

**MÓDULO DE MADERA REUTILIZADA DE ESTIBAS PARA ALBERGUES  
TEMPORALES DE EMERGENCIA**

**LAURA MARCELA GARCÍA MAYORGA  
PAULA CRISTINA MARTÍNEZ ROJAS  
LUIS FELIPE OBANDO REYES**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES  
ARQUITECTONICAS – PTCA  
BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2015**

**MÓDULO DE MADERA REUTILIZADA DE ESTIBAS PARA ALBERGUES  
TEMPORALES DE EMERGENCIA**

**Presentado para optar al Título de  
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas**

**Coordinador PTCA y Docente de Proyecto  
Arq. NELSON RICARDO CIFUENTES VILLALOBOS**

**LAURA MARCELA GARCÍA MAYORGA  
PAULA CRISTINA MARTÍNEZ ROJAS  
LUIS FELIPE OBANDO REYES**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES  
ARQUITECTÓNICAS – PTCA  
BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2015**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

Observaciones

---

---

---

---

---

---

---

ARQ. NELSON R. CIFUENTES VILLALOBOS.  
COORDINADOR PTCA

---

ARQ. STEVEN GONZÁLEZ ZABALA  
COORDINADOR NÚCLEO ÉNFASIS PTCA

---

JURADO 1

---

JURADO 2

Bogotá, Junio de 2015

## **Dedicatoria**

### **Laura Marcela García Mayorga**

Este proyecto se lo dedico a mis padres a quienes amo profundamente y siempre están ahí para mí apoyándome económica y emocionalmente. Deseo que siempre tengan presente que lo que soy y hago es gracias a ellos.

### **Paula Martínez Rojas**

Dedico este proyecto en primera instancia a mis padres, que son las personas más importantes en mi vida y que me han brindado todo su apoyo. Para ellos es este documento, que representa el gran logro que he alcanzado gracias a su paciencia, amor y comprensión.

### **Luis Felipe Obando Reyes**

Este proyecto se lo dedico a mi familia, por ser mi apoyo económico y que han buscado siempre mi desarrollo profesional proporcionándome un respaldo emocional incomparable. A mis compañeras de proyecto, Laura y Paula, por ser además de colegas, mis amigas y consejeras.

## **Agradecimientos**

### **Laura Marcela García Mayorga**

Inicialmente a mis compañeros de proyecto, Felipe y Paula con quienes he compartido este camino, por trabajar mancomunadamente y lograr sobrellevar cada inconveniente. Al profesor Jorge Martínez, que aunque ya no se encuentra en la facultad, siempre hizo su labor docente con el mayor profesionalismo y calidez, mostrando un compromiso enorme.

### **Paula Martínez Rojas**

Agradecer al profesor Walter Barreto por brindarnos a lo largo del semestre, sus amplios conocimientos en el tema y por asesorarnos con cada uno de los inconvenientes que se encontraron. A mis compañeros de proyecto, por brindar todos sus conocimientos y habilidades para sacar adelante esa idea. A todas y cada una de las personas que intervinieron de alguna u otra forma a que este proyecto tuviera el resultado esperado.

### **Luis Felipe Obando Reyes**

Agradezco primero que todo al profesor Walter Barreto, por brindarnos las asesorías pertinentes a lo largo de la labor proyectual. En segunda instancia, a mis compañeras Laura y Paula por las desveladas y por su arduo trabajo. Al señor Norberto, quien sirvió como carpintero y ayudó a llevar a la realidad este proyecto, con una mano de obra de gran calidad.

<b>Contenido</b>	
<b>Resumen.....</b>	<b>12</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>12</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>13</b>
<b>Marco Referencial .....</b>	<b>15</b>
<b>Marco Geográfico .....</b>	<b>15</b>
<b>Marco Conceptual .....</b>	<b>16</b>
<b>Vivienda y albergue temporal.....</b>	<b>16</b>
<b>Desastre y catástrofe.....</b>	<b>18</b>
<b>Modulación.....</b>	<b>19</b>
<b>Marco Teórico.....</b>	<b>19</b>
<b>Referentes.....</b>	<b>19</b>
<i>Casa Dymaxión.....</i>	<i>19</i>
<i>Mobiliario Urbano elaborado con estibas.....</i>	<i>20</i>
<b>Marco Legal .....</b>	<b>21</b>
<b>Marco Técnico.....</b>	<b>22</b>
<b>Velocidades de viento. ....</b>	<b>22</b>
<b>Estiba o pallet.....</b>	<b>23</b>
<b>Pino radiata - Pinus radiata don. ....</b>	<b>24</b>
<b>Uso constructivo de la madera en la construcción.....</b>	<b>26</b>
<i>Medidas comerciales de la madera. ....</i>	<i>26</i>
<i>Uniones en madera. ....</i>	<i>27</i>
<i>Cortes a media madera: .....</i>	<i>27</i>
<i>Uniones a compresión (Unión machihembrada).....</i>	<i>28</i>
<i>Columnas. ....</i>	<i>29</i>
<i>Uniones a tracción.....</i>	<i>29</i>
<i>Uniones en vigas.....</i>	<i>30</i>
<b>Proceso de fabricación del producto .....</b>	<b>30</b>
<b>Condiciones de la materia prima.....</b>	<b>30</b>
<b>Desarme de la estiba. ....</b>	<b>31</b>
<b>Diseño de uniones.....</b>	<b>33</b>

<b>Corte en carpintería. ....</b>	<b>33</b>
<b>Ensamble del módulo. ....</b>	<b>33</b>
<b>    Cimentación.....</b>	<b>34</b>
<b>    Estructura.....</b>	<b>35</b>
<b>    Cerramiento. ....</b>	<b>37</b>
<b>    Cubierta. ....</b>	<b>38</b>
<b>Ensayos de laboratorio. ....</b>	<b>39</b>
<b>    Ensayo de unión reforzada con pasador metálico. ....</b>	<b>39</b>
<b>    Ensayo Unión Machihembrada. ....</b>	<b>42</b>
<b>Análisis y Discusión .....</b>	<b>43</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>44</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>46</b>

## Tabla de Ilustraciones

<b>Ilustración 1: Mapa de vulnerabilidad sísmica de Colombia .....</b>	<b>15</b>
<b>Ilustración 2: Mapa de la Localidad de Teusaquillo .....</b>	<b>16</b>
<b>Ilustración 3: Tipología de albergues temporales.....</b>	<b>17</b>
<b>Ilustración 4: Vista de la Casa Dymaxión de Buckminster Fuller.....</b>	<b>20</b>
<b>Ilustración 5: Mobiliario urbano de r1 a base de estibas en Johannesburgo .....</b>	<b>21</b>
<b>Ilustración 6: Velocidades de Viento en el Distrito Capital.....</b>	<b>22</b>
<b>Ilustración 7: Vista del árbol Pino Radiata.....</b>	<b>26</b>
<b>Ilustración 8: Dimensiones comerciales de madera .....</b>	<b>27</b>
<b>Ilustración 9: Tipos de empates media madera .....</b>	<b>28</b>
<b>Ilustración 10: Vista lateral y frontal de uniones tipo caja-espigo. Recto u oblicuo .....</b>	<b>28</b>
<b>Ilustración 11: Columna a media madera.....</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 12: Empalmes tipo llave y Rayo de Júpiter para elementos sometidos a tracción .....</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 13: Uniones para vigas.....</b>	<b>30</b>
<b>Ilustración 14: Vista del material en el momento de recepción .....</b>	<b>31</b>
<b>Ilustración 15: Uso de herramienta básica para desarme. ....</b>	<b>31</b>
<b>Ilustración 16: Vista de una sierra circular dentada .....</b>	<b>33</b>
<b>Ilustración 17: Tornillo pasante para unión a viga de piso .....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 18: Estaca de cimentación .....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 19: Corte a media madera para piso y paral.....</b>	<b>35</b>
<b>Ilustración 20: Fijación para esquina .....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 21: Caja para empalme con viga de piso .....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 22: Listón con caja para unión deslizable.....</b>	<b>37</b>
<b>Ilustración 23: Tabla de arriostramiento y empate en espigo.....</b>	<b>38</b>
<b>Ilustración 24: Pendolón y tirante en cubierta con refuerzo atornillado .....</b>	<b>39</b>
<b>Ilustración 25: Elemento con tornillo pasante previo a su ensayo .....</b>	<b>39</b>
<b>Ilustración 26: Primera falla por flexión.....</b>	<b>40</b>
<b>Ilustración 27: Vista de la falla en el sentido del corte.....</b>	<b>40</b>
<b>Ilustración 28: Segunda falla bajo una carga de 6.5 KN .....</b>	<b>41</b>



<b>Ilustración 29: Ensayo con máquina universal.....</b>	<b>41</b>
<b>Ilustración 30: Fallas longitudinales por ensayo a flexión.....</b>	<b>42</b>

## Tabla de tablas

<b>Tabla 1: Tipología de Catástrofes .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 2: Clasificación de las Maderas Estructurales Selectas tipo 4 (ES4) .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 3: Propiedades Físicas del Pino Radiata.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 4: Propiedades Mecánicas del Pino Radiata .....</b>	<b>25</b>

**Resumen**

El proyecto pretende demostrar la factibilidad del uso de la madera reutilizada de las estibas (comúnmente usadas para el almacenaje de diversos productos en bodega) y elaboradas con una madera conífera denominada Pino Radiata, contemplada en el Manual de Diseño del Grupo Andino de Maderas y en la Norma Sismo Resistente de 2010, para la construcción de un refugio de emergencia. A lo largo del proyecto, se exponen las normativas existentes en madera y antecedentes históricos de los derechos de vivienda. De igual manera, se muestran los procesos de recepción, limpieza y alistamiento del insumo; diseño, medidas y corte de uniones; ensayos de laboratorio frente a esfuerzos determinados, ensamble del producto final, costos comparativos frente a otro sistema, para de esta manera establecer un modelo que permita su industrialización futura. De esta manera, se realiza una discusión final que permite conocer el éxito de la investigación.

