINTA Y CORTADORA.

- RENDIMIENTO= 100 Kg/h
- AMORTACIÓN= 746.66 €/año

$$\begin{array}{l} 1920 \text{ horas} \text{-----} 746.67 \text{ €} \\ 1 \text{ hora} \text{-----} X \text{ €} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1920 \text{ horas} \\ 1 \text{ hora} \end{array}} \right\} X = 0.39 \text{ €/ hora}$$

$$\begin{array}{l} 100 \text{ Kg} \text{-----} 1 \text{ hora} \\ 2.048\text{kg/panel} \text{-----} X \text{ hora/panel} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 100 \text{ Kg} \\ 2.048\text{kg/panel} \end{array}} \right\} X = 0.020 \text{ h/panel}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ hora} \text{-----} 0.39 \text{ €/panel} \\ 0.020 \text{ hora} \text{-----} X \text{ €/panel} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \text{ hora} \\ 0.020 \text{ hora} \end{array}} \right\} X = 0.008 \text{ €/panel} = 0.80 \text{ cent/panel}$$

LISTA DE MAQUINARIA NECESARIA PARA FABRICAR EN...

Tabla 14. Maquinaria necesaria fabricación de un panel. (Fuente: Elaboración propia).

Maquinaria	PAIS	
	NEPAL	ESPAÑA
Lavadora	NO	NO
Máquina de trituración	SI	NO
Máquina compactadora	SI	NO
Máquina extrusora	SI	SI
Útil de extrusión	SI	SI
Sistema de enfriamiento, cinta y cortadora	SI	SI

COSTE DE 1 PANEL FABRICADO

Tabla 15. Coste de fabricación de panel. (Fuente: Elaboración propia).

Maquinaria	COSTE POR PAIS (€/Panel)	
	NEPAL	ESPAÑA
Lavadora		
Máquina de trituración	0,016	
Máquina compactadora	0,002	
Máquina extrusora	0,003	0,003
Útil de extrusión	0,021	0,021
Sistema de enfriamiento, cinta y cortadora	0,008	0,000
COSTES DE FABRICACIÓN	0,050	0,032

COSTES DE TIEMPO POR PLACA

Tabla 16. Tiempo de fabricación. (Fuente: Elaboración propia).

Maquinaria	TIEMPO POR PAIS (h/Panel)	
	NEPAL	ESPAÑA
Lavadora		
Máquina de trituración	0,0200	
Máquina compactadora	0,0114	
Máquina extrusora	0,0200	0,0200
Útil de extrusión	0,0130	0,0130
Sistema de enfriamiento, cinta y cortadora	0,0200	0,0200
TIEMPO FABRICACIÓN	0,0844	0,0530

CÁLCULO DE LA MANO DE OBRA

La mano de obra ha sido realizada en base al salario mínimo profesional en ambos países. El dato ha sido calculado para un único operario.

- El sueldo mínimo en Nepal es de 69€ en el año 2013 según www.datosmacro.com (2013). Por tanto, este sueldo habría que dividirlo entre 20 y entre 8 porque se quiere respetar los convenios de horario de trabajo establecidos de 20 días por mes y 8 horas por día. Estas operaciones se realizan para calcular cuánto dinero por hora cobra un trabajador en la fabricación de un panel y añadirle un 50 % respecto al precio por el tiempo que tardaba la mano de obra. Posteriormente habría que multiplicar por cuanto tiempo llevan las operaciones de fabricación realizadas por ese operario.

$$69/20= 3.45 \quad 3.45/8= 0.43 + 0.21= 0.64 \quad 0.64 \times 0.0844 = 0.054 \text{ €/panel}$$

- El sueldo mínimo en España es de 764€ en el año 2016 según www.datosmacro.com (2016). Por tanto, este sueldo habría que dividirlo entre 20 y entre 8 porque se quiere respetar los convenios de horario de trabajo establecidos como se ha hecho con Nepal.

$$764/20= 38.2; 38.2/8= 4.78 + 2.39= 7.17; 7.17 \times 0.053 = 0.38 \text{ €/ panel}$$

CÁLCULO DE MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada va a ser el Tereftalato de Polietileno (PET) pero teniendo en cuenta que si se fabrica en Nepal se van a usar botellas de plástico que se encuentren en el lugar, únicamente se ha de calcular el PET reciclado que se comprará para fabricar el producto en España. Se ha apreciado que el precio del PET es muy variable en función de las cantidades que se compren puesto que 1 Kilogramo cuesta entre 3 y 6 céntimos y 1 Tonelada entre 500 y 600 € según www.levante-emw.com pero según se dice en la página www.solostocks.com el pedido mínimo que se puede hacer es el de 100 Toneladas y el precio es el 13.500€. Con el precio recibido de la mínima cantidad posible de PET se va sacar el precio de cada panel.

- Sabiendo que el PET mínimo que se puede comprar es el de 100T y que su precio es de 13.500€ si para cada panel se necesitan 2,048 Kg para saber cuántos paneles se pueden obtener de dicha cantidad se tendrá que hacer una regla de tres entre los pesos y el precio.

100.000 Kg	-----	13.500€	}	X= 0.28 €
2.048kg/panel	-----	X €		

Tabla 17. Coste total de un panel. (Fuente: Elaboración propia).

	Datos significativos	Nepal	España
COSTE DE FABRICACIÓN		0.050 €/panel	0.032 €/panel
MANO DE OBRA	1 Operario	0.054 €/panel	0.380 €/panel
MATERIA PRIMA	(Únicamente en España)	— €/panel	0.280 €/panel
COSTES DE FÁBRICA	(Costes de fabricación+ Mano de obra+ Materia prima)	0.104 €/panel	0.692 €/panel
COSTES INDIRECTOS	3% del coste de fábrica	0.003 €/panel	0.013 €/panel
COSTES DE EMBALAJE		0.110€/panel	0.110€/panel
COSTE TOTAL DE UN ÚNICO PANEL		0.217€/panel	0.815€/panel

Una vez que se conoce el precio unitario de un panel únicamente habrá que dividir las 100 toneladas que tenemos de material entre el peso de cada placa para calcular el número de placas que tendremos.

$$100000\text{Kg}/2.048\text{ kg} = 48828.125 \approx 48828\text{ placas.}$$

Para calcular los costes de los diferentes apartados habrá que multiplicar el coste unitario por todas las placas que tendremos con el material que hemos comprado. Se sumarán todos los costes y tendremos el precio total.

Tabla 18. Coste total de los paneles. (Fuente: Elaboración propia).

	Operación para Nepal	Nepal	Operación para España	España
COSTE DE FABRICACIÓN	0.050 €/panel X 48828 paneles	2441.400 €	0.032 €/panel X 48828 paneles	1562.496 €
MANO DE OBRA	0.054 €/panel X 48828 paneles	2636.712 €	0.380 €/panel X 48828 paneles	18554.640 €
MATERIA PRIMA	—	—	0.280 €/panel X 48828 paneles	13500.000 €
COSTES DE FÁBRICA	0.104 €/panel X 48828 paneles	5078.112 €	0.692 €/panel X 48828 paneles	33617,136 €
COSTES INDIRECTOS	0.003 €/panel X 48828 paneles	146.484 €	0.013 €/panel X 48828 paneles	634.764 €
COSTES DE EMBALAJE	0.110€/panel X 48828 paneles	5371.080 €	0.110€/panel X 48828 paneles	5371.080 €
COSTE TOTAL DE LOS PANELES	0.217€/panel X 48828 paneles	15095.676 €	0.815/panel X 48828 paneles	39622.980 €

5. PLIEGO DE CONDICIONES

5.1.- CONDICIONANTES DE DISEÑO:

El objetivo es conseguir un panel que permita construir refugios de emergencia en cualquier parte de mundo, respondiendo a las necesidades básicas de los damnificados, garantizando la salubridad incluso si la situación de emergencia se prolonga en el tiempo.

Se persigue la sostenibilidad del proceso por lo que se utiliza como materia prima el plástico reciclado PET, que se encuentra en las botellas de diferentes tamaños y bebidas. Se busca resolver dos problemas de modo simultáneo:

- Las necesidades de alojamiento de los refugiados en distintas partes del mundo
- La mejora del medio ambiente, al eliminar residuos de una manera productiva.

Los condicionantes para alcanzar este objetivo son:

- a) Obtener un diseño innovador, sencillo y atractivo.
- b) Es necesario que su montaje se pueda realizar por trabajadores no cualificados (en muchos casos sus futuros ocupantes) y con herramientas muy rudimentarias.
- c) Debe ser un producto sostenible, utilizando tecnología y materiales que permitan garantizar la sustentabilidad del proceso.
- d) Debe ser geoméricamente estable y ligero para facilitar su transporte y desarrollo.

5.2.- CONDICIONANTES TÉCNICOS:

El panel PET para cerramiento en refugios de emergencia es un producto con una estructura alveolar para la estabilidad del mismo que podrá ser utilizado como molde para cubrirlo de tierra y agua de manera que cree una masa sólida como se crean los refugios en lugares que no tienen muchos recursos como algunos países africanos.

Otra opción es añadir otros elementos como un tratamiento de protección ultravioleta en la fabricación del panel pero esto incrementaría considerablemente el precio de los paneles.

Para describir adecuadamente los condicionantes técnicos se han especificado en:

- 1.- Normativa de aplicación.
- 2.- Tipos de Panel.
- 3.- Dimensiones y Tolerancias.
- 4.- Medidas de seguridad.
- 5.- Otros Condicionantes.
- 6.- Condiciones de embalaje y almacenaje.

5.2.1.- Normativa de aplicación:

Respecto a las características constructivas del material, dentro de las más de 1100 normas UNE referentes a plásticos, su fabricación y desarrollo se han seleccionado las que definen más directamente las características de los paneles:

- UNE-EN 15348 Plásticos. Plásticos reciclados. Caracterización de reciclados de poli(tereftalato de etileno) (PET). (Versión española 15348: 2007. Prueba de Composición) (2)
- UNE 53957 Plásticos. Determinación de la planicidad de materiales plásticos en forma de hojas, láminas, planchas o bloques. (4)
- UNE 53234 Plásticos. Materiales poliméricos celulares flexibles. Determinación de la resistencia al desgarro. Método de desgarro radial. (4)
- UNE – EN 15347: 2008: Plásticos, Plásticos reciclados. Caracterización de residuos plásticos. (4)

Por otro lado, para garantizar las resistencias mecánicas tanto de la estructura como del panel, se han utilizado las normativas de cálculo de estructuras españolas.

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (3)
- Normas Técnicas de la Edificación: Paneles de fachada (1)
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y Edificación NSCE:02

(1) http://www.cat-coacm.es/es/normativa-documentos-de-apoyo--cte-.zhtm?arg_url_left=179,205,319

(2) <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/37/residuos-plasticos/256/normativa-tecnica.html>

(3) <http://www.codigotecnico.org/>

(4) http://www.aenor.es/aenor/normas/ediciones/fichae.asp?codigo=8592#.V2wRB_mLSUk

5.2.2. Tipos de panel: dimensiones y características.

Se plantea un único tipo de panel para simplificar el montaje. Se utilizará la misma pieza tanto en fachada como en cubierta, una vez contrastadas las capacidades mecánicas y de resistencia a la humedad, dada su colocación en fachada y cubierta.

Datos técnicos del Panel:

- Dimensiones del panel: 500 X 1000 X 3 mm
- Peso del Panel: 2.048 Kg
- Número de paneles por refugio: 170 unidades
- Número de paneles por unidad de empaquetado. 17

Tabla 19. Datos técnicos del PET. (Fuente Fuente: Industria del Plástico. Plástico Industrial. Richardson & Lokensgard. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/05/pet.html>).

Densidad	g/cm ³	1,34 – 1.39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza	--	Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ / °C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 - 254

5.2.3. Tolerancias.

A falta de normativa de referencia concreta sobre tolerancias de paneles de estas características concretas se han adoptado las tolerancias dimensionales de longitud y anchura definidas en la norma UNE 53957

- longitud y anchura ± 5 mm
- rectitud de cantos 1,5 mm/m
- en escuadría 2,0 mm/m
- grosor definidas en la norma UNE
- Para gruesos $\# 100$ mm: (-1 / +1) mm

La comprobación de las dimensiones requiere utilizar calibres, flexómetros y reglas rígidas.

Se puede realizar directamente durante el proceso de fabricación por el personal o acudir a técnicos cualificados o laboratorios acreditados.

5.2.4. Medidas de seguridad.

Se especificará, cuando se requiera según su ubicación y posible riesgo, su reacción al fuego y propagación del fuego exterior. Se contrastará su resistencia en condiciones extremas (especialmente terremotos, dada su ubicación inicial en Nepal) reflejadas en el Código Técnico de la Edificación (CTE) o la norma del lugar del emplazamiento.

5.2.5. Otras Propiedades.

Se exigirá, en función del lugar de instalación del refugio, de sus condiciones físicas y de las prestaciones que indique el Código Técnico de la Edificación (CTE) o la norma del lugar del emplazamiento, los datos correspondientes a las propiedades:

- Resistencia mecánica y estabilidad
- Permeabilidad al agua líquida
- Permeabilidad al vapor de agua
- Resistencia a los rayos ultravioletas.
- Variaciones dimensionales (relacionadas con la penetración de agua)
- Propiedades mecánicas para determinar si el panel es autoportante (en qué grado)
- Resistencia mecánica de las uniones.
- Resistencia a tracción y compresión.
- Efecto de la temperatura sobre el conjunto.
- Aislamiento térmico
- Permeabilidad al aire
- Durabilidad y grado de deterioro progresivo.

5.2.6 Condiciones de suministro, embalaje y almacenamiento.

Los paneles se presentan paletizados, siendo la dimensión del pallet en función del número de módulos de embalaje ya que para garantizar la integridad de los paneles se embalarán en grupos de 17 unidades, con film de plástico como viene indicado en el apartado 4.8, envase y embalaje.

Todos los pallets irán etiquetados, figurando generalmente en la etiqueta los siguientes datos:

- Fecha de empaquetado.
- Composición del panel.
- Medidas del panel.
- Nº de paneles por paquete.

