

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MODULAR HABITABLE DE
INSTALACIÓN RÁPIDA A PARTIR DE LA INVESTIGACIÓN Y
CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO, DIRIGIDO A GRUPOS
DE PERSONAS EN SITUACIÓN DE DESPLAZAMIENTO POR DESASTRE
AMBIENTAL.**

**JULIÁN ALBERTO GARCÍA- CARREÑO
CESAR EDUARDO ESPARZA GUERRERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FÍSICO - MECÁNICA
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2013

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MODULAR HABITABLE DE
INSTALACIÓN RÁPIDA A PARTIR DE LA INVESTIGACIÓN Y
CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO, DIRIGIDO A GRUPOS
DE PERSONAS EN SITUACIÓN DE DESPLAZAMIENTO POR DESASTRE
AMBIENTAL.**

**JULIÁN ALBERTO GARCÍA- CARREÑO
CESAR EDUARDO ESPARZA GUERRERO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Diseñador Industrial**

**Director:
Arq. JULIO CESAR PINILLOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FÍSICO - MECÁNICA
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2013

CONTENIDO

	Pág.
ANTECEDENTES	17
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2. JUSTIFICACIÓN	20
3. ALCANCES DEL PROYECTO	21
4. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	22
4.1 OBJETIVO GENERAL	22
5. IMPACTOS ESPERADOS.	23
5.1 IMPACTO SOCIAL	23
5.2 IMPACTOS ECONÓMICOS	23
5.3 IMPACTOS AMBIENTALES	23
5.4 Impactos de competitividad	24
6. MARCO TEÓRICO	25
6.1 INFORMACIÓN GENERAL	25
6.1.1 Fibras Naturales	25
6.1.2 Polímeros	28
6.1.3. Materiales compuestos	41
6.1.4 Procesos de reciclaje	45
6.1.5 Refugios temporales	47
6.1.6 Situación de desplazamiento forzado en Colombia por desastres ambientales	53
6.2 INFORMACIÓN ESPECÍFICA	55
6.2.1 Palma africana	55
6.2.2 Polipropilen	56
6.2.3 Proceso de Elaboración de materiales compuestos	56

7. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	59
7.1 RECOLECCIÓN DE MATERIAL	59
7.1.1 Recolección del Polipropileno	59
7.1.2 Recolección de la fibra	59
7.2 PREPARACIÓN DEL MATERIAL	60
7.2.1 Preparación del Polipropileno	60
7.2.2 Preparación de la fibra	60
7.3 PREPARACIÓN DE PROBETAS	62
7.3.1 Probeta de tracción	64
7.3.2 Probeta de flexión	64
7.3.3 Probeta de Compresión	65
7.4 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA	66
7.4.1 Ensayo de tracción	67
7.4.2 Ensayo de flexión	69
7.4.3 Ensayo de compresión.	72
7.5 CONCLUSIONES METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	75
7.5.1 Conclusiones de ensayos de laboratorio	75
7.5.2 Conclusiones Generales	77
8. ETAPA DE DISEÑO	78
8.1 REQUERIMIENTOS	78
8.1.1. Requerimientos de uso	78
8.1.2. Requerimientos de Material	78
8.1.3. Requerimientos Formales	78
8.2 PARÁMETROS	79
8.3 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS	80
8.4 DESARROLLO DE ALTERNATIVAS	83
8.4.1 Alternativa 1	83
8.4.2 Alternativa 2	84
8.4.3 Alternativa 3	85
8.5 ELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	86

8.5.1 QFD de alternativas (Quality function Deployment)	87
8.5.2 Conclusión de la evaluación	88
8.6 CONSTRUCCIÓN DE MODELOS	88
8.6.1 Modelos CAD	88
8.6.2 Modelo a escala	89
9. DISEÑO FINAL	90
9.1. LISTA DE PIEZAS	91
9.2 DIAGRAMA DE MANUFACTURA	92
9.3 ESTUDIO DE ESFUERZOS	93
9.3.1 Viga Techo	94
9.3.2 Acople Tipo A	96
9.3.3 Columna 1A	99
9.3.4 Panel	101
9.3.5 Estaca	103
9.4 PLANOS	105
10. MARCA DEL PRODUCTO	106
11. MANUAL DE INSTALACIÓN	107
12. CONCLUSIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	114

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Simplificación utilizada por el modelo de Maxwell para simular el comportamiento reológico de los materiales	32
Figura 2. Simplificación utilizada por el modelo de Kelvin – Voingt para simular el comportamiento reológico de los materiales	33
Figura 3. Simplificación utilizada por el modelo de Maxwell y Kevin-Voigt para simular el comportamiento reológico de los materiales	34
Figura 4. Simplificación por el modelo de Reichter – Weinther para simular el comportamiento reológico de los materiales	35

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Materiales de Ingeniería Química Prof. Ronald Márquez"	44
Imagen 2. Perfiles de extrusión y laminado extruido con acabado en madera.	45
Imagen 3. Refugio Temporal en bambú	48
Imagen 4. Carpa	49
Imagen 5. Carpa inflable	50
Imagen 6. Carpa de Yurta	51
Imagen 7. Preparación del Polipropileno	60
Imagen 8. Preparación de la fibra	61
Imagen 9. Proceso de la fibra	61
Imagen 10. Microscopia digital zoom 20x	62
Imagen 11. Mezcla del material por peso	63
Imagen 12. Primeras probetas	63
Imagen 13. Molde probeta de tracción	64
Imagen 14. Molde probeta de flexión	65
Imagen 15. Molde probeta de Compresión	66
Imagen 16. Caracterización mecánica	67
Imagen 17. Ensayo de tracción	67
Imagen 18. Ensayo de flexión	70
Imagen 19. Ensayo de compresión	73
Imagen 20. Generación de alternativas	80
Imagen 21.	83
Imagen 22. Alternativa 1.	84
Imagen 23. Alternativa 2.	85
Imagen 24. Alternativa 3.	86
Imagen 25. Modelos CAD	88

Imagen 26. Modelo a escala	89
Imagen 27. Diagrama de manufactura	93
Imagen 28. Viga Techo-Estudio -Tensiones	94
Imagen 29. Viga Techo-Estudio -Desplazamientos	95
Imagen 30. Viga Techo-Estudio -Deformaciones unitarias	95
Imagen 31. Viga Techo-Estudio -Factor de seguridad	96
Imagen 32. Acople Tipo A -Estudio -Tensiones	97
Imagen 33. Acople Tipo A -Estudio -Desplazamientos	97
Imagen 34. Acople Tipo A -Estudio -Deformaciones unitarias	98
Imagen 35. Acople Tipo A -Estudio -Factor de seguridad	98
Imagen 36. Columna 1A-Estudio 2-Tensiones	99
Imagen 37. Columna 1A-Estudio -Desplazamientos	100
Imagen 38. Columna 1A-Estudio -Deformaciones unitarias-	100
Imagen 39. Columna 1A-Estudio -Factor de seguridad	101
Imagen 40. Panel-Estudio -Tensiones	101
Imagen 41. Panel-Estudio -Desplazamientos	102
Imagen 42. Panel-Estudio -Deformaciones unitarias	102
Imagen 43. Panel-Estudio -Factor de seguridad	103
Imagen 44. Estaca-Estudio -Tensiones	103
Imagen 45. Estaca-Estudio -Desplazamientos	104
Imagen 46. Estaca-Estudio -Deformaciones unitarias	104
Imagen 47. Estaca-Estudio -Factor de seguridad	105

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Probetas a tracción con carga de Fibra al 20%	68
Gráfica 2. Probetas a tracción con carga de Fibra al 30%	68
Gráfica 3. Probetas con carga de Fibra al 50%	69
Gráfica 4. Fuerza sobre extensión, probetas a flexión con carga de Fibra al 20%	71
Gráfica 5. Fuerza sobre extensión, probetas flexión con carga de Fibra al 30%	71
Gráfica 6. Fuerza sobre extensión, probetas flexión con carga de Fibra al 50%	72
Gráfica 7. Probetas compresión con carga de Fibra al 20%	74
Gráfica 8. Probetas compresión con carga de Fibra al 30%	74
Gráfica 9. Probetas compresión con carga de Fibra al 50%	75

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Polimeros	35
Tabla 2. Propiedades mecánicas de los polímeros	36
Tabla 3. Materiales compuestos	42
Tabla 4. Normas mínimas para refugios	53
Tabla 5. Resultados por departamento	54
Tabla 6. Proceso de elaboración de materiales compuestos	57
Tabla 7. Tabla de procesos	58
Tabla 8. QFD de alternativas (Quality function Deployment)	87
Tabla 9. Lista de piezas	91
Tabla 10. Viga techo	94
Tabla 11. Acople tipo A	96
Tabla 12. Columna 1A	99
Tabla 13. Panel	101
Tabla 14. Estaca	103

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MODULAR HABITABLE DE INSTALACIÓN RÁPIDA A PARTIR DE LA INVESTIGACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO, DIRIGIDO A GRUPOS DE PERSONAS EN SITUACIÓN DE DESPLAZAMIENTO POR DESASTRE AMBIENTAL*

AUTORES: JULIÁN ALBERTO GARCÍA- CARREÑO**
CESAR EDUARDO ESPARZA GUERRERO

PALABRAS CLAVES: polipropileno, fibra de palma africana, sistema modular habitable, material compuesto.

DESCRIPCIÓN

Los desastres naturales son sucesos difíciles de prever en muchos casos, por eso en algunas ocasiones las medidas se deben tomar después de que ha sucedido. De esta forma, en este proyecto se busca generar una alternativa a la solución de vivienda de los damnificados por desastres naturales. Este proyecto busca innovar tanto en las alternativas de refugio de estas personas como en el material compuesto de este ya que es elaborado de tapas de polipropileno y de fibra de la palma africana, lo que lo convierte en un material reciclable que genere un impacto ambiental y social.

El material compuesto de fibras y polipropileno dará paso a una generación de materiales innovadores que acorde a las necesidades ambientales actuales, podrá ayudar al medio ambiente y aportar una alternativa en torno al uso de estos compuestos para así usar este nuevo material en diversos productos. Por medio de la investigación y caracterización de este, se realizaron pruebas físico-mecánicas donde se evaluó el material a esfuerzos de tensión, flexión y compresión donde se pudo comprobar el óptimo desempeño y uso en este sistema modular habitable diseñado.

Se escogió la fibra de palma africana debido a la gran cantidad de producción de aceite en la región. De este proceso se genera un desecho (raquis) del cual surge la fibra utilizada en el material compuesto. Gracias a la baja densidad de este material hay una ganancia al momento de transportarlo debido a la disminución del peso, lo cual es vital ya que hace más fácil el transporte del sistema modular a zonas de difícil acceso.

* Trabajo de grado

** Facultad de Facultad Físico – Mecánica. Escuela de Diseño Industrial. Director: Arq. Julio Cesar Pinillos

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MODULAR SYSTEM AREA SETUP GUIDE FROM RESEARCH AND CHARACTERIZATION OF A COMPOSITE MATERIAL, DIRECTED TO GROUPS OF PEOPLE WITH ENVIRONMENTAL DISASTER MOVEMENT*

AUTHORS: JULIAN ALBERTO GARCIA-CARREÑO**
ESPARZA CESAR EDUARDO GUERRERO

KEY WORDS: palm fiber, modular floor, composite material.

DESCRIPTION

Natural disasters are difficult to predict in many cases, so that sometimes the measures has to be taken after it has happened. Thus, this project seeks to create housing alternatives or solutions for the victims of natural disasters. In addition this project aims to innovate not only in the housing solution but also in its material composition. This material is elaborated with drawn polypropylene cover and palm fiber, which makes it a recyclable material that generates a good environmental and social impact.

The composite of polypropylene fibers would contribute with a new material innovation according with current environmental requirements; it could help the environment and provide an alternative around the use of these compounds in order to use this new material into several products. Through research and characterization of this, physical and mechanical tests of the material were conducted to evaluate its tensile stresses, bending and compression; the result demonstrates an optimum performance and use in this area designed modular system.

It was chosen palm fiber due to the large amount of oil production in the region. This process generates a waste (spine) which emerges the fiber used in the composite. Thanks to the low density of this material there is a gain at the moment of transporting due to the decrease of the weight, which is vital because it makes easier to transport the modular system to inaccessible areas.

* Work degree

** Faculty of Physical Faculty Mechanics. School of Industrial Design. Directed Architect Julio Cesar Pinillos

ANTECEDENTES

En la investigación titulada “obtención de un material compuesto a partir de gránulos de caucho reciclado y aceite de higuera modificado” de Jhoanna Paola Quintero y Juan Pablo Suarez se explica el proceso de sintetización de materiales compuestos a partir de gránulos de caucho reciclado (GCR) y prepolimeros de uretano (PU) en relaciones GCR/ PU 60/40, 70/30 Y 80/20. Los prepolimeros se sintetizaron a partir de aceite de higuera y modificaciones de este en P0 y P1. Se realizaron pruebas de caracterización a los materiales como: resistencia a la abrasión y rebote vertical. Se encontró que los materiales presentaron hinchamiento a los disolventes orgánicos y que tienen una resistencia a cierto tipo de soluciones, también, el porcentaje de rebotabilidad es menor a medida que el índice de hidroxilo con el que se sintetizaron los materiales es mayor, esto se debe al mayor entrecruzamiento de las redes de elastómero de poliuretano.

Relacionado con la palma africana se encontró una investigación titulada “activación física del ráquis de la palma africana (*elaeis guinnensis*)” de Olga Lucia Bayona y Melba J. Sánchez la cual especifica los componentes de este material así como el aprovechamiento mínimo que se le da, siendo de gran interés este para productos con enfoque ambiental y empresarial. -Se estudió la preparación de carbones activados empleando como precursores residuos fibrosos de la industria aceitera (raquis de palma africana), mediante activación “física” en dos etapas usando dióxido de carbono y vapor de agua como agentes activantes a diferentes temperaturas (89-400 C) y variando los tiempos de activación (hasta 240 min.). el acondicionamiento de las muestras se hizo mediante astillado, molido, tamizado y secado al aire, con el fin de unificar su contenido de humedad y el tamaño de partícula en un diámetro que varió entre 1mm y 2mm-

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se sabe que los desastres ambientales y actores afectados por este suceso son situaciones difíciles de prever en muchos casos, por esto mismo, con este proyecto surge la pregunta a partir del análisis previo de estadísticas de desplazamiento forzado debido a desastres ambientales y de acuerdo al alcance que se tiene por los conocimientos y enfoque de diseño manejado :¿De qué manera se puede generar una alternativa de refugio hecho con materiales compuestos por elementos reciclables para así poder presentar una propuesta temporal en torno a la necesidad de vivienda de personas afectadas por este hecho?

Se pretende con este material compuesto de elementos reciclables generar un impacto tanto ambiental como de innovación en el campo del diseño en torno a esta nueva propuesta para subsanar las consecuencias sociales de estas personas afectadas por desastres ambientales ubicadas en espacios rurales las cuales deben trasladarse de su lugar de residencia ya sea por la falta de condiciones mínimas habitables en su entorno como la desaparición de actual estructura de vivienda.

Teniendo en cuenta que no es una solución a largo plazo de esta situación, se quiere proponer una solución tanto inmediata como efectiva para solventar esta situación de forma temporal en cuanto entes gubernamentales generen la forma más viable para la reubicación de estas personas, también, se espera innovar en el campo del diseño relacionando los modelos convencionales existentes tales como los refugios improvisados hechos en materiales de muy baja calidad por un modelo nuevo tanto en su diseño como en su construcción (materiales como

polímeros y fibras naturales) los cuales conllevarían a generar un material versátil y amigable con el ambiente debido al origen de sus componentes.

2. JUSTIFICACIÓN

Si bien es cierto que el consumo masivo y la forma en que son usados y aprovechados los recursos naturales no se pueden modificar por completo, se pueden generar alternativas que encaminen diversas formas de aprovechamiento de compuestos para la sustitución de materiales que ayuden al medio ambiente, tal como se quiere desarrollar con este proyecto.

En un país como Colombia, en el que el manejo de basuras es poco eficiente y de gran cantidad, además en donde la cultura del reciclaje está empezando por lo que no existe un nivel considerable de aprovechamiento de muchos materiales que podrían ser re utilizados para ayudar al medio ambiente, este proyecto podría generar un impacto importante tanto en la innovación del material y del diseño como en la forma de ver y manejar estos recursos reciclables, lo que puede crear soluciones tanto económicas, viables y efectivas a la realización de productos que requieren el uso de materiales convencionales.

Elementos desechados se pueden aprovechar y reciclar creando así materiales compuestos a través de mezclas que den paso a la generación de un material innovador con unas especificaciones físico-mecánicas que satisfagan las condiciones mínimas de resistencia a los esfuerzos ocasionados por tracción, compresión y flexión para una propuesta de diseño de refugios diferente en cuanto a los compuestos reutilizables del material. En este caso, es posible beneficiar a una población la cual ha vivido situación de desplazamiento forzoso a raíz de desastres ambientales diseñando un refugio que presente una solución a corto plazo y de fácil acceso a zonas de desastres ambientales por su característica modular.

3. ALCANCES DEL PROYECTO

Se espera proponer un material compuesto a base de polipropileno reciclado y fibras de la palma africana con el cual se diseñará un sistema modular habitable que cumplirá con los requisitos mínimos habitables para una familia en situación de desplazamiento forzoso por desastres ambientales, esperando innovar tanto en el diseño de estos refugios como en los compuestos del material.

4. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Investigar y caracterizar las propiedades físico-mecánicas de un nuevo material realizado en este proyecto el cual está compuesto de materiales tales como polímeros y fibras naturales que tiene como fin la aplicación en un sistema modular habitable de instalación rápida, encaminado a dar refugio temporal de 90 días a grupos de personas en situación de desplazamiento por desastres ambientales.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer un nuevo material compuesto por polipropileno y fibras naturales, en el que, el polipropileno será utilizado como matriz y el refuerzo será a base de fibra de palma africana.
- Caracterizar el material compuesto, de esta manera se podrán saber las propiedades mecánicas de este.
- Diseñar con el material propuesto un sistema modular habitable de instalación rápida, el cual servirá como refugio temporal para un grupo de personas en situación de desplazamiento forzoso por desastres ambientales
- Evaluar la resistencia del material en los ensambles que serán usados en el sistema modular por medio de la herramienta CAD.

5. IMPACTOS ESPERADOS.

5.1 IMPACTO SOCIAL

Con este proyecto se podría generar un impacto positivo en torno a una alternativa temporal de vivienda a personas en situación de desplazamiento forzoso por desastres ambientales debido a que es viable, al serlo, se pueden evitar alternativas usadas por estas personas las cuales se ven obligadas a recurrir a refugios poco seguros y que no cumplen con las condiciones mínimas habitables. También se puede generar una conciencia social de reciclaje de polipropileno (EN ESTE CASO LAS TAPAS) por un motivo específico logrando así una solución tangible.

5.2 IMPACTOS ECONÓMICOS

Debido a la recolección y previo reciclaje de uno de los compuestos del material usado en la elaboración del modelo, podría ser una solución más económica.

Se podría presentar a las empresas que requieran campamentos temporales en zonas de difícil acceso como solución de refugio para sus obreros.

5.3 IMPACTOS AMBIENTALES

Ya que algunos de los materiales que se van a implementar provienen de elementos reciclados, se podría reducir la contaminación ambiental, apoyando al reciclaje del material post consumo y su reutilización.

Por ser un diseño modular, se podría optimizar los procesos para evitar gastos innecesarios en su proceso de fabricación.

5.4 IMPACTOS DE COMPETITIVIDAD

Al ser una idea innovadora, puede llamar la atención de instituciones gubernamentales y entidades que se enfocan en subsanar las consecuencias de los desastres ambientales logrando así una mayor atención y acciones efectivas en torno al problema de vivienda de estas personas.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 INFORMACIÓN GENERAL

6.1.1 Fibras Naturales. Se buscó fibras naturales como una alternativa real para nuestro país, y que puedan ser utilizadas como elemento en un material compuesto ya que estas están disponibles y representan una fuente renovable continua y económica debido a la cantidad de palma africana en la zona.

6.1.1.1 Fibra de abacá

(*Musa textiles Née*)

Su fibra, también conocida como cáñamo de Manila, se extrae de las vainas foliares y los filamentos que se obtienen de ellas pueden medir más de 2 metros de largo. Su resistencia al agua salada hizo que fuera utilizada de forma tradicional para la producción de redes de pesca y cuerdas para barcos.

En la actualidad es también habitual su utilización para tejidos en vestimenta hospitalaria, envolturas de embutidos o revestimiento para cables así como para la producción de papeles especiales, para los saquitos de té, billetes, pañales, papel higiénico o filtros para maquinaria.

6.1.1.2 Fibra de yute

(*Corchorus L. sp. pl.*)

Planta herbácea, de la familia de las Malváceas, cultivada en regiones tropicales por sus fibras, que se sacan principalmente del tallo y del tejido externo de 2 especies del género

Corchorus: *C. capsularis* L. y *C. olitorius* L. La fibra es muy larga y resistente, con aspecto casi tan brillante como el de la seda. De forma tradicional se utilizaba desde tiempos remotos para hacer sacos, embalajes resistentes, telas para cortinas o alfombras y, en general, con fines textiles. Las mismas hilaturas del algodón se dedicaban entonces a la hilatura del yute. La utilización más común del yute es la del tejido semifino que recibe el nombre de arpillera, pero se teje de tantas formas diferentes y con aplicaciones tan diversas que en su uso solo es superado por el algodón; este es el caso del llamado yute blanco (*Corchoruscapsularis*), que algunos identifican como la variedad china. Las fibras de yute se usan solas o mezcladas con otros tipos de fibras para hacer bramante y sogas.