**Palabras clave:** Estibas, madera, uniones, refugio de emergencia, módulo.

**Abstract**

The project pretends to demonstrate the possibility of the pallets' reused wood, (which commonly are used for the storage of too many products) and elaborated by a coniferous wood named *Pinus Radiata*, contemplated on "Manual de Diseño del Grupo Andino de Maderas" (Design Manual of Woods Andine Group) and the "Norma Sismo Resistente de 2010 – NSR-10" (Earthquake Resistance Norm 2010), which allows the construction of an emergency shelter. The same way, it shows the existing norms of wood and historic antecedents of dwelling rights. The same way, it shows the process of reception, cleaning and preparation of the raw material; design, joints measurements and cuts, laboratory testings to different efforts, final product assembly, comparative costs with another system, in this way establish a model that allows its future industrialization. In this way, there is a final discussion that shows the success of the investigation.

**Keywords:** Pallets, wood, joints, emergency shelter, module.

### **Introducción**

En Bogotá, el 80% de las edificaciones no son sismo resistentes, según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica y la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE); debido a que la población de escasos recursos e inmigrantes han venido realizando construcciones sin ningún tipo de supervisión técnica y siguiendo procesos netamente artesanales. Además de lo anterior, Bogotá está ubicada en una zona de amenaza sísmica intermedia puesto que el suelo lacustre donde se emplaza la ciudad se encuentra entre la falla frontal de la cordillera Oriental y la falla de Cajita al sur, entre otras.

De ocurrir una catástrofe en la ciudad de Bogotá, las familias damnificadas requerirán de espacios que garanticen su refugio temporal. Instituciones como la Cruz Roja Colombiana o el DPAE ofrecen, entre otras, soluciones como carpas y sistemas en seco, dependiendo la gravedad del evento y el tiempo durante el cual las personas requieran resguardarse. No obstante, para los usuarios, en ocasiones, estos generan sensación de desprotección y se convierten inclusive, en viviendas permanentes, aun cuando no son diseñadas para ello. Esto constituye una de las principales desventajas de las carpas, el método más utilizado para estos resguardos.

Desde el punto de vista ambiental, con la creciente contaminación de la que es víctima nuestro planeta hoy en día, es necesario adoptar medidas que ayuden a disminuir y controlar el impacto ambiental desencadenado por esta actividad. Con un 50% de generación de desperdicios, la industria de la construcción es el tercer sector más contaminante del planeta, tras el transporte y las industrias de explotación de recursos naturales (petroleras). Como consecuencia de esto, en los últimos años, se han tenido avances en reutilización de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y la fabricación de materiales más eco-amigables.

Las estibas son elementos usados para el almacenamiento de diferentes productos no alimenticios; frecuentemente éstas llegan a centros de almacenaje tales como aeropuertos, bodegas y puertos. Al cumplir su vida útil, no se les da ningún uso posterior, provenientes en su mayoría de países con altos porcentajes de plantaciones de Pino Radiata, entre lo que se cuentan Estados Unidos, Canadá y Chile, por mencionar sólo algunos ejemplos. Esta madera es natural (sin ningún tipo de transformación física), lo que permite modificarla y adicionarle inmunizantes y/o aditivos que favorezcan su comportamiento con relación al ambiente donde

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

se vaya a implantar. La madera cuenta con un tiempo de biodegradación relativamente corto, (entre dos y tres años), lo que lo hace un material poco contaminante frente a otros.

De igual forma, la madera se caracteriza por tener buenos niveles de resistencia y se encuentra contemplada en la Norma Sismo Resistente NSR 10.

De esta manera, proponiendo un sistema de uniones adecuado con un material altamente desechado se responde a problemas de carácter social, (debido a que se piensa en brindar refugios para población vulnerable), económico, (puesto que el material es más económico que otros sistemas constructivos), y ambiental, debido a que se aprovecha un material desechado, contribuyendo al medio ambiente.

Este documento pretende en primera instancia establecer un sistema a partir de uniones de madera reutilizada de estibas para albergues provisionales de emergencia. Como resultados adicionales, se identifican las propiedades y/o características físicas y mecánicas que ofrece la madera de las estibas, se propone el diseño de las uniones y su ensamble para establecer un patrón de fabricación, y se expone el proceso constructivo de las piezas incluyendo el tratamiento adecuado para este tipo de madera. (Procesos, maquinaria, aditivos, mano de obra entre otras) permitiendo tanto un ensamble como un desmonte rápido del refugio.

La implementación de estibas de madera reutilizada como elemento principal para la construcción de un sistema de refugio de emergencia da como resultado un elemento de fácil transporte, ensamble y resistencia térmico-mecánica que provee una solución a problemas constructivos para satisfacer el déficit habitacional frente a desastres naturales.

## Marco Referencial

### Marco Geográfico

El alcance del proyecto permite que los albergues temporales de estibas de madera puedan ser ensamblados y usados en zonas de riesgos sísmicos altos y medios en todo el territorio colombiano, que se caracterizan por ser las regiones Pacífica, Andina y Caribe, que a su vez, cuentan con la mayor ocupación (Ilustración 1). Adicional a esto, de acuerdo con el Manual de Albergues temporales, los parques urbanos suponen el lugar donde se emplazan los refugios de emergencia frente a una catástrofe. El más grande de la ciudad de Bogotá, es el Parque Metropolitano Simón Bolívar que se encuentra emplazado en la Localidad 13 de Teusaquillo (Ilustración 2).

*Ilustración 1: Mapa de vulnerabilidad sísmica de Colombia*

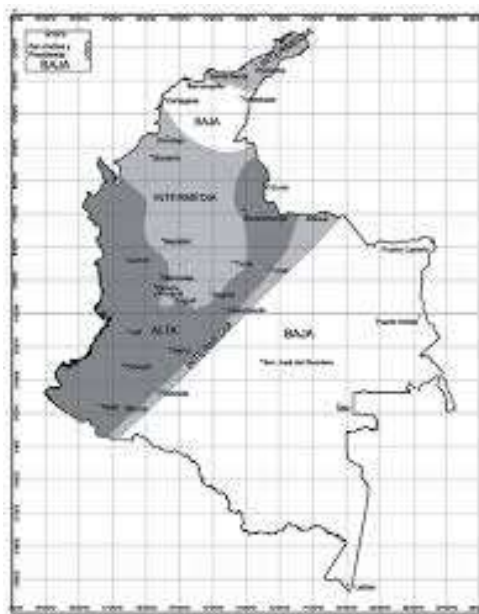


Figura A.2.0.1 - Zonas de Vulnerabilidad Sísmica a sísmos para LIDER II en función de  $A_0$  y  $A_1$

**Fuente:** (Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, 2010)

*Ilustración 2: Mapa de la Localidad de Teusaquillo*

**Fuente:** (Ambiente, 2013)

### **Marco Conceptual**

Para entender el desarrollo del proyecto, se requieren entender los conceptos básicos para diferenciar entre un refugio y una vivienda; un desastre y una catástrofe, para entender el alcance que tiene la propuesta investigativa:

#### **Vivienda y albergue temporal.**

Debe tenerse en cuenta la diferencia entre estos dos términos, pues aunque ambos representan niveles de refugio, tienen diferencias significativas en área y uso.

De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española RAE, la vivienda proviene del latín *vivenda* y se define como “Lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas”. El derecho universal a una vivienda digna se encuentra ubicado en la Declaración Universal de los Derechos Humanos en su artículo 25, citado de la siguiente manera:

Toda persona tiene derecho a un nivel adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfermedad, invalidez, vejez u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad. (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1948)

Entre tanto, el Manual Nacional para el Manejo de Albergues Temporales, se citan tres diferentes definiciones para Albergue Temporal o Vivienda de Emergencia:

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Es el lugar donde se proporciona temporalmente techo, alimentación, vestido y salud a personas vulnerables, antes, durante o después de la ocurrencia de un fenómeno destructivo o después de la ocurrencia de este.”

Es el sitio donde se concentran las familias damnificadas hasta obtener una solución definitiva de vivienda...