Además figurará la señalización de fragilidad y protección de la lluvia. En algunos casos, figuran también las instrucciones para su carga y descarga. Así como el montaje de las estructuras complementarias a realizar in situ (explanación, estructura de bambú complementaria,...)

Los paneles una vez recibidos en el destino de emergencia deben mantenerse en su pallet sin desembalarse hasta su puesta en obra, sin quitar ni plásticos ni embalajes para garantizar su protección. Los pallets se almacenarán en lugares planos, limpios y protegidos. No se apilarán más de 170 paneles en un mismo pallet aunque éste pueda aguantar un peso de 290 paneles porque el peso máximo resistente de un pallet es de 600 Kg aproximadamente.

Los paneles estarán almacenados y listos en los pallets, preparados para afrontar la siguiente situación de emergencia. Como ya se comentó con anterioridad, los desastres naturales son desastres que se repiten año tras año y no se pueden predecir ni evitar en su mayoría.

6. CONCLUSIONES

6.1 CONCLUSIONES

El diseño del panel se ha planteado como una pieza que pueda ofrecer servicio en situaciones de crisis, configurando un elemento sostenible en el ámbito económico, social y ambiental.

El producto supone una oportunidad para los damnificados al proporcionarles un refugio temporal estable construido a partir de un único elemento que consigue conformar cerramientos y cubierta. El estudio del proceso de implementación evalúa el beneficio social de instalar la producción del panel en las proximidades del entorno de manera temporal. De este modo se puede crear un foco de atracción económica que colabore en la recuperación del país y muy especialmente en los lugares más dañados.

Las selección de la materia prima y su proceso de fabricación son claves en para la configuración de la pieza. El reciclaje consigue simultanear la sostenibilidad social con la ambiental, colaborando en la recuperación del lugar.

Las características del panel, tamaño, geometría, forma y proceso de extrusión consiguen responder a los objetivos de ligereza, simplicidad de montaje, resistencia y estabilidad. Posibilitando la construcción del refugio por sus futuros habitantes con un proceso de montaje que no precisa mano de obra cualificada ni unos medios auxiliares complejos para garantizar su eficiencia.

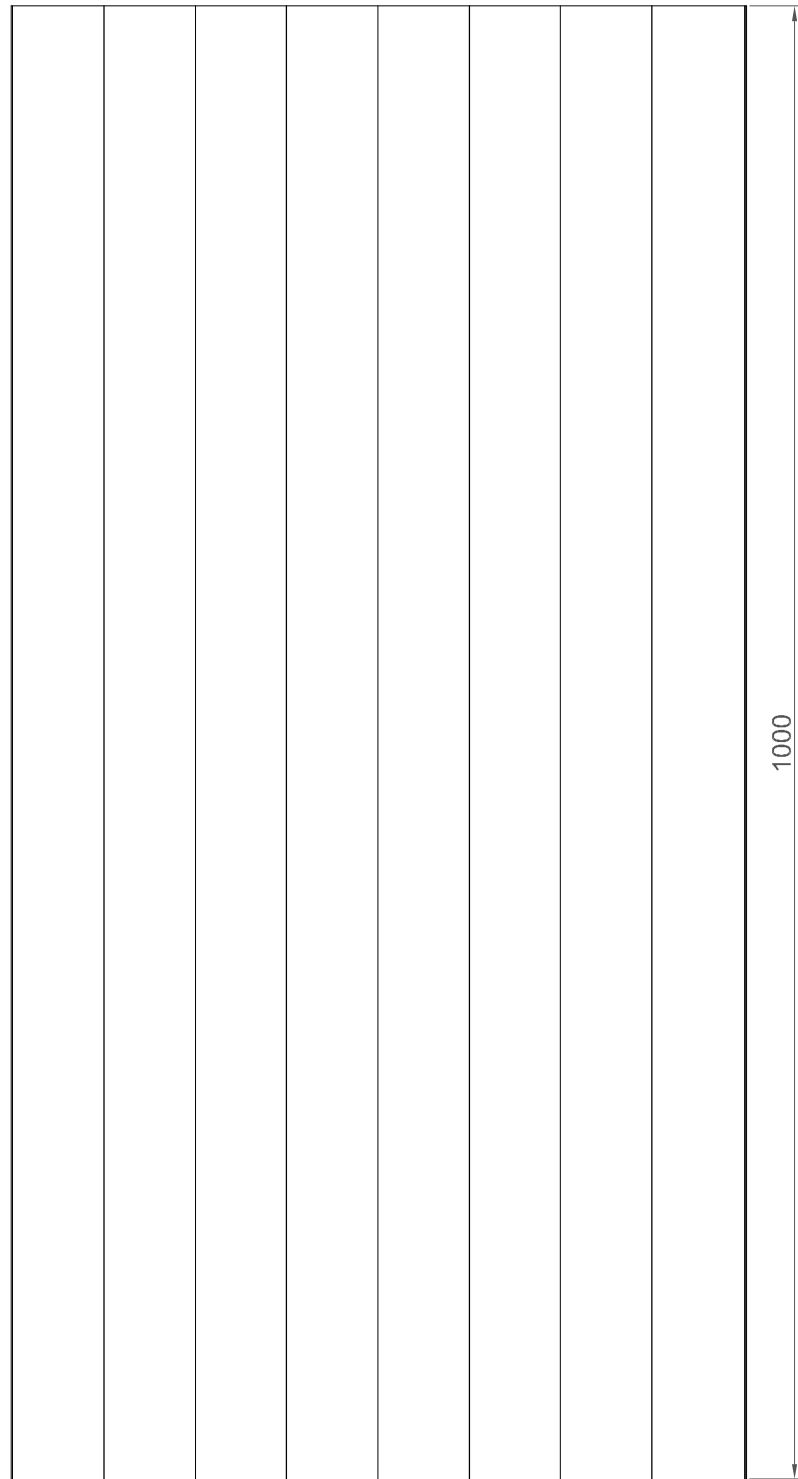
Todo el proceso de investigación desarrollado en este Trabajo Final de Grado (TFG), y la metodología utilizada ha permitido testar las distintas variables planteadas, evaluando cada una de las fases para prever las posibles dificultades e inconvenientes para adaptar el proyecto progresivamente, solventándolas y enriqueciendo el diseño hasta hacer viable la solución propuesta:

Una pieza sostenible que pueda servir de ayuda en situaciones de crisis, colaborando en la recuperación de zonas damnificadas desde un enfoque sostenible y con una visión a largo plazo.

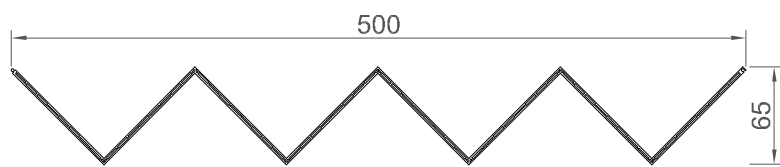
7. PLANOS

7.1 ÍNDICE DE PLANOS

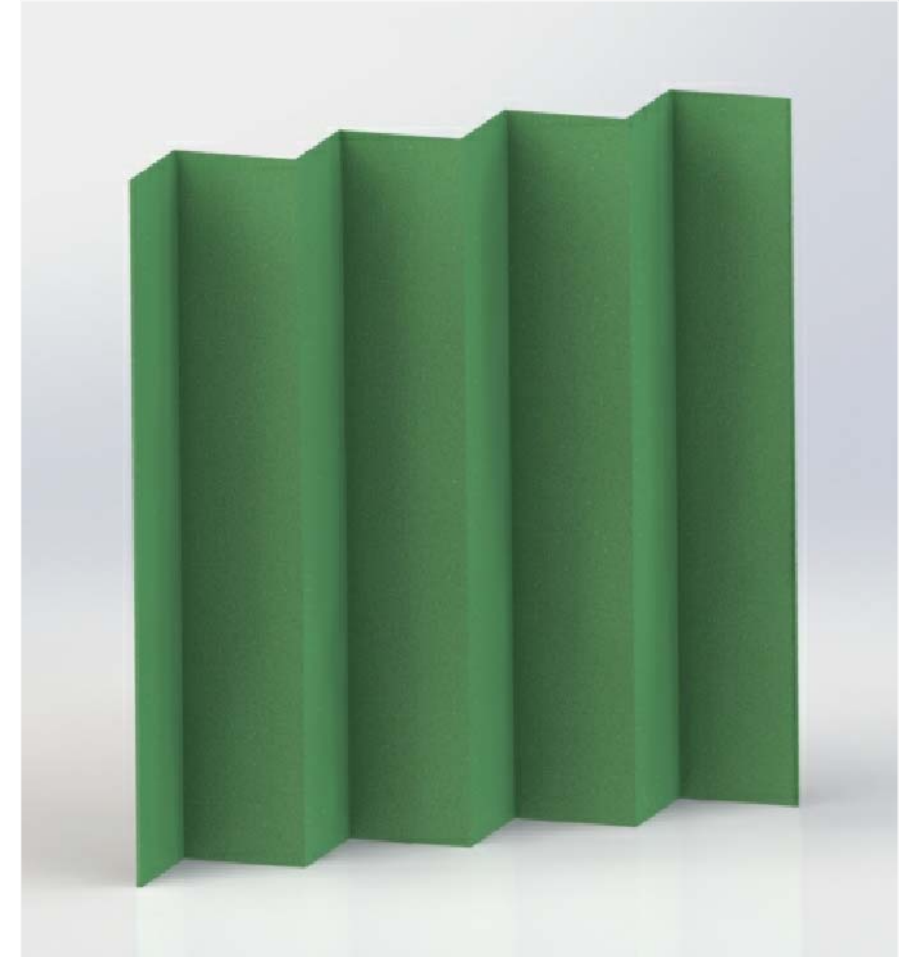
- 1. Panel. Planta y alzado.**
- 2. Panel: Detalles machihembrado.**
- 3. Panel: Detalles unión esquina.**
- 4. Refugios de emergencia: Plantas y secciones.**
- 5. Refugios de emergencia: Despiece de paneles.**



Alzado Panel
E: 1/5



Planta Panel
E: 1/5



Infografía Panel

NOTA: Cotas en mm



TRABAJO FIN DE GRADO EN
INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y
DESARROLLO DEL PRODUCTO

DISEÑO DE SISTEMA DE PANELES
DE PLÁSTICO RECICLADO:
APLICACIÓN A REFUGIOS DE
EMERGENCIA

Plano:

**PANEL:
PLANTA Y ALZADO**

E: 1/5

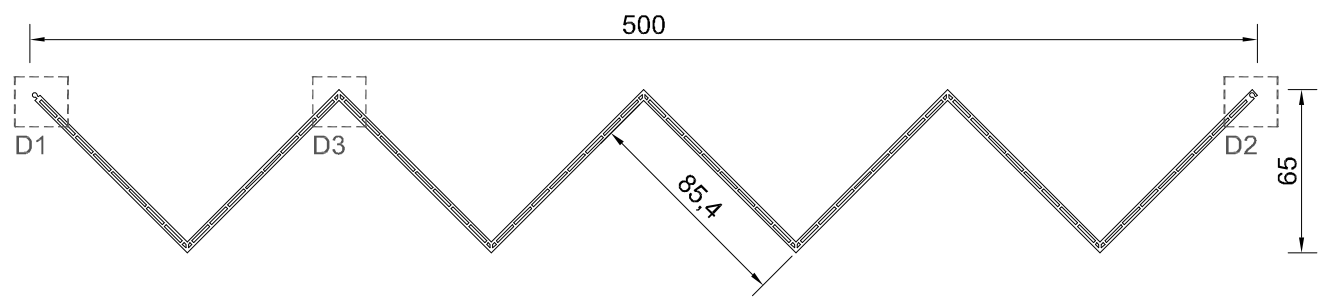
Curso Académico: 2015-16

Autor:

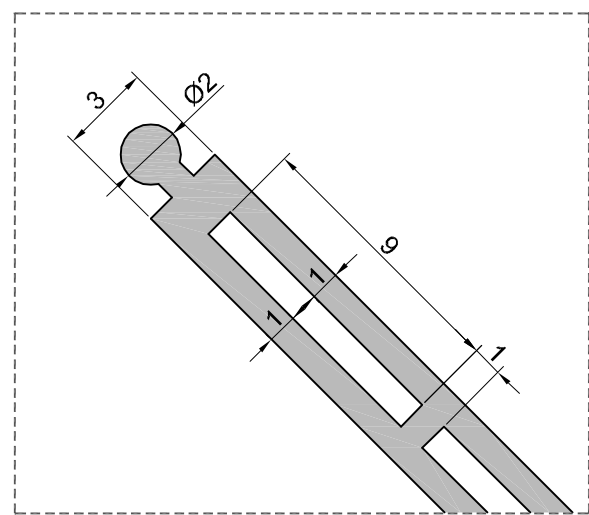
ENRIQUE MÍNGUEZ ROS

Tutor:

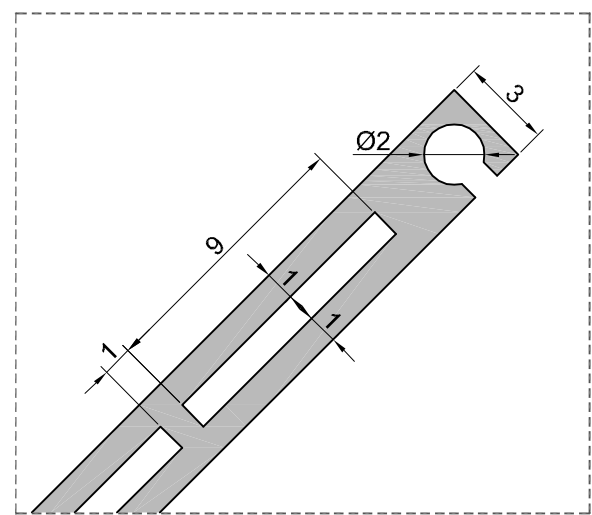
MARINA PUYUELO CAZORLA



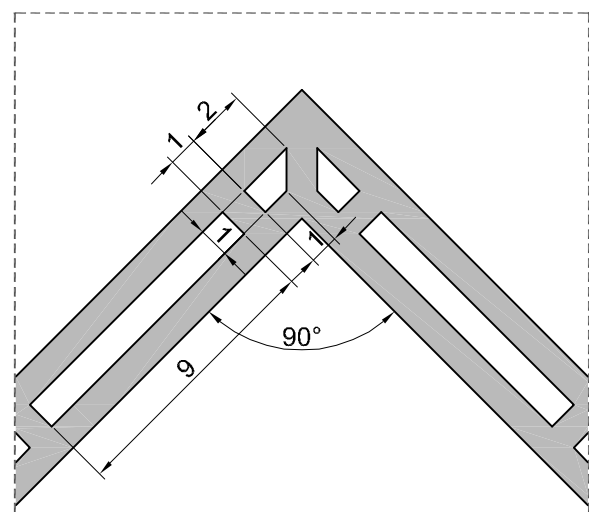
Planta Panel
E: 1/3



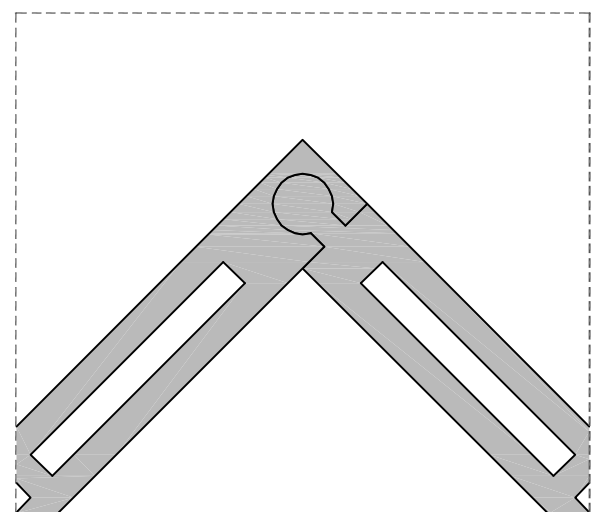
D1. Detalle extremo conexión macho
E: 4/1



D2. Detalle extremo conexión hembra
E: 4/1



D1. Detalle esquinas intermedias
E: 4/1



Detalle de unión paneles (machihembrado)
E: 4/1



Infografía Panel. Sección Transversal



Infografía Panel
Detalle conexión macho



Infografía Panel
Detalle conexión hembra

NOTA: Cotas en mm


 UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIA
 
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FIN DE GRADO EN
INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y
DESARROLLO DEL PRODUCTO

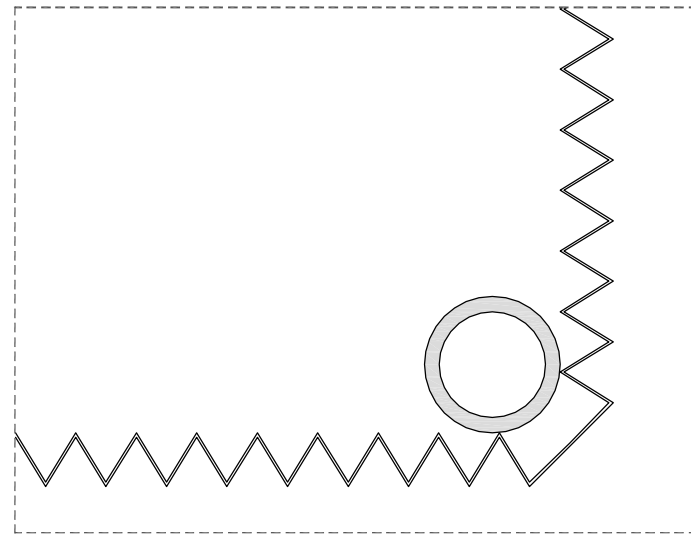
DISEÑO DE SISTEMA DE PANELES
DE PLÁSTICO RECICLADO:
APLICACIÓN A REFUGIOS DE
EMERGENCIA

Plano:
**PANEL:
DETALLES MACHIHENBRADO**

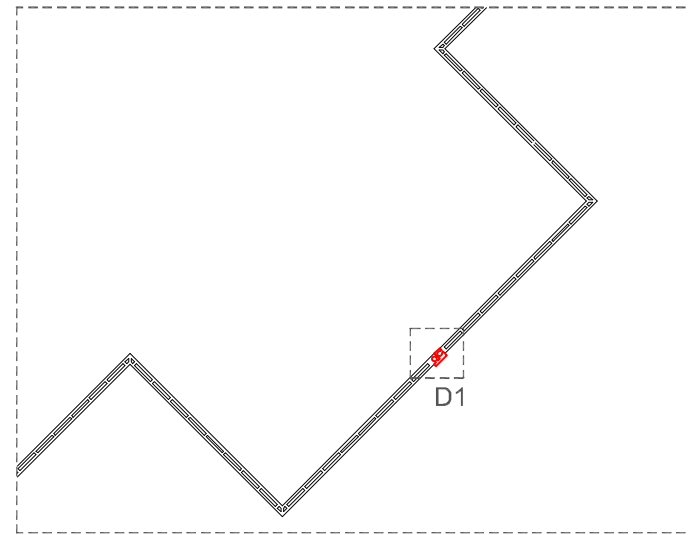
E: 1/3; 4/1 Curso Académico: 2015-16

Autor:
 ENRIQUE MÍNGUEZ ROS

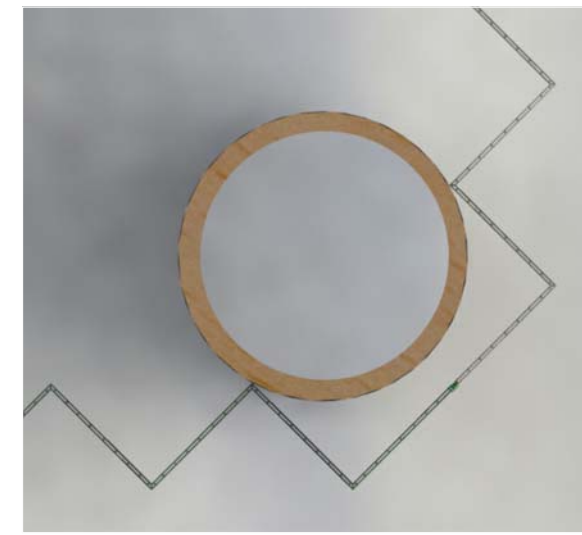
Tutor:
 MARINA PUYUELO CAZORLA



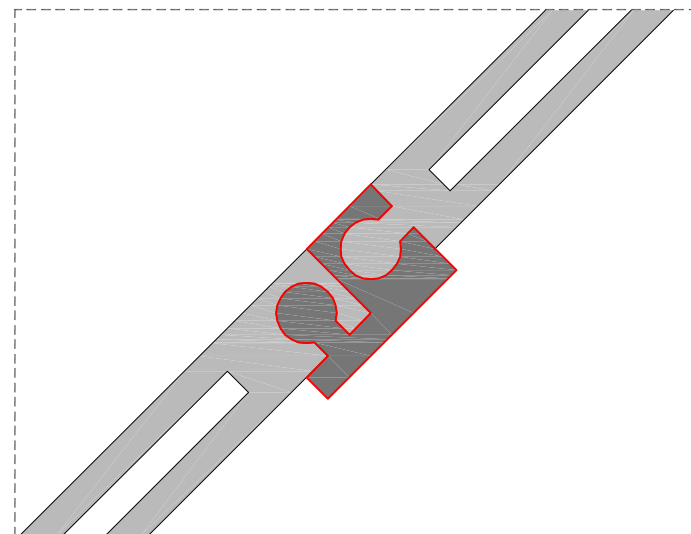
Planta. Detalle de Esquina
E: 1/3



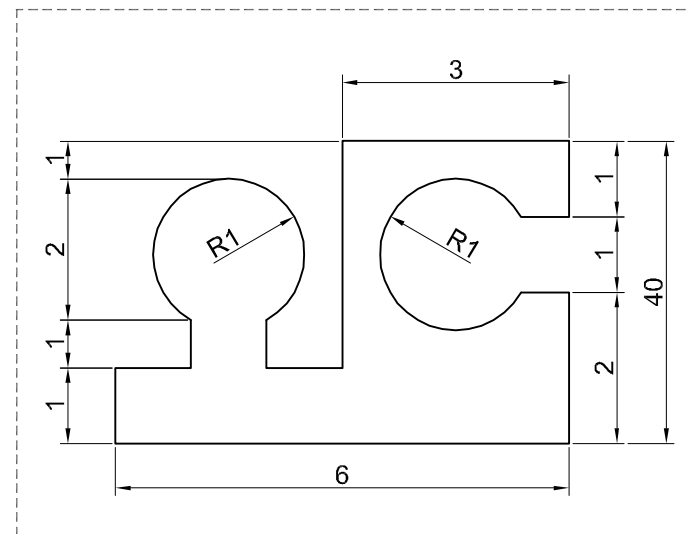
Detalle Unión Paneles en Esquina. Planta
E: 1/3



Infografía. Detalle de Esquina



D1. Detalle conexión paneles esquina
E: 4/1



Pieza conexión esquinas. Cotas
E: 1/3

NOTA: Cotas en mm




TRABAJO FIN DE GRADO EN
 INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y
 DESARROLLO DEL PRODUCTO

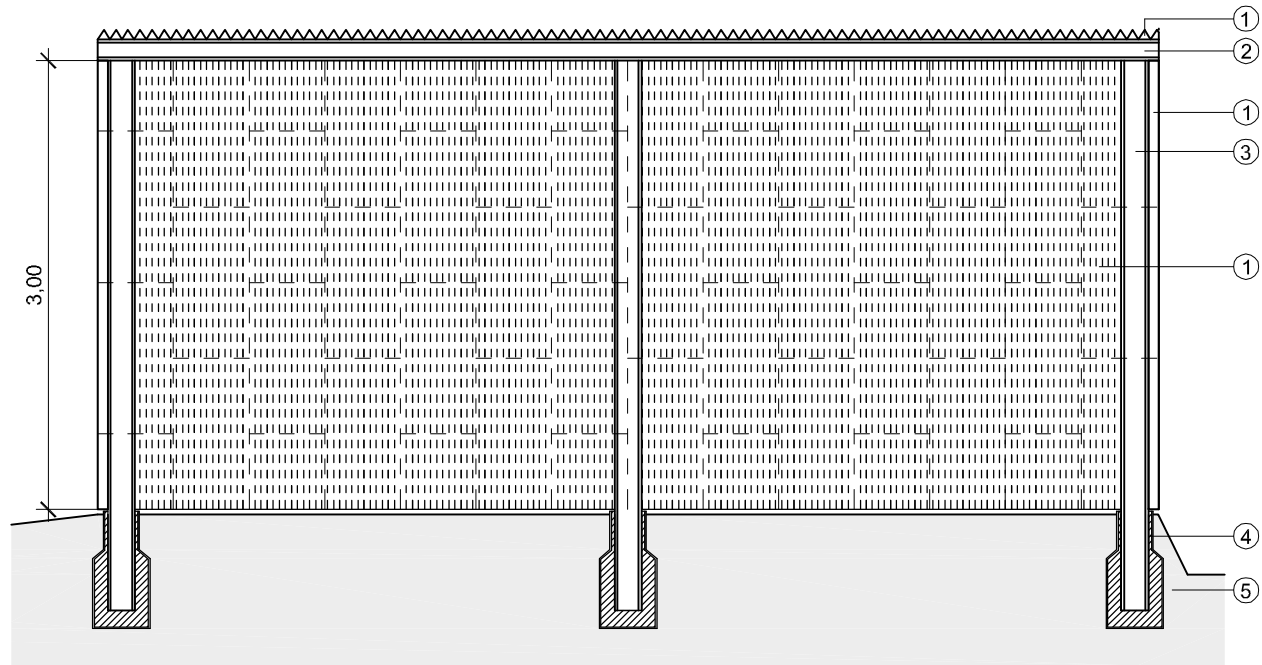
DISEÑO DE SISTEMA DE PANELES
 DE PLÁSTICO RECICLADO:
 APLICACIÓN A REFUGIOS DE
 EMERGENCIA