La fibra más tosca se usa para hacer las telas baratas. En la actualidad ha ampliado sus aplicaciones en industrias como el papel, en productos del celuloide (películas), o incluso para los interiores de automóviles y geotextiles.

6.1.1.3 Fibra de damagua, cocua

(*Poulseniaarmata* (Miq.) Standl.)

Se trata de un árbol de la familia de las moreras (*Moraceae*) de los bosques húmedos pluviales tropicales y subtropicales de América, ampliamente distribuida en el norte de Suramérica y Centroamérica (Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú y Venezuela). Del cocua, término utilizado para referirse a esta especie, que en lengua nativa significa corteza, los indígenas de Emberá-Waunaan, Panamá, extraen fibras que emplean para fabricar tela, hamacas, cestos, velas para canoas y ropa para las mujeres. En la región del Valle de Antón y Penonomé la corteza el cocua se emplea para fabricar un vestido conocido como «diablito cocua», empleado para bailar una danza en fiestas religiosas y folklóricas.

En la actualidad se sabe que las fibras de la madera poseen además propiedades excelentes para la fabricación de papel.

6.1.1.4. Fibra de fique

(Furcraeamacrophylla Baker)

Su fibra, conocida como cabuya, se obtiene de una planta suculenta perteneciente a la familia de las Agavaceas. El género *Furcraea* tiene casi 20 especies y de muchas de ellas se puede obtener fibra vegetal. Son plantas nativas de las regiones tropicales de México, Caribe, Centroamérica y norte de Suramérica.

De forma tradicional se usaron para elaborar cordeles, redes, sacos, alfombras, adornos y empaques para productos agrícolas, tales como la papa y el café. Actualmente, al ser biodegradables, ha aumentado su uso en geotextiles y como biomanto para proteger sembrados así como alternativa natural al musgo, en decoración. También se usan en la fabricación de hilo quirúrgico y papel, o para elaborar sacos reciclables para empaquetar latas, vidrios y plásticos, reemplazando a las bolsas de basura tradicionales.

6.1.1.6. Fibra de chiqui-chiqui o marama

(Leopoldiniapiassaba Wallace)

La fibra se obtiene de los pecíolos y de las vainas de las hojas de esta palmera, nativa de la cuenca alta del río Negro (cuenca amazónica) y Orinoco en Colombia, Brasil y Venezuela. Son muy duraderas, flexibles y resistentes al agua. De forma tradicional ha sido utilizada por los indígenas para fabricar esteras, escobas y cestas, siendo la fibra característica de un arte cestero denominado «arawak». Es aprovechada por comunidades indígenas amazónicas como un importante artículo de comercio, exportado posteriormente a sitios tan lejanos como Europa para la fabricación de escobas y de cepillos. En determinadas comunidades indígenas de

la Amazonia colombiana representa un importante recurso, siendo cientos de familias las que viven de explotar de forma sostenible los bosques en donde vive la palmera, también llamados localmente fibrales.

6.1.1.7 Fibra de piña

(Ananascomosus L. Merr.)

Es una hierba perenne, de la familia de las Bromeliáceas, nativa de América del Sur. La fibra de la piña se obtiene de las hojas de la planta. Actualmente es una de las fibras a las que se le están encontrando muchas utilidades, para aprovechar además los subproductos del cultivo de la especie para producir fruta. Se utiliza para confeccionar papel de regalo, para hacer cajas, álbumes y marcos de fotos, o para producir paños, manteles, camisas, velos, abanicos, pañuelos y hasta botones para blusas y camisas.

6.1.2 Polímeros. El polímero es un material muy conocido y con infinidad de aplicaciones y variaciones, hay polímeros naturales, semisintéticos y sintéticos, esta calificación es según su origen. Hay que tener en cuenta que los polímeros sintéticos son los más comercializables y los más comunes en el mercado. Dentro de los polímeros sintéticos hay dos aspectos muy importante a la hora de clasificarlos, unos son los polímeros por adición y otros lo polímeros por condensación, las diferencias entre los unos y los otros son variadas y depende mucho de su estructura molecular, a continuación se presentan dos tablas donde están los polímeros de adición y de condensación más comunes.

En muchas de las reacciones de polimerización, las unidades estructurales se colocan en forma de cadena totalmente lineal, es el caso del PS, PP, PVC, dado lugar a polímeros de amplio espectro (GPPS)

Los polímeros de estas características tipológicas son materiales termoplásticos, reblandecen o funden por la acción del calor, lo que permite darles forma mediante moldes, forma que posteriormente se estabiliza al enfriarlos. Es posible volverlos a reblandecer y volverlos a moldear con formas diferentes (se dice entonces que son reciclables)

Existen tres tipos de polímeros que responden a una misma fórmula estructural pero que son básicamente distintos: atácticos (sin orden), sindiotácticos (orden alternante) e isotácticos (orden estricto).

La capacidad de una macromolécula de ovillarse o estirarse en un disolvente, depende de la capacidad que tienen los átomos que constituyen la cadena de girar alrededor de los enlaces que los unen.

En el estado sólido los materiales se encuentran en una de las situaciones límites: estado cristalino y estado amorfo (Morawetz, H. 1985)

En el sistema cristalino, los átomos y las moléculas están dispuestos en redes cristalinas de formas y tamaños, al subir la temperatura se produce el proceso de fusión, en el que la estructura se desmorona por completo y el material pasa al estado líquido a su temperatura de fusión.

Por el contrario, los sólidos amorfos no tienen ningún tipo de orden interno que se repita en todas las direcciones del espacio tal como ocurre con los cristalinos. Las moléculas están tan desordenadas como lo puedan estar en estado líquido pero, a diferencia de este, el material tiene estabilidad dimensional y la mantiene

Al elevar la temperatura, el material se ablanda a partir de un cierto valor o temperatura de transición vítrea, pero sin eliminación de ninguna estructura ordenada.

Los estados amorfo y cristalino conllevan otras propiedades: el estado amorfo es isotrópico (presenta idénticas propiedades independientemente de la dirección en la cual se hace la medición)

El estado cristalino es en general anisótropo (presenta diferentes propiedades según se realice la medición en dirección paralela o perpendicular a algunos de los ejes de cristal)

En definitiva, un sólido amorfo queda caracterizado por la denominada temperatura de transición-vitrea T_g a la que ocurre el reblandecimiento del material, dando lugar a un líquido muy viscoso.

TEMPERATURA DE TRANSICION VITREA DE LOS POLIMEROS AMORFOS

Los polímeros en estado sólido también pueden presentarse como amorfos y cristalinos. Estructuralmente y también en primera aproximación, un sólido polimérico en estado amorfo puede verse como un conjunto de cadenas entremezcladas al azar, carentes de orden, mientras que un polímero en estado cristalino tiene las cadenas orientadas en direcciones preferentes o colocadas paralelas, en definitiva, ordenadas de alguna forma (Mark, J.E et al. 1993)

COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES PLASTICOS

Los polímeros a lo largo de su vida sufren todo tipo de agresiones mecánicas que implican esfuerzos sobre su estructura. En forma líquida cuando son fundidos para ser extruidos o inyectados se ven sometidos a esfuerzos de cizalla importantes y cuando pasan a ser objetos puede ser estirados, comprimidos, flexionados, torcidos, etc.

La ley ideal que explica el comportamiento de los sólidos bajo un esfuerzo se debe a Hook, 1676. Establecía que la deformación es proporcional a la fuerza.

Las propiedades de los plásticos resultan de su propia estructura química y de la estructura física (cadenas moleculares lineales, ramificadas...)

Las propiedades de los termoplásticos dependen de la estructura química de los eslabones básicos, de la longitud de la cadena, de la cristalinidad y de las fuerzas entre las cadenas moleculares (valencias secundarias)

En los diferentes grupos de plásticos, las fuerzas siguientes son las que deciden las propiedades, que en los termoplásticos son:

- a. Fuerzas de Van de Waals
- b. Fuerzas polares
- c. Enlaces de puente de hidrogeno
- d. Longitud de la macromolecula (ovillamiento)

Los enlaces de valencia principal son los que más contribuyen a la resistencia mecánica de los plásticos. Su actuación más enérgica se da en los termoestables.

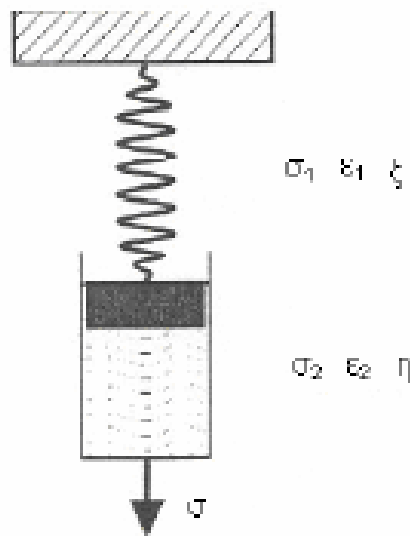
MODELOS DE COMPORTAMIENTO VISCOELASTICO DE LOS MATERIALES POLIMERICOS

Los modelos de comportamiento viscoelastico simulan los diferentes comportamientos viscoelásticos observados con polímeros. En el diseño de estos modelos se parte de modelos mecánicos simples que se combinan entre si para obtener resultados similares a los experimentales (Aklonis, J.J. et al 1983)

Modelo de Maxwell:

Este modelo se utiliza para simular el comportamiento reológico de los plásticos. En este modelo se emplea un resorte para simular el comportamiento elástico en serie con un embolo que simula el comportamiento viscoso.

Figura 1. Simplificación utilizada por el modelo de Maxwell para simular el comportamiento reológico de los materiales

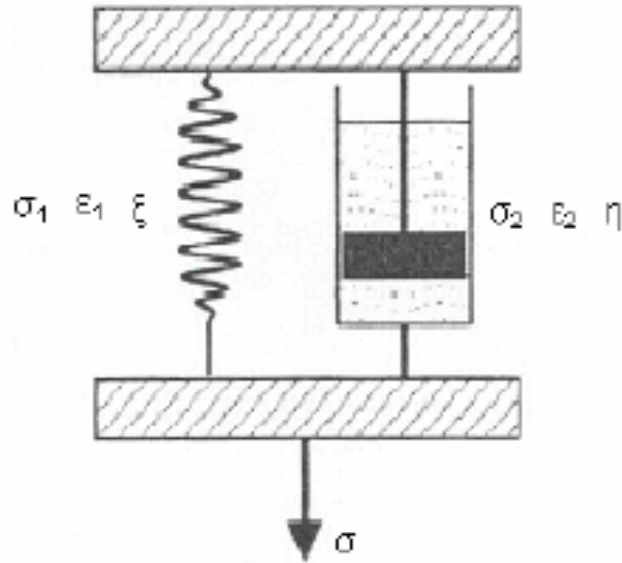


Fuente: Autores del proyecto

Modelo de Kelvin-Voigt

El modelo de Kelvin-Voigt también permite predecir el comportamiento reológico de los plásticos. Este modelo considera el elemento elástico (resorte) en paralelo con el elemento viscoso (el embolo):

Figura 2. Simplificación utilizada por el modelo de Kelvin – Voingt para simular el comportamiento reológico de los materiales

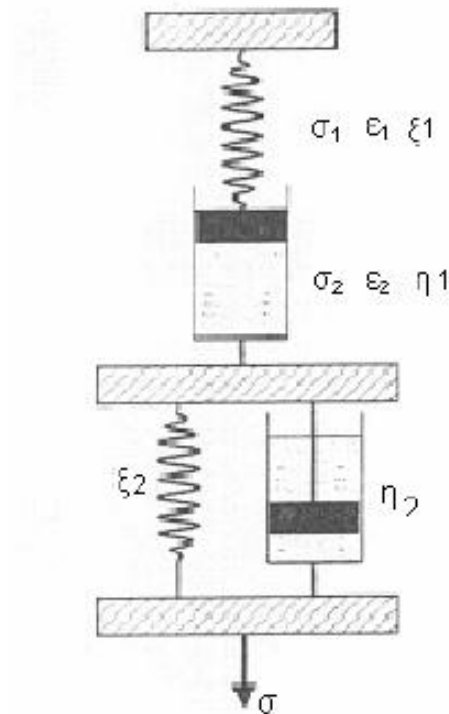


Fuente: Autores del proyecto

Modelo de Maxwell y Kelvin-Voigt

Los dos modelos anteriores permiten una aproximación al comportamiento reológico de los materiales plásticos, pero con algunas lagunas. Un modelo posterior más complejo que los anteriores pero que permite aproximarse de una manera más certera al comportamiento de los plásticos en situación de fluencia es el formado por la combinación de los dos anteriores, de aquí que se lo conozca como modelo de Maxwell y Kelvin-Voigt

Figura 3. Simplificación utilizada por el modelo de Maxwell y Kevin-Voigt para simular el comportamiento reológico de los materiales



Fuente: Autores del proyecto

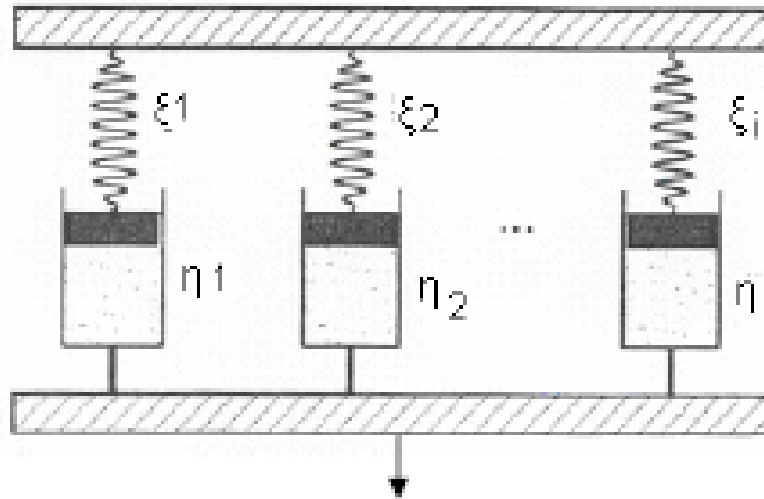
En este modelo el alargamiento se considera como la suma de los alargamientos de los modelos supuestos por Maxwell y por Kelvin-Voigt:

De la operación de los modelos de Maxwell y de Kelvin-Voigt se puede deducir las expresiones del alargamiento según cada modelo.

Modelo de Reichter-Weinther

No obstante, el modelo reológico más real es el de Reichter-Weinther, el cual consta de diversos elementos del modelo de Maxwell colocados en paralelo tal como se muestra en esta figura:

Figura 4. Simplificación por el modelo de Reichter – Weinther para simular el comportamiento reológico de los materiales



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 1. Polimeros

Polimero	Abreviatura	Unidad de repetición
Poliéster		$-\text{R}-\text{OCO}-\text{R}'-\text{COO}-$
Poliamida	PA	$-\text{NH}-\text{R}-\text{NHCO}-\text{R}'-\text{CO}-$
Policarbonato	PC	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
Poli(etilen terftalato)	PET	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OCO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-$
Poliuretano	PU	$-\text{NH}-\text{COO}-\text{R}-\text{OCO}-\text{NH}-\text{R}'-$
Resina de Fenol-formaldehido		$ \begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{C}_6\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \end{array} $

Fuente: Materiales de Ingeniería Química. Profesor Ronald Márquez

Tabla 2. Propiedades mecánicas de los polímeros

Propiedades Mecánicas de los Polímeros					
Material	límite elástico		Resistencia a la tracción		Ductilidad, %EL in 50 mm(2 in)
	MPa	ksi	MPa	ksi	
Nylon 6,6	44.8-82.8	6.5-12	75.9-94.5	11.0-13.7	15-300
Polycarbonate (PC)	62.1	9.0	62.8-72.4	9.1-10.5	110-150
Polyester (PET)	59.3	8.6	48.3-72.4	7.0-10.5	30-300
Polymethyl methacrylate (PMMA)	53.8-73.1	7.8-10.6	48.3-72.4	7.0-10.5	2.0-5.5
Polyvinyl chloride (PVC)	40.7-44.8	5.9-6.5	40.7-51.7	5.9-7.5	40-80
Phenol-formaldehyde	---	---	34.5-62.1	5.0-7.5	1.5-2.0
Polystyrene (PS)	---	---	35.9-51.7	5.2-7.5	1.2-2.5
Polypropylene (PP)	31.0-37.2	4.5-5.4	31.0-41.4	4.5-6.0	100-600
Polyethylene-High density (HDPE)	26.2-33.1	3.8-4.8	22.1-31.0	3.2-4.5	10-1200
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	---	---	20.7-34.5	3.0-5.0	200-400
Polyethylene-low density (LDPE)	9.0-14.5	1.3-2.1	8.3-31.4	1.2-4.55	100-650

Tabla 13. propiedades mecánicas de materiales **MATERIALES DE INGENIERÍA QUÍMICA**
PROF. RONALD MÁRQUEZ
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DPTO. DE QUÍMICA INDUSTRIAL Y APLICADA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Fuente: Tomadas del libro Materiales de Ingeniería Química. Profesor Ronald Márquez

6.1.2.1. Polietilentereftalato (PET)

Propiedades:

- Buena resistencia la temperatura (de -40°C a 200°C).
- No fluye con el calor.
- Buena claridad óptica.
- Excelentes capacidades para la impresión (laminado, película).
- Reciclable.
- Rígido.

- Buena resistencia a los químicos.
- Buena estabilidad dimensional.
- No tóxico.
- Fuerte.
- Durable.
- Excelente acabado superficial.
- Buena resistencia al impacto.
- Excelente dureza.
- Baja fricción.
- Buen escurrimiento plástico.
- Buena resistencia a la fatiga.

Usos más comunes:

- Envolturas de alimentos.
- Tarjetas de crédito.
- Etiquetas.
- Alertas de dardos.
- Sustrato para tarjetas de circuitos impresos.
- Películas de rayos X.
- Aislamiento para motores.
- Velas para windsurfing.
- Tapas en tarros de yogur.
- Películas protectoras de ventanas.
- Productos eléctricos.
- Botellas suaves para las bebidas.
- Piezas mecánicas para negocios.
- Fibras sintéticas.
- Cintas de audio y video.
- Utensilios para microondas.

6.1.2.2 Polipropileno (PP)

Propiedades:

- Buena gama de colores.
- Tonos translúcidos.
- Flexible.
- Excelente potencial de duración.
- Procesamiento fácil y versátil.
- Muy buena resistencia química.
- Baja densidad.
- Alta resistencia al calor.
- Baja absorción de agua.
- Baja permeabilidad al vapor de agua.
- Reciclable.
- Buen equilibrio entre resistencia, rigidez y dureza.
- Excelente potencial de vida en bisagras.
- Bajo coeficiente de fricción.
- Costo relativamente bajo.
- Puede ser unido por calor, soldado ultrasónicamente, remachado, cosido y repujado.
- Proceso de ensamblaje manual.
- Alta adhesividad a impresión.
- Trabajo herramental muy económico.
- No inflamable.
- Lavable.
- Irrompible.
- Puede ser flexionado miles de veces sin romperse.

Usos comunes:

- Empaque.
- Accesorios domésticos.
- Artículos de escritorio.
- Muebles de jardín.
- Tapas para tubos de pasta dental.
- Mobiliario.
- Iluminación.
- Envoltura de alimentos.
- Salvamanteles.
- Punto de venta.
- Carpetas.
- Estuches para folios.
- Artículos de escritorio.
- Punto de venta.
- Cajas para botellas.

6.1.2.3. Cloruro de Polivinilo Flexible (PVC)

Propiedades:

- Extremadamente flexible.
- Clara.
- Se adhiere a cualquier superficie suave, seca, lustrosa o a sí misma,
- sin adhesivos adicionales.
- Ofrece protección de productos a costo efectivo.
- Puede modificarse para una impresión.
- Disponible en gama de colores incluidos los metálicos.

- Disponible en gama de calibres y acabados.
- Puede estirarse hasta 150% de su forma original.
- Financiable y fácil de usar.
- Disponible con estabilidad de UV para uso externo.
- Protege fácilmente formas desiguales.

Usos comunes:

- Empaque industrial.
- Envoltura para alimentos.
- Manteles.
- Impermeables.
- Bolsas.

6.1.2.4. Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Propiedades:

- Buena resistencia.
- Flexible.
- Gran fortaleza al desgaste.
- Permite flexiones y dobleces continuos.
- Facilidad de procesamiento.
- Mantiene las propiedades en un amplio rango de temperaturas (hasta
- -60°C).
- Buena resistencia a agentes químicos.
- No tóxico.
- Químicamente inerte.
- Resistente al ambiente.

- Traslúcido / céreo.
- A prueba de agua.
- Bajo costo.
- Aprobado para tener contacto con productos alimenticios y
- cosméticos.
- Cumple con la clasificación de Internacional Maritime Dangerous
- Goods (BS 5609).
- Cumple con las directrices preliminares EC de desechos de empaques y con la legislación alemana sobre clasificación compatible.