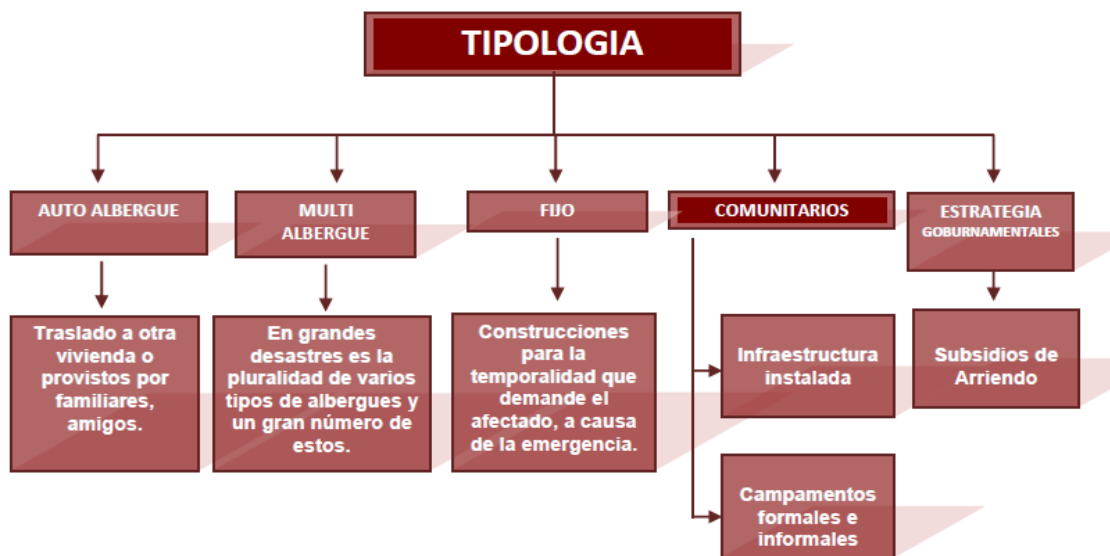
Son útiles para proteger contra las condiciones ambientales (infraestructura segura), idealmente deberá contar con bodegas para almacenar y proteger bienes, que de seguridad emocional e intimidad, permita mantener la unidad familiar, que esté ubicado en un terreno seguro, que cuente con las condiciones básicas sanitarias y sea un espacio que permita a sus usuarios la participación activa desde la instalación. (Comité Internacional de La Cruz Roja - Colombia, 2008)

No debe confundirse a los albergues temporales o viviendas de emergencia con Alojamientos temporales, puesto que el Manual los define como:

“Espacio provisional que brinda las condiciones básicas para alojarse mientras se guía a la comunidad a alguna solución de Albergue, Estos se también se utilizan cuando no existe un plan de prevención previamente estipulado.” (Comité Internacional de La Cruz Roja - Colombia, 2008)

En la ilustración 3, se observan los tipos de albergue temporal de acuerdo con la clasificación de la Cruz Roja Colombiana:

*Ilustración 3: Tipología de albergues temporales*



**Fuente:** (Comité Internacional de La Cruz Roja - Colombia, 2008)

Los albergues temporales deben contar con unos patrones de diseño específicos que garanticen comodidad para los damnificados. Desde este punto de vista, se consideran entonces las siguientes áreas estipuladas por el Manual Nacional de Albergues Temporales:

- Total área de terreno disponible por familia 30M2
- Espacio cubierto mínimo por persona 3,5M2



## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

- Sanitarios (divididos por género) 1 por cada 20 personas
- Duchas (divididas por género) 1 por cada 20 personas
- Lavaderos 1 por cada 40 personas
- Cocinas Comunitarias 1 por cada 50 familias

(Comité Internacional de La Cruz Roja - Colombia, 2008)

En el caso de las viviendas prefabricadas, se cuentan ejemplos de gran envergadura como el que se expone a continuación:

### Desastre y catástrofe.

Para entender el alcance del tiempo y las circunstancias para las cuales se construyen los albergues de emergencia, se estipula lo siguiente:

De acuerdo con el Decreto 919 de 1989 de la Ley 46 de 1998, con el que se crea el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, se define como desastre a:

Daño Grave o alteración grave, de las condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causada por fenómenos naturales y por efectos catastróficos de la acción del hombre en forma accidental, que requiera para ello de la especial atención de los organismos del estado, y de otras entidades de carácter humanitario o de servicio social. (Comité Internacional de La Cruz Roja - Colombia, 2008)

Los desastres se dividen a su vez en diferentes tipologías consignadas en la siguiente tabla:

*Tabla 1: Tipología de Catástrofes*

ORDEN PÚBLICO	NATURALES	TECNOLÓGICOS	SOCIALES
- Violencia y conflictos	- Inundaciones	- Incendios industriales	- Habitabilidad en calle
- Conflictos armados de carácter interno	- Deslizamientos	- Incendios estructurales	- Indigencia
- Conflictos armados internacionales	- Sismos	- Derrame de hidrocarburos	- Hambrunas
- Disturbios internos	- Erupciones Volcánicas	- Derrame y escape de químicos.	- Drogadicción
- Atentados terroristas	- Tsunamis	- Explosiones	- Extrema pobreza
- Desplazamiento interno por conflicto armado	- Tempestades	- Colapso de estructuras	- Epidemias /pandemias.
- Refugiados	- Tormentas tropicales	- Accidentes de tránsito	
	- Sequías	- Accidentes Aéreos	
	- Ciclones / Tifones / Huracanes.	- Accidentes marítimos /fluviales.	
	- Avalanchas – Lahares		
	- Olas de calor o frío		
	- Incendios forestales		
	- Heladas /Granizadas		
	- Lluvias súbitas o intensas		

Fuente: (Comité Internacional de La Cruz Roja - Colombia, 2008)

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

De acuerdo con lo estipulado en el Manual Nacional de Albergues Temporales, durante una época de emergencia, las personas sólo deben permanecer 3 meses como máximo en los albergues temporales y son las víctimas de estas situaciones a las que se deben dar soluciones habitacionales.

### **Modulación.**

De acuerdo con **Eraikal** (iniciativa del Departamento de Empleo y Políticas Sociales del Gobierno Vasco para la promoción de la implantación y de la mejora de los sistemas de gestión, fomento de la sostenibilidad y apoyo a la innovación en las empresas del sector de la edificación residencial de la Comunidad Autónoma del País Vasco) la definición de módulo es:

Es una pieza o conjunto unitario de piezas que, en una construcción, se repiten para hacerla más sencilla, regular y económica. El módulo, por lo tanto, forma parte de un sistema (MODULOR) y mantiene algún tipo de relación o vínculo con el resto de los componentes. (Eraikal, 2013)

Por otra parte, se define como diseño modular:

Es el diseño basado en la modulación reticular de espacios que permiten optimizar el tiempo de construcción. Debido a que las estructuras modulares son transportables, desarmables y reorganizables permiten su reutilización al generarles un nuevo uso diferente para el que fueron fabricados. (Eraikal, 2013)

Es importante el entendimiento de este término debido a que la uniformidad de los elementos facilita la construcción en serie y la industrialización de los procesos.

### **Marco Teórico**

Se observan en este marco los referentes de viviendas provisionales y elementos fabricados a partir de estibas.

### **Referentes.**

Con el pasar del tiempo, algunos personajes han desarrollado productos con características importantes a partir de la madera o alternativas de vivienda de fácil desmonte y ensamble. A continuación se observan dos ejemplos:

#### ***Casa Dymaxión.***

Para el inventor y el visionario norteamericano Richard Buckminster Fuller, la vivienda debía tener capacidad de ser un “espacio para todos”, y fue en 1929 cuando visualizó

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

el diseño para una casa que pudiera ser ensamblada en cualquier parte, y que garantizara un hábitat confortable. Es tal vez, el primer ejemplo de vivienda provisional. No obstante, su iniciativa fracasó dados los materiales con que propuso el módulo, puesto que en plena guerra la escasez del aluminio era considerable, su planta es circular y su cubierta es de forma de cebolla, tal como se observa en la Ilustración 4.

*Ilustración 4: Vista de la Casa Dymaxión de Buckminster Fuller*



Fuente: (Diseño Sostenible, s.f.)

### ***Mobiliario Urbano elaborado con estibas.***

Las estibas han sido desde hace poco, aprovechadas para elaborar sobre todo, objetos de mobiliario casero. No obstante, en Johannesburgo, en 2014, los artistas callejeros r1 dieron a conocer “Brothers in Benches” (hermanos en banquetas), un mobiliario urbano plegable con seis formas intercambiables elaborado a partir de estibas de madera (pallets). (Ilustración 5)

*Ilustración 5: Mobiliario urbano de r1 a base de estibas en Johannesburgo*

Fuente: (Mora, 2014)

### **Marco Legal**

Las normas desde las que se apoya esta investigación y en general, la construcción de elementos en madera son las siguientes:

La Norma Sismo Resistente de 2010, es la norma técnica colombiana que cuenta con los requerimientos constructivos y de diseño que deben tener las construcciones en sus diferentes categorías. Para el proyecto, específicamente, se apoya la investigación en el título G – Estructuras de madera y guadua.

Entre tanto, el Decreto 919 de 1989, organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. De esta manera, se dictan los lineamientos y mecanismos para la organización frente a desastres naturales en el territorio colombiano

Desde el punto de vista de la normativa para la elaboración de estibas, la Norma Técnica Colombiana 4680 habla acerca de ESTIBA INTERCAMBIABLE DE MADERA, UTILIZABLE POR UNA FAZ EN LA CADENA DE VALOR. En ella, se reglamentan los ensayos y requisitos para la utilización de las estibas en su función principal (almacenamientos y carga) en la investigación funciona para conocer el comportamiento de su material los usos y términos de condiciones para el uso de las mismas.

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

En el ámbito global, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC), el derecho a la vivienda constituye un derecho fundamental de todo ser humano y que se encuentra estipulado en el Artículo 11:

Los Estados Partes en el presente Pacto reconocen el derecho de toda la persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso alimentación, vestido y vivienda adecuados, y a una mejora continua de las condiciones de existencia. Los Estados Partes tomarán medidas apropiadas para asegurar la efectividad de este derecho, reconociendo a este efecto la importancia esencial de la cooperación internacional fundada en el libre consentimiento.