Plano:
**PANEL:
 DETALLES UNIÓN ESQUINAS**

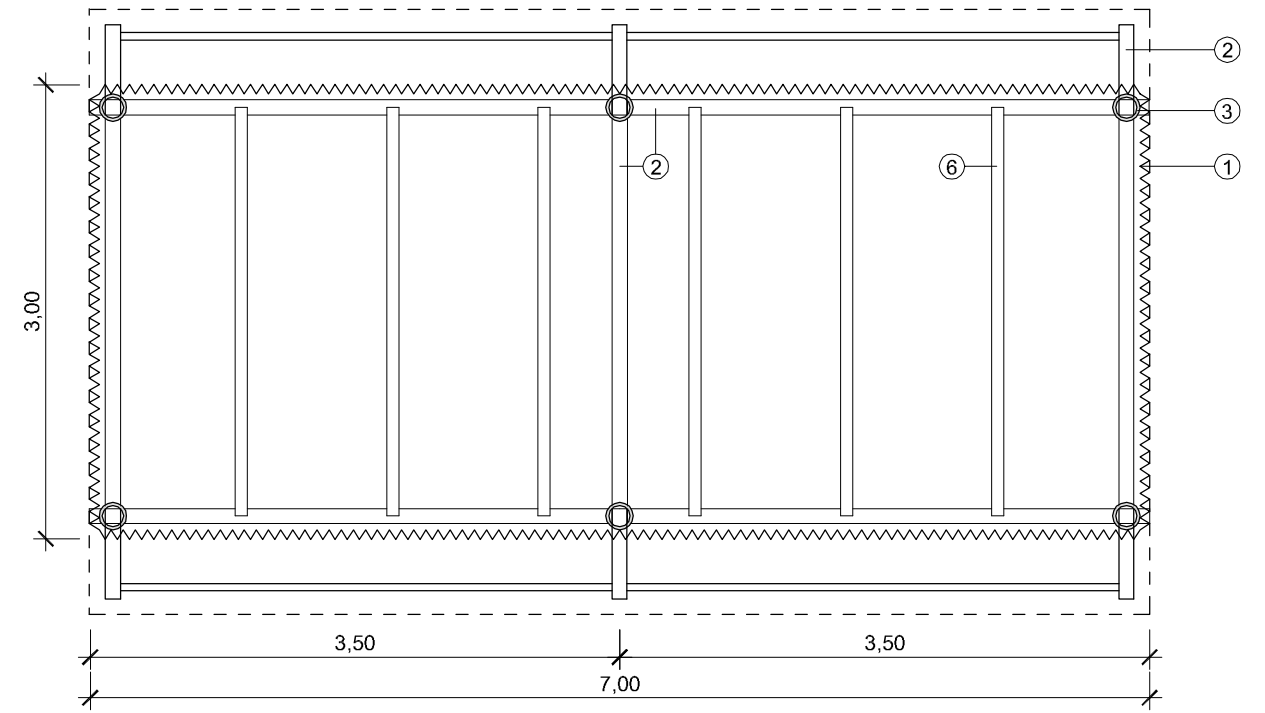
E: 1/3; 4/1 Curso Académico: 2015-16

Autor:
 ENRIQUE MÍNGUEZ ROS

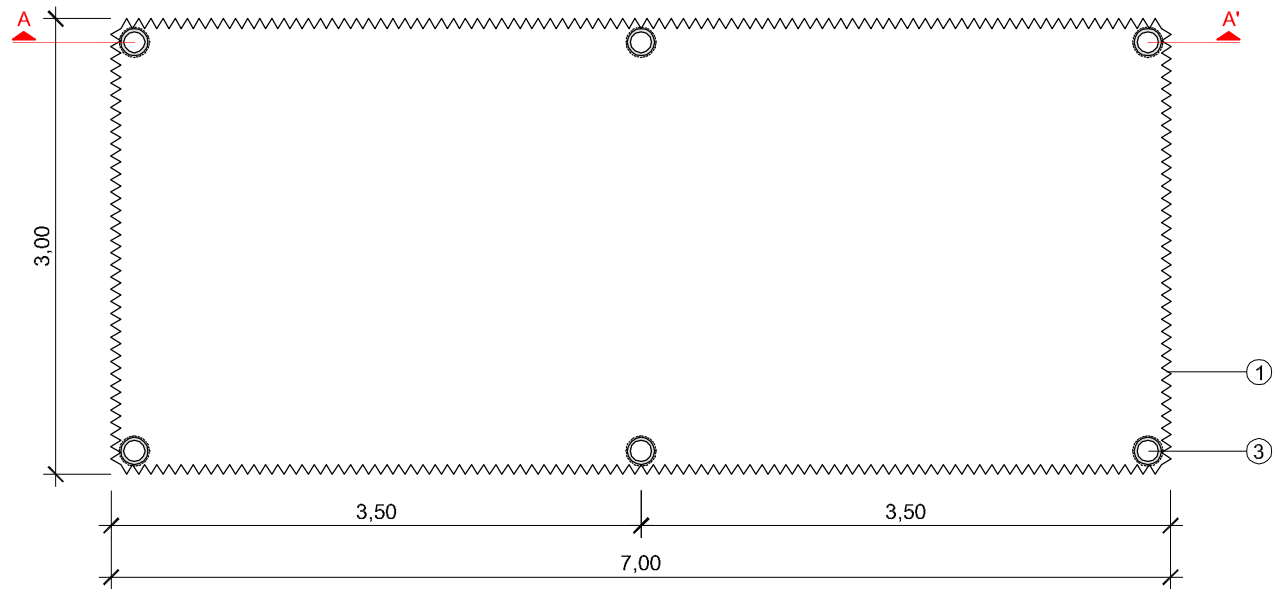
Tutor:
 MARINA PUYUELO CAZORLA



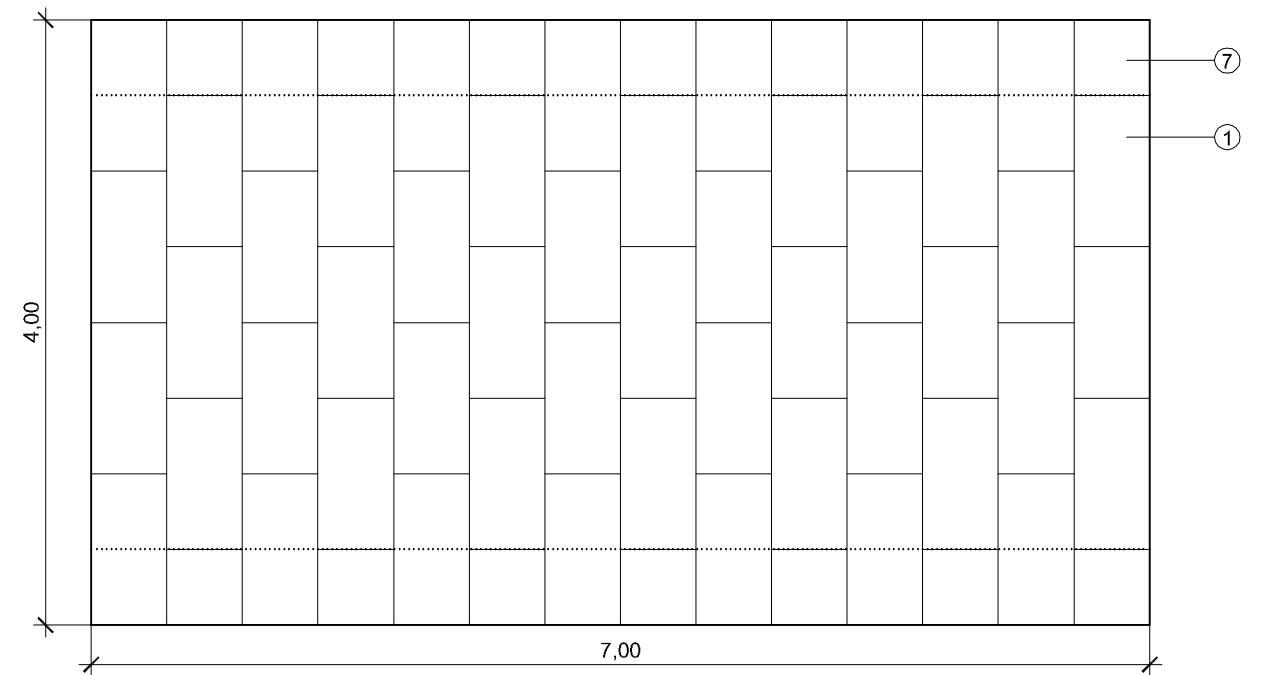
SECCIÓN A-A'



PLANTA DE CUBIERTA - ESTRUCTURA



PLANTA



PLANTA DE CUBIERTA - CUBRICIÓN

LEYENDA

1. Panel de dimensiones 500x1000 mm
2. Viga de Bambú \varnothing 120 mm
3. Pilar de Bambú \varnothing 180 mm
4. Botella de plástico para protección de la cimentación
5. Relleno de tierras
6. Viga de Bambú \varnothing 100 mm
7. Panel de dimensiones 500x500 mm



TRABAJO FIN DE GRADO EN
INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y
DESARROLLO DEL PRODUCTO

DISEÑO DE SISTEMA DE PANELES
DE PLÁSTICO RECICLADO:
APLICACIÓN A REFUGIOS DE
EMERGENCIA

Plano:

**REFUGIO DE EMERGENCIA:
PLANTAS Y SECCIONES**

E: 1/50

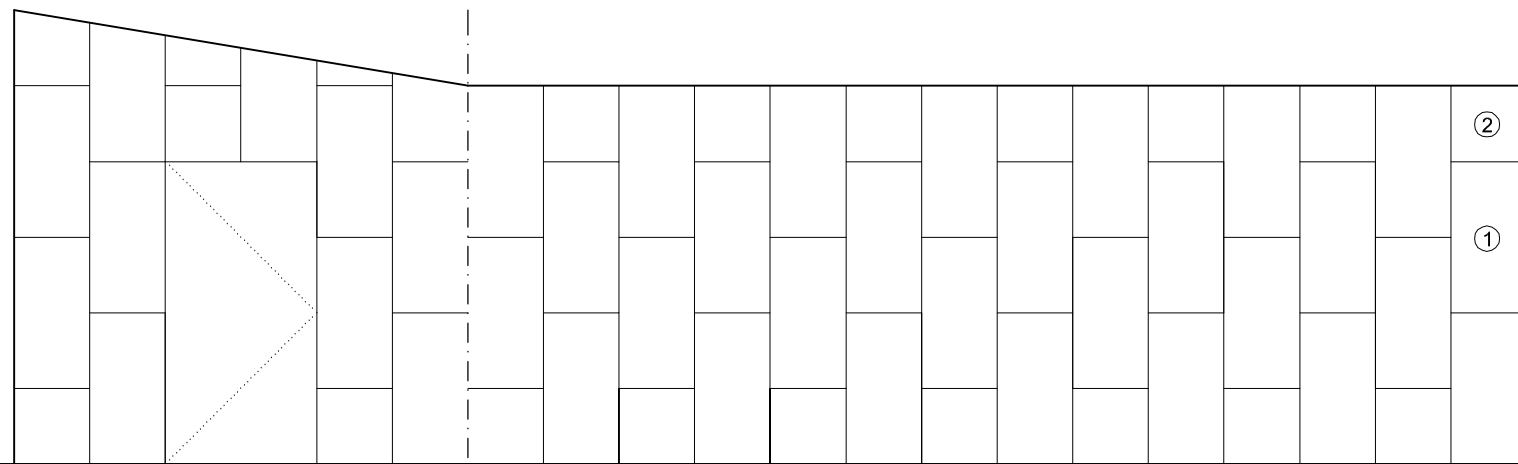
Curso Académico: 2015-16

Autor:

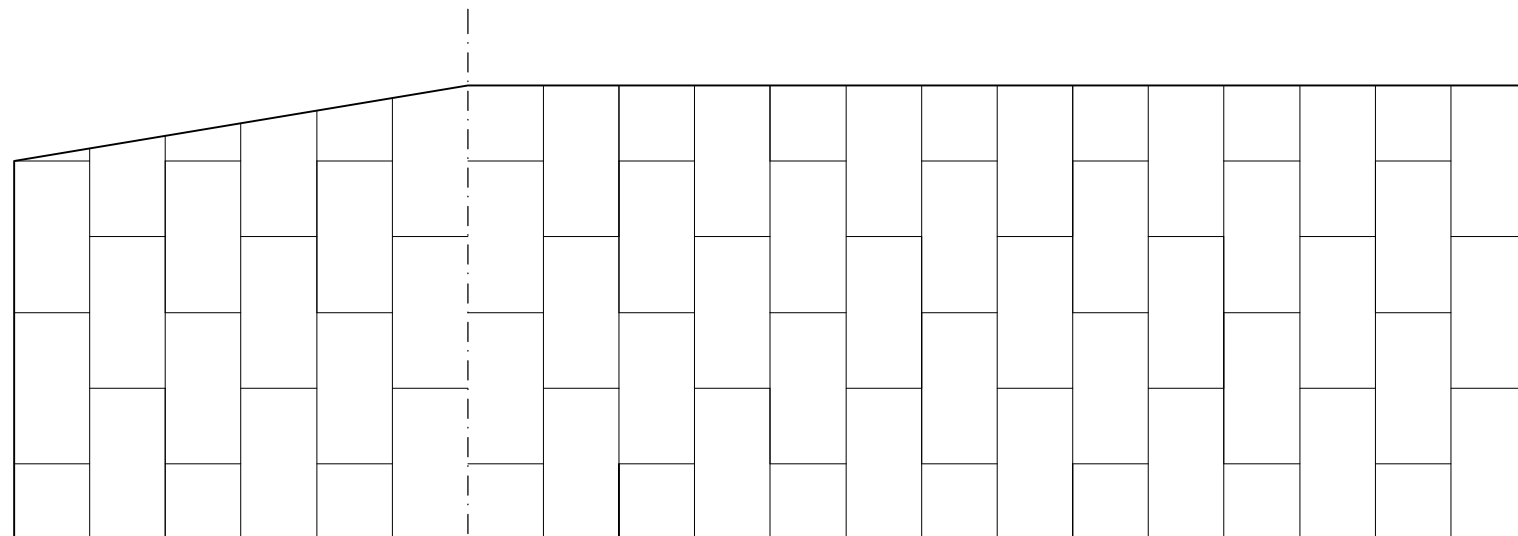
ENRIQUE MÍNGUEZ ROS

Tutor:

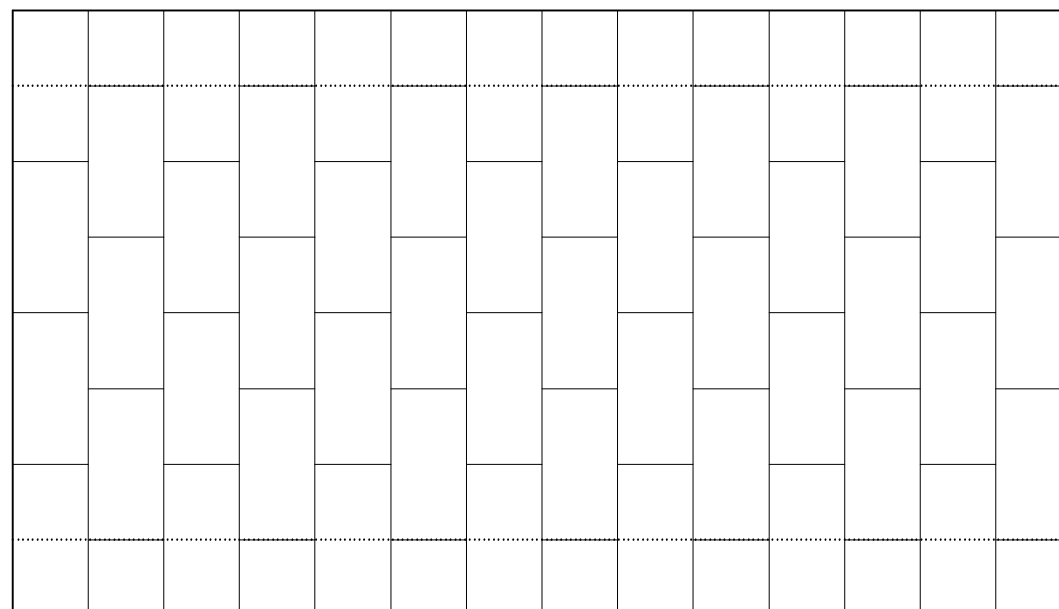
MARINA PUYUELO CAZORLA



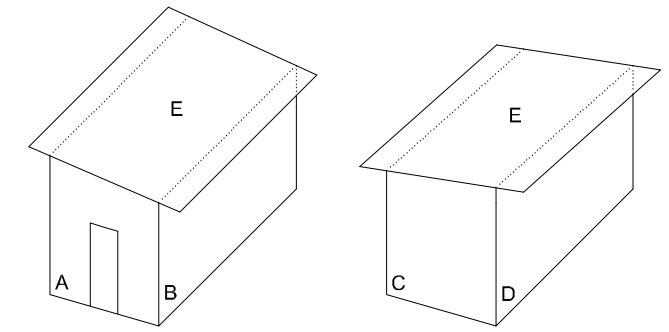
ALZADO DESARROLLADO FACHADA A - FACHADA B



ALZADO DESARROLLADO FACHADA C - FACHADA D



PLANTA FACHADA E. CUBIERTA



ESQUEMA FACHADAS

TIPO DE PANEL	NÚMERO DE PANELES				
	FACHADA A	FACHADA B	FACHADA C	FACHADA D	FACHADA E
500x1000 mm	8	28	12	36	49
500x500 mm	2	14	3	14	14
Piezas remate cubierta	6	-	6	-	-

- ① Panel de dimensiones 500x1000 mm
- ② Panel de dimensiones 500x500 mm


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO

DISEÑO DE SISTEMA DE PANELES DE PLÁSTICO RECICLADO: APLICACIÓN A REFUGIOS DE EMERGENCIA

Plano:

REFUGIO DE EMERGENCIA: DESPIECE DE PANELES

E: 1/50 Curso Académico: 2015-16

Autor:
ENRIQUE MÍNGUEZ ROS

Tutor:
MARINA PUYUELO CAZORLA

8. ANEXOS

ANEXO 8.1. POSTER

Panels / प्यानल / Pyānala

RECYCLED CONSTRUCTION PANELS
FOR A VARIETY OF STRUCTURES

Clean

Shred

Melt

Extrude

Panel

Fixers

4 types of cuts

21m² Shelter
x 8Bxs

This Box contains
10 Panels
40 Fixers

1 type of cut

24m² Pergola
x 3Bxs

1 type of cut

25m² Animal Pen
x 3Bxs

Enrique Mínguez Ros
Creative Design

ANEXO 8.2. MEMORIA DEL IT.SLIGO

Project:	<i>PYĀNALA (PanelS)</i>	
Project Team:	<i>Enrique Mir.guez Ros</i>	
Contact:	<i>enriquemirguezros11@gmail.com</i> <i>0838493987/ 0034699127383</i>	

Abstract:

My design is a corrugated panel for construction for a variety of structures.

The panel will be made of recycled plastic, using local resources like waste plastic material, such as plastic bottles. My proposal is to establish an industrialized process to make these panels, which will be easy to assembly into structures like temporary shelters for emergency situations for the general population.

The structure will be made of a series of modular panels to provide an interim temporary structure which is needed after an earthquake because a large number of the population have lost their houses or shelters or any type of construction. With my design the population will be able to build any type of construction with these recycled panels in a very short period of time, they will be assembled with plastic screws that will work by pressure and will be done with the same extruder as the panels.

We can do many examples of shelters with the panels, for examples, an animal pen, a pergola or a basic shelter to let people live inside, the last one is the one I have chosen to explain in detail but it is the same system to build any type of construction.



Fig.1. Pergola made with the panels,2016 (Fount: Homemade) Fig.2. Animal pen with the panels,2016 (Fount: Homemade) Fig.3. Shelter made with the panels, 2016 (Fount: Homemade)

Program Theme:	
1. Climate Resilient Infrastructure	X
2. Self Supply Water and Sanitation	
3. Community Participatory Health	
4. On and Off (Micro) Grid Energy Systems	
5. Food Security	
6. Applying Big Data in the Community	

Objective (What you are planning to do):

a) *Describe your overall idea / concept and approach.*

I am planning to do a corrugated panel for construction for a variety of structures to build a semi-temporary, interim, easy to assembly panels kit designed for emergency situations made of recycled plastic.

NGO's researches about Nepal's earthquake that the number of deaths (upwards of nine thousand) has resulted in an economic loss of more than seven million dollars. Currently, 25% of the population is living on less than 5\$ per day and four million people staying in temporary refuges. We can see that Nepal continues to need help and it should never be forgotten. (Ondacero, 2016)

As we can see in the article (*2015 Nepal earthquake, 2015*), the majority of the tasks have been achieved because the NGO's and the government have not got enough resources to solve them and other countries that promised to help have not delivered them as they said before, similar it happened with Haiti (Center of Global Development, 2012)

With all those problems the rationale is to make panels to make semi-temporary shelters because after a natural emergency the first step is to establish a place where people could live because their houses have been destroyed. The NGO's and the governments help people with temporary structures like tents or other very basic structures to address the situation as soon as possible. However after having the first contact, the structures begin to deteriorate and they try to make them semi-temporary because temporary structures are not able to survive for a long time and sometimes the NGO's have to collect them to face a new emergency situation in other parts of the world, so people have to live again in the street. If the problem of the building is not solved in a very short period of time, and it's very difficult to build a new house, that's why they produce semi-temporary structures, because those provide a place to live while people are rebuilding their houses. Therefore, the design of the panels is to make a semi-temporary structure but it has the possibility to be transformed into a fixed building if it is covered with clay to provide a protective coating to the plastic shelters that are going to be the moulds to create the walls.

How it works:

What are the constraints?

The earthquake destroyed 160,786 houses and 1,383 schools according to a report of the UN in the (*Indian Express, 2015*), so we should clear the zone of rubble because there are many destroyed buildings like it is shown in the article of (*Global Sisters Report, 2015*), this is the chief constraint to be found in Nepal's current situation. Another constrain is the lack of the economic system (*The observatory of economic complexity of Nepal, 2013*)

Project Options considered:

My proposal is a panel kit made of plastic that is easily stored and assembled. At the beginning it was not clear which material I was going to use because I didn't have enough information to buy shelters. I thought the shelters were bought from outside of the country but after talked with an

NGO they made me clear that they were building shelters made in Katmandú with metal recycled materials (Hugs around the world, 2016).

The first idea was to work with bamboo because it's a very resistant material, and in Nepal there is an unlimited amount of it. I took ideas from (Shigeru Ban, 2016) or (Alberto Díaz, 2014). I designed some proposals but I wanted to create something modular that was easy to assemble so bamboo and any other natural element is. However I have included bamboo for rigidity as a support but not as the primary covering material.

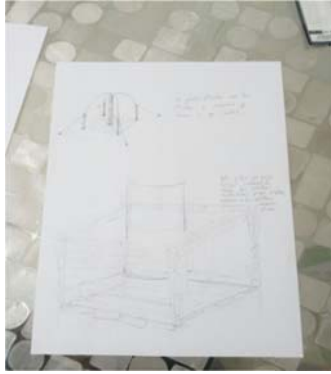


Fig.4. Foundations of bamboo,2016

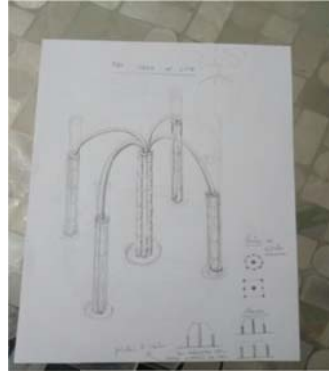


Fig.5. Structure of bamboo(1),2016

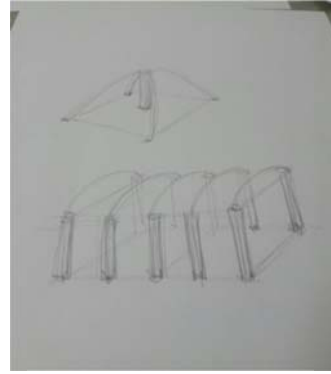


Fig.6. Structure of bamboo(2),

2016

(Fount: Homemade)

(Fount: Homemade)

(Fount: Homemade)

I considered a product made with Iron or some kind of metal but Alison Irwin from Ireland-Nepal Society told me that the shelters they had, came from India so I dropped the idea because I wanted to get a product as local as possible because the government of Nepal and the NGO's need to earn money instead of spending it.

With all these conditions to consider the material investigated was plastic. In Nepal there are many empty plastic bottles (Alison Irwin, 2016), so I looked for information about how to build a refuge with plastic bottles (Plastic Bottle House, 2016).

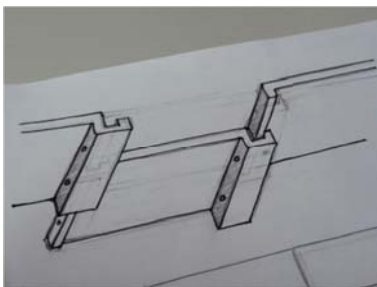


Fig.7. Plastic assambly design (1),2016



Fig.8. Plastic design (2),2016

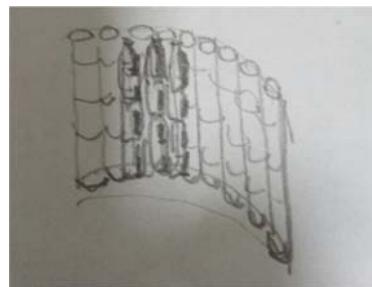


Fig.9. Structure with bottles,

2016

(Fount: Homemade)

(Fount: Homemade)

(Fount: Homemade)

Justify the product/found where I have taken the information:

As highlighted previously, the main source of information comes from Alison Irwin, a woman who lived in Nepal, she said that they had many problems like the destroyed houses and the poor economic situation.

She mentioned that one of the components of that waste was the plastic bottles and there were many thrown everywhere so I decided to work with that idea because plastic has many ways to

be utilized.

When working with plastic it's necessary to check that the components are not toxic or unhealthy for the population because some of them can be very hazardous, but we are going to work with Polyethylene Terephthalate (PET), because the majority of the plastic bottles are made by that material. PET is not dangerous for health if it used in normal weather conditions (U.S Center for Disease Control (CDC),2016), less 60º, because PET contains Dietilexil adipato (DEHA) and this component could produce cancer (International Agency for Research on Cancer (IRAC),2016) and (Environmental Protection Agency (EPA), 2016) but this information was corrected subsequently by both agencies and (Food and Drug Administration (FDA),2016), so I checked that the PET was ready to be used from the healthy point of view.

My product:

The proposal is a kit of corrugated panels for construction for a variety of structures with an easy to assembly system.

The process to create the panels is, collect the empty plastic bottles that are thrown and, carry to the manufacture, after we have to clean them and shred them in small pieces to facilitate the melted, melt them and extrude with the form and the colour we would like because we can add a dye if we want to change the colour or just left transparent.

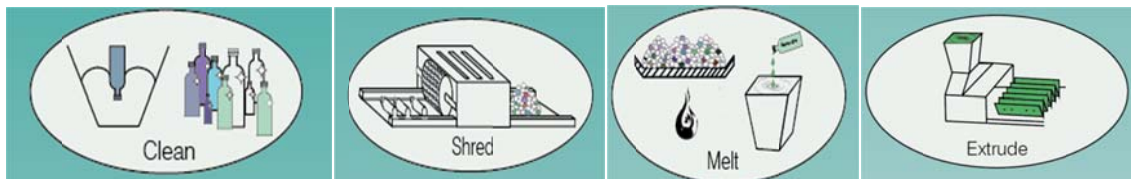


Fig.10.Process with bottles.Clean,2016 (Fount: Homemade) Fig.11.Process with bottles. Shred,2016 (Fount: Homemade) Fig.12.Process with bottles.Melt, 2016 (Fount: Homemade) Fig.13.Process with bottles Extrude, 2016 (Fount: Homemade)

The drawings of the panels are going to be a correlation of triangles placed linearly and extruded 1000mm; this design is done because of its simple system to stack them.

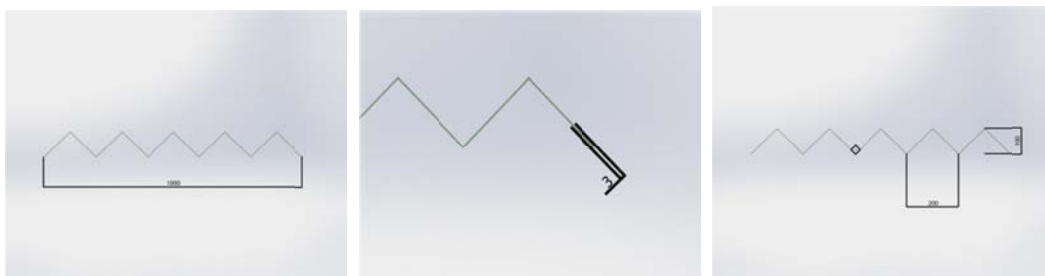


Fig.14. Plastic panel messures (1),2016 (Fount: Homemade) Fig.15. Detail view of the panels,2016 (Fount: Homemade) Fig.16. Plastic panle messures (2), 2016 (Fount: Homemade)

Inside the panel there are holes every 166 mm in both extremes of the correlation of the triangles and there are going to be the fixers, these are going to be the assembly system. It is important to point out that we also need bamboo to create a shelter that is one of the examples of construction we have to use the panels. Bamboo will provide the shelter with a greater strength because the bamboos are going to be the beams and the pillars.