Usos comunes:

- Envoltura de seguridad.
- Vestimenta protectora.
- Empaques de especialidades.
- Membrana de material para techar.
- Etiquetas y rótulos.
- Carteles.
- Mapas.
- Reforzamientos.
- Cometas.

6.1.3. Materiales compuestos. Los materiales compuestos son aquellos que son resultado de la unión de dos materiales con el fin de obtener propiedades superiores a las que presentan en estado individual. Las propiedades que se pueden fortalecer son las siguientes: rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta temperatura, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad.

Tabla 3. Materiales compuestos

TIPOS DE MATERIALES COMPUESTOS	Reforzados con particulas	Particulas grandes
	Reforzados con Fibras	Continuas (alineadas)
		Discontinuas (cortas)
	Estructurales	Estructural laminado
		Paneles sandwich

Fuente: Autores del proyecto

Los materiales compuestos deben cumplir ciertas características:

- Están formados de 2 o más componentes distinguibles física, química e insolubles
- Presentan varias fases químicamente distintas, completamente insolubles entre sí y separadas por una interfase.
- Sus propiedades mecánicas son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes (sinergia).
- No pertenecen a los materiales compuestos, aquellos materiales polifásicos; como las aleaciones metálicas, en las que mediante un tratamiento térmico se cambian la composición de las fases presentes (Shackelford "Introducción a la Ciencia de los Materiales para Ingenieros")

La aparición de estos materiales se debe a la necesidad de tener mejor propiedades en las uniones, en el desempeño, durabilidad, densidad, peso y propiedades mecánicas.

6.1.3.1 Regla de las mezclas: Con la regla de las mezclas se predicen propiedades como densidad, conductividad térmica y eléctrica (sólo para la dirección de las fibras, si son unidireccionales y continuas, ya que sino no sabemos la dirección de las fibras y no se predicen sus propiedades).

Ejemplo:

$$\rho = f_m \rho_m + f_f \rho_f$$

ρ = densidad del material fibroso

f_m = fracción volumétrica de la matriz

ρ_m = densidad de la matriz

f_f = fracción volumétrica de las fibras

ρ_f = densidad de las fibras

El *módulo de la elasticidad* se predice también con esta regla (sólo para fibras continuas y unidireccionales), pero sólo a baja tensión; a altas tensiones se deforma la matriz y contribuye poco a la rigidez del compuesto, no cumpliéndose la regla de las mezclas:

$$E = f_f E_f$$

E = módulo de la elasticidad

f_f = fracción volumétrica de las fibras

E_f = módulo de la elasticidad de las fibras

Si la carga se aplica en dirección perpendicular a las fibras: $1/E = (f_m / E_m) + (f_f / E_f)$

La *resistencia* de un material compuesto reforzado por fibras depende de la unión entre las fibras y la matriz.

Se puede predecir la resistencia con la regla de las mezclas para un material con fibras continuas y paralelas: $\sigma = f_m \sigma_m + f_f \sigma_f$

σ = resistencia del material

σ_m = tensión que actúa sobre la matriz cuando el compuesto está deformado hasta el punto donde se fractura la fibra

σ_f = resistencia de las fibras

Imagen 1. Materiales de Ingeniería Química Prof. Ronald Márquez"



Fuente: tomadas del catálogo de la empresa MADERPLAST S.A

Imagen 2. Perfiles de extrusión y laminado extruido con acabado en madera.



Fuente: Tomadas del catálogo de la empresa MADERPLAST S.A

Productos terminados en catálogo de la empresa MADERPLAST S.A.

6.1.4 Procesos de reciclaje. El reciclaje es un proceso que consiste en realizar un tratamiento físico-mecánico o físico químico a un producto que ya ha sido utilizado, para obtener una materia prima utilizable. La idea principal del reciclaje es obtener materias primas a partir de los desechos.

El proceso de reciclaje empieza desde casa con la separación de los materiales, continúa con la recolección y luego el transporte a las plantas de reciclaje. ya en la planta dependiendo del material se somete a diferentes procesos los cuales describiremos más adelante

6.1.4.1 Reciclaje mecánico: Actualmente este es el proceso más utilizado, básicamente consiste en la molienda, separación y lavado, en el caso del polipropileno, el resultado de este proceso se le denominan escamas las cuales son utilizadas en la fabricación de nuevos productos por inyección o por extrusión.

Este proceso tiene varias ventajas, de los procesos de reciclaje es el más económico ya que las plantas no requieren una gran inversión, en el caso de los plásticos la contaminación que se puede generar es de fácil manejo y la gran ventaja es que el material obtenido por el proceso tiene un gran mercado en la industria.

6.1.4.2 Reciclaje químico: A diferencia del reciclaje mecánico el cual se puede ver como un proceso muy simple, existen otros tipos de reciclaje dentro de los cuales está el químico, que a diferencia del mecánico implica cambios en la estructura química del material. Este proceso se basa en una reacción química específica, lo cual evita los pasos de purificación y además se puede utilizar el desecho químico como materia prima, no sólo para volver a producir nuevamente el mismo material sino para producir un material nuevo con diferentes características.

Actualmente existen varios procesos para el reciclado químico, dentro de los cuales están la metanólisis, glucólisis e hidrólisis.

6.1.4.3 Reciclaje energético: El reciclado energético es una modalidad que consiste en producir energía a través de la incineración de residuos normales y su transformación en energía. Los plásticos tienen propiedades altamente energéticas las cuales permiten generar energía térmica o eléctrica.

6.1.5 Refugios temporales. Los refugios temporales son pequeños albergues que sirven para abastecer a las familias en situación de peligro brindándoles techo, alimentación, vestuario y salud, ya sea antes durante y después de que ocurra el desastre minimizando el impacto negativo de estas situaciones.

Estos tipos de albergues pueden darse en espacios interiores y exteriores, de los cuales lo exteriores aún generan un costo mayor debido a su gran cantidad de recursos a disponer

6.1.5.1 Estado del arte

✓ Refugio Temporal en bambú

Autor: Ming Tang

Debido a la catástrofe ocurrida en china en el 2008, surgen las “**foldedbamboohouses + Paperhouse**” (viviendas plegables + papel) diseñadas por Ming Tang.

Ming Tang propuso este innovador diseño con características que apuntan a la facilidad de producción, bajo costo y abundancia de material. Propuestos de bambú, estos refugios temporales son estructuras lineales con una geometría angulosa que les permite armarse y desarmarse fácil y rápidamente para ser transportados hasta los lugares destinados. Una vez armada la estructura, estos bambúes son recubiertos con papeles reciclados, fibras u otros materiales envolventes.

Llama la atención dentro de la propuesta de Ming Tang la utilización del bambú, un material poco ocasional en la arquitectura pero con interesantes cualidades estructurales por su liviandad y resistencia, además de sus conocidos beneficios medioambientales ya que es una especie abundante y de rápido crecimiento.

Imagen 3. Refugio Temporal en bambú



Fuente: http://www.plataformaarquitectura.cl/wp-content/uploads/2008/10/1888446044_bambu2.jpg

✓ **Carpa de lona y estructura de aluminio**

La tienda es el mínimo refugio, su uso es extendido. Se compone por una estructura de soporte en barra plástica, con fibra de vidrio de 9.5 mm de diámetro. Esta barra se curva y forma un arco que se une a la membrana textil a través de bolsillos y ganchos. En la parte inferior la barra se engancha a unas lengüetas conectadas al piso de la tienda que cierra la estructura. El peso es entre 4 a 8 Kg

Imagen 4. Carpa



Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-446991501-carpas-para-4-personas-y-6-personas-_JM

✓ **Carpa Inflable**

Este producto de la empresa Autoflug (Alemania) de 16 y 24 m², está desarrollado para aplicaciones médicas. La Estructura de tubos de aire comprimido y tela de con tirantes estabilizadores. Tiene piso de membrana.

Imagen 5. Carpa inflable



Fuente: <http://www.espectaculosavenida.com/tuneles-carpas.htm>

✓ Carpa de Yurta

Es un refugio comercializado por la empresa Shelter Systems compuesto por una estructura de tubos de plástico P.V.C. flectados y encajados en los nudos. La membrana textil está colgada de la estructura a través de unos clips.

Imagen 6. Carpa de Yurta



Fuente: <http://jaimaalkauzar.es/tienda/yurta-mongol-ger-casa-de-mongolia-p-45.html>

7.1.5.2 Reglamentación para refugios temporales: Existen varias organizaciones Humanitarias y de rescate que trabajan por un bien común que es llevar la respuesta más rápida, eficaz y eficiente, a las situaciones de desastre que impiden a la gente seguir con sus labores diarias normales, generando normas, y políticas de cómo se deben tratar estos casos gracias a su experiencia, entre ellas encontramos tres: la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Cruz Roja y el Proyecto Esfera.

La OMS es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas. Es la responsable de desempeñar una función de liderazgo en los asuntos sanitarios mundiales, configurar la agenda de las investigaciones en salud, establecer normas, articular opciones de política basadas en la evidencia, prestar apoyo técnico a los países y vigilar las tendencias sanitarias mundiales

La Cruz Roja Colombiana como bien sabemos es la institución de ayuda humanitaria privada más importante del país, que hace parte de la red humanitaria más grande del mundo: el movimiento internacional de la cruz roja

El Proyecto Esfera fue iniciado en 1997 por un grupo de organizaciones no gubernamentales y el Movimiento Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja a fin de elaborar un conjunto de normas mínimas universales en ámbitos esenciales de las respuestas humanitarias: el Manual de Esfera. El objetivo del Manual es mejorar la calidad de las respuestas humanitarias en situaciones de desastre o de conflicto y mejorar la rendición de cuentas del sistema humanitario ante la población afectada por el desastre. La Carta Humanitaria y las normas mínimas para la respuesta humanitaria son el resultado de la experiencia colectiva de muchas personas y organizaciones y, por lo tanto, no representan las opiniones de ninguna entidad en particular.

En todo el Manual de Esfera, el término “vulnerable” hace referencia a las personas especialmente sensibles a los efectos de los desastres —naturales o causados por el hombre— así como a los de los conflictos armados

Tabla 4. Normas mínimas para refugios

	Espacio disponible por persona	Espacio cubierto Por persona	WC por persona	Lavado por persona	Duchas por persona
OMS Cruz Roja	30 m2	3,5 m2	1 WC por cada 30	1 por cada 15 personas	1 por cada 20 personas
Proyecto Esfera	45 m2	4,5 m2	1 WC por cada 15-20	1 por cada 40 personas	1 por cada 40 personas

Fuente: realizada por el autor

6.1.6 Situación de desplazamiento forzoso en Colombia por desastres ambientales. En los últimos años los efectos del invierno se han manifestado con mayor intensidad, desde el 2007, el incremento de lluvias y así inundaciones han sido considerados como prioridad nacional, debido al nivel de desastres alcanzados con inmensas pérdidas económicas y materiales, afectando departamentos como: Córdoba, Sucre, Atlántico, Cundinamarca, Caldas, Santander entre otros. Llegando a 19 departamentos afectados al 2009

Douglas Remier, asesor para América Latina y el Caribe de la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de Naciones Unidas, reveló en el 2009 que Colombia ya estaba sufriendo el fenómeno de desplazamiento ambiental, donde hay regiones del país en las que los efectos del cambio climático no dan tregua y obligan a las personas a abandonar sus viviendas porque es imposible vivir ante el alto número de desastres naturales.

"No sólo desplazamientos pequeños que ya se están dando por un evento particular sino desplazamientos masivos por inundaciones costeras, por falta de agua en ciertas zonas. Es el desplazamiento de poblaciones que ya no pueden seguir viviendo que se afectan año tras año por inundaciones o por sequías y que

necesitan por esas razones desplazarse y buscar otros sitios de vivienda", manifestó Douglas Reimel a Planeta Caracol.

Del departamento administrativo nacional de estadística DANE podemos obtener el registro único de damnificados por emergencia invernal del 2010 al 2011.

Tabla 5. Resultados por departamento

RESULTADOS POR DEPARTAMENTO

Departamento	Hogares potencialmente Damnificados	Hogares potencialmente afectados	Personas potencialmente damnificadas	Personas potencialmente afectadas
Antioquia	23.604	12.764	91.484	46.797
Atlántico	27.192	14.724	100.047	58.778
Bogotá DC	262	421	1.157	2.180
Bolívar	77.430	18.700	279.415	67.690
Boyacá	4.267	2.029	14.119	7.297
Caldas	3.760	2.291	13.448	8.397
Caquetá	1.592	2.598	6.523	9.677
Cauca	20.138	5.002	78.632	19.056
Cesar	14.579	5.147	53.055	18.695
Córdoba	36.642	7.738	135.455	30.979
Cundinamarca	4.295	3.275	14.734	12.223
Chocó	22.475	2.313	81.556	7.619
Huila	502	415	2.139	1.798
La Guajira	34.132	7.888	122.482	30.565
Magdalena	51.802	22.069	189.721	84.355
Meta	2.753	693	9.482	2.439
Nariño	11.136	2.207	43.546	8.430
Norte de Santander	9.798	5.465	40.292	20.782
Quindío	1.811	1.621	5.785	6.338
Risaralda	2.297	4.779	8.502	16.745
Santander	10.293	4.506	36.490	16.486
Sucre	30.349	4.555	101.987	16.174
Tolima	8.219	3.647	28.224	13.159
Valle del Cauca	15.033	9.066	50.223	33.132
Arauca	1.007	117	3.833	.405
Casanare	1.018	52	4.090	204
Putumayo	74	116	343	532
Guaviare	18	47	92	219
Total Nacional	416.478	144.245	1.516.856	541.151

Fuente: Tomada de la página del DANE del 2011

6.2 INFORMACIÓN ESPECÍFICA

6.2.1 Palma africana

Nombre binomial: *Elaeisguineensis*

Clasificación Científica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Arecales

Familia: Arecaceae

Subfamilia: Coryphoidea

Género: *Elaeis*

Especie: *E. guineensis*

La palma de aceite o palma africana es una planta tropical la cual es de climas cálidos y crece en tierras por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar. Las primeras palmas africanas sembradas en Colombia fueron usadas con fines ornamentales en Palmira Valle del Cauca. Pero años después y gracias a United Fruit Company, se empezó a plantar comercialmente en la zona bananera del Magdalena.

En Colombia el crecimiento de los cultivos de palma africana ha venido en ascenso, a mediados de 1960 existían 18.000 hectáreas en producción y actualmente existen 360.000 hectáreas en 73 municipios del país. Los departamentos que más tienen áreas sembradas en palma de aceite son 1. Meta 2. Cesar 3. Santander 4. Magdalena 5. Nariño 6. Casanare 7. Bolívar 8. Cundinamarca 9. Norte de Santander. Adicional a esto Colombia es el primer

productor de palma de aceite de Latinoamérica y es el cuarto del mundo. Estos datos son tomados de Fedepalma.

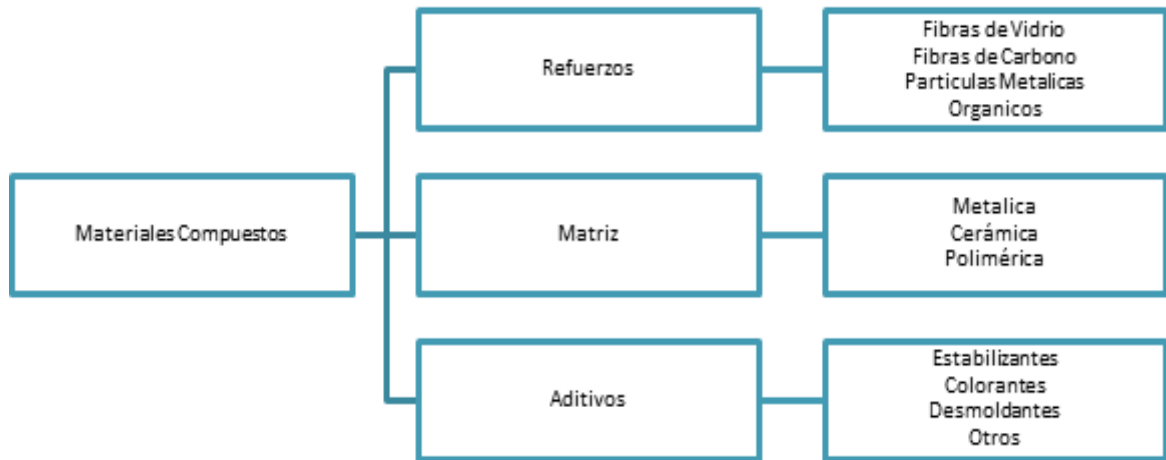
Siendo la palma un sembrado cuantioso y creciente a nivel mundial, países como Malasia están a la vanguardia de la innovación tecnológica, dando provecho a la fibra del raquis creando nuevos materiales. En la industria santandereana ya se encuentran esfuerzos por aprovechar más convenientemente la fibra que queda como subproducto del proceso de extracción del aceite llamado Raqui, y se encontraron empresas como INAL LTDA. que generan abono a partir de la fibra, y pequeños troncos para calderas.

Esta actividad creciente y gran cantidad de provisión, lo vuelve un material óptimo para explotar su utilización, en diferentes ramas de la tecnología de materiales, para contribuir con la preservación del medio ambiente.

6.2.2 Polipropileno. El polipropileno es el termoplástico, en este estudio de los polímeros es más conveniente dado a su buena procesabilidad pues es el material plástico con menor peso específico ($0,9 \text{ g/cm}^3$), lo que implica una menor cantidad de material para la obtención de un producto terminado. A esto se le suma su versatilidad a la gran cantidad de procesos técnicos de manufactura por lo cual se le dan usos diferentes desde el sector alimenticio hasta la construcción, también tiene barrera de vapor que evita el traspaso de humedad, y sus propiedades organolépticas, químicas, de resistencia y transparencia, además de su gran reciclabilidad lo hacen un polímero idóneo en busca de un nuevo material compuesto.

6.2.3 Proceso de Elaboración de materiales compuestos. Para elaborar los materiales compuestos, se debe tener muy en cuenta el tipo de refuerzo y matriz que tendrán estos y así escoger su mejor proceso de extracción de material y manufactura de este.

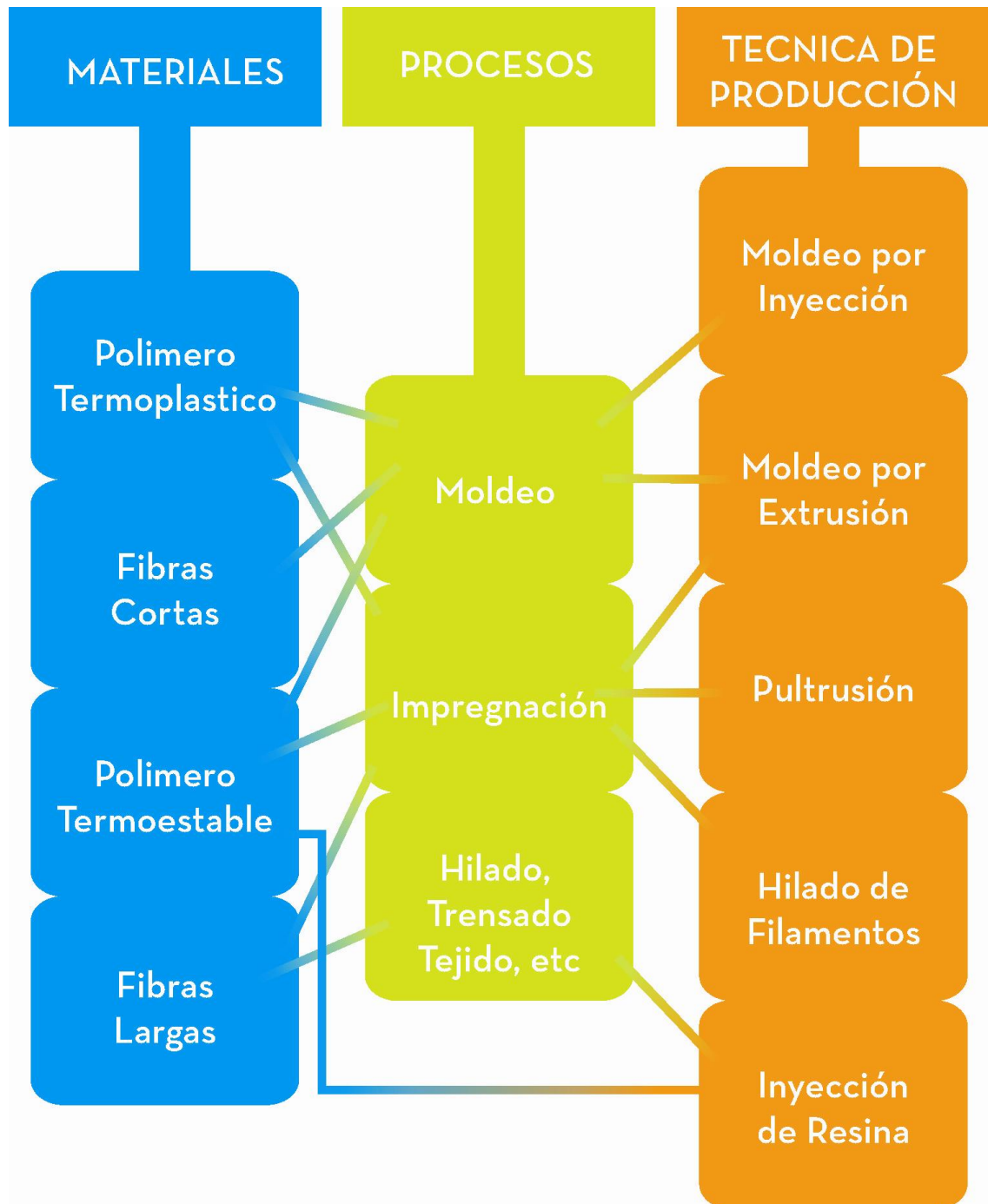
Tabla 6. Proceso de elaboración de materiales compuestos



Fuente: realizada por el autor

Para nuestro material compuesto estudiamos una matriz polimérica con refuerzo orgánico y sus procesos para dicha matriz se encuentran a continuación.