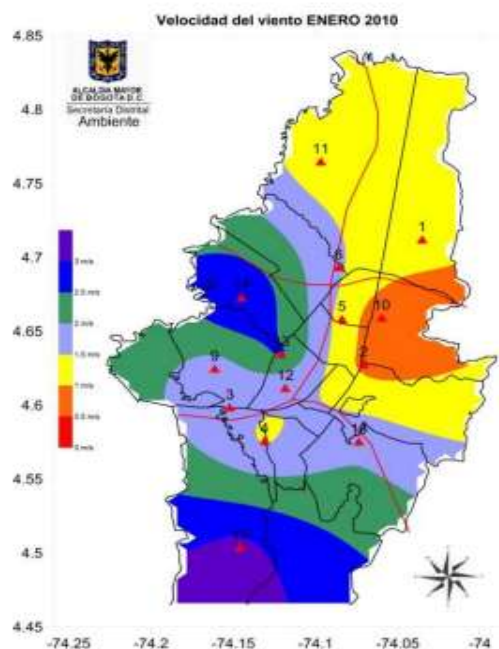
(Oficina del Alto Comisionado para los Derechos Humanos - OHCHR, 1976)

### Marco Técnico

En este marco se exponen todas las consideraciones técnicas que se deben tener en cuenta para la gestión del proyecto. Se consideran entonces las velocidades del viento en los parques urbanos donde se implantarían los campamentos y las propiedades de la estiba. (pallet).

### Velocidades de viento.

*Ilustración 6: Velocidades de Viento en el Distrito Capital*



Fuente: (Ambiente, 2013)

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Teniendo en cuenta que durante un evento catastrófico, los damnificados deben ser trasladados a espacios abiertos, como los parques urbanos, se deben estudiar los lugares donde se implantarán los campamentos. Por tal motivo, los vientos son uno de los factores climáticos que deben ser estudiados antes de su construcción, pues su fuerza es determinante para saber si el campamento resistirá la acción de estas fuerzas horizontales.

Los parques urbanos de mayor tamaño de la ciudad de Bogotá se encuentran en las localidades de Teusaquillo (Parque Metropolitano Simón Bolívar) y Tunjuelito (Parque Metropolitano El Tunal). En la primera localidad, de acuerdo con el gráfico la localidad 13 muestra velocidades de viento de 2 y 2,5 m/s, mientras que Tunjuelito (localidad 6), velocidades entre 1,5 y 2 m/s, tal como se observa en la ilustración 5.

### **Estiba o pallet.**

Un palet es una plataforma horizontal y consistente empleada para apilar, transportar o manipular diferentes mercancías gracias la utilización de grúas hidráulicas o carretillas elevadoras que permiten su levantamiento y movimiento. La International Standard Organization ISO normatiza los siguientes tamaños de estibas o pallets:

- **800 x 600 mm.** Utilizados para productos de gran consumo. Suelen ser de metal o de madera. Las medidas son 31.50" × 47.24".
- **1000 x 600 mm.** Utilizados para manipular líquidos. Poca utilización.
- **1016 x 1219 mm.** Tipo de pallets más utilizados en Norteamérica cuyas medidas son 40.00" × 48.00".
- **1067 x 1067 mm.** Tipo de palets utilizados en Asia, Norteamérica y algunas regiones de Europa. Medidas, 42.00" × 42.00".
- **1100 x 1100 mm.** Tipo de palets utilizado en Asia. Medidas, 43.30" × 43.30".
- **1140 x 1140 mm.** Es el tipo de palets que se utiliza en Australia. Sus medidas son, 44.9" × 44.9".
- **1200 x 800 mm.** Palet europeo o europalet. Utilizado para productos de gran consumo. Fue adaptado en Europa y por 18 redes ferroviarias para aprovechar las medidas de los tráileres y remolques, con un ancho de 2'40 metros. Permiten la colocación de hasta 3 palets. Tiene un peso de 25 kgs y presenta 2 entradas no reversibles.
- **1200 x 1000 mm.** Palet americano. Utilizado por primera vez en los años 40. Tiene un peso de 18 kgs. Presenta 2 entradas sin vuelo. Sus medidas son, 39.37" × 47.24". (Europalet, s.f.)

De acuerdo con UniPalet, las estibas tienen una capacidad de carga dinámica de entre 400 y 1000 kg, y capacidad de carga estática de entre 800 y 3000 kg. (UniPalet, s.f.)

Es importante conocer las características de este material, puesto que sus medidas y resistencias permiten diseñar y realizar los cortes pertinentes, y que facilita la modulación del

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

albergue propuesto, de igual manera, conociendo su capacidad portante se puede deducir su buen comportamiento como material constructivo.

**Pino radiata - Pinus radiata don.**

Es una madera de la familia Pinaceae cuyo origen natural está contemplado en la región occidental de los Estados Unidos (California), fuera de esta región se ha podido implantar de manera satisfactoria en Victoria (Canadá), Brasil, Australia, España, Inglaterra, Argentina, Bolivia, Ecuador, Colombia (Zona Andina), Nueva Zelanda y Chile en donde se encuentra el 80% de la superficie total de plantación. Se caracteriza por ser una madera de tipo Estructural Selecta tipo 4 (ES4), por lo que es óptima para construir elementos como vigas, columnas, cerchas, viguetas y pórticos entre otros.

Tabla 2: Clasificación de las Maderas Estructurales Selectas tipo 4 (ES4)

**Maderas Tipo ES4 MPa. CH = 12%**

No.	Nombre	DB	$E_{0.5}$	$F_b$	$F_c$	$F_p$	$F_v$	$F_t$
1	Pino pátula	0.43	10 000	12.6	10.2	1.7	1.6	9.5
2	Teca	0.53	10 800	16.7	12.5	2.5	1.8	12.5
3	Punula	0.45	10 700	12.7	11.9	2.3	1.3	9.5
4	Saman	0.49	9 400	13.0	9.8	2.0	1.8	9.8
5	Eucalipto salina	0.40	11 100	13.1	10.7	1.5	1.4	9.8
6	Pino chaquiro	0.44	8 700	13.0	10.6	2.4	1.7	9.8
7	Pino radiata colomb	0.39	11 000	13.2	11.9	2.5	1.4	9.9
8	Canime	0.480	9 800	14.5	11.7	2.9	2.0	10.9
9	Macurutu	0.645	10 100	25.1	19.9	7.1	2.1	18.8
<b>Valores de diseño asumidos</b>		Nota 1	9 000	12.5	10.0	1.5	1.3	9.0

Valores de diseño asumidos:  $E_{0.5}$  9 000     $E_{0.05}$  6 500     $E_{min}$  3 564  
(1) se deben efectuar ensayos previamente

**Fuente:** (Clasificación de las Maderas - , 2010 )

Para la buena implantación de la especie, ésta debe ser ubicada en bosques limitados entre 1.800 a 3.500 metros sobre el nivel del mar, en suelos silíceos y profundos, en climas templados con bastante humedad y lugares donde la precipitación debe estar entre 800mm a 1.300mm y con temperaturas entre los 11y 17 grados centígrados.

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Esta especie alcanza alturas entre los 30 y 60 metros, el diámetro de su tronco alcanza 1.5 metros. Tiene tronco cónico, recto, con un sistema radicular (conjunto de raíces). La corteza externa es de color café y con apariencia agrietada; a su vez la corteza interna es de color crema rosácea; Su copa es alargada, cónica y monódica. (Ilustración 5)

Cabe destacar que la humedad óptima de la madera es del 12% y que sus propiedades físico-mecánicas son las mejores en este punto, tal como se observa en las siguientes tablas, observando su comportamiento frente a diferentes esfuerzos:

*Tabla 3: Propiedades Físicas del Pino Radiata*

DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	VERDE	SECA AL AIRE	ANHIDRA	BÁSICA
	1.04	0.48	0.45	0.39
CONTRACCIÓN NORMAL (%)	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMETRICA	T/R
	5.2	3.0	8.2	1.73
CONTRACCIÓN TOTAL (%)	7.7	4.6	12.3	1.67

**Fuente:** (Medellín, Universidad Nacional de Colombia, s.f.)

*Tabla 4: Propiedades Mecánicas del Pino Radiata*

CONDICIÓN CH%	FLEXIÓN ESTÁTICA			COMPRESIÓN				
				PARALELA			PERPENDICULAR	
	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE×10 <sup>3</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE×10 <sup>3</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )
VERDE + 30%	314	465	72.6	167	208	83.2	44	74
SECO AL AIRE 12 %	555	1780	110.2	299	434	107.8	74	136

CONDICIÓN CH%	DUREZA			CIZALLADURA Kg/cm <sup>2</sup>		TENACIDAD Kg-m		EXTRACCIÓN DE CLAVOS Kg.	
	Lados	Extrem		Tang.	Rad.	Rad.	----	Lateral	Extremos
VERDE +30%	240	257	---	71	64	2.74	---	79	48
SECO AL AIRE 12%	348	472	---	88	81	1.58	---	76	54

**Fuente:** (Medellín, Universidad Nacional de Colombia, s.f.)



*Ilustración 7: Vista del árbol Pino Radiata*



**Fuente:** (Ecuador Forestal, s.f.)

### **Uso constructivo de la madera en la construcción**

Teniendo en cuenta los objetivos específicos de esta investigación, a continuación se determinan las características más preponderantes del material y sus usos en la construcción.

La madera es la sustancia compacta del interior de los árboles. La madera es el conjunto de los elementos lignificados de una planta que se disponen debajo de la corteza. (Artesanum, s.f.)