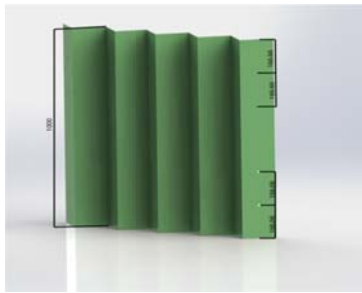


Fig.15. Plastic panel and measures,2016
(Fount: Homemade)



Fig.16. Plastic fixers,2016
(Fount: Homemade)

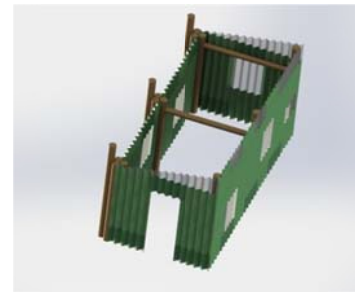


Fig.17. Shelter with bamboo, 2016
(Fount: Homemade)

With the plastic we create modular panels for construction of shelters so they are ready to be assembled. The system to assembly the panels is very simple, there are four holes in the extremes of the panels so with other panel in the opposite direction ,to make their faces coincident, introduce fixers in the holes we are going to have the panels mated and fixed.



Fig.18. Plastic panels explosion,2016
(Fount: Homemade)



Fig.19. Plastic panels assambly,2016
(Fount: Homemade)

They will be stacked in the manufacture. We just have to assemble them with fixers, that are going to be created with the same extruder we have done before the panels because they are also going to be made of plastic, but we will be able to remove them if we have to make some changes to the shelter. They are going to be provided in the kit.

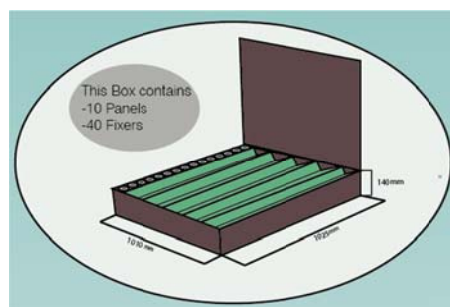


Fig.20. Panel Kit,2016
(Fount: Homemade)

The panels can be assembled very quickly because they are ready to be used, they just need some bamboos for stiffness; these are not going to be included in the kit because they have many in the forest and can be collected in the sizes recommended to them but I also advice to the NGO's that should be an expert to check the operations.



Fig.21. Datas with plastic bottles,2016
(Fount: Homemade)

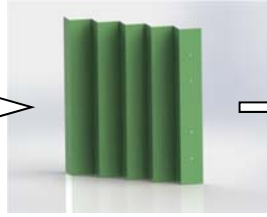


Fig.22. Plastic panel,2016
(Fount: Homemade)

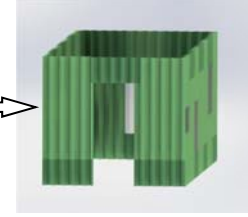


Fig.23. Example of structure, 2016
(Fount: Homemade)

Also, this design is going to depend on the place we use it, because bamboo is present in almost all parts of Nepal but in case of a lack of bamboo we could use alnuns nepalensis, that is a tree with a very high resistance like the bamboo therefore we could replace it, so 33.33% of the components of the shelter could be adapted to the conditions because the rest are very easy adaptable. It is also worth pointing that it is modular and easily stackable to save space and may be assembled rapidly.



Fig.3. Shelter made with the panels, 2016
(Fount: Homemade)

This solution can be made because the plans are in the website (www.preciousplastic.com ,2016) and are for free.The solution will be 600€, that is the price of the machines we need to do the process (www.deotramanera.co ,2016)

Finally, the concept showed is a suggested design as it could be redesigned from testing. Although the shelter's design has been thought through to face the problems I have established from here and is my most suitable solution.

Background (Why you are doing it): *Key questions to address in this section include the following:*

- *What problem are you trying to solve?*

With this design I am solving the problem of the quick access to shelter in a post-disaster situation and at the same time, also creating new jobs to give work to some Nepali's people

improving the economic system.

One way to get money for the Nepali's government is to accept the plastic bottles from other parts of the world as now is being because the developed countries pay underdeveloped countries to collect their waste as we can see in the articles from (The New York Times, 1988 and 2009) they could accept the plastic bottles and with my design they would be earning money and receiving free material to build the shelters.

- *Is the solution already available (product / service/ knowledge)?*

In the market is not a solution similar than mine. People prefer to work with materials like iron or some resistant materials to do the coverage part. The structures we can see in the market right now are temporary shelters that are very basic because they are like tents made with plastic or fabric but we need a more resistant structure but at the same time we can't spend a big amount of money because it's better if we use it to buy food or basic aliments.

We can see right now people are living where they can that's why I think my design is competitive in the market because it's made with free material and they could make it in a very short period of time and we will help people with the problem of the living. In figure 17, we can see people from the Ecuador's earthquake living inside a container; they just want a place to have their belongings and go back to their normal lives and in the figure 18 people from Nepal where they are living at this moment.



Fig.24. People living inside a container,2016
(Fount: Oxfarm Intermon)



Fig.25. People in Nepal after the earthquake,2016
(Fount: Oxfarm Intermon)

The manufacture is already available, the plastic bottles are ready to be used and the bamboo are in the forest so from the manufacture system is available, from the materials is also available, from the distribution system is already available, so it's a solution 100% available

What makes your idea different?

The point what makes different this panel is that the shelter construction is 100% local, made with free materials and at the same time creates jobs. Also it could be a semi-permanent solution and it has many options of used.

Another advantage is that the shelter could be rebuilt if we want, it is for a semi- permanent shelter so with the passing of time the plastic is going to lose properties and we could take the shelters and rebuild them, because "pet" is 100% recycled, it can be recycled as many times as we would like to acquire the properties again. The panels are going to be in the manufacture

ready to be used and stacked thanks to the design's form.

The system to build it is very easy so everyone could do it and that is another different point of the product.

Expected Results (who wants them and how will they use them)

- *What will be the expected results from your concept?*

Provide panels that will help them to build the shelters, refuges, schools or any other constructive element taking advantage of every resource they have and try that people go back to their daily lives.

I also hope to give a breath of fresh air to nepali's economy, accepting plastic bottles from other parts of the world, and show that very big manufactures are not needed to produce a useful product for the society.

- *Who will use your product / service and how?*

The product is thought to be used by every Nepalese that would like to have it but it's not just for Nepalese, this proposal could work anywhere we would like because, unfortunately, the developed countries are going to continue sending waste to the underdeveloped, therefore this system could work in every part of the world with their minimum layer protective depending on the place in the world where we would be.

- *What further development will be needed before the service / knowledge is market ready?*

My proposal consists in create everything from the beginning, so no technology is required because I propose, even, to build the machines. The only technology will be required is the electricity the machines will need to make their work.

We are going to need technology but we are going to create it. We are going to use the plans of a small plastic manufacture that are on the internet, on www.preciousplastic.com and with a budget of 600€ we could buy the components to build the machines.

The panels are very different from others that are in the market because my product is not just going to provide a shelter; I am creating a system to create shelters and that can earn money from them, and when I am looking for the market the majority of the shelters are not built with local resources (www.dezeen.com, 2016). Also, the best example of shelters made with local resources and was the architecture (Shigeru Ban, 2016)

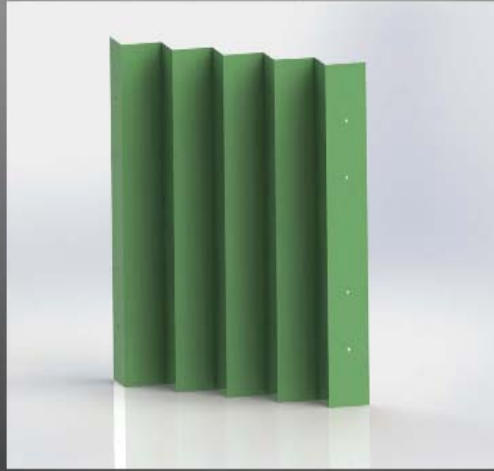
Community Participation

My proposal is done for anyone who would like to be involved, because collect the bottles can be done by everyone and it's the same with the production and the distribution system, both

are very simple, the machines have very clear instructions, so no important skills are needed to make the product but if they are it would be better to build the machines in less time, (although it is not important) and it's the same with the producer of the shelters because are simple tasks so for the moment every Nepali could do all the tasks.

ANEXO 8.3. PRESENTACIÓN

Panels / प्यानल / P̄yanala



Recycled construction panels for a variety of structures

ANEXO 8.4. EMPRESAS CONSULTADAS

Inplasva, s.a.

EXTRUSIÓN DE PERFILES DE PLÁSTICO

Salvador Benedito Piera
Director General

Camí de la Mota, s/n • Pol. Ind. El Racó
46612 CORBERA (Valencia) España
e-mail: sbp@inplasva.es

Teléfonos: 96 256 03 31
Fax: 96 256 20 10



GRANZPLAST, S.A.
COMPUESTOS TERMOPLÁSTICOS

Salvador Benedito Piera
Director General

Ctra. de Montserrat, s/n
Tel. 96 256 04 21 - Fax 96 256 20 17
e-mail: beneditopiera@granzplast.es
www.granzplast.es

46612 CORBERA
(Valencia) España

Ana Pascual Lizaga
Responsable de Servicios Tecnológicos
Head of Technological Services

AIMPLAS

apascual@aimplas.es
T. +34 96 136 60 40 · Ext. 184
M. +34 627 188 777

www.aimplas.es

LÁMINAS

NombreEmpresa	Provincia	www	LineaNegocio
ASFALTOS CHOVA, S.A.	VALENCIA	www.chova.com	CONSTRUC.
ATARFIL, S.L.	Granada	www.atarfil.com	CONSTRUC.
DERIVADOS ASFALTICOS NORMALIZADOS, S.A	MADRID	http://www.danosa.com	CONSTRUC.
DURPLASTICS, S.A.	ALICANTE	http://www.durplastics.com/	CONSTRUC.
INDUSTRIAL SEDÓ, S.L.	Barcelona	www.industrialsedo.com	CONSTRUC.
NUDEC S.A.	BARCELONA	http://www.nudec.es	MOBILIARIO
RENOLIT HISPANIA, S.A.	NAVARRA	www.renolit.com	ENVASE
RENOLIT IBERICA, S.A.	Barcelona	www.renolit.com	CONSTRUC.
ROCHLING PLÁSTICOS TÉCNICOS, SAU	VALENCIA	http://www.rochling-plastics.es	CONSTRUC.
SKA, S.A.	Madrid	www.sika.com	CONSTRUC.

TÉRMOCONFORMADO

NombreEmpresa	Provincia	www	LineaNegocio
ALIBERICO FOOD PACKAGING,S.L.	Madrid	www.alibericopackaging.com	ENVASE
BANDESUR ALCALA, S.A.	JAEN	www.bandesur.net	ENVASE
BIBLOX TERMOFORMADOS, S.L.	BARCELONA	http://www.bliboxpack.es/	ENVASE
DANONE, S.A.	BARCELONA	www.danone.es	ALIMENT.
ENVAPLASTER, S.A.	LA RIOJA	www.envaplaster.com	ENVASE
ENVASES CUI, S.L.	MADRID	www.envasescui.es	ENVASE
FEDINSA ENVASES, S.A.	LA RIOJA	www.fedinsa.com	ENVASE
FORMAS Y ENVASES SA	CANTABRIA	www.formaspack.com	ENVASE
HUHTAMAKI SPAIN, S.L.	CASTELLON	www.huhtamaki.com	ENVASE
INDUSTRIA TECNICA VALENCIANA (ITV)	VALENCIA	www.itv.es	ELECTRIC.
INFIA PLASTIC, S.L.	VALENCIA	www.infia.es	ENVASE
KNAUF MIRET, S.L.	Barcelona	http://www.knaufinsulation.com/	CONSTRUC.
MELNIK, S.L.	Barcelona	www.melnik.es	ENVASE
MOLDPLASTICA SL	SEVILLA	www.moldplastica.com	ENVASE
NUPIK INTERNACIONAL, S.L.	BARCELONA	www.nupik.com	ENVASE
NUTRIPACK IBERICA, S.L.	TARRAGONA	www.nutripack.es	ENVASE
PACKSA TECNICA, S.L.	ALICANTE	http://www.packsa.com/	ENVASE
PLASTICOS DEL SEGURA, S.L.	MURCIA	www.plastcossegura.com	ENVASE

Relación de empresas facilitadas por el Instituto Tecnológico del Plástico AIMPLAS.



Innovación EN PLÁSTICO





AIMPLAS

INSTITUTO TECNOLÓGICO
DEL PLÁSTICO

innovación
EN PLÁSTICO



SOSTENIBILIDAD Y VALORIZACIÓN INDUSTRIAL



innovación
EN PLÁSTICO



DISEÑO E INYECCIÓN

ANEXO 8.5. PESO DEL PET
CÁLCULO DEL NÚMERO DE BOTELLAS

VII. RESULTADOS

Se iniciara la exposición de resultados comentando los valores obtenidos en el cuestionario: son 5 tipos diferentes de refrescos, 4 capacidades diversas, los pesos fueron variados, las piezas por caja son de entre 12-24 y el peso neto por caja se registró en la última columna.