Tabla 7. Tabla de procesos



Fuente: realizada por el autor

7. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

7.1 RECOLECCIÓN DE MATERIAL

7.1.1 Recolección del Polipropileno. El polipropileno al ser un material tan utilizado debido a su gran ductilidad en los procesos, se encuentra en muchos objetos de uso común, así se enfocó en productos de consumo masivo y un solo uso, es decir que solo sirven para un servicio y luego son desechados.

Con pruebas al fuego de muestras de diferentes materiales de uso masivo se comprobó que las tapas de las botellas plásticas de bebidas en las diferentes presentaciones están hechas de polipropileno, disponiéndose así encontrar su mejor método de recolección

Debido a la gran cantidad existente del material, en la investigación se contactó y recolectó información de diversas empresas e instituciones las que cuentan con este material para poder obtenerlo y así poder realizar las pruebas pertinentes.

La idea de la recolección del polipropileno, es generar toda una campaña ecológica donde se pueda recoger una cantidad considerable de tapas, a través de una concientización y un apoyo de la gente donde se tenga como idea principal regalar la tapa por un techo.

7.1.2 Recolección de la fibra. Se tenía la noción de dificultad de obtención de esta fibra ya que el transporte de esta es un poco limitado. se logró hacer varios contactos con empresas locales como Industrias Acuña INAL que mantiene siempre la innovación tecnológica en el procesamiento de los productos y subproductos de la palma africana, después se consiguió la fibra de la palma africana para así lograr la extracción del aceite, obteniendo desde la forma entera

del raquis, hasta la fibra pasada por un tercer proceso de triturado en molienda, el cual consta de tres subprocesos en cuales se pasa la fibra por 3 molinos para así obtenerla en su mínima expresión

7.2 PREPARACIÓN DEL MATERIAL

7.2.1 Preparación del Polipropileno. Las tapas deben que pasar por el proceso de triturado el cual transforma el material convirtiéndolo en “pellets”.

Imagen 7. Preparación del Polipropileno



Fuente: Tomadas por el autor

7.2.2 Preparación de la fibra. La fibra debe pasar por tres moliendas para que de esta forma quede muy delgada y así pueda ser mezclada con el polipropileno y generar un material más homogéneo.

Imagen 8. Preparación de la fibra



Fuente: tomada por el autor

Imagen 9. Proceso de la fibra



Fuente: tomada por el autor

Este proceso se complementó con fotomicrografías realizadas en el PARQUE TECNOLÓGICO DE GUATIGUARÁ UIS, con el cual se miró en detalle la microestructura y crecimiento de la fibra, este paso ayudó a confirmar que la fibra no tuviera una estructura fibrosa y no aportara las características físicas, dejando el material compuesto quebradizo.

Imagen 10. Microscopia digital zoom 20x



Fuente: fotomicrografías realizadas en el Parque Tecnológico De Guatiguará UIS

7.3 PREPARACIÓN DE PROBETAS

En la preparación de las probetas, se hizo un cuadro de los porcentajes que se iban a utilizar al momento de pasarlos por la máquina de inyección, estos porcentajes son equivalentes a peso en gramos, identificados con una gramera digital y se agregó al polietileno la fibra de la palma al 20, 30, 50, 70, 80 y 90%

Imagen 11. Mezcla del material por peso



Fuente: Autores del proyecto

Los siguientes pasos estuvieron a cargo de la empresa EXTRUCOL S.A, quienes en su laboratorio con la máquina manual de inyección RAY-RAN, elaboraron las probetas de tracción, flexión y compresión. Estas Probetas se crearon con las normas ASTM D 638, ASTM D 690, ASTM D 695, para ensayos mecánicos en plásticos reforzados.

No todas las muestras de las probetas fueron realizadas, aunque se comenzó por un porcentaje en peso mayor de fibra de palma africana se vio la necesidad de seleccionar las mezclas con menor cantidad ya que estas no fluían por la inyectora, o no fundía bien la mezcla impidiendo una buena adhesión entre el polipropileno y la fibra de la palma africana

Imagen 12. Primeras probetas

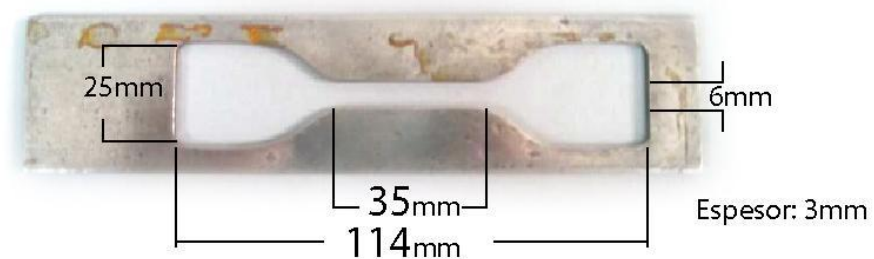


Fuente: Autores del proyecto

Muestras que no fluían por la máquina de inyección y probetas descartadas.

7.3.1 Probeta de tracción. Para la elaboración de ensayos de tracción se tuvo en cuenta la elaboración de los moldes y probetas según norma ASTM D 638, Método estándar para las propiedades de plásticos en ensayo de tracción

Imagen 13. Molde probeta de tracción



Molde probeta de Tracción



Fuente: Autores del proyecto

7.3.2 Probeta de flexión. Para la preparación de esta muestra de flexión se empleó la norma ASTM D 690, método estándar para propiedades de flexión de plásticos sin refuerzo y reforzados y materiales aislantes eléctricos

Imagen 14. Molde probeta de flexión



Molde probeta de Flexión
Ancho:12,7mm Largo:127mm Espesor: 3,2mm



Fuente: Autores del proyecto

7.3.3 Probeta de Compresión. Para este ensayo de compresión se utilizó la norma ASTM D 695, método estándar para propiedades a compresión de plásticos rígidos.

Imagen 15. Molde probeta de Compresión



Molde probeta de Compresión
Diámetro:12,7mm Largo: 25,4mm



Fuente: Autores del proyecto

7.4 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA

Estos ensayos físico mecánicos se realizaron en el laboratorio de biomateriales en la escuela de metalúrgica y ciencia de los materiales, el cual cuenta con una maquina especializada de marca y referencia Tinius Olsen H25KS.

Imagen 16. Caracterización mecánica



Fuente: Autores del proyecto

7.4.1 Ensayo de tracción. Siguiendo la norma ASTM D 638, se busca comprobar la resistencia a la tensión de las probetas y hallar su resistencia máxima en su punto de fluencia y obtener una gráfica de esfuerzo [Newton] sobre deformación.

Para esta prueba la máquina se programó a una velocidad de acción sobre la muestra de 5mm/min

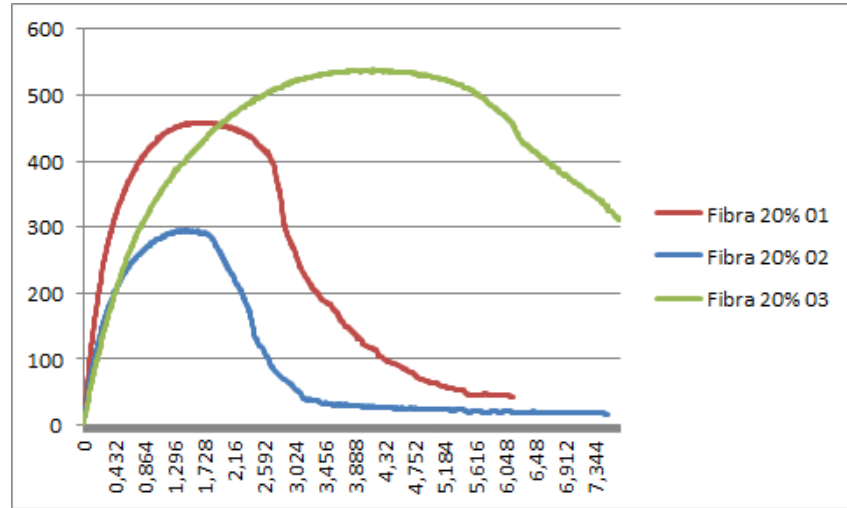
Imagen 17. Ensayo de tracción



Fuente: Autores del proyecto

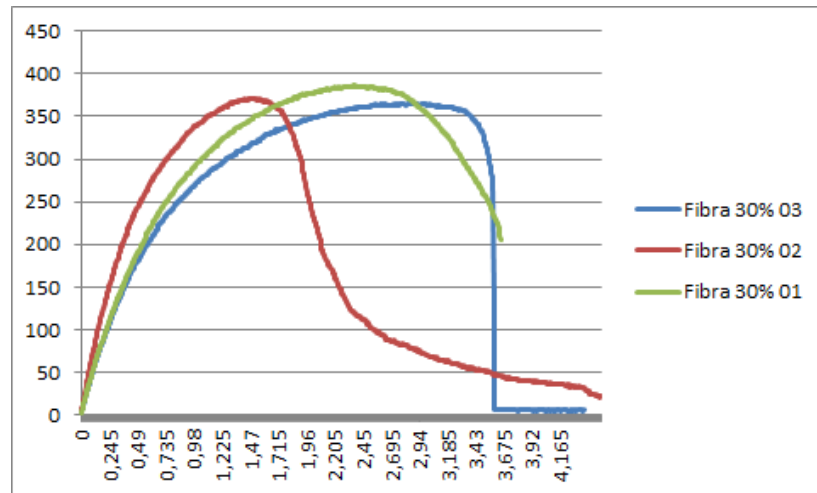
- a) Muestra final de ensayo
- b) Probetas después de la ruptura.
- c) Probeta descartada por falla de mezclado.

Gráfica 1. Probetas a tracción con carga de Fibra al 20%



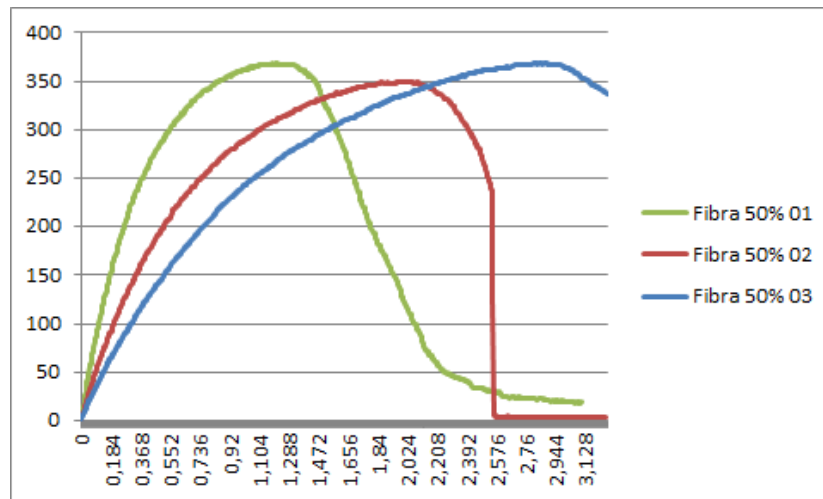
Fuente: Autores del proyecto

Gráfica 2. Probetas a tracción con carga de Fibra al 30%



Fuente: Autores del proyecto

Gráfica 3. Probetas con carga de Fibra al 50%

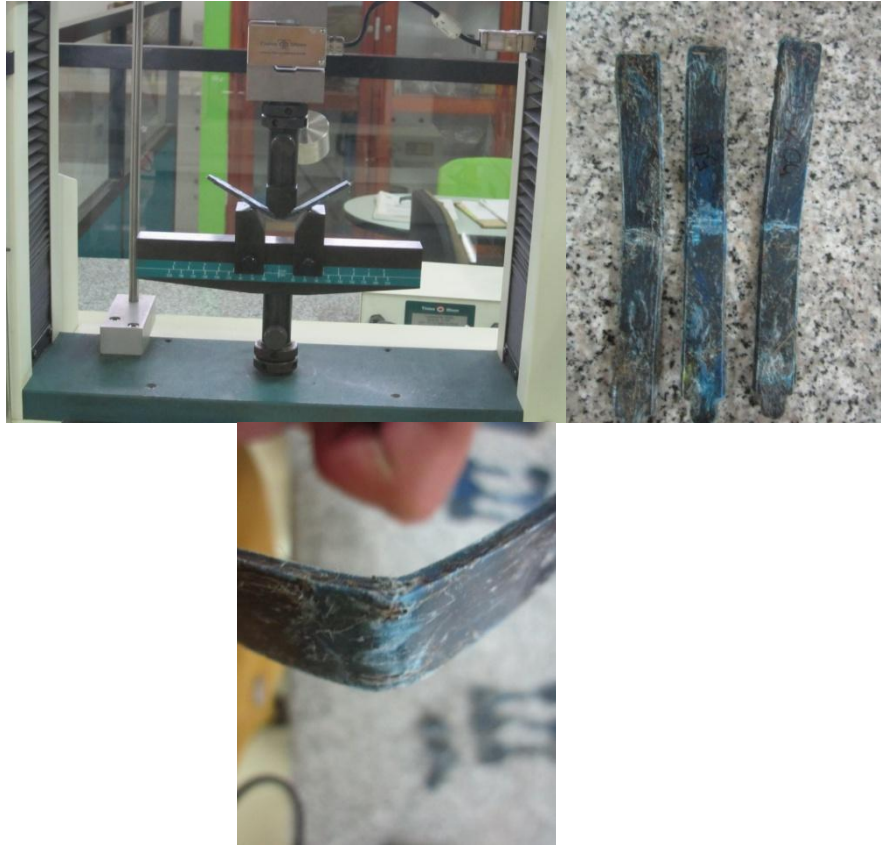


Fuente: Autores del proyecto

7.4.2 Ensayo de flexión. Se buscó obtener de este ensayo la resistencia a la flexión del material, sometiéndolo a la acción progresiva de fuerzas deformando la probeta encontrando su punto de fluencia y su ruptura, y así obteniendo las gráficas de datos de cada ensayo.

Para esta prueba la máquina se programó a una velocidad de acción sobre la muestra de 5mm/min

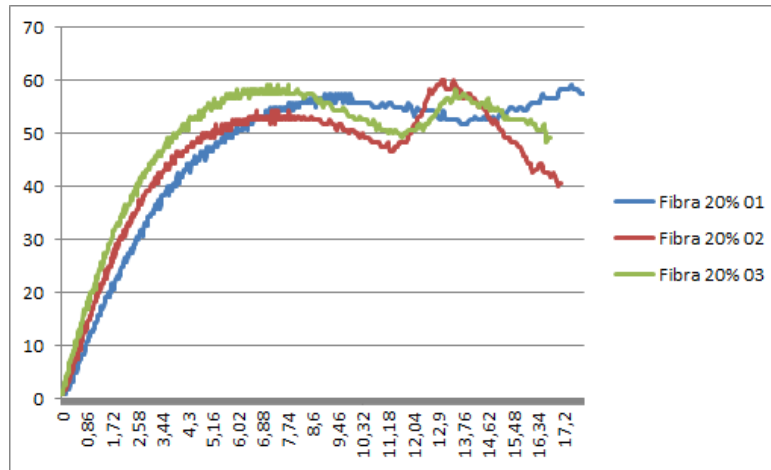
Imagen 18. Ensayo de flexión



Fuente: Autores del proyecto

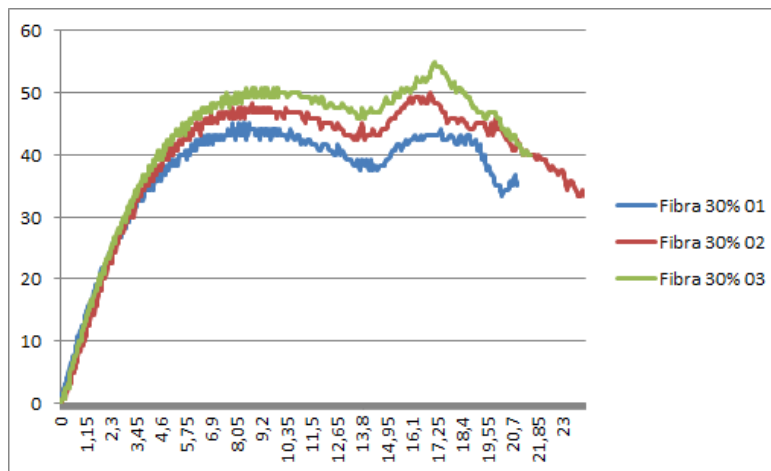
- a) Muestra final de ensayo de flexión
- b) Probetas deformadas después del ensayo
- c) Ejemplo de probeta con ruptura

Gráfica 4. Fuerza sobre extensión, probetas a flexión con carga de Fibra al 20%



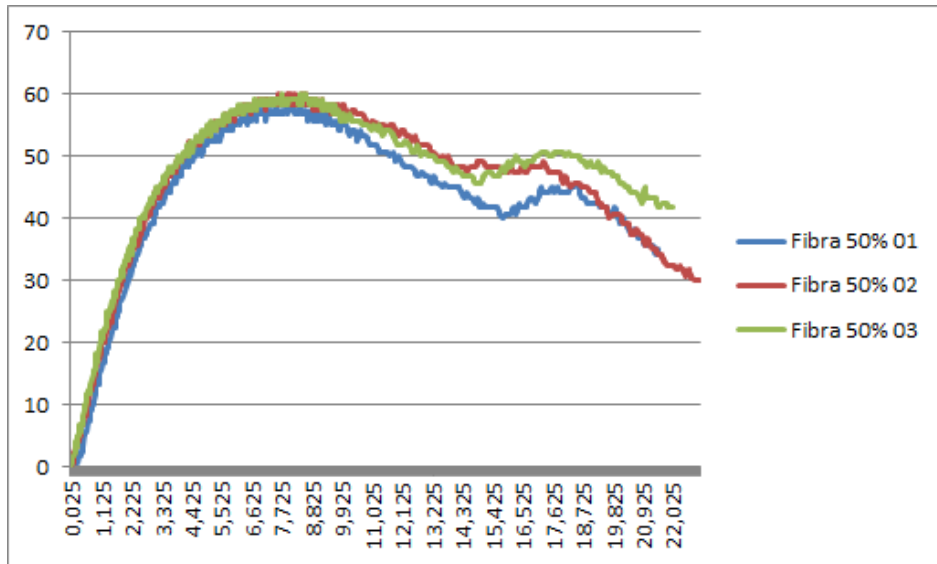
Fuente: Autores del proyecto

Gráfica 5. Fuerza sobre extensión, probetas flexión con carga de Fibra al 30%



Fuente: Autores del proyecto

Gráfica 6. Fuerza sobre extensión, probetas flexión con carga de Fibra al 50%

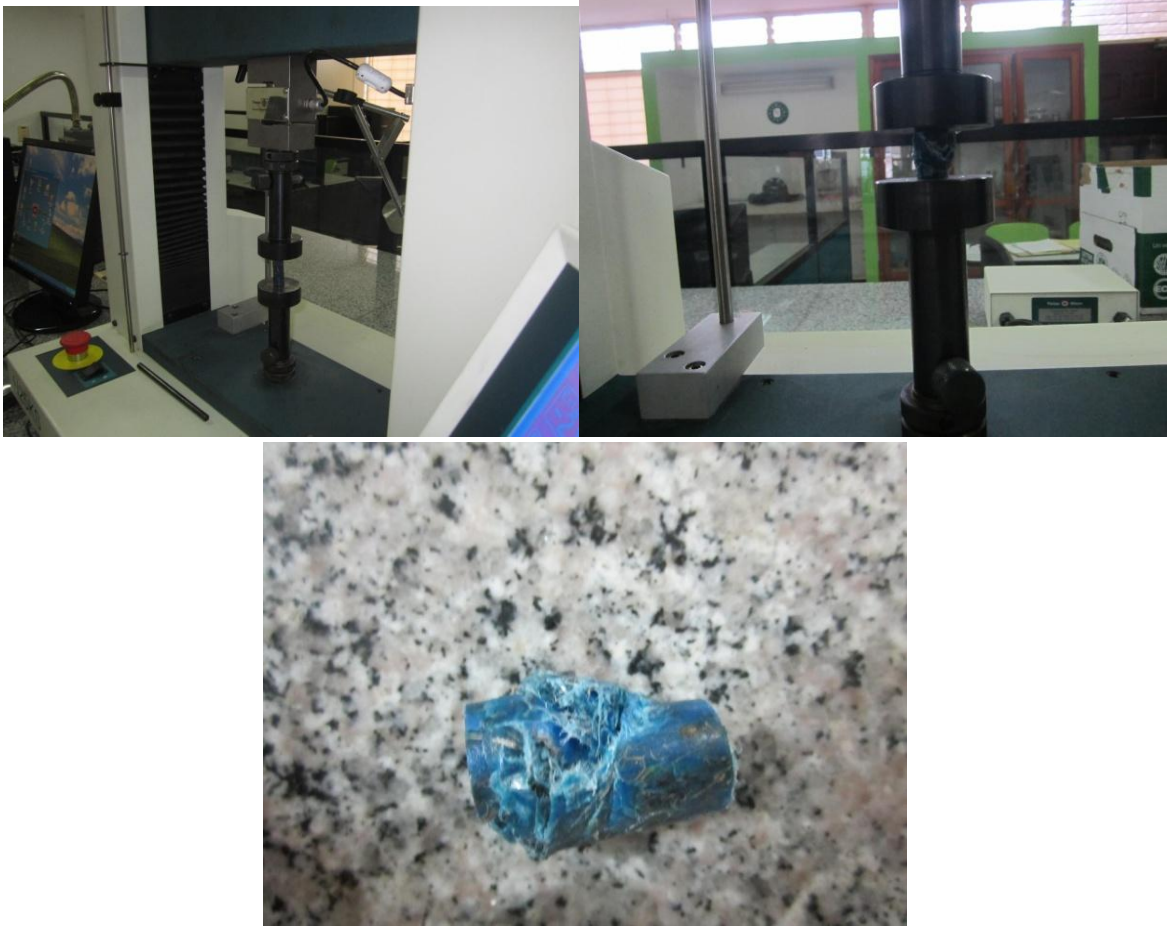


Fuente: Autores del proyecto

7.4.3 Ensayo de compresión. En este ensayo podemos comprobar la resistencia del material sometiéndolo a cargas de compresión, gracias a estas pruebas de laboratorio se pudo obtener las gráficas con datos específicos para cada ensayo.