### ***Medidas comerciales de la madera.***

La madera cepillada y lista para la venta, se encuentra en las siguientes dimensiones y cuenta con los siguientes nombres:

Para la elaboración de las piezas del módulo, se requiere tener el conocimiento de los tipos de cortes y empalmes (o uniones) que se han determinado a lo largo del tiempo para elementos estructurales en madera, y que pueden observarse a continuación:

*Ilustración 8: Dimensiones comerciales de madera*

**MEDIDAS COMERCIALES DE LA MADERA**

a) Madera labrada

	$3 \times 3 \times 300 \text{ cm} = \text{Listón}$
	$5 \times 5 \times 300 \text{ cm} = \text{Durmiente}$
	$5 \times 10 \times 300 \text{ cm} = \text{Repisa}$
	$10 \times 10 \times 300 \text{ cms} = \text{Cerco}$
	$2 \times (12 - 15 - 20 - 30) \times 300 \text{ cm} = \text{Tabla chapa}$
	$3 \times (15 - 20 - 30) \times 300 \text{ cms} = \text{Tabla "burra"}$
	$5 \times (15 - 20 - 30) \times \text{largo variable} = \text{Entresuelos}$

b) Madera rolliza

	$\emptyset \text{ menor de } 5 \text{ cm} \times 500 \text{ cm} = \text{varas de clavo}$
	$\emptyset \text{ de } 10 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = \text{Varas de corredor}$

**Fuente:** (Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA], s.f.)

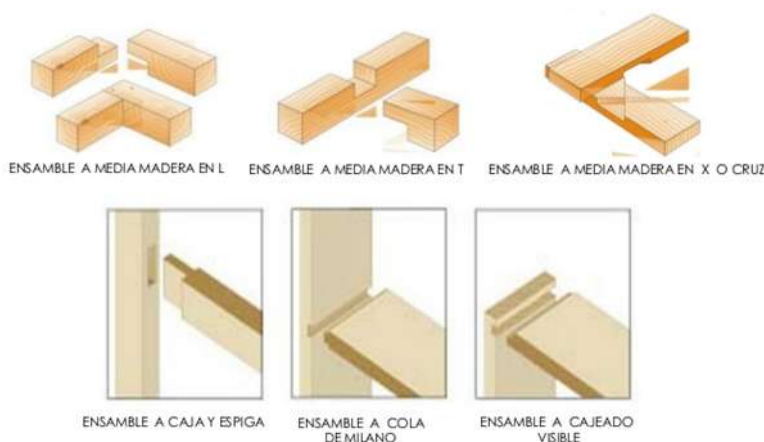
Considérese que la información anterior es importante, debido a que los listones de la estiba son los elementos más aprovechables para la elaboración de estructuras en madera.

### *Uniones en madera.*

Los cortes de madera hacen posible su empate correcto cuando son utilizados en el armado de elementos estructurales. Esto permite la continuidad de los elementos y la transmisión de esfuerzos entre varias piezas. Pueden considerarse entre estos cortes los siguientes:

#### *Cortes a media madera:*

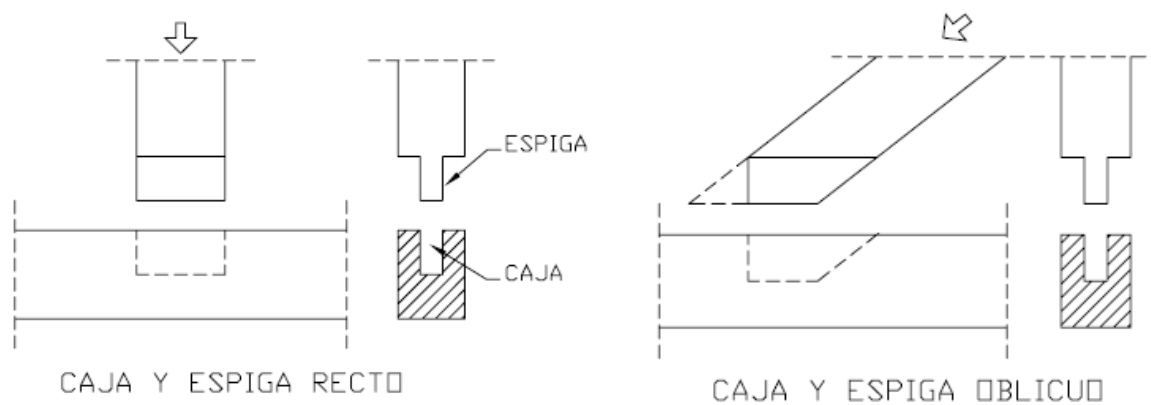
Estos se realizan para facilitar el ensamble entre piezas contrarias. Pueden ser de tipos diferentes, entre los que destacan el tipo L y el tipo T, tal como se observa en la ilustración 9:

*Ilustración 9: Tipos de empates media madera*

**Fuente:** (SlideShare, s.f.)

*Uniones a compresión (Unión machihembrada).*

Los cortes para el ensamble de elementos en madera se encuentran normalizados por el Manual de Diseño de Maderas del Grupo Andino. Estos elementos cuentan con determinados tipos de cortes de acuerdo con el esfuerzo a que vayan a ser sometidos y con el tipo de refuerzo (pegamento o elemento metálico) que sea necesario para que trabaje de la mejor manera.

*Ilustración 10: Vista lateral y frontal de uniones tipo caja-espigo. Recto u oblicuo*

**Fuente:** (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, 2007)

Los elementos macho-hembra constituyen una de las principales y más utilizadas uniones en elementos de madera.

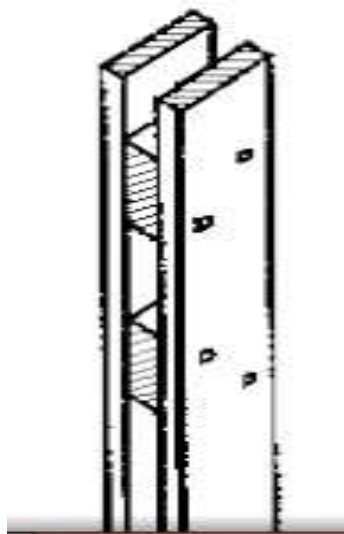
## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Los elementos macho tienen un tipo de saliente denominada espiga o espigo. Entre tanto, los elementos con ranuras (denominada campana) son elementos hembra. Estas permiten una fijación muy firme y muy óptima para solicitudes a esfuerzos de compresión. Estos pueden ser de tipo recto o de tipo oblicuo.

*Columnas.*

Estos elementos sometidos a esfuerzos de compresión, se pueden elaborar en dos formas diferentes, bien sea por elementos macizos o por ensambles a media madera.

*Ilustración 11: Columna a media madera.*

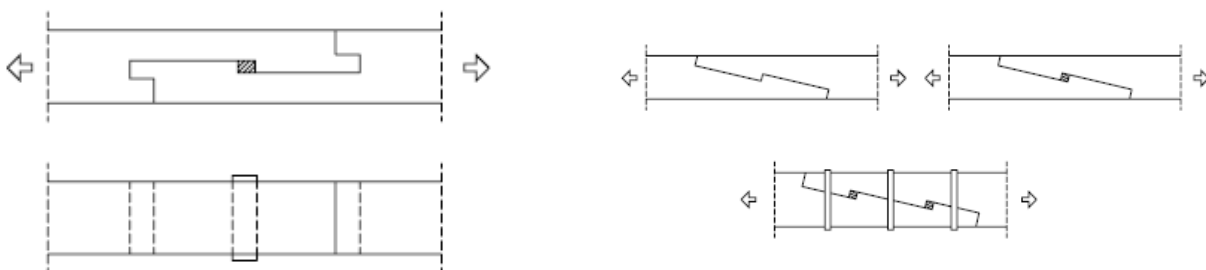


**Fuente:** Desconocida

*Uniones a tracción.*

Las uniones a tracción de igual forma, se realizan por medio del empuje de elementos cortados en formas específicas y reforzados con algún tipo de elemento metálico (platina, tornillo, etc).

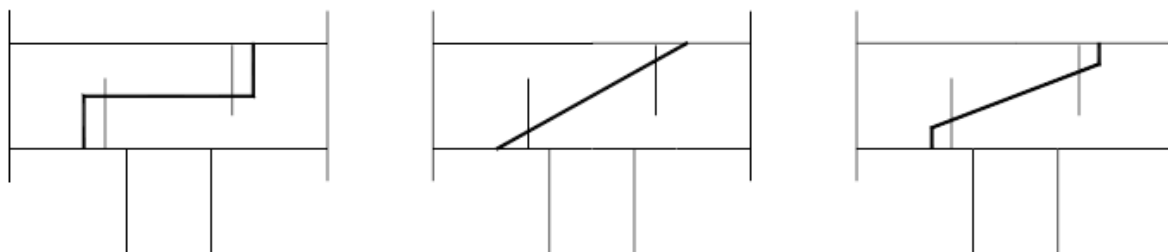
*Ilustración 12: Empalmes tipo llave y Rayo de Júpiter para elementos sometidos a tracción*



**Fuente:** (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, 2007)

*Uniones en vigas.*

Los empates para elementos solicitados a flexión se realizan en formas similares a las que se realizan para las uniones a tracción.

*Ilustración 13: Uniones para vigas*

**Fuente:** (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, 2007)

**Proceso de fabricación del producto**

Teniendo en cuenta lo consignado en el Marco Referencial previo y conociendo las propiedades y cortes de la madera, se ha procedido a desarrollar la propuesta para la construcción del módulo para emergencia.

A continuación se muestra el proceso requerido para la fabricación de las piezas para ensamble del módulo:

**Condiciones de la materia prima.**

El primer paso para la elaboración del refugio de emergencia es la recepción de la materia prima. La materia prima proviene de lugares de almacenamiento de mercancía. El material llega en condiciones regulares por el exceso de puntillas clavadas en todo el elemento y la suciedad propia de su uso (Ilustración 14). Adicional a esto, por tratarse de un desperdicio, debe hacerse una selección del material garantizando que se escoja el de mejor calidad. Sépase de este insumo que sus dimensiones deben ser de 1.20 x 1 m.