1.- PLÁSTICO PET EN LA UACQB (PEDIDO POR DÍA)					
TIPO DE REFRESCO	CAPACIDAD DE ENVASE	PESO POR BOTELLA	CANTIDAD DE CAJAS	PIEZAS POR CAJA	PESO NETO POR CAJA
Coca Cola® (surtido)	400 mL	18.1 g	3.5	24	1,520 g
	600 mL	22.2 g	8	24	4,262.4 g
Agua Bonafont®	600 mL	16.5 g	7	24	2,772 g
	1 L	24.5 g	4.5	24	2,646 g
Levite®	1.5 L	31.5 g	2	12	756 g
Agua Epura®	600 mL	17.5 g	3	24	1,260 g
	1 L	25.4 g	3	12	914.4 g
Pepsi® (surtido)	600 mL	23.0 g	2	24	1,104 g
Peso total de PET					15,235.2 g
Peso en kg por día					15.2352 kg
Peso en kg a la semana					76.176 kg
Peso por persona: peso en "g" por persona					11.66 g
Peso en gramos por persona a la semana					58.30 g

TABLA 1. Muestra el tipo, capacidad y número de refrescos vendidos por día en la UACQB.

9. RELACIÓN DE IMÁGENES Y TABLAS

9.1. RELACIÓN DE IMÁGENES

Fig.1. Nepalíes refugiados en una tienda de campaña en Bodha. Foto de Harish Tyagi

Fig.2. Estructura ReciproBoo, 2016.

Fig.3. Casa para 8 personas en Nepal, 2016

Fig.4. Casa en Haiti, 2016

Fig.5. Diferentes estructuras para emergencia, 2016. (Fuente: Cosas de Arquitectos).

Fig. 6. Prototipo de refugio temporal diseñado por Shigeru Ban para las víctimas del terremoto de Ecuador. (Fuente: Franco, 2016)

Fig. 7. Alojamientos de emergencia realizados en Kobe (Japón). (Fuente: Quintal, 2014)

Fig.8. Diferentes estructuras para emergencia, 2016. (Fuente: Khalili, Outram, 1992)

Fig. 9. Prototipo de casa transitoria post-terremoto para Ecuador. Natura Futura Arquitectura. (Fuente: Equipo editorial Plataforma Arquitectura, 2016)

Fig.10. Casa construida con bambú, 2015. (Fuente: www.imagui.com)

Fig. 11, Hamro Ramro Ghar, 2016. (Fuente: Abrazos por el mundo, 2016)

Fig.12. Casa de botellas de plástico, 2010. (Fuente: Sanz, 2011)

Fig. 13. Asentamientos diseñados por Shigeru Ban para las víctimas del terremoto de Nepal. (Fuente: ARQ Social, 2015)

Fig.14. Sistema Suri modular Housing, 2016. (Fuente: <http://www.suricattasystems.com/en/suri/system>)

Fig.15. Diseño Rd-Shelter, 2016. (Fuente: Revista Código, 2016)

Fig. 16. Diferentes estructuras para emergencia, 2016. (Fuente: Ortiz, 2014)

Fig.17. Casas de Haiti, 2016. (Fuente: TelesurTV, 2015)

Fig.18. Puente Vietnam, 2013. (Fuente: www.ecologismos.com)

Fig.19. Casa de bambú en Guatemala, 2013. (Fuente: www.paniagua.com)

Fig.20. Casa de bambú en Guatemala, 2013. (Fuente: Paniagua, 2013)

Fig. 21. Cajas de plástico para construir refugio en Libia, 2014. (Fuente: Isan, 2014)

Fig. 22. Better Shelter en Etiopía e Irak, 2015. (Fuente: Barba, 2015)

Fig.23. Edificio EcoArk, 2013. (Fuente: www.plataformadearquitectura.cl).

Fig. 24. Cerramiento de bambú para refugios de emergencia desarrollados por Shigeru Ban para Ecuador. (Fuente: Igual cita pag. 18)

Fig. 25. Construcción de refugio mediante Pallets reutilizados. Ecuador, 2016 (Fuente: Plataforma Arquitectura)

Fig. 26. Casa de madera Nepal, 2016. (Fuente: Barba, 2015)

Fig. 27. Paredes de tubo de cartón. Shigeru Ban. Kobe (Japón). (Fuente: [https://www.google.es/search?q=Shigeru+ban.+Refugios+en+Kobe+\(japon\).&biw=1536&bih=755&tbn=isch&imgil=9KJlyge2zdlHM%253A%253Bjlr-Q](https://www.google.es/search?q=Shigeru+ban.+Refugios+en+Kobe+(japon).&biw=1536&bih=755&tbn=isch&imgil=9KJlyge2zdlHM%253A%253Bjlr-Q))

Fig. 28. Invernadero hecho con bambú y botellas de plástico. Vietnam

Fig. 29. João Boto Caeiro & Maria da Paz Braga, 2015. (Fuente: www.mejorarq.com, 2015)

Fig. 30. João Boto Caeiro & Maria da Paz Braga, 2015. (Fuente: www.mejorarq.com)

Fig. 31. Refugio Temporal en Nepal, 2015. (Fuente: www.plataformadearquitectura.cl)

Fig. 32. Terremoto en Nepal 2015. (Fuente: www.elmundo.es, 2016)

Fig. 33. Bocetos (1) explicativos del desarrollo del trabajo. (Fuente: Elaboración propia).

- Fig. 34. Bocetos (2) explicativos del desarrollo del trabajo. (Fuente: Elaboración propia).
- Fig. 35. Boceto 1. Tienda de campaña con pilar central. (Fuente: Elaboración propia).
- Fig. 36. Boceto 2. Refugio de bambú. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 37. Boceto 3. Diseño modular de placas de plástico. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 38. Boceto 1. Sistema de ensamblaje. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 39. Boceto 2. Sistema de ensamblaje. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 40. Boceto 3. Sistema de ensamblaje. (Fuente: Elaboración propia).
- Fig. 41. Boceto 4. Sistema de ensamblaje. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 42. Alzado y planta del panel. Fuente: (Elaboración propia)
- Fig. 43. Detalles del panel. Fuente: (Elaboración propia)
- Fig. 44. Detalles machihembrado paneles. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 45. Detalle de panel en planta con la cámara incorporada. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 46. Detalles del panel. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 47. Reciclaje de PET. Fuente: <https://www.veoverde.com/2014/07/la-planta-de-reciclaje-de-pet-mas-grande-del-mundo-esta-en-mexico/>
- Fig. 48. Imágenes de policarbonato celular y maqueta de análisis de la estructura PET. (Fuente: Elaboración propia) http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/60331-3888481.jpg
- Fig. 49. Evolución de distintos modelos de panel. Fuente: (Elaboración propia)
- Fig. 50. Sistema de unión machihembrada en paneles. (Fuente: <http://www.polimerlux.com/imagenes/sistemas.jpg>)
- Fig. 51. Esquemas de machihembrado. Fuente: Elaboración propia y moldes de Inplasva).
- Fig. 52. Imagen conjunto del refugio. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 53. Maquetas de análisis. Distintas aplicaciones del producto. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 54. Esquema de reparto de paneles en fachada. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 55. Esquema de reparto de paneles en fachada. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 56. Alzado lateral refugio. (Fuente: Elaboración propia).
- Fig. 57. Alzado refugio. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 58. Sección refugio. (Fuente: Elaboración propia)
- Fig. 59. Esquema de reparto de paneles en cubierta. Fuente:(Elaboración propia)
- Fig. 60. Planta de cubierta cenital. Fuente:(Elaboración propia)
- Fig. 61. Composición cerramientos. Fuente:(Elaboración propia)
- Fig. 62. Montaje cubierta. Fuente:(Elaboración propia).
- Fig. 63. Composición prototipo modular de refugio (I). Fuente:(Elaboración propia)
- Fig. 64. Composición prototipo modular de refugio (II). Fuente:(Elaboración propia).
- Fig. 65. Elementos compositivos y estructurales del refugio. Fuente:(Elaboración propia).
- Fig. 66. Volumetría. Fuente:(Elaboración propia).
- Fig. 67. Áreas de carga Pilar A y Pilar B. Fuente:(Elaboración propia)
- Fig. 68. Detalle arranque pilares de bambú:(Elaboración propia)
- Fig. 69. Elementos estructurales. Fuente:(Elaboración propia)
- Fig. 70. Detalle encuentro del pilar, viga y correa de bambú. Fuente:(Elaboración propia).
- Fig.71. Calculo de tensión de rotura con un LPF de 1.09, 2016. (Fuente: Elaboración propia)

Fig.72. Calculo de tensión de rotura con un LPF de 1.50, 2016. (Fuente: Elaboración propia)

Fig.73. Calculo de tensión de rotura con un LPF de 1.90, 2016. (Fuente: Elaboración propia)

Fig.74. Calculo de tensión de rotura con un LPF de 2.58, 2016. (Fuente: Elaboración propia)

Fig. 75. Máquina trituradora. (Fuente: www.dforceblog.com, 2016)

Fig. 76. Máquina compactadora. Fuente: (www.hedeifangai.com.cn, 2016)

Fig. 77. Máquina extrusora. (Fuente: www.solostock.com, 2016)

Fig. 78. Sistema de enfriamiento, cinta y máquina cortadora. (Fuente: www.spanish.alibaba.com, 2016)

9.2. RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 2. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 4. Criterios comparativos. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 5. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 6. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 7. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 8. Matriz de valoración. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 9. Criterios comparativos. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 10. Cargas de la estructura portante. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 11. Superficies de apoyo. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 12. Maquinaria necesaria diseño paneles. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 13. Costo de fabricación de un panel. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 14. Maquinaria necesaria fabricación de un panel. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 15. Coste de fabricación de panel. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 16. Tiempo de fabricación. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 17. Coste total de un panel. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 18. Coste total de los paneles. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 19. Datos técnicos del PET. (Fuente Fuente: Industria del Plástico. Plástico Industrial. Richardson & Lokensgard. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/05/pet.html>).

10. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

10.1. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA CITADA

- NATIONAL GEOGRAPHIC. (2013). *Terremotos* [en línea]. Disponible en: <http://nationalgeographic.es/medio-ambiente/desastres-naturales/earthquake-profile> (Acceso: 17-12-2015)
- MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ. (n.d.). Situaciones de emergencia. Evacuación de edificios públicos [en línea]. Disponible en: <http://www.minsa.gob.pe/dgiem/cendoc/pdfs/Evacuaciones1.pdf> (Acceso: 21-12-2015)
- TARINGA. (2011). ¿Qué es la guerra y por qué se produce? [en línea]. Disponible en: <http://www.taringa.net/posts/info/9083805/Que-es-la-guerra-y-por-que-se-produce.html> (Acceso: 19-12-2015)
- TRASBERG, M. (2013). La eficacia de la ayuda en la reconstrucción de Haití (2010-2012) [en línea]. Disponible en: <http://www.condistintosacentos.com/la-eficacia-de-la-ayuda-en-la-reconstruccion-de-haiti-2010-2012/> (Acceso: 12-01-2016)
- REDACCIÓN EFEverde. (2015). Un mes después del terremoto, Nepal busca refugio ante la llegada del monzón [en línea]. Disponible en: <http://www.efeverde.com/noticias/un-mes-despues-del-terremoto-nepal-busca-refugio-ante-la-llegada-del-monzon/> (Acceso: 10-01-2016)
- ORTIZ, J. (2014). 5 Refugios de emergencia para situaciones críticas [en línea]. Disponible en: <http://www.cosasdearquitectos.com/2014/07/5-refugios-de-emergencia-para-situaciones-criticas/> (Acceso: 28-12-2015)
- FRANCO, J. T. (2016). *Terremoto en Ecuador: se levanta el primer refugio temporal diseñado por Shigeru Ban para la zona de desastre* [en línea]. Disponible en: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/789290/terremoto-en-ecuador-se-levanta-el-primer-refugio-temporal-disenado-por-shigueru-ban-para-la-zona-de-desastre> (Acceso: 6-6-2016)
- QUINTAL, B. (2014). *La Obra Social y Humanitaria del Premio Pritzker 2014, Shigeru Ban* [en línea]. Disponible en: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban> (Acceso: 10-02-2016)
- KHALILI, N.; OUTRAM, I. (1992). Sandbag Shelter Prototypes [en línea]. Disponible en: <http://www.akdn.org/sites/akdn/files/media/documents/AKAA%20press%20kits/2004%20AKAA/Sandbag%20Shelters%20-%20Iran.pdf> (Acceso: 15-02-2016)
- EQUIPO EDITORIAL PLATAFORMA ARQUITECTURA (2016). *Proyecto 7.8 / Ecuador: prototipo de Casa Emergente post-terremoto* [en línea]. Disponible en: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/785930/proyecto-ecuador-primer-prototipo-de-casa-emergente-post-terremoto> (Acceso: 3-5-2016)
- ABRAZOS POR EL MUNDO (2016). Hamro Ramro Ghar [en línea]. Disponible en: <https://abrazosporelmundo.com/2016/05/23/hamro-ramro-ghar/> (Acceso: 29-5-2016)

SANZ, D. (2011). *Contra el desalojo, viviendas con botellas de plástico* [en línea]. Disponible en: <http://www.ecologiaverde.com/contra-el-desalojo-viviendas-con-botellas-de-plastico/> (Acceso: 18-5-2016)

SANZ, D. (2013). *Construcciones de bambú resistentes a desastres naturales* [en línea]. Disponible en: <http://ecologismos.com/construcciones-de-bambu-resistentes-a-desastres-naturales/> (Acceso: 22-5-2016)

ARQ SOCIAL. (2015). *Shigeru Ban reconstruye Nepal usando escombros del terremoto* [en línea]. Disponible en: http://arq.clarin.com/arquitectura/Shigeru-Ban-construye-Nepal-escombros_0_1401460105.html (Acceso: 13-5-2016)

REVISTA CÓDIGO. (2016). *5 Proyectos alrededor de la crisis migratoria* [en línea]. Disponible en: <http://www.revistacodigo.com/5-proyectos-alrededor-de-la-crisis-migratoria/> (Acceso: 16-2-2016)

TELESURTV. (2015). *La reconstrucción de Haití* [en línea]. Disponible en: <http://www.telesurtv.net/multimedia/La-reconstruccion-de-Haiti-20150111-0022.html> (Acceso: 18-3-2016)

PANIAGUA, O. (2013). *Familias de las lisasa reciben casas de bambú* [en línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=RSnaFKGuyjw> (Acceso: 26-3-2016)

ISAN, A. (2014). *Estudiantes libaneses construyen un refugio con cajas de plástico* [en línea]. Disponible en: <http://www.ecologiaverde.com/estudiantes-libaneses-construyen-un-refugio-con-cajas-de-plastico/> (Acceso: 22-3-2016)

BARBA, J. J. (2015). *UNHCR realiza un pedido de 10.000 unidades de Better Shelter* [en línea]. Disponible en: <http://www.metalocus.es/es/noticias/unhcr-realiza-un-pedido-de-10000-unidades-de-better-shelter> (Acceso: 15-04-2016)

10.2. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA CONSULTADA

Historia de Nepal.