Para esta prueba la máquina se programó a una velocidad de acción sobre la muestra de 5mm/min

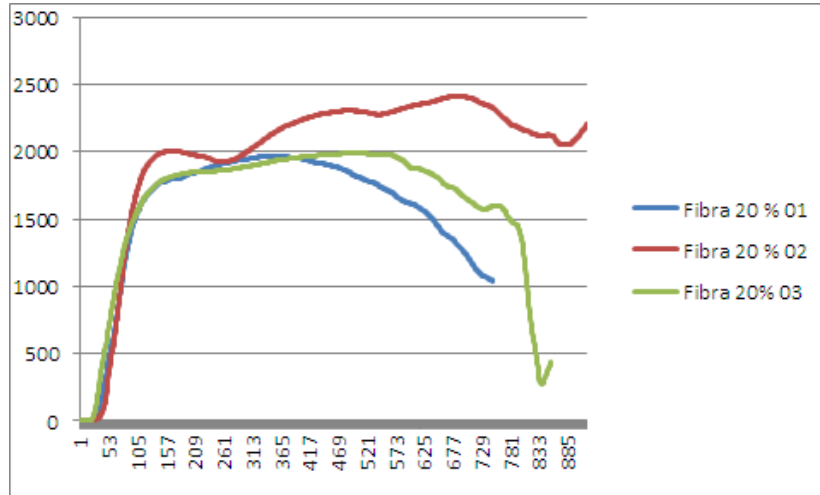
Imagen 19. Ensayo de compresión



Fuente: Autores del proyecto

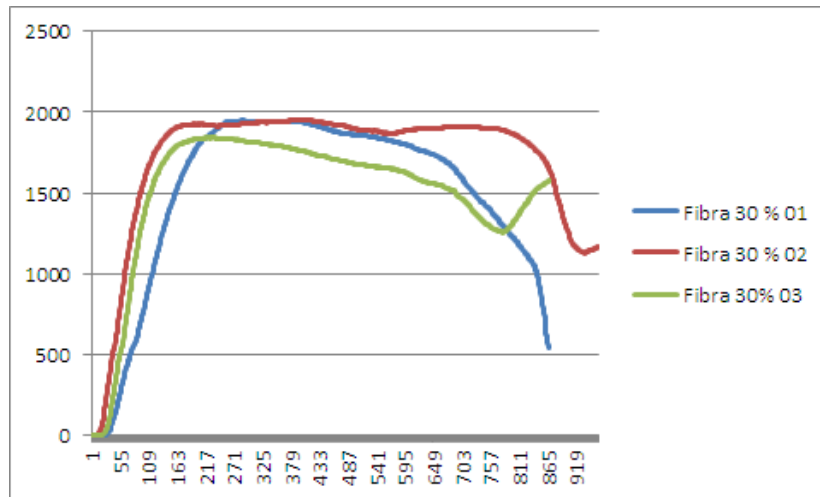
- a) Muestra inicial de ensayo
- b) Muestra final de ensayo
- c) Probetas después de la ruptura.

Gráfica 7. Probetas compresión con carga de Fibra al 20%



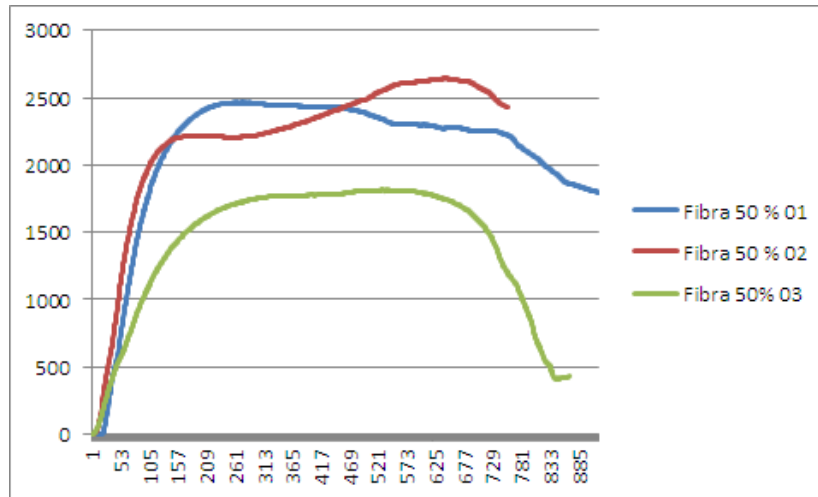
Fuente: Autores del proyecto

Gráfica 8. Probetas compresión con carga de Fibra al 30%



Fuente: Autores del proyecto

Gráfica 9. Probetas compresión con carga de Fibra al 50%



Fuente: Autores del proyecto

7.5 CONCLUSIONES METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

7.5.1 Conclusiones de ensayos de laboratorio

7.5.1.1 Conclusión ensayo de tracción

MATERIAL	DESPLAZAMIENTO [mm]	FUERZA MAX[N]	ESFUERZO [MPa]	DEFORMACIÓN UNITARIA
PP Reciclado	3,93	453,5	18,89	1,11
Fibra al 20%	3,735	430,73	17,94	1,106
Fibra al 30%	2,49	373,8	15,57	1,071
Fibra al 50%	2,035	362,4	15,1	1,058

Fuente: Autores del proyecto

- Todas las pruebas muestran que la fibra no aumenta la resistencia, pero si incrementa su ductilidad a comparación de materiales como la madera y esto

puede ser aprovechado como ventaja para materiales que requieran ser muy livianos

- La disminución de la densidad en todas las pruebas con carga de fibra es una opción viable que puede ser utilizada cuando se requiere materiales livianos
- Por medio de la lectura de las tablas se comprobó que a mayor cantidad de fibra en el material compuesto, su momento de ruptura disminuye debido a que la fibra no se deforma plásticamente
- Se genera menos longitud de la zona elástica-plástica y su deformación a la acción de la fuerza es menor.
- El material con menor carga de fibra tiene una mayor longitud, debido a las propiedades mecánicas ganadas del polipropileno.

7.5.1.2 Conclusión ensayo de flexión

MATERIAL	DESPLAZAMIENTO [mm]	FUERZA MAX[N]	ESFUERZO [MPa]	MÓDULO DE FLEXIÓN [MPa]	MOMENTO MAX FLEXIÓN [N*mm]
PP reciclado	10,16	57,35	66,14	3,39	145,66
Fibra al 20%	9,07	57	65,74	3,77	129,24
Fibra al 30%	9,38	47,75	55,07	3,05	111,97
Fibra al 50%	8,45	59,41	68,52	4,22	125,5

Fuente: Autores del proyecto

- El material con fibra al 50% aunque redujo su extensión en el ensayo necesito una fuerza mayor haciéndolo el más resistente a fuerzas de flexión

7.5.1.3 Conclusión ensayo de compresión

MATERIAL	DESPLAZAMIENTO [mm]	FUERZA MAX[N]	ESFUERZO [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA
PP reciclado	9,86	1985,7	15,67	
Fibra al 20%	9,12	2084,6	16,45	0,359
Fibra al 30%	3,885	1914	15,11	0,152
Fibra al 50%	7,44	2308,3	18,22	0,292

Fuente: Autores del proyecto

- Se repiten las condiciones del material compuesto con fibra al 30%, se hace evidente que debe pasar mayor tiempo de fundido en la máquina inyectora o incrementar la temperatura del husillo en esta, para que el polipropileno se funda uniformemente generando una mezcla idónea
- Se denota una adherencia buena entre los dos materiales, compactando la mezcla para necesitar un mayor esfuerzo para generar la ruptura de la probeta.
- El material más óptimo resistente a la acción de fuerzas a compresión es el material compuesto con fibra al 50%

7.5.2 Conclusiones Generales

- A partir de los valores encontrados de fuerza y desplazamiento en cada prueba, se calculan los valores de esfuerzo y deformación, que son independientes de las dimensiones del material, siendo así características mecánicas de resistencia intrínsecas del material compuesto.
- Aunque se garantizó la ruptura en cada prueba dentro de la longitud calibrada, se vio la necesidad de descartar algunas de las muestras ya que post ensayo se comprobó una mala fundición de la mezcla.
- El material tuvo una mayor tolerancia al esfuerzo de compresión

8. ETAPA DE DISEÑO

8.1 REQUERIMIENTOS

8.1.1. Requerimientos de uso

- Proveer de zonas iluminadas y ventiladas en el sistema habitable
- Los elementos deben resistir esfuerzos superiores o iguales a los sistemas encontrados en el mercado
- Creación de módulos livianos para su rápida instalación y transporte
- Garantizar simplicidad de instalación para mano de obra poco calificada.
- Diseñar un manual de instalación rápida, que pueda ser entendido por personas sin previo conocimiento del sistema a armar.

8.1.2. Requerimientos de Material

- La composición del material debe ofrecer estabilidad estructural al sistema habitable sin incrementarlo de peso
- Los materiales usados en su composición serán reciclados o continuos a una línea ecológica
- Uso de materiales sustentables para crear un sistema habitable sostenible

8.1.3. Requerimientos Formales

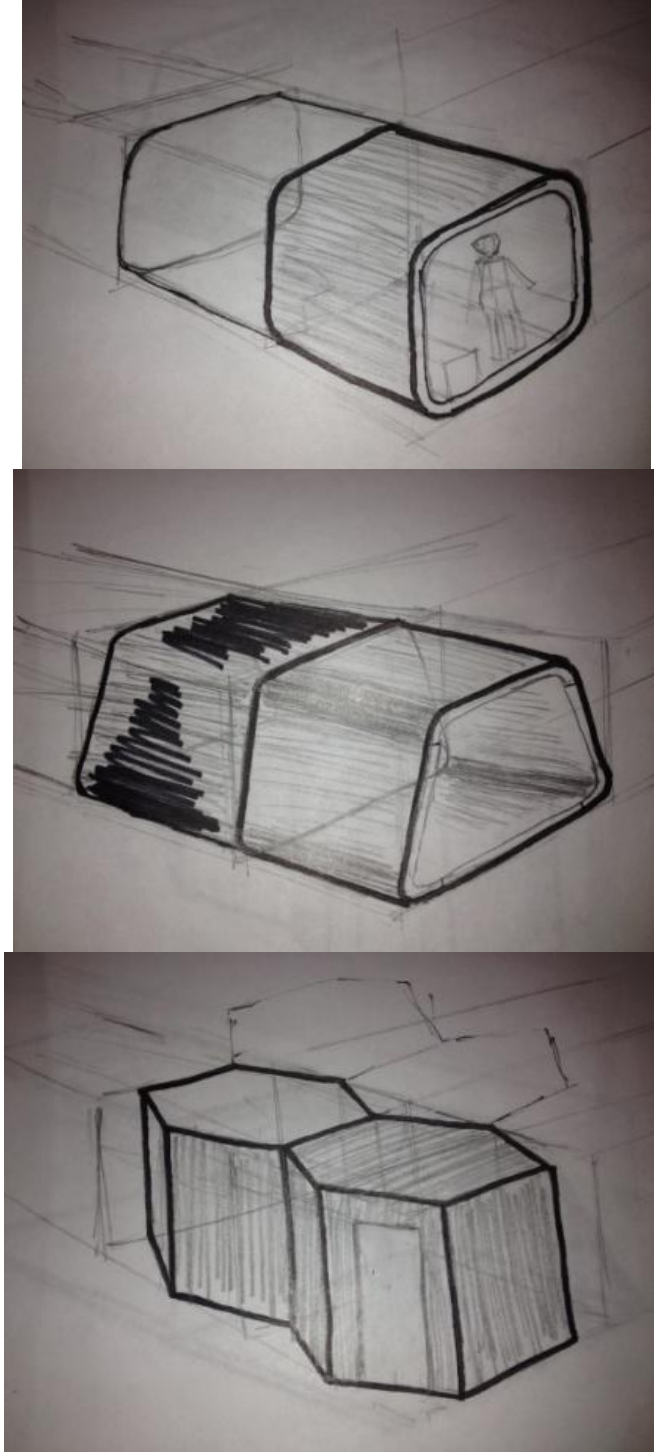
- Simbolizar al usuario estabilidad de reposo en el refugio temporal
- Brindar las mínimas condiciones de vivienda para el usuario

8.2 PARÁMETROS

- Proveer de un espacio mínimo de 2.5m² por persona según la FISCR y la OMS (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja y la Organización Mundial de la Salud)
- Diseñar el sistema habitable como un refugio de transición de duración máxima 90 días
- Realizar estudios de esfuerzos sobre el material y sus resistencias a cargas normales de uso sin colapsar según NSR-10 Dec-926/10 (Normas Sismo Resistentes)
- Diseñar el sistema habitable con estructura de planta y elevación simple siguiendo especificaciones de la Oficina de la Defensa Civil Suiza, Volumen mínimo 2.83 metros cúbicos, Altura máxima al techo 2 metros.
- Permitir la ventilación mínima necesaria de 2.5 litros por segundo y por persona (mínimo fijado por la mínima concentración de oxígeno tolerable y la máxima inhalación tolerable de dióxido de carbono)
- Plantear el sistema habitable como un refugio colectivo para el resguardo de varias familias, con zonas comunes, para máximo 4 familias.

8.3 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

Imagen 20. Generación de alternativas



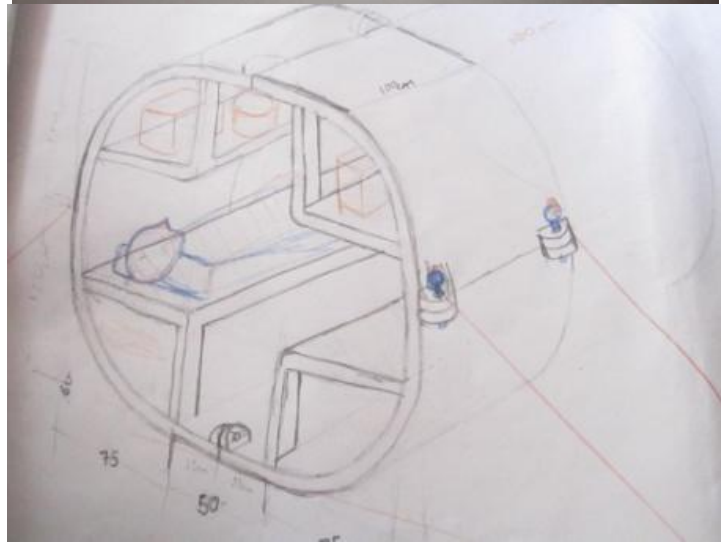
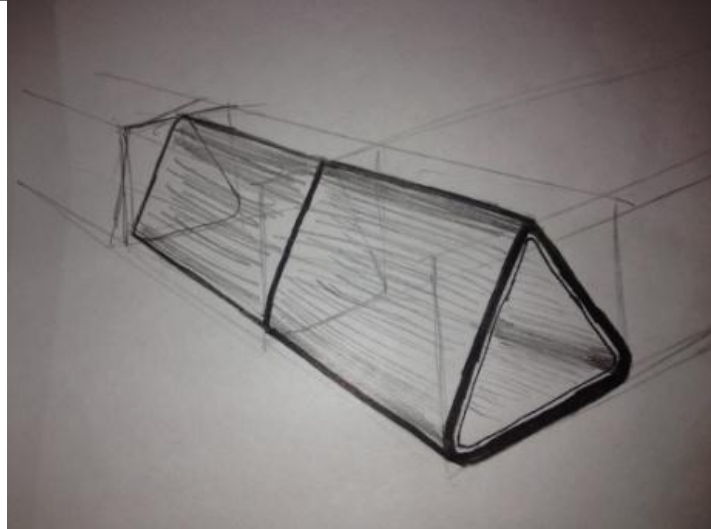
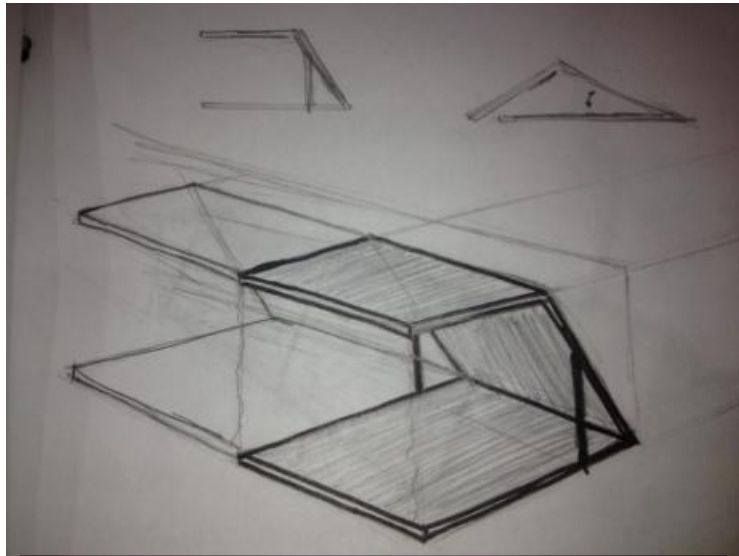
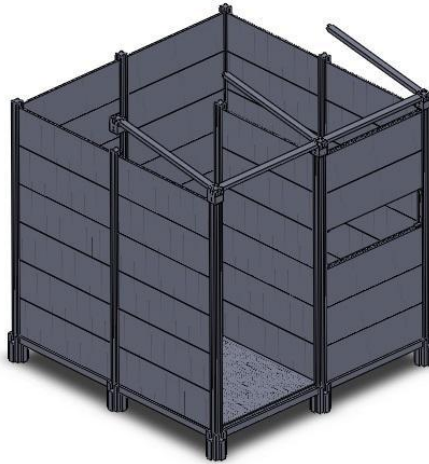


Imagen 21.

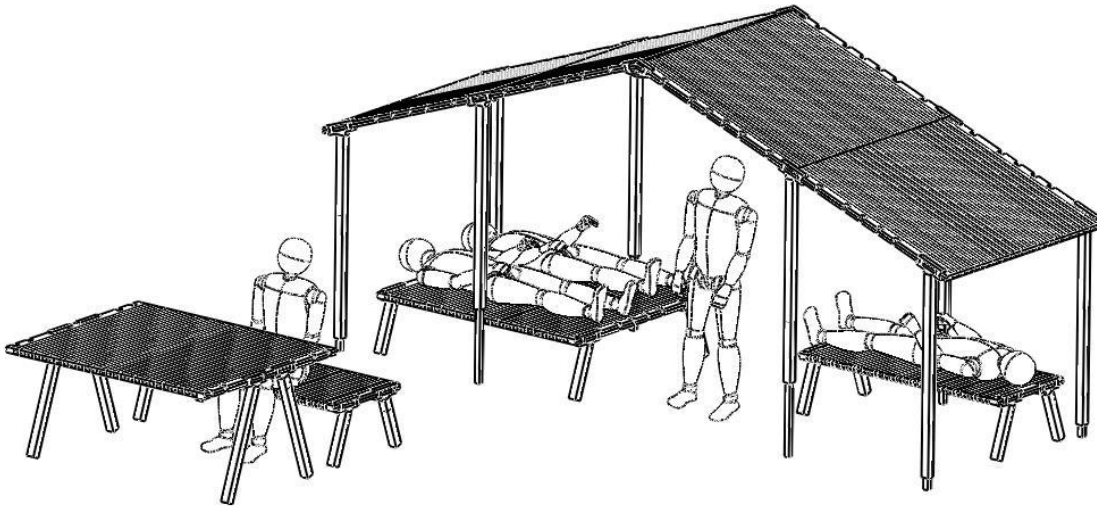
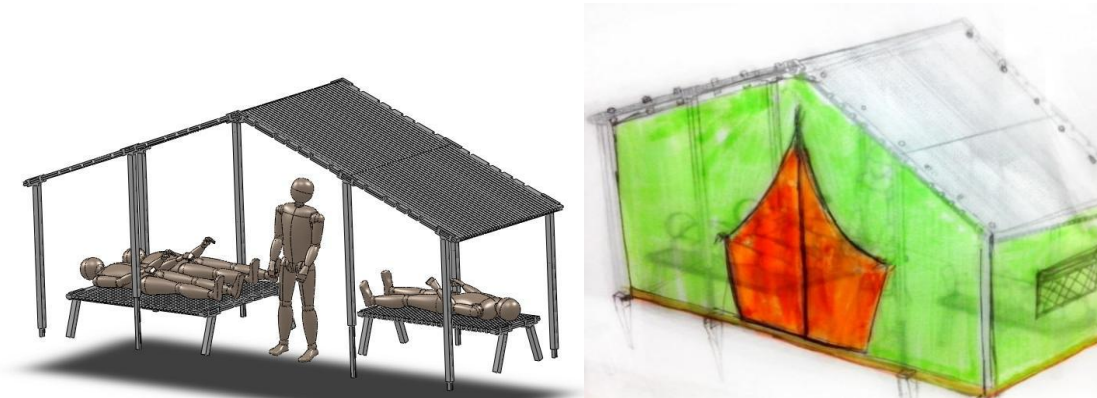


Fuente: Autores del proyecto

8.4 DESARROLLO DE ALTERNATIVAS

8.4.1 Alternativa 1. Esta alternativa se crea pensando en un sistema modular que amplifica las posibilidades de uso, manejando ensambles simples. Consta de 6 piezas modulares que funcionan estructuralmente, para el armado de un refugio y sus necesidades básicas de descanso, como literas, mesas, y sillas. El refugio se complementa con un cerramiento en lona para dar un espacio íntimo familiar dentro del refugio.