*Ilustración 14: Vista del material en el momento de recepción*

**Fuente:** Autores

### **Desarme de la estiba.**

La estiba debe ser desarmada para facilitar los cortes de los listones de madera para elaborar las uniones. Este desarme se realiza con ayuda de herramienta básica como martillo y destornillador (Ilustración 15). Con esta herramienta, deben retirarse igualmente las tablas superiores que se encuentren agrietadas y podridas y demás elementos que puedan perjudicar su corte.

*Ilustración 15: Uso de herramienta básica para desarme.*

**Fuente:** Autores

**Diseño de uniones.**

Las uniones son propuestas a partir de las que se encuentran normalizadas para la madera y que se han observado previamente en el capítulo previo. Tras determinar las dimensiones de los listones, que en este caso son de 3 cm x 9 cm, se proponen las medidas de cada corte y se consignan en planos. (Véase *Anexos: Planimetría*).

**Corte en carpintería.**

Para la precisión del corte, se requiere de herramientas como una sierra sinfín, sierra circular dentada, (Ilustración 16), cepillo para madera, entre otras herramientas y mano de obra especializada, dado que la precisión de los cortes es indispensable para que el ensamble de la pieza final sea sencillo, rápido y de perfecto encaje.

*Ilustración 16: Vista de una sierra circular dentada*



**Fuente:** Autores

Previo al corte se debe hacer una demarcación de los lugares donde deben hacerse los cortes, de acuerdo con la planimetría proporcionada. De esta manera, se garantizan su alineación y medidas de acuerdo con lo diseñado y dibujado en la planimetría.

**Ensamble del módulo.**

Para entender más fácilmente lo que se explica a continuación, se recomienda remitirse a los anexos: planimetría. De igual manera, se otorgará a los usuarios un instructivo básico para el ensamble de la totalidad del módulo.

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Las uniones propuestas para la elaboración del módulo son las siguientes:

### **Cimentación.**

La cimentación es el primer paso para la construcción de cualquier edificación. De acuerdo con Construmatica.com, se considera como cimentación:

*“Son las bases o conjunto de elementos estructurales cuyo fin es el de transmitir las cargas de la edificación al suelo”.* (Construmatica, s.f.)

Este refugio no puede ser la excepción, pues la resistencia de esta cimentación debe ser óptima durante el tiempo de emergencia. Sin embargo, debido a su carácter transitorio como albergue de emergencia, la cimentación está diseñada para ser de fácil desmonte y de poca profundidad.

Para anclar la totalidad del suelo del módulo, se han establecido elementos tipo estaca de largo de 40 cm (Ilustración 18). Estos son fijados en el perímetro y en el centro de la placa de contrapiso. Están elaboradas a partir de la madera residual de listones de la misma estiba. Estas estacas se fijan a los listones principales (o vigas de piso) por medio de tornillos pasantes de 3/8” de sección por 6,2” de longitud con arandela (Ilustración 17).

*Ilustración 17: Tornillo pasante para unión a viga de piso*



*Ilustración 18: Estaca de cimentación*



**Fuente:** Autores

Las estacas tienen como función la fijación sencilla de la totalidad de la construcción que permitirá transmitir las cargas al suelo y garantizar su fijación correcta al suelo, funcionando a manera de pilotaje de corta profundidad. (Véase Anexos: Planimetría)

Como elementos de soporte, se han propuesto vigas de piso a base de listones de 3 cm x 9 cm, con cortes a media madera para facilitar la unión entre varios listones, tal como se



## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

observan en la Ilustración 19. Estas uniones se refuerzan de igual manera con tornillos pasantes pero de menor longitud, es decir, 3/8" de sección por 4,7" de longitud con arandela.

*Ilustración 19: Corte a media madera para piso y paral*



**Fuente:** Autores

### **Estructura.**

La estructura es el conjunto de elementos que soportan la totalidad de las cargas de una edificación. La estructura del módulo consiste en parales que se ubican a una distancia aproximada de 50 cm y que son elaborados a partir de listones de la misma estiba. Estos se cortan en tipos media madera entre sí para dar la altura total del módulo y se refuerzan por medio de tornillos pasantes de 3/8" de sección por 4,7" de longitud con arandela. Para fijar el paral al suelo, el paral tiene un espigo que se ancla a la campana que se ubica en la placa de contrapiso. En los lugares donde se requieren espacios para la unión, se realizan perforaciones con taladro.

Esta unión permite la fijación de los elementos de cerramiento en sentidos opuestos. En particular, la propuesta de este paral esquinero es particularmente compleja, dada la cantidad de cortes que pueden ir en un mismo elemento.

En los elementos inferiores, se realiza un corte tipo caja que permite la fijación a la viga de piso (Ilustración 20).

*Ilustración 20: Fijación para esquina*



**Fuente:** Autores

En otros elementos, aparecerá una fijación tipo caja (Ilustración 21). De esta manera, los elementos tienen mayor firmeza y por ende, una mejor transmisión de los esfuerzos.

*Ilustración 21: Caja para empalme con viga de piso*



**Fuente:** Autores

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Para los elementos superiores del paral, se ha establecido un sistema de encaje simple, que permite deslizar una pieza en otra (Ilustración 22). Se termina de fijar con tornillos pasantes de 3/8" de sección por 4,7" de longitud con previa perforación.

*Ilustración 22: Listón con caja para unión deslizable*



**Fuente:** Autores

### **Cerramiento.**

El cerramiento son todos aquellos elementos que no constituyen la estructura y que cierran un recinto. En el módulo, este cerramiento consiste en las tablas que tiene la estiba encima (Ilustración 23). Estas tablas transversales sirven además de cerramiento como arriostramiento para evitar deformaciones en la estructura, resistiendo empujes horizontales como el viento. Las tablas de cada extremo de la estiba tienen un largo de 1 metro, ancho de 14 cm y grosor de 2 cm. Estas uniones se realizan por medio de tornillos autoperforantes de 1/4". Las tablas intermedias son de largo de 1 metro, ancho de 9 cm y grosor de 2 cm. De igual manera, debido a que las tablas dejan un espacio entre sí considerablemente grande, se plantea el cubrimiento en la parte interior del módulo con lona vinílica plástica Calipso, que garantiza un aislamiento de condiciones climáticas.

*Ilustración 23: Tabla de arriostramientos y empate en espigo*

**Fuente:** Autores

### **Cubierta.**

La cubierta son esencialmente listones unidos entre sí. Esta cubierta cuenta con un ángulo de inclinación de  $9,20^\circ$  establecido por un pendolón de 50 cm y un tirante de 3 mts. La unión se realiza por medio de un elemento rectangular que sirve a manera de refuerzo (Ilustración 24). El corte para la pendiente se realiza de manera que se evite la triangulación propia de la cercha y facilite su empate contra el pendolón, lo que incurriría en una mayor cantidad de elementos y aumentaría el tiempo de construcción del refugio.

*Ilustración 24: Pendolón y tirante en cubierta con refuerzo atornillado*

**Fuente:** Autores

### **Ensayos de laboratorio.**

Los ensayos de laboratorio para las uniones propuestas para el módulo se realizaron a esfuerzos prioritariamente a flexión, debido a que las fuerzas del viento ejercen un empuje horizontal y tratarán de separar los elementos en los puntos donde se realizan las uniones. Los ensayos se realizaron en máquinas especiales del laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad La Gran Colombia.

### **Ensayo de unión reforzada con pasador metálico.**

Este ensayo se realiza en una máquina para ensayos de flexión, para de esta manera demostrar su comportamiento con elementos tales como vigas de piso y parales. En el primer caso, la carga ejercida para flexión en vigas de piso podría ser el propio uso, es decir, cuando las personas transiten dentro del recinto. En el segundo caso, usando la unión para un paral, cuando la acción del viento intente doblar la unión (Ilustración 25).

*Ilustración 25: Elemento con tornillo pasante previo a su ensayo*

**Fuente:** Autores

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Se inicia la aplicación de carga en la máquina. Una vez la unión falla por primera vez, se arrojan los siguientes resultados: La primera falla se presentó en el sentido del corte (Ilustración 26) al haber alcanzado una fuerza de 4.98 KN, produciendo su abertura (Ilustración 27).

- La segunda falla se realizó en un sentido próximo a la unión con una fuerza de 6.5 KN (Ilustración 28).
- El elemento metálico permite la unión de las piezas aun después de haber fallado, lo que le ofrece una mayor resistencia.

*Ilustración 26: Primera falla por flexión*



**Fuente:** Autores

*Ilustración 27: Vista de la falla en el sentido del corte*



**Fuente:** Autores

*Ilustración 28: Segunda falla bajo una carga de 6.5 KN*



**Fuente:** Autores

*Ilustración 29: Ensayo con máquina universal*



**Fuente:** Autores

**Ensayo Unión Machihembrada.**

El ensayo de esta unión se realiza en una máquina universal (Ilustración 29.) .De esta manera, se simula el empuje que el viento realiza en la parte superior del paral. El ensayo arroja los siguientes resultados:

- Debido a que la muestra de prueba ya se encontraba en un estado no favorable, la fuerza impresa de 0.55 KN hace que el elemento falle, lo que es un resultado considerablemente bajo.
- La falla se realiza en el elemento hembra en el sentido de la fibra. Se observan dos grietas perfectamente lineales (Ilustración 30).