<http://www.infoplease.com/country/nepal.html> 21/12/2015 © 2000–2016 Sandbox Networks, Inc., publishing as Infoplease.

<http://www.hikenepal.com/nepal/> 23/12/2015 HikeNepal.com

<http://countrystudies.us/nepal/21.htm> 23/12/2015 23/12/2015 U.S. Library of Congress, 1991

<http://airport-authority.com/browse-NP> 23/12/2015 ©2016 The Airport Authority.

<http://www.mapsofworld.com/nepal/nepal-river-map.html> 23/12/2015 Mapsofworld 2015.

<http://ezeeq.blogspot.com.es/2011/09/geografia.html> 23/12/2015 Ezequiel Tiznado miércoles, 7 de septiembre de 2011.

<http://www.mapsofworld.com/nepal/road-map.html> 23/12/2015 Mapsofworld 2015.

<http://www.mapsofworld.com/nepal/nepal-mineral-map.html> 23/12/2015 Mapsofworld 2015

http://www.numbeo.com/cost-of-living/country_result.jsp?country=Nepal 27/02/2016
Numbeo April, 2016

http://wiki.openstreetmap.org/wiki/2015_Nepal_earthquake 21/12/2015 Wikipedia 2016

Como conseguir el dinero para Nepal.

<http://policy-practice.oxfam.org.uk/publications/finding-the-money-a-stock-taking-of-climate-change-adaptation-finance-and-gover-316740> 07/02/2015 Finding the Money: A stock taking of climate change adaptation finance and governance in Nepal Baral, Prajwal and Chhetri, Raju Pandit 29 Abril 2014.

<http://www.oxfamintermon.org/es/accion-humanitaria/noticia/7-cosas-que-mas-necesita-nepal-tras-terremotos> 07/02/2015 Oxfam Intermon 03/06/2015.

Reconstrucción de casas

<https://give.hands.org/fundraise?fcid=594412> 25/01/2016 Ofir Ashery, All Hands 2015.

<http://thehimalayantimes.com/opinion/rebuilding-ruror-improvement/> 25/01/2016
DIPENDRA GAUTAM Noviembre 2015.

<http://globalsistersreport.org/blog/gsr-today/looking-god-under-rubble-nepal-25506>
by Melanie Lidman Mayo. 14, 2015 en GSR Today casa destruida.

<http://www.newindianexpress.com/nation/160786-Houses-Destroyed-in-Nepal-Earthquake-UN-Report/2015/05/04/article2795976.ece> 21/04/2016 Yatish Yadav. Publicado 4 de Mayo de 2015. Número de casas destruidas

Kit de primeros auxilios.

<http://emergency.cdc.gov/disasters/earthquakes/supplies.asp> 21/12/2015 National Center for Environmental Health (NCEH)/Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Coordinating Center for Environmental Health and Injury Prevention (CCEHIP) 16 de Enero de 2014

Después del terremoto de Haití.

<http://www.euractiv.com/section/development-policy/news/five-years-after-the-earthquake-poverty-and-political-uncertainty-reign-in-haiti/> 21/12/2015 por GeorgiGotev EurActiv.com 14 de Enero de 2015.

http://www.fundacionprobitas.org/?modelo_proyecto=humanitarian-aid-to-haiti-following-the-earthquake-and-later-outbreaks-of-cholera&lang=en 22/12/2015 Probitas Foundation 2015

<http://haitiotrosterremotos.info/lang/es/haiti-four-years-after-the-earthquake-the-mirage-of-reconstruction/> 22/12/2015 por Iolanda Fresnillo en el Eldiario.es, 11 Enero 2014.

<http://www.condistintosacentos.com/la-eficacia-de-la-ayuda-en-la-reconstruccion-de-haiti-2010-2012/> 22/12/2015 Mart Trasberg 31 Marzo de 2013 archivada en Relaciones Internacionales, Sociología.

<http://lionsclubs.org/blog/2014/02/11/lcif-lions-continue-helping-in-haiti/> 22/12/2015

<http://www.ondacero.es/programas/noticias-fin-de-semana/> 24/04/2016. ¿Qué ocurre en países que sufrieron catástrofes naturales ya olvidadas?

http://www.cgdev.org/files/1426185_file_Ramachandran_Walz_haiti_FINAL.pdf 24/04/2016 *Where has all the money gone? Del center of Global Development* 2012.

http://elpais.com/elpais/2016/04/21/planeta_futuro/1461237875_937871.html 31/05/2016 Reconstruir Nepal 365 días después

Estructuras para situaciones de emergencia.

<http://www.dezeen.com/2016/01/11/rd-shelter-prototype-emergency-shelter-suisse-paul-gray-humanitarian-design/> 12/01/2016 Rd-shelter en dezeen 11/01/2016

<http://www.dezeen.com/2015/09/15/suri-modular-refugee-housing-system-emergency-shelter-suricatta-systems-urbana-de-exterior/> 12/01/2016 SURI modular refugee housing system emergency shelter suricatta system urbana of exteriors, 15 de Septiembre de 2015

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/776387/barberio-colella-arc-disena-casas-desplegables-para-la-reconstruccion-de-nepal> 10/02/2016 1 Noviembre de 2015 de Patrick Lynch

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/772894/prototipos-de-vivienda-en-bambu-para-nepal-por-rootstudio> 12/02/2016 rootstudio 1 de Septiembre de 2015

Información sobre el PET.

<http://www.cocacolaespana.es/compromiso/medio-ambiente/envases-sostenibles#.VxdpovmLTZ5> 11/02/2016. Coca-Cola 04/09/2014

<http://slideplayer.es/slide/6135463/> 13/02/2016 Carolina Teresa Prado Segura, 2011.

Reciclaje del PET.

<http://www.inforeciclaje.com/reciclaje-pet.php> 11/02/2016 InfoReciclaje 2016.

<http://blogthinkbig.com/botella-agua-reciclable-servir-tras-uso-elemento-construccion/> 13/02/2016.

<http://www.labioguia.com/notas/las-botellas-pet-para-la-construccion> 13/02/2016.

<https://www.youtube.com/watch?v=6icdqIOfLO4> 13/02/2016 Creativitree House 05/09/2012

<https://www.youtube.com/watch?v=xupgFdgtlcU> 13/02/2016 AdsOnline All 02/06/2015

Fábricas de plástico.

<http://www.europages.es/empresas/China/Fabricante%20Productor/fabricaci%C3%B3n%20de%20moldes.html> 21/02/2016 Europages

<http://www.ecologiaverde.com/el-proceso-de-reciclaje-de-una-botella-de-plastico/> 05/04/2016 Escrito por David Sanz 13 de junio de 2011

<http://www.negociosproductivos.org/reciclaje-de-pet.html> 05/04/2016 Jose Silvano Zavala Torres 2014

<http://www.deotramanera.co/trabajar/oportunidades-dinero-extra/plastico-reutilizarlo-casa-crear-objetos-nuevo-es-posible> 19/04/2016 El Proyecto Precious Plastics 2016

Información sobre el bambú.

<http://www.imcyc.com/ct2009/ene09/sustentabilidad.htm> 24/02/2016 Yolanda Bravo Saldaña 2009

<http://es.slideshare.net/josueanthonyrioslanda/uso-del-bamb-en-el-per> 25/02/2016 Josue Anthony Rios Landa 26 de febrero de 2015

<http://www.monografias.com/trabajos101/bambu-recurso-renovable-y-sostenible-diseno-y-construccion/bambu-recurso-renovable-y-sostenible-diseno-y-construccion.shtml> 27 /02/2016 Arq. Irina Varela Reyes y Daniel Chaviano Santa Clara. (Villa Clara). Cuba. Junio de 2013.

http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SU STENTABLE_CON_BAMBU.PDF 28/02/2016 Comisión Nacional Forestal 2004

Economía de Nepal antes del terremoto.

<http://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/npl/> 09/03/2016 The Observatory of Economic Complexity por Alexander Simoes 2014

Objetivos del milenio

http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf 09/03/2016 Naciones Unidas, 2015 Objectives of the millenium

<https://www.youtube.com/watch?v=na9hsm19p5A> 21/04/2016 "Amenaza sobre la lana de cachemir" de AFPES 1/10/2013

<https://www.oxfam.org/en/emergencies/nepal-earthquake/our-work-in-camps-and-rural-areas> 05/05/2016 casas ahora mismo de Oxfarm Intermon, 2016

Peligro del plástico.

<http://xananatura.blogspot.ie/2011/03/es-peligroso-el-plastico-ftalatos-o.html> 09/03/2016 XanaNatura 2011

<http://io9.gizmodo.com/how-to-recognize-the-plastics-that-are-hazardous-to-you-461587850>
24/04/2016 How To Recognize the Plastics That Are Hazardous To Your Health George Dvorsky

Pet produce DEHA.

<http://www.dietametabolica.es/botellashdpe.htm> 09/03/2016 Monica Gomez, terapeuta holística Best Life Magazine, Febrero 2007

El DEHA no es peligroso.

<http://www.gominolasdepetroleo.com/2012/06/es-peligroso-rellenar-las-botellas-de.html>
09/03/2016 Papyrus 2012

Estados Unidos (U.S. Occupational Safety & Health Administration, National Toxicology Program o International Agency for Research on Cancer)

<https://www.linkedin.com/pulse/seeking-innovative-solutions-development-projects-declan-alcock> 12/01/2016 Declan Alock 27 de nov

Cuanto tardan en degradarse las botellas.

<http://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/71460/pila-bolsa-plastico-lata-cerveza-cuanto-tardan-desintegrarse>

<http://www.ecologiaverde.com/cuanto-tardan-en-degradarse-los-desechos/>

Administración de medicamentos y alimentos (FDA).

<http://www.fda.gov/AboutFDA/EnEspañol/>

Consejo Superior de Investigaciones Científicas español (CSIC)

<http://www.csic.es/>

Agencia internacional para la investigación del cáncer (IRAC)

<http://www.iarc.fr/>

Agencia de protección ambiental de Estado Unidos (EPA)

<https://espanol.epa.gov/>

Centro para el control y la prevención de enfermedades (CDC)

<http://www.cdc.gov/spanish/>

PROYECTO NORMATIVO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ.

http://www.vivienda.gob.pe/popup/Documentos_pdf/Proyecto_Normati

BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL: GENERALIDADES, APLICACIONES Y MODELIZACIÓN DE UNA ESTRUCTURA TIPO

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55983/MARTINEZ%20-%20Bamb%C3%BA%20como%20material%20estructural%3A%20Generalidades,%20aplicacion%20y%20modelizaci%C3%B3n%20de%20una%20est....pdf?sequence=1>

El misterio del envejecimiento físico en polímeros

<http://www.pt-mexico.com/columnas/el-misterio-del-envejecimiento-fsico-en-polmeros>—

Familias de Las Lisas reciben casas de bambú

<https://www.youtube.com/watch?v=RSnaFKGuyjw>

Shigeru Ban reconstruye Nepal usando escombros del terremoto

http://arq.clarin.com/arquitectura/Shigeru-Ban-construye-Nepal-escombros_0_1401460105.html

Diseño de casa de bambú soporta climas intensos

<http://www.construyehogar.com/casas/diseño-de-casa-de-bambu-soporta-climas-intensos-fotos/>

Estudiantes libaneses construyen un refugio con cajas de plástico

<http://www.ecologiaverde.com/estudiantes-libaneses-construyen-un-refugio-con-cajas-de-plastico/>

El bambú como material de construcción

<http://www.ecohabitar.org/el-bambu-como-material-de-construccion/>

Kits-refugio hecho por Ikea para los desplazados por conflictos bélicos y desastres naturales

<http://www.arquitecturayempresa.es/noticia/kits-refugio-made-ikea-para-los-desplazados-por-conflictos-belicos-y-desastres-naturales>

BAMBÚ – Prototipos de vivienda para Nepal

<http://mejorarq.com/bambu-prototipos-de-vivienda-para-nepal/>

Barberio Colella ARC diseña casas desplegables para la reconstrucción de Nepal

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/776387/barberio-colella-arc-disena-casas-desplegables-para-la-reconstruccion-de-nepal>

Casa de madera en Nepal

<https://es.dreamstime.com/photos-images/p2/casa-de-madera-en-nepal.html>

Refugio Temporal en Nepal / Charles Lai + Takehiko Suzuki

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/770344/refugio-temporal-en-nepal-charles-lai-plus-takehiko-suzuki>

Cálculos de vida útil

<https://es.scribd.com/doc/183285022/Tabla-Orientativa-de-Vida-Util-de-Los-Bienes>

Producción diaria de una extrusora

<http://www.interempresas.net/Plastico/FeriaVirtual/Producto-Extrusora-de-alta-velocidad-BEX-75-1-34-31768.html>

Rendimiento de una máquina de compactación

http://www.asturalba.com/maquinas/prensas/prensas_verticales/prensas_verticales.htm

Rendimiento de una máquina extrusora

http://spanish.prm-taiwan.com/product_i_PVC_ABS_PS_Screw_Extruder.html

Precio de las máquinas

<http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/37/residuos-plasticos/255/aspectos-economicos.html>

Normas UNE para plásticos

<http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/37/residuos-plasticos/256/normativa-tecnica.html>

Empresa para máquinas del film

<http://www.aranco.com/films-embalaje-industrial/>

Pallet usado

http://www.mantenipal.com/producto/Palets_102_x_122_americano/