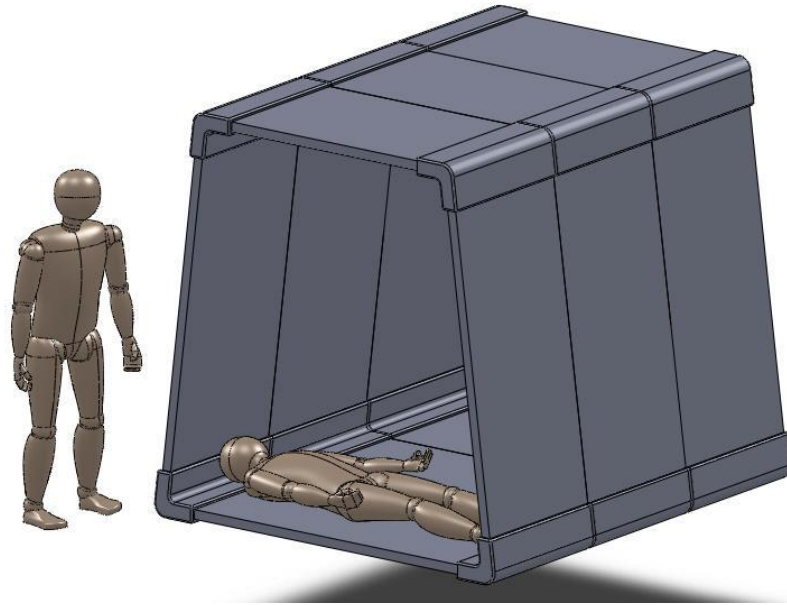
Imagen 22. Alternativa 1.



Fuente: Autor

8.4.2 Alternativa 2. La alternativa dos consta de una forma rectangular simple con 4 módulos y un panel del mismo material que puede reducirse en tamaño por un maquinado simple.

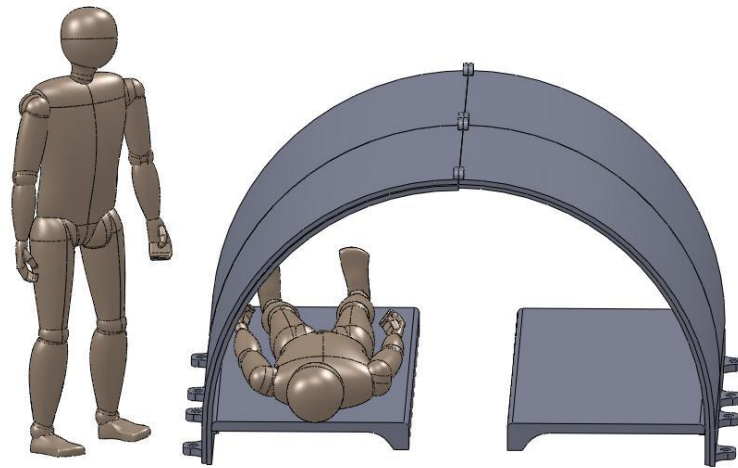
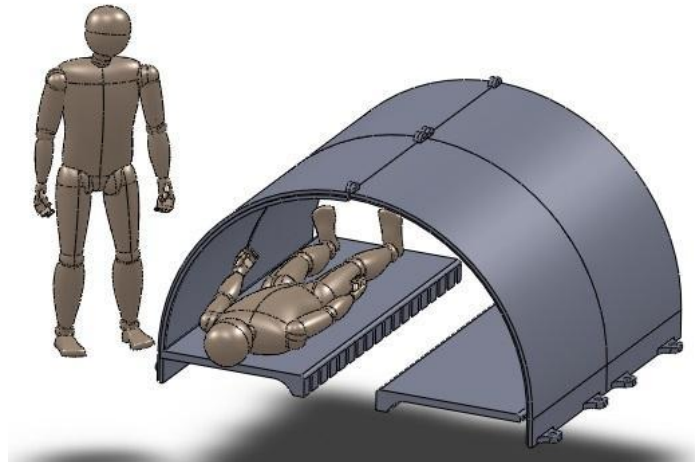
Imagen 23. Alternativa 2.



Fuente: Autor

8.4.3 Alternativa 3. Esta alternativa consta de dos piezas modulares hechas por inyección, con forma tipo domo para albergar un espacio mínimo de descanso establecido.

Imagen 24. Alternativa 3.



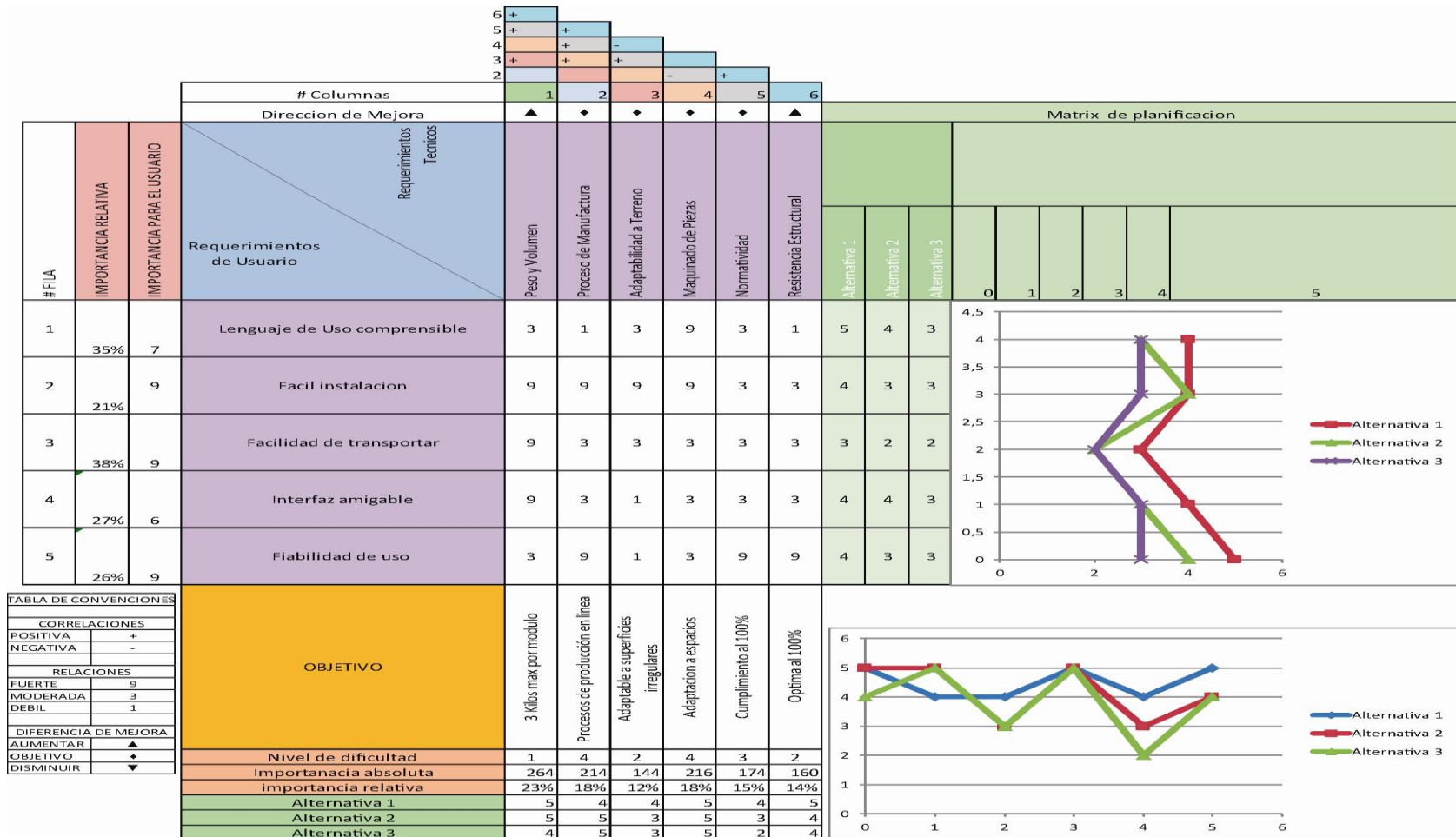
Fuente: Autor

8.5 ELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Las alternativas se evaluaron por el método de Quality function deployment (QFD) un sistema basado en transformar los requerimientos del usuario, en la calidad del diseño

8.5.1 QFD de alternativas (Quality function Deployment)

Tabla 8. QFD de alternativas (Quality function Deployment)



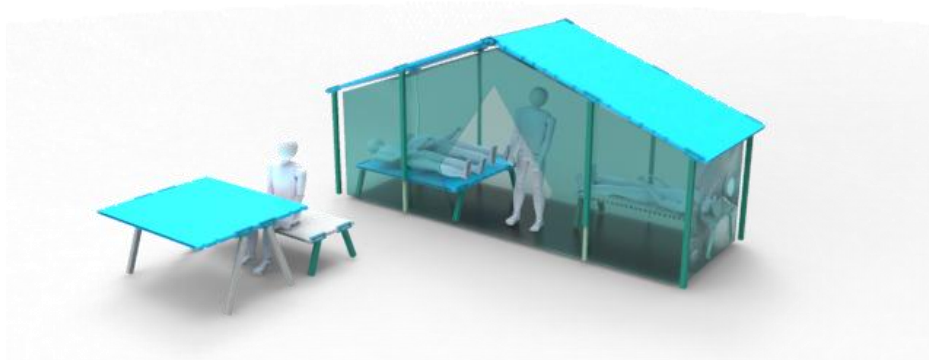
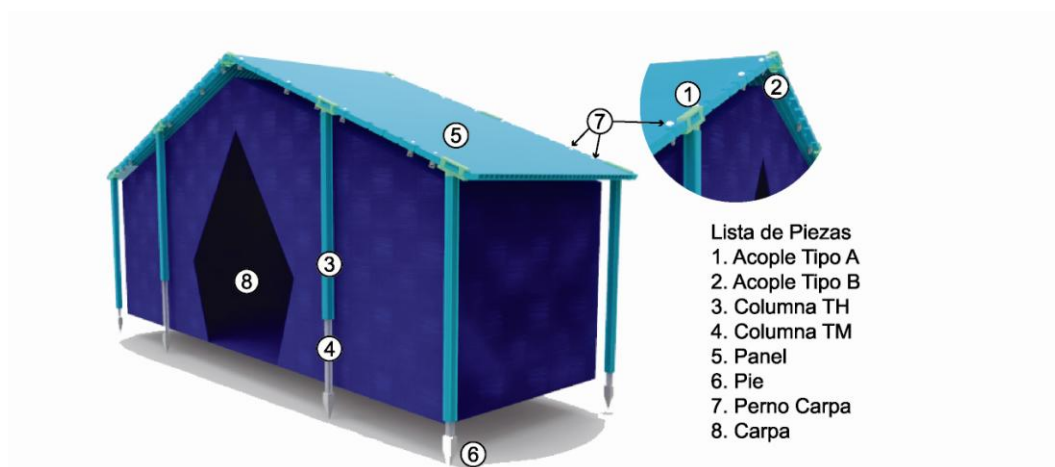
Fuente: Autores del proyecto

8.5.2 Conclusión de la evaluación. Realizando el QFD se encuentran la debilidades y fortalezas de cada alternativa con respecto a los requerimientos y parámetros que se quieren desempeñar y un porcentaje de su cumplimiento, con esto obtenemos que, la alternativa 1 es la alternativa más viable debido al cumplimiento de sus fortalezas, que en relación a las otras alternativas, esta presenta ventajas significativas en lo concerniente a la adaptación de su instalación y fiabilidad de uso

8.6 CONSTRUCCIÓN DE MODELOS

8.6.1 Modelos CAD

Imagen 25. Modelos CAD



Fuente: Autores del proyecto

8.6.2 Modelo a escala. Este modelo a escala inicial se elaboró en madera de balsa a escala 1:5 de las dimensiones propuestas, con el hecho de realizar comprobaciones de falla de la estructura obteniendo una visión más real y hacer una iteración del diseño final.

Imagen 26. Modelo a escala



Fuente: Autores del proyecto

9. DISEÑO FINAL

Este diseño surge tras un sinnúmero de alternativas, posteriormente se procede a realizar un rediseño en el conjunto para así lograr un proceso de manufactura más viable y económico, tras este proceso hubo que realizar modificaciones varios de los módulos de ensamble con el fin también de generar una mayor estabilidad en el diseño final.

A este sistema modular se le dio el nombre de DOMUS. Esta elaborado a partir de elementos livianos para su fácil manejo e instalación, contiene varios ensambles los cuales se pueden realizar sin necesidad de ninguna herramienta. Esto ayuda a su rápida instalación.

Las ventajas que otorgan el material permiten hacer módulos livianos lo que facilita el transporte y acceso a lugares remotos. Adicional a esto es un material el cual se puede almacenar sin problemas de deterioramiento.

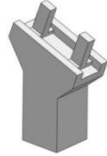

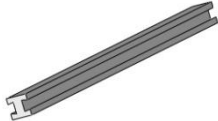






Gracias al proceso de obtención del material, donde se utilizó un residuo de la palma africana y polipropileno reciclado, el impacto ambiental es favorable.

Los módulos son reutilizables y el refugio se puede desarmar y volver a armar.

El polipropileno nos da la ventaja de no oxidarse y además que permite aislar el frío y el calor, manteniendo así un ambiente fresco dentro del refugio.

9.1. LISTA DE PIEZAS

Tabla 9. Lista de piezas

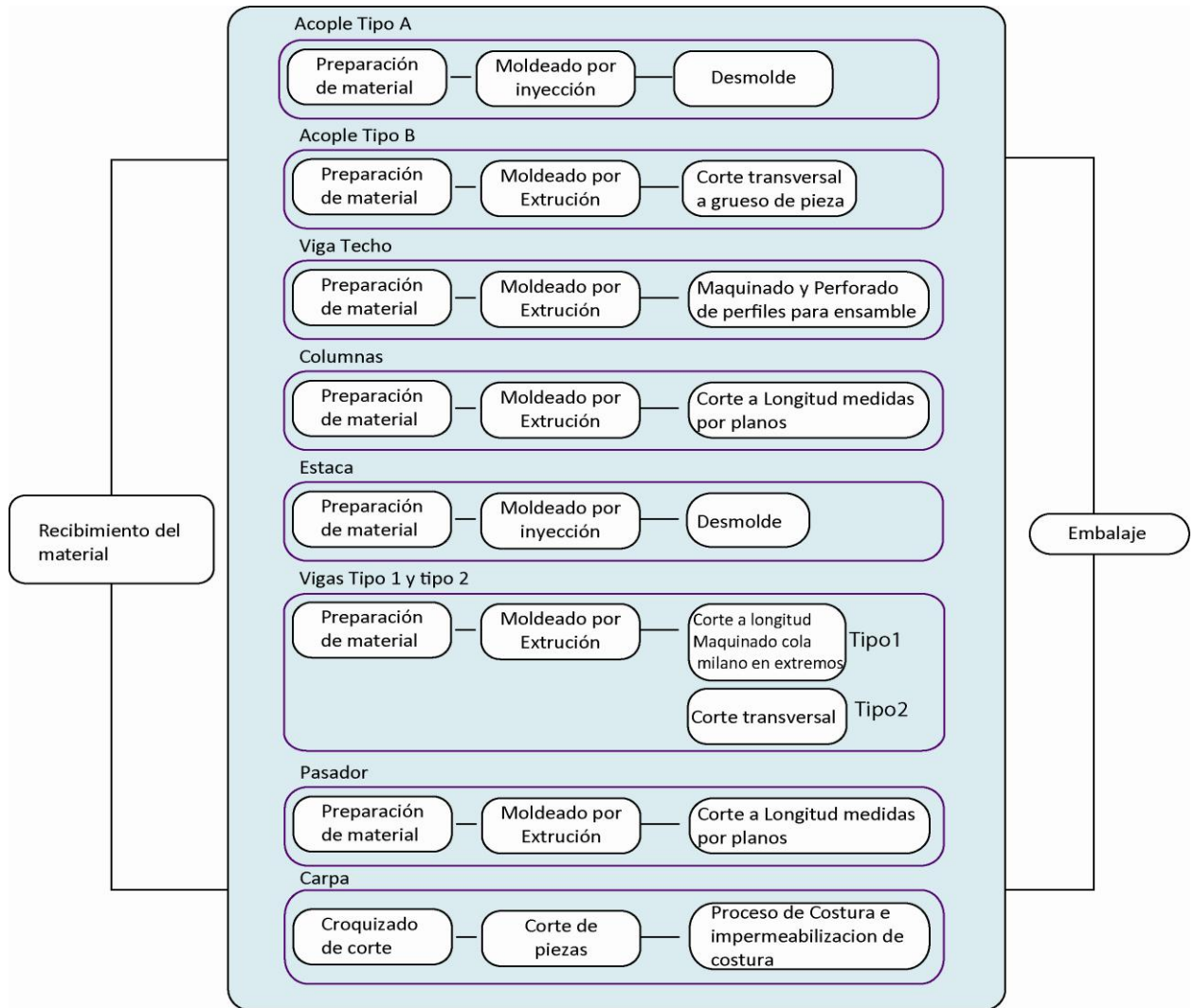
#	Nombre	Pieza	Dimensiones (cm)	Peso (Kg)	Precio (estimado)	Cantidad	Peso Total	Precio Total
1	Acople Tipo A			0,7	\$ 30.000	8	5,6	\$ 240.000
2	Acople Tipo B			0,45	\$ 10.000	2	0,9	\$ 20.000
3	Columna		197,2 y 150	3,68	\$ 80.000	8	29,44	\$ 640.000
4	Estaca			1	\$ 30.000	8	8	\$ 240.000
5	Panel		78,6 x 180	16	\$ 105.000	8	128	\$ 840.000
6	Viga Techo		150	1,12	\$ 80.000	8	8,96	\$ 640.000
7	Viga Tipo 1		126,7	1,05	\$ 50.000	4	4,2	\$ 200.000
8	Viga Tipo 2		188	0,75	\$ 50.000	2	1,5	\$ 100.000
9	Tapa Luz		180	1,15	\$ 40.000	1	1,15	\$ 40.000

#	Nombre	Pieza	Dimensiones (cm)	Peso (Kg)	Precio (estimado)	Cantidad	Peso Total	Precio Total
10	Pasador			0,03	\$ 10.000	8	0,24	\$ 80.000
11	Perno			0,02	\$ 15.000	60	1,2	\$ 900.000
12	Carpa			17	\$ 600.000	1	17	\$ 600.000
							206,19	\$ 4.540.000

Fuente: Autores del proyecto

9.2 DIAGRAMA DE MANUFACTURA

Imagen 27. Diagrama de manufactura



Fuente: Autores del proyecto

9.3 ESTUDIO DE ESFUERZOS

Se elaboró un análisis de tensiones de cada pieza crítica por separado con la herramienta de simulación de CAD SOLIDWORKS en ella se pudo estudiar las posibles fallas de material y su índice factor de seguridad.