*Ilustración 30: Fallas longitudinales por ensayo a flexión*



**Fuente:** Autores



### **Análisis y Discusión**

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por los ensayos de laboratorio, el ensamble del módulo, el valor presupuestal que se plantea con base en los Análisis de Precios Unitarios y basándonos en los marcos referenciales que hemos mencionado antes, teniendo en cuenta que en el mercado existen las carpas de Lona y estructura metálica, se concluye lo siguiente:

1. La facilidad de ensamble del módulo hace del producto una solución eficiente, que puede ser armada por los mismos usuarios con un instructivo sencillo de leer.
2. El material con que se encuentra elaborado el módulo es un material reutilizado con buenas características de resistencia que da al usuario sensación de firmeza y seguridad.
3. Si bien el costo del módulo es mayor que el de los sistemas tensados (carpas), el tiempo de uso puede ser mayor (de más de un año), frente al tiempo que pueden tener unas carpas que es de 3 meses.
4. Las dimensiones del módulo propician la unidad y la privacidad del vínculo familiar durante épocas de emergencia.
5. Frente a los empujes del viento, y los esfuerzos de flexión, los elementos ofrecen una resistencia baja.
6. Las fallas de los elementos de las uniones en la madera se realizan en el sentido de las fibras.
7. Los elementos metálicos son de gran ayuda para aumentar la resistencia de las uniones en la madera.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, y los objetivos que se fijaron en la introducción del presente documento, se puede decir que el módulo de madera reutilizada tiene desventajas económicas pero buenas características estructurales y de construcción, apoyadas en primera instancia por los diseños de las uniones y los elementos de refuerzo.

De igual forma, para el usuario es un producto más confiable debido a la dureza del material y a que puede ser construido por él mismo.

**Referencias Bibliográficas**

- (México), U. A. (s.f.). *Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable*.  
Obtenido de [http://www.uaz.edu.mx/semarnat/cuanto\\_tarda.html](http://www.uaz.edu.mx/semarnat/cuanto_tarda.html)
- Ambiente, S. D. (2013). *Agenda Ambiental Teusaquillo*. Bogotá.
- Andino, G. (1974). *Manual de Diseño de Maderas*. Cartagena: PAT-REFORT.
- Artesanum*. (s.f.). Obtenido de <http://www.artesanum.com/definicion-madera-35.html>
- Clasificación de las Maderas - . (2010 ). *Construdata*, 18-19.
- Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. (2010).  
A. Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente - NSR 10* (págs. A-11). Bogotá.
- Comité Internacional de La Cruz Roja - Colombia. (2008). *Cruz Roja Colombiana*. Obtenido de  
<http://www.cruzrojacolombiana.org/sites/default/files/manual%20albergues%20temporales.pdf>
- Construmatica*. (s.f.). Obtenido de <http://www.construmatica.com/construpedia/Cimentaciones>
- Diseño Sostenible*. (s.f.). Obtenido de <http://www.disost.com/2012/01/richard-buckminster-fuller-casa.html>
- Ecuador Forestal*. (s.f.). Obtenido de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/>
- Eraikal. (Enero de 2013). *Eraikal*. Obtenido de [http://eraikal.blog.euskadi.net/wp-content/uploads/2013/01/Construcci\\_n-Modular-y-Arquitectura-2.pdf](http://eraikal.blog.euskadi.net/wp-content/uploads/2013/01/Construcci_n-Modular-y-Arquitectura-2.pdf)
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. (Julio de 2007). *Construcción con Madera - Uniones Tradicionales*. Madrid, Madrid, España.
- Europalet*. (s.f.). Obtenido de <http://www.palets.com.es/index.php/es/informacion-tecnica/que-es-un-palet>
- Medellín, Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). *Universidad Nacional de Colombia-Medellín*. Obtenido de <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20radiata.pdf>
- Mora, V. (24 de Septiembre de 2014). *More Than Green*. Obtenido de  
<http://www.morethangreen.es/brothers-in-benches-mobiliario-urbano-con-pallets-recicladost-arte-callejero-en-johanesburgo/>

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Oficina del Alto Comisionado para los Derechos Humanos - OHCHR. (3 de Enero de 1976).

Obtenido de Naciones Unidas Derechos Humanos:

<http://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/CESCR.aspx>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (10 de Diciembre de 1948). *United Nations*.

Obtenido de <http://www.un.org/es/documents/udhr/>

Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA]. (s.f.). *Biblioteca SENA*. Obtenido de

[http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21\\_1/alephe/www\\_f\\_spa/icon/cartillas/cubierta/cubiertateja.html](http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/cartillas/cubierta/cubiertateja.html)

*SlideShare*. (s.f.). Obtenido de <http://es.slideshare.net/Gonella/uniones-y-emplames-de-madera>

*UniPalet*. (s.f.). Obtenido de <http://unipalet.com/productos/palets-medida-100-x-120-ingles-o-americano/>

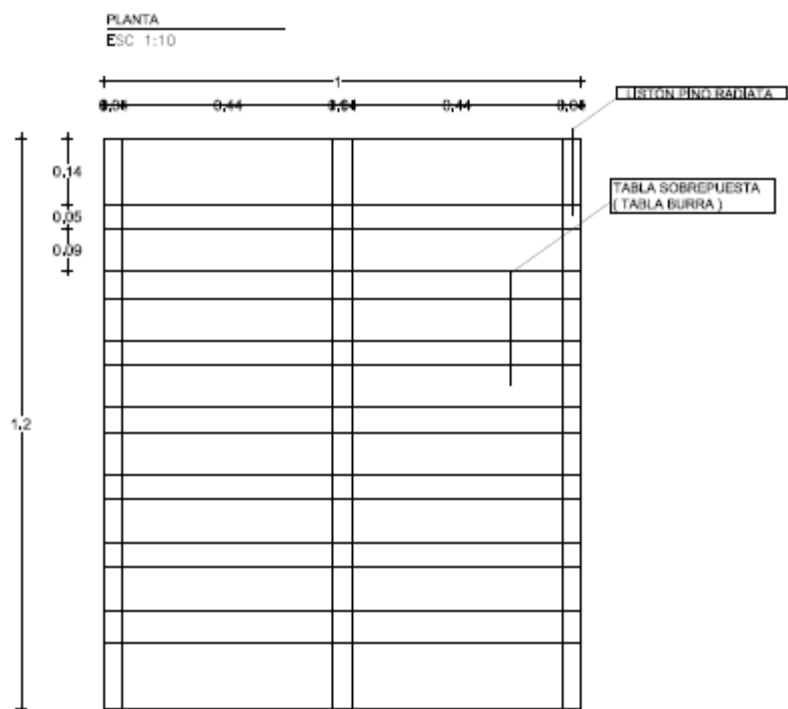
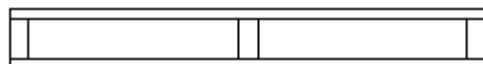
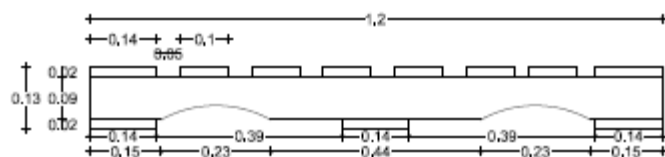
|

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

## Anexos

## Planimetría

## Especificación estiba.

- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PALLET  
ESTIBAALZADO TRANSVERSAL  
ESC 1:10ALZADO LONGITUDINAL  
ESC 1:10

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

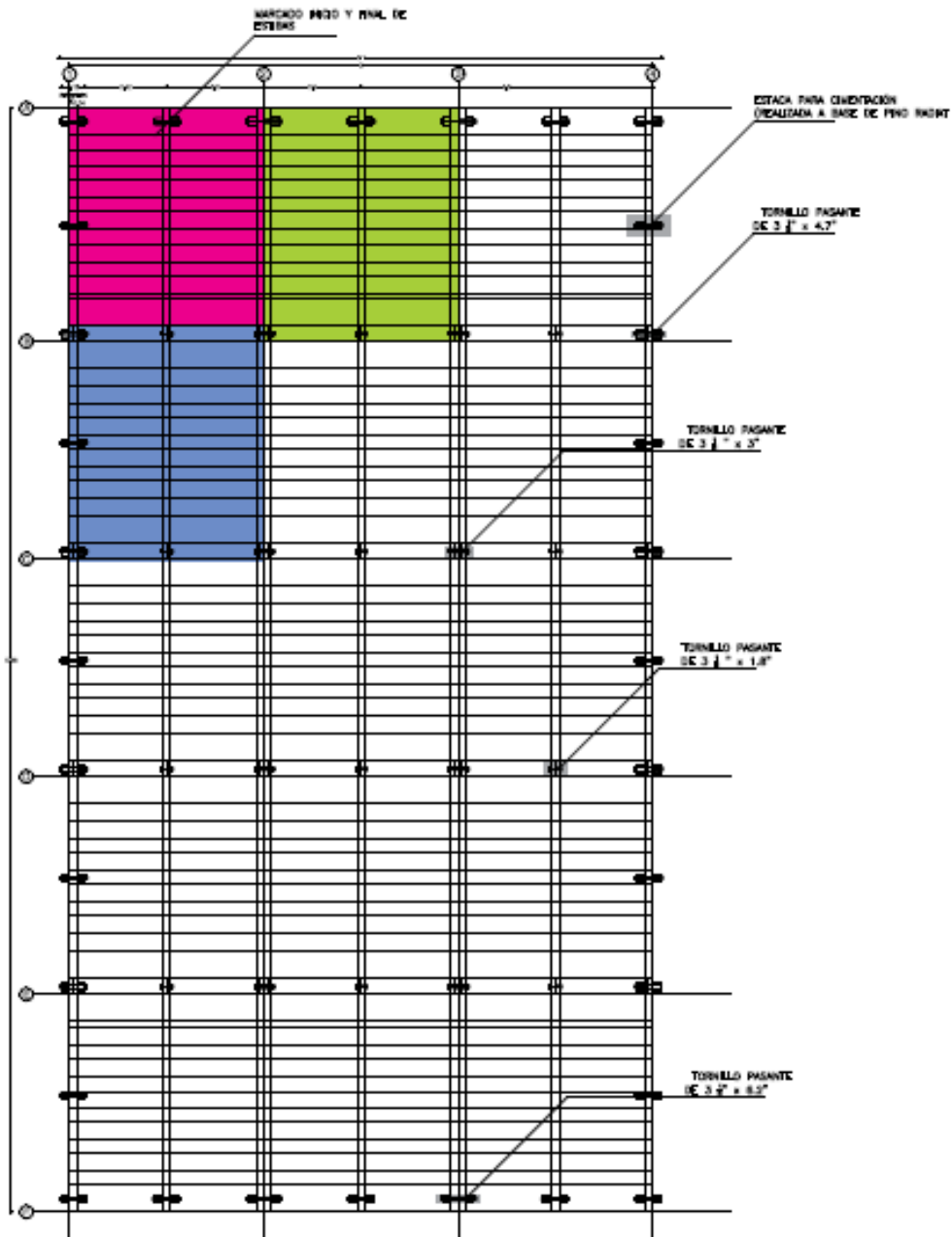
**Estiba a utilizar.**



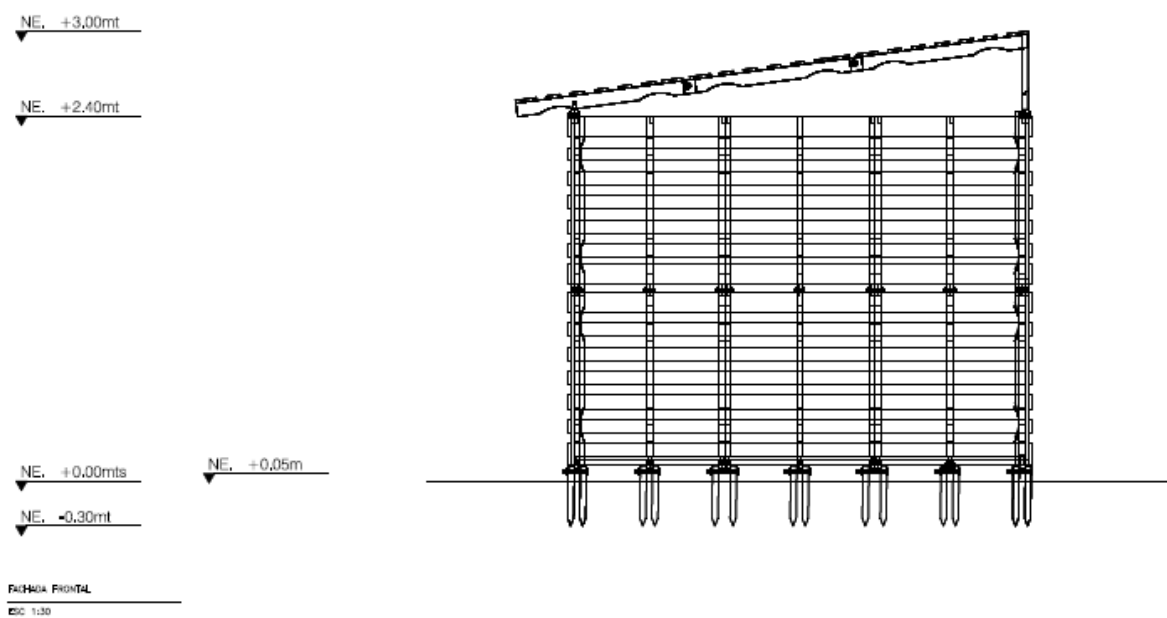
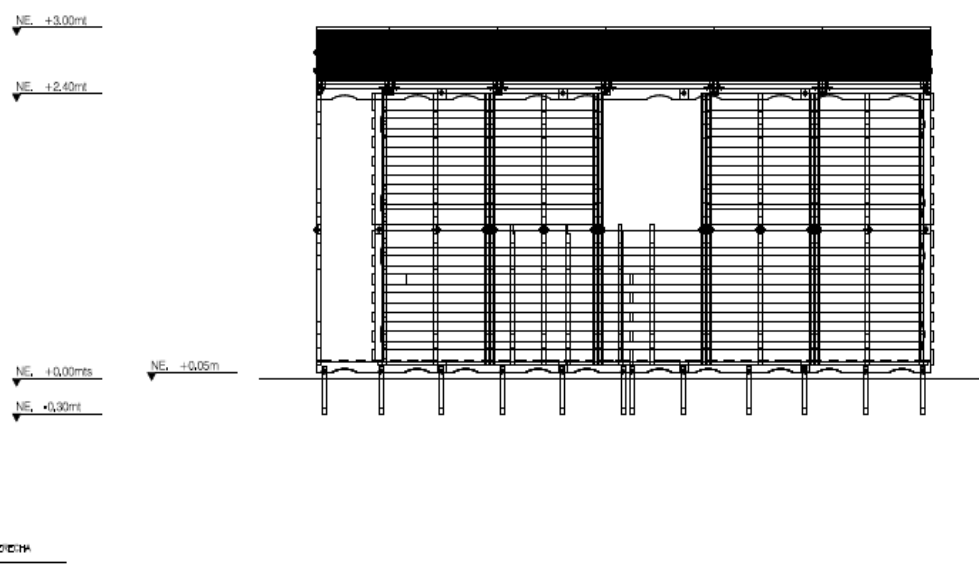
MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Cimentación.

PLANTA DE CIMENTACIÓN  
Escala 1:30

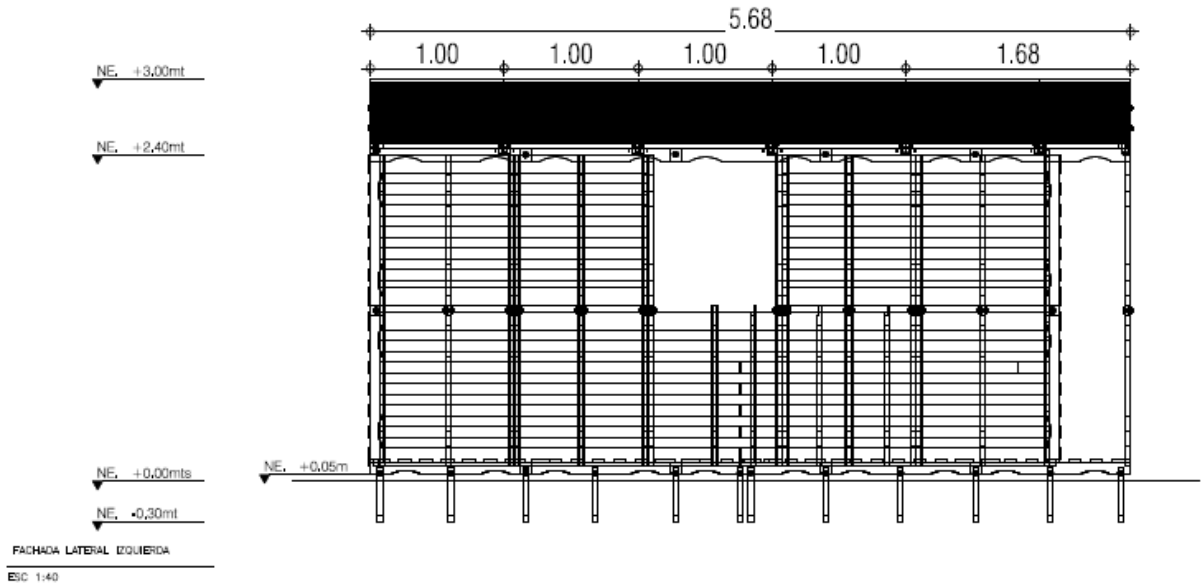


## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**Fachada frontal.****Fachada derecha.**

MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

Fachada izquierda.

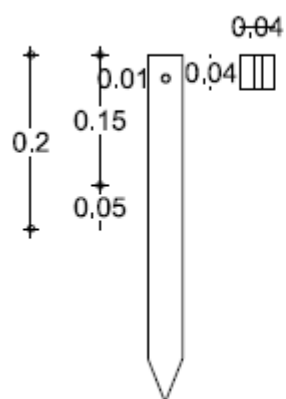




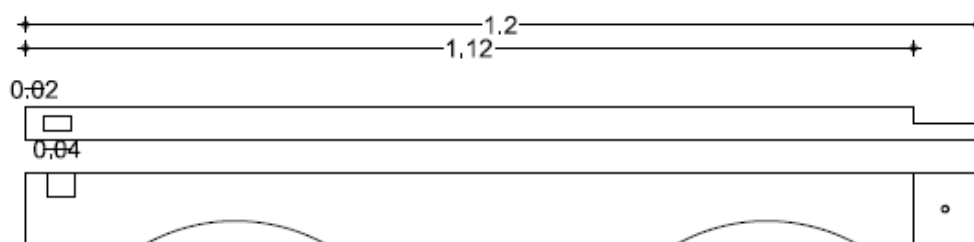
## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**Corte de piezas para unión.**

## 1. ESTACA DE CIMENTACIÓN HECHA A BASE DE RESIDUOS DE PINO