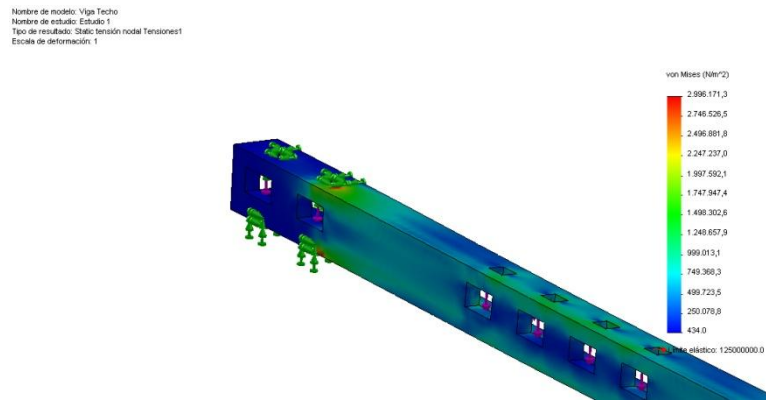
9.3.1 Viga Techo

Tabla 10. Viga techo

Nombre	Mín.	Máx.
Tensiones	433.98 N/m ²	2.99617e+006 N/m ²
Desplazamientos	0 mm	4.99897 mm
Deformaciones unitarias	8.46073e-007	0.00334752

Fuente: Autores del proyecto

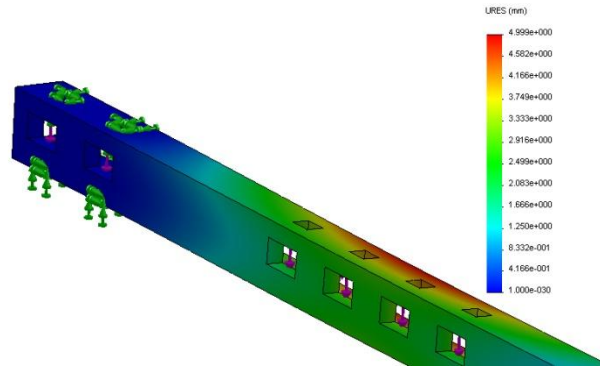
Imagen 28. Viga Techo-Estudio -Tensiones



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 29. Viga Techo-Estudio -Desplazamientos

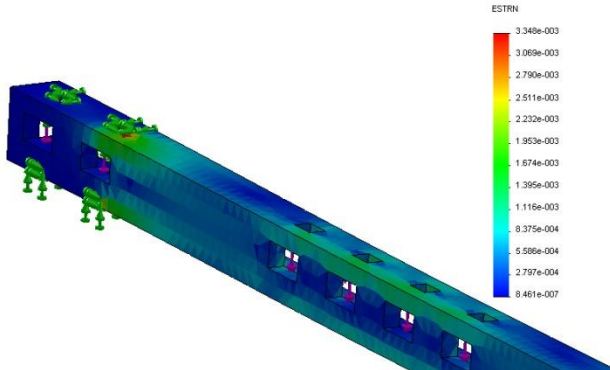
Nombre de modelo: Viga Techo
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 30. Viga Techo-Estudio -Deformaciones unitarias

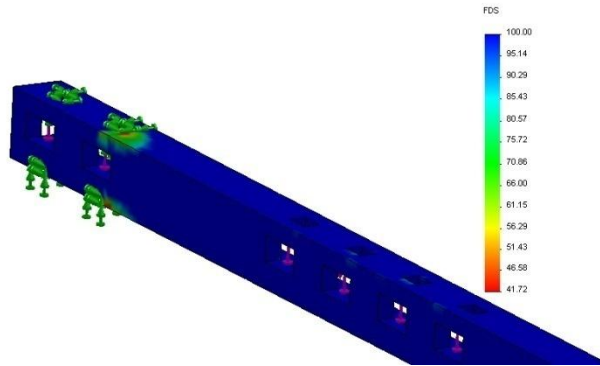
Nombre de modelo: Viga Techo
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 1



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 31. Viga Techo-Estudio -Factor de seguridad

Nombre de modelo: Viga Techo
 Nombre de estudio: Estudio 1
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 42



Fuente: Autores del proyecto

9.3.2 Acople Tipo A

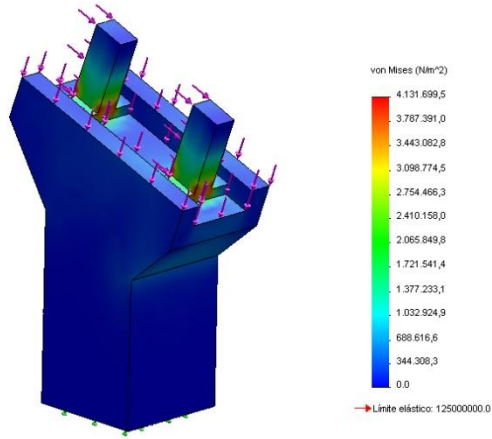
Tabla 11. Acople tipo A

Nombre	Mín.	Máx.
Tensiones1	3.90858e-006 N/m ²	4.1317e+006 N/m ²
Desplazamientos1	0 mm	0.891247 mm
Deformaciones unitarias1	5.17422e-009	0.00352844

Fuente: Autores del proyecto

Imagen 32. Acople Tipo A -Estudio -Tensiones

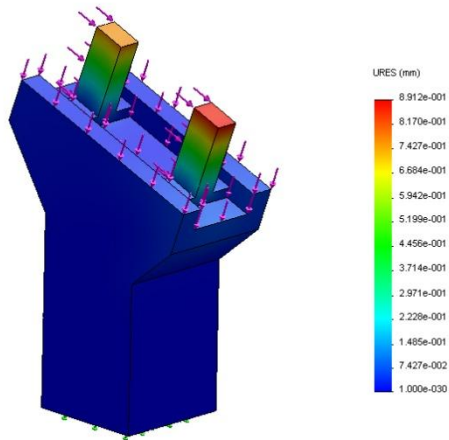
Nombre de modelo: Acople 1B
Nombre de estudio: Estudio 2
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 1



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 33. Acople Tipo A -Estudio -Desplazamientos

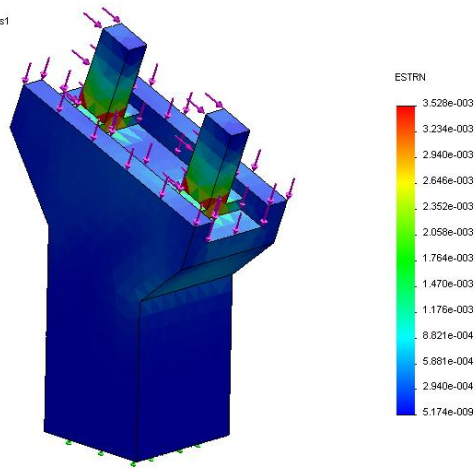
Nombre de modelo: Acople 1B
Nombre de estudio: Estudio 2
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 34. Acople Tipo A -Estudio -Deformaciones unitarias

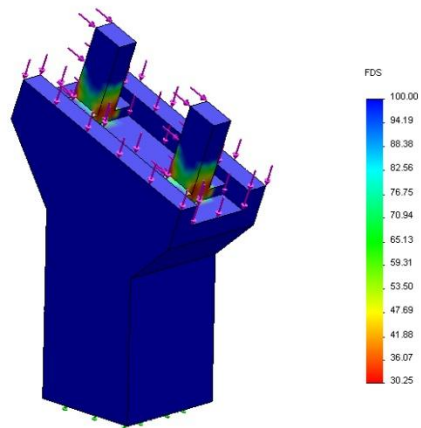
Nombre de modelo: Acople 1B
Nombre de estudio: Estudio 2
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 1



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 35. Acople Tipo A -Estudio -Factor de seguridad

Nombre de modelo: Acople 1B
Nombre de estudio: Estudio 2
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 30



Fuente: Autores del proyecto

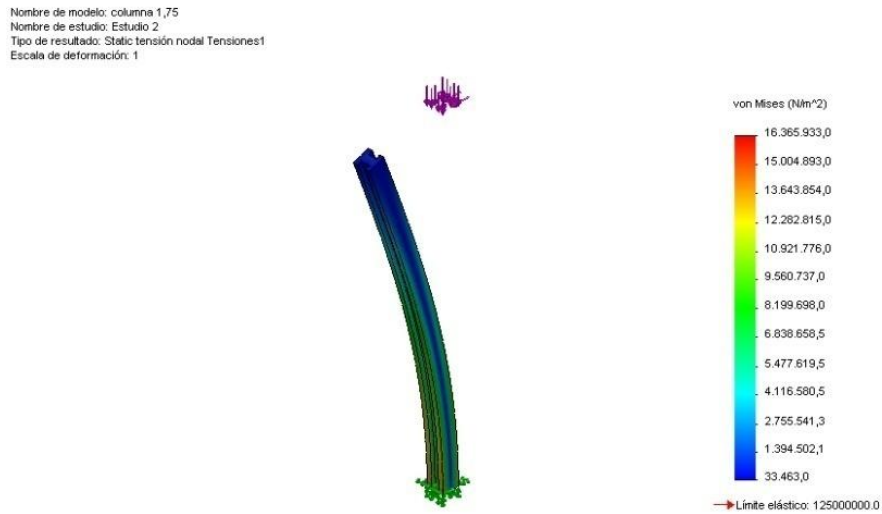
9.3.3 Columna 1A

Tabla 12. Columna 1A

Nombre	Mín.	Máx.
Tensiones1	33463 N/m ² Nodo: 8863	1.63659e+007 N/m ² Nodo: 182
Desplazamientos1	0 mm	333.658 mm
Deformaciones unitarias1	7.2471e-005	0.0119978

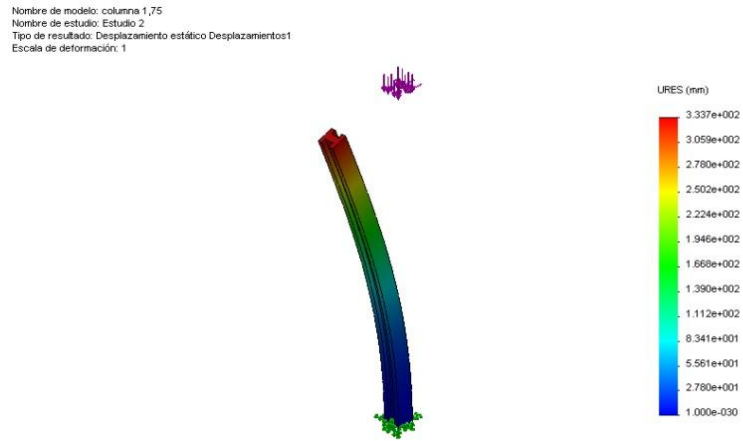
Fuente: Autores del proyecto

Imagen 36. Columna 1A-Estudio 2-Tensiones



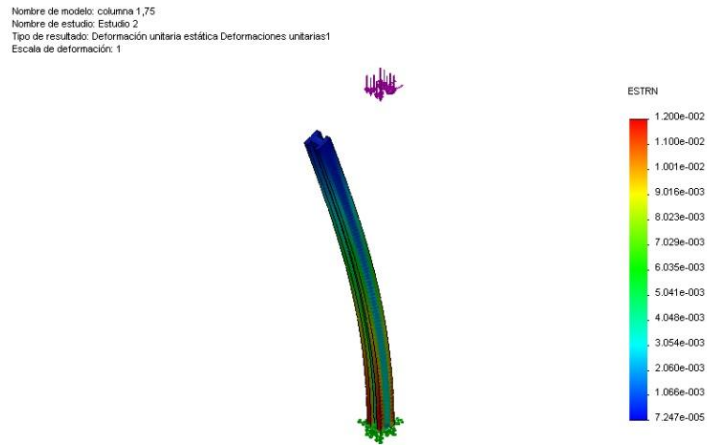
Fuente: Autores del proyecto

Imagen 37. Columna 1A-Estudio -Desplazamientos



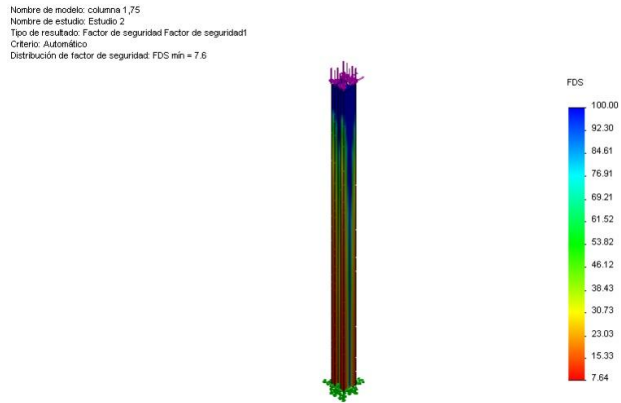
Fuente: Autores del proyecto

Imagen 38. Columna 1A-Estudio -Deformaciones unitarias-



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 39. Columna 1A-Estudio -Factor de seguridad



Fuente: Autores del proyecto

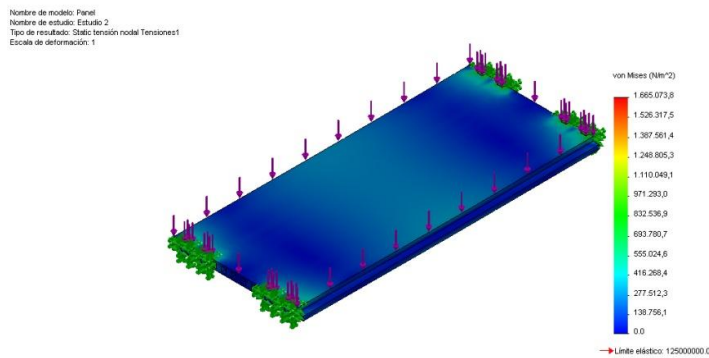
9.3.4 Panel

Tabla 13. Panel

Nombre	Mín.	Máx.
Tensiones1	0.000301338 N/m ²	1.66507e+006 N/m ²
Desplazamientos1	0 mm	3.63738 mm
Deformaciones unitarias1	4.11163e-006	0.00189252

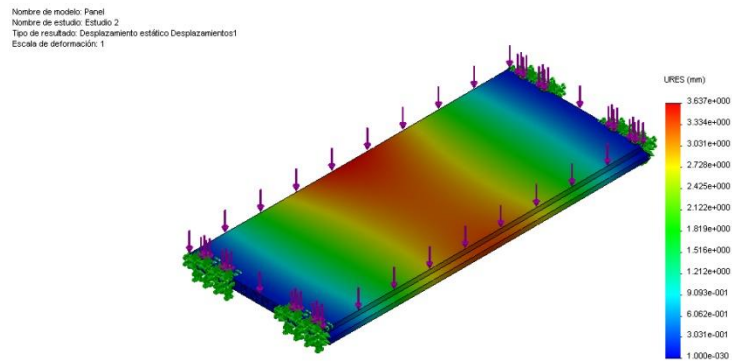
Fuente: Autores del proyecto

Imagen 40. Panel-Estudio -Tensiones



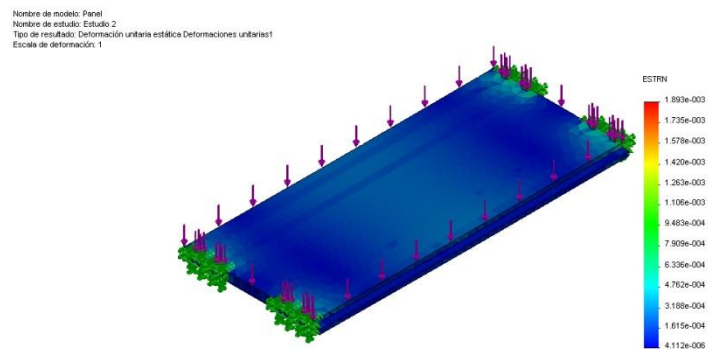
Fuente: Autores del proyecto

Imagen 41. Panel-Estudio -Desplazamientos



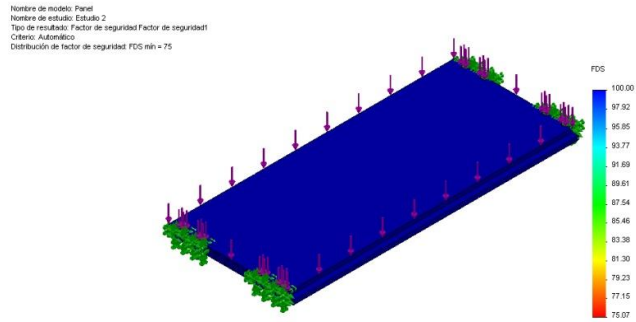
Fuente: Autores del proyecto

Imagen 42. Panel-Estudio -Deformaciones unitarias



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 43. Panel-Estudio -Factor de seguridad



Fuente: Autores del proyecto

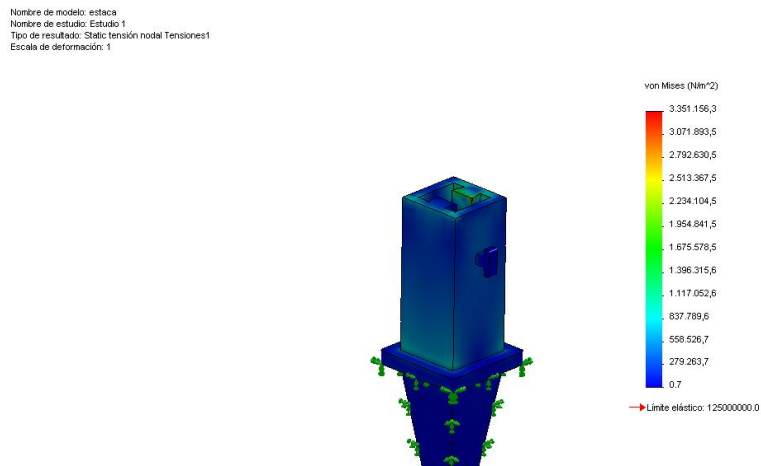
9.3.5 Estaca

Tabla 14. Estaca

Nombre	Min.	Máx.
Tensiones1	0.722238 N/m ²	3.35116e+006 N/m ²
Desplazamientos1	0 mm	0.546486 mm
Deformaciones unitarias1	9.55118e-010	0.00126257

Fuente: Autores del proyecto

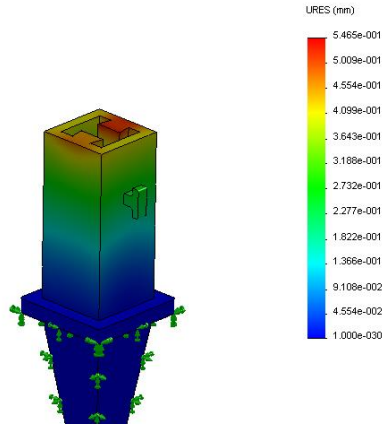
Imagen 44. Estaca-Estudio -Tensiones



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 45. Estaca-Estudio -Desplazamientos

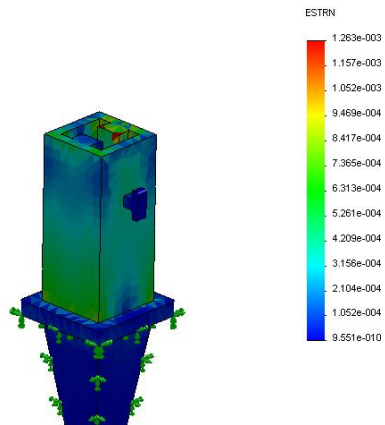
Nombre de modelo: estaca
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 46. Estaca-Estudio -Deformaciones unitarias

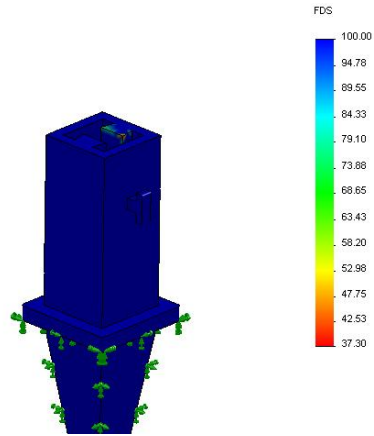
Nombre de modelo: estaca
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 1



Fuente: Autores del proyecto

Imagen 47. Estaca-Estudio -Factor de seguridad

Nombre de modelo: estaca
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 37



Fuente: Autores del proyecto

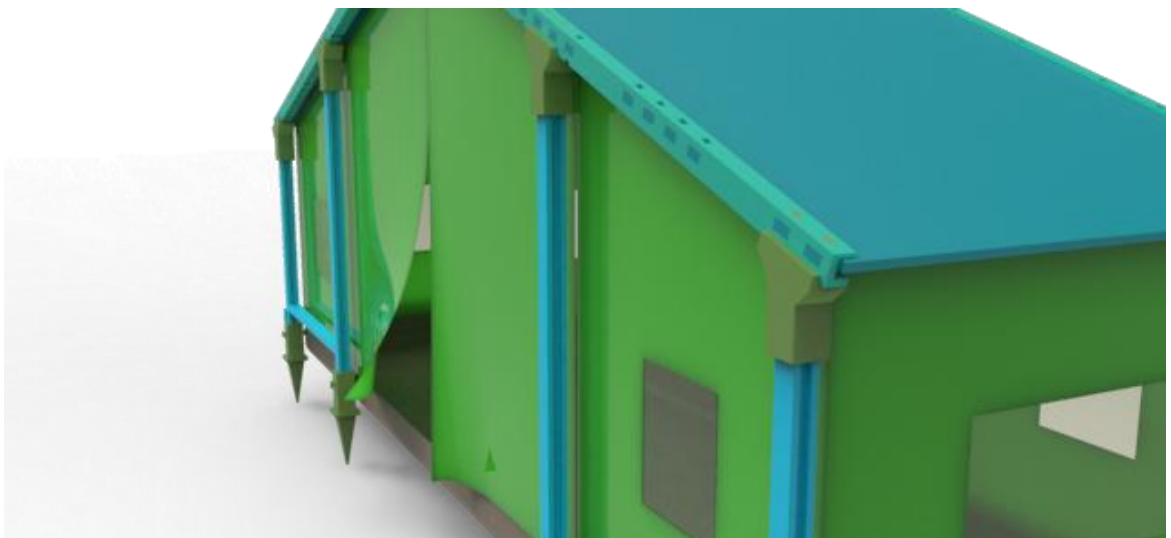
9.4 PLANOS

10. MARCA DEL PRODUCTO

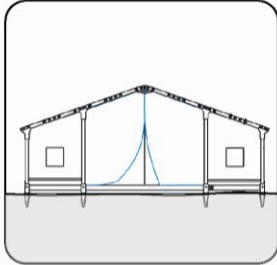


El logotipo está conformado por una tipografía donde se aprecia el nombre del producto y hay una figura triangular superpuesta que hace referencia a un techo.

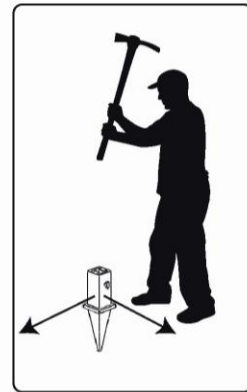
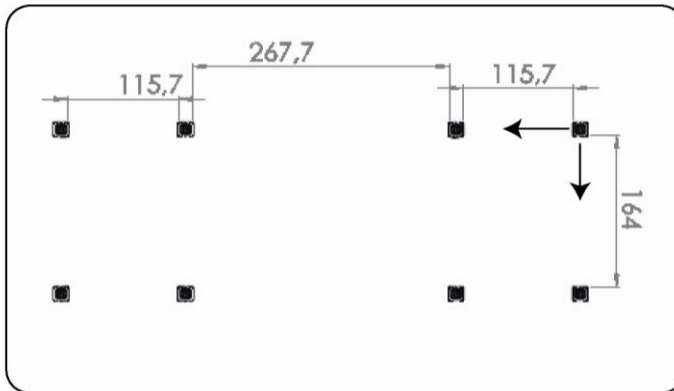
El significado de la palabra DOMUS viene del latín, que significa hogar. Con esto se pretende generar una sensación de tranquilidad a personas que han perdido su casa por culpa de un desastre ambiental, DOMUS llega como una solución a esta tragedia.



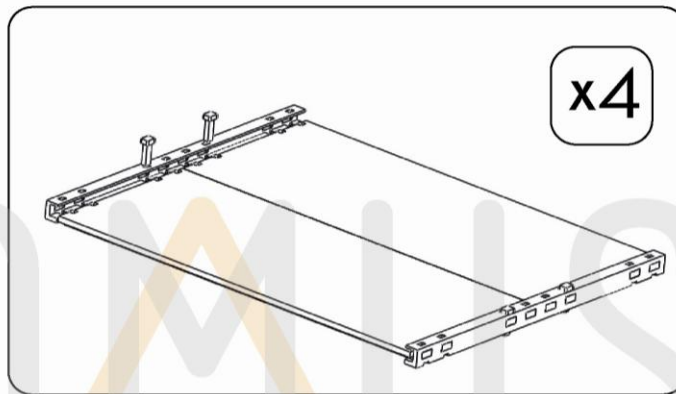
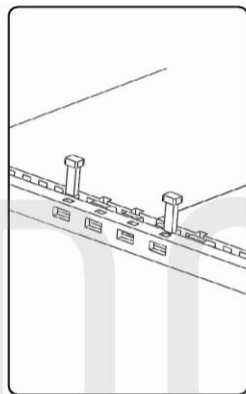
11. MANUAL DE INSTALACIÓN



1. Adecue el terreno a instalar el DOMUS
2. Mida la distancia entre las estacas, y entierre cada una según las medidas proporcionadas

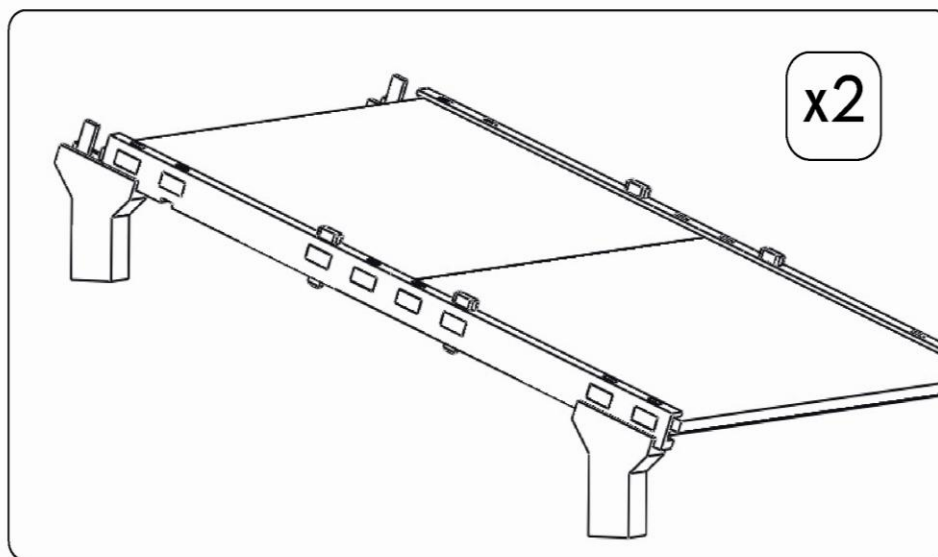


3. Ensamble las piezas 5 y 12 ayudándose con el pasador o pieza 8 como muestra la figura

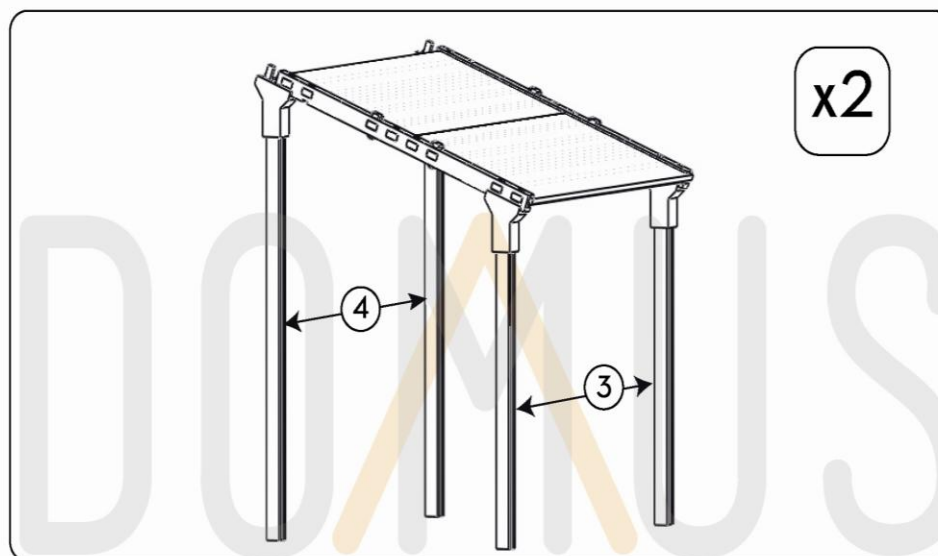


REFUGIO PARA ATENCIÓN DE DESASTRES

4. Ensamble los Acoples Tipo A (pieza 1) con la configuración 3 como muestra la imagen

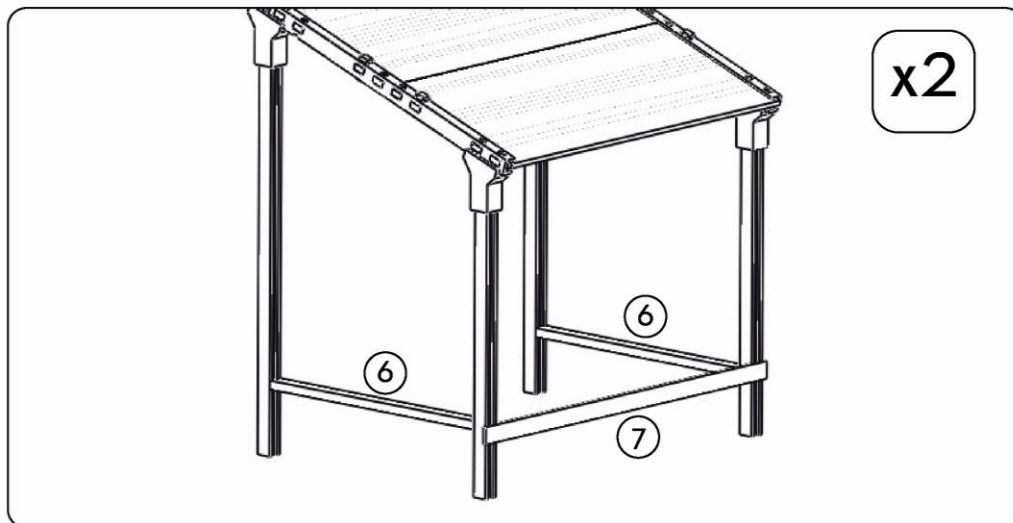


5. Acople la Columna O1 (pieza 3) y Columna O2 (pieza 4) en los Acoples Tipo A, siguiendo la imagen de muestra

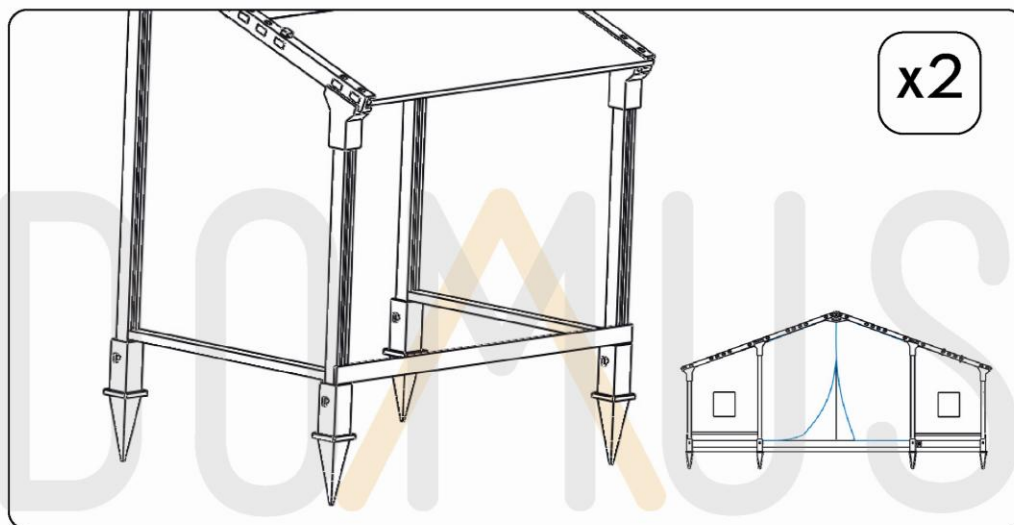


REFUGIO PARA ATENCIÓN DE DESASTRES

6. Instale la viga tipo O1 (pieza 6) y la viga tipo O2 (pieza 7), en las columnas según lo indica la imagen.

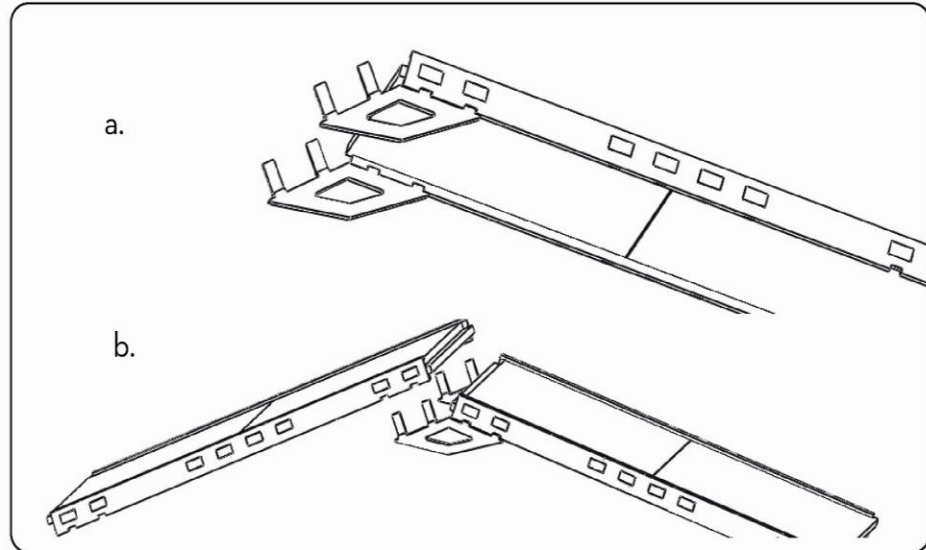


7. Levante la estructura armada en el paso 6, encajándola en las estacas puestas en el paso 1

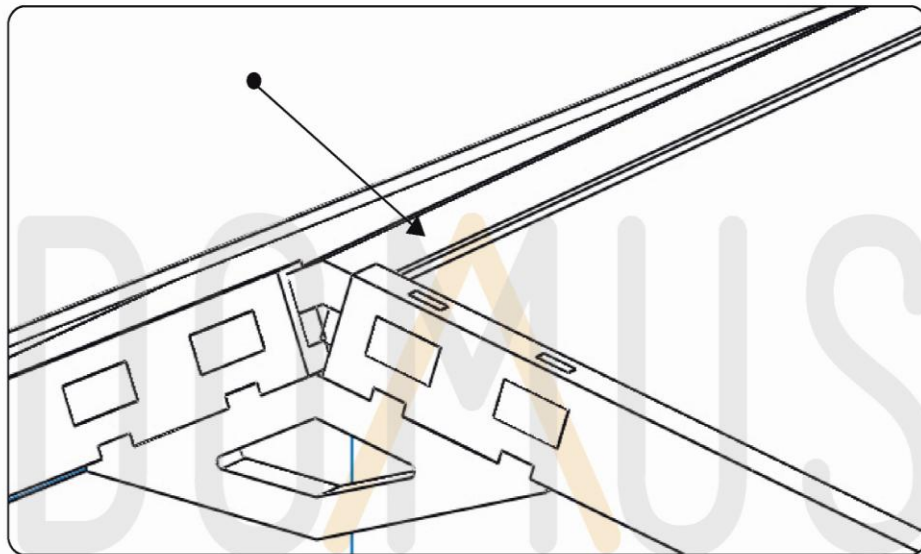


REFUGIO PARA ATENCIÓN DE DESASTRES

8. Ensamble el acople tipo B (pieza 2) junto con la configuración realizada en el paso 3, siguiendo instrucciones de la imagen

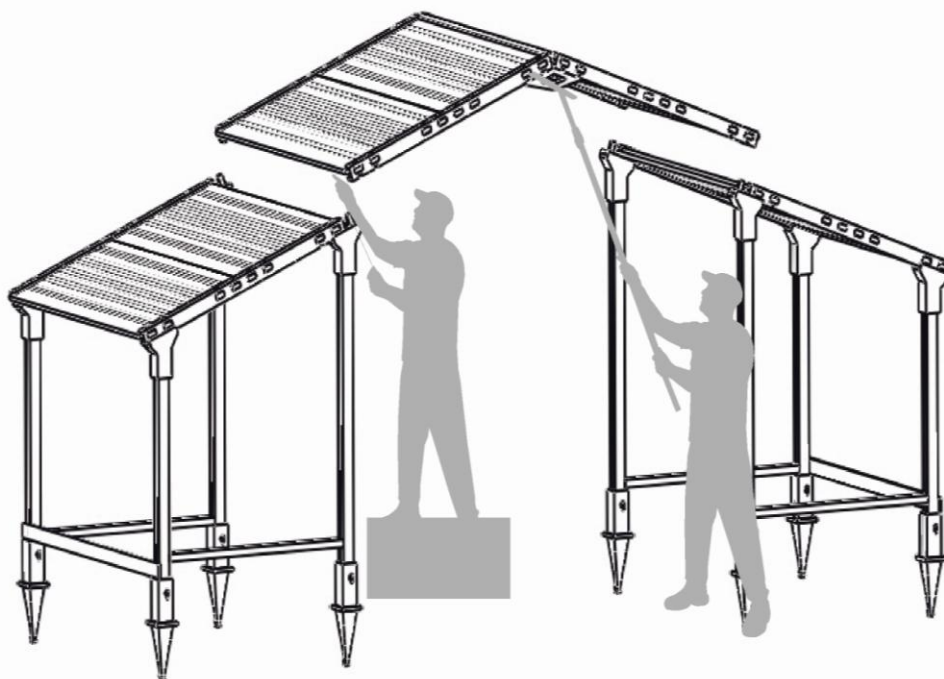


9. Acople el Tapa Luz (pieza 10), en la configuración anterior



REFUGIO PARA ATENCIÓN DE DESASTRES

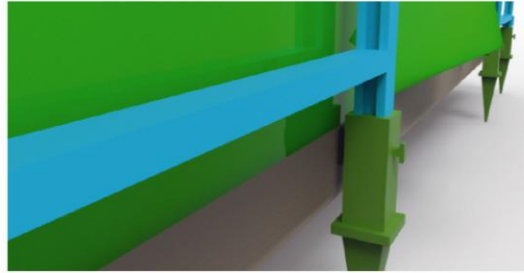
10. Eleve la configuración realizada en el paso 9 y ensamble con la configuración realizada en el paso 7.



DOMUS

REFUGIO PARA ATENCIÓN DE DESASTRES

11. En este último paso, instale la lona de la carpa utilizando los pernos mostrados en las siguientes imágenes



REFUGIO PARA ATENCIÓN DE DESASTRES

12. CONCLUSIONES

- La propuesta planteada podría ser encaminada hacia una solución viable y factible con respecto a la problemática de vivienda de las personas desplazadas por desastres ambientales, convirtiéndose así en una solución inmediata y temporal a este problema.
- La mezcla de fibras naturales y polipropileno que da como resultado el material usado en el proyecto es factible debido a la facilidad de alcance del material y a su innovación, relacionándolo con el reciclaje de uno de estos y el fácil acceso de las fibras al ser producidas en el país.
- Es necesario hacer conciencia por parte de entidades gubernamentales acerca de la falta de soluciones y planes para subsanar las consecuencias atroces que dejan los desastres ambientales. Con este proyecto se podría iniciar por solventar la necesidad inmediata de vivienda de estas personas.
- Al ser una solución viable, inmediata, de fácil acceso por sus materiales y sostenible puede generar interés en entidades que trabajen para el bienestar de los desplazados por desastres ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

ALBERGUE TEMPORAL. Capítulo 8. Disponible en:
http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/urgencia/8albergue_temporal.pdf

BELTRÁN, M. y MARCILLA, A. Tecnología de polímeros. Tema 1 estructura y propiedades de los polímeros. Capítulo 3 - Propiedades comunes de los polímeros. Capítulo 5 - Comportamiento reológico de polímeros fundidos y en dilución. Capítulo 6 - Propiedades mecánicas

Carta Humanitaria y Normas Mínimas de Respuesta Humanitaria en Casos de Desastre (FISCR, The Sphere Project; 2000; 328 páginas. El Proyecto de la Esfera. Disponible en: <http://helid.digicollection.org/fr/d/Jwho94s/3.4.3.html>

ELEMENTOS COMUNES A TODO REFUGIO. Capítulo 2. Disponible en:
<http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc1105/doc1105-2a.pdf>

EVALUACIÓN DE CÓDIGO SÍSMICO - COLOMBIA. Evaluación llevada a cabo por Guillermo Santana. Capítulo 11 "Diseño para Manufactura"

GARCÍA DOMENE, Ma Virtudes. DESARROLLO DE UNA GUÍA VISUAL DE APOYO A LA SELECCIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO INDUSTRIAL. Parte 2 – materiales poliméricos. Parte 3 - guía de selección.

Guía general Ergonomía en la vivienda, Estándares Antropométricos mínimos. Las dimensiones humanas en los espacios interiores/ Universidad de Santiago de Chile. Escuela de Arquitectura.

Infraestructura de Emergencia y Normas Esfera: “Agua y Saneamientos en Albergues Temporales”. Disponible en: http://reddesastres.org/fileadmin/imagenes/Ferias_reuniones/Feria_EI_Salvador/Sesion_1/Albergues_Agua_saneamiento_D_funes.pdf

KARL T. ULRICH, STEVEN D. EPPINGER. Diseño y desarrollo de productos Editorial Mc Graw Hill, 2009. Capítulo 5 “Especificaciones del Producto”. Capítulo 6 “Generación de Concepto”¹². Análisis Bibliográfico

LEYVA HUERTA, Bernardino. Instructor del PERE. Diapositivas de “Presentación y administración de refugios temporales y atención a damnificados”.

Manual Nacional Para el Manejo de Albergues Temporales / Sociedad Nacional De La Cruz Roja Colombiana. Dirección General del Socorro Nacional 2008.

MARADEI, M. Fernanda; ESPINEL, Francisco; PEÑA, Astrid. Datos antropométricos para el diseño. División de publicaciones UIS

STUPENENGO, Franco. Materiales y materias primas. Capítulo 10, Materiales compuestos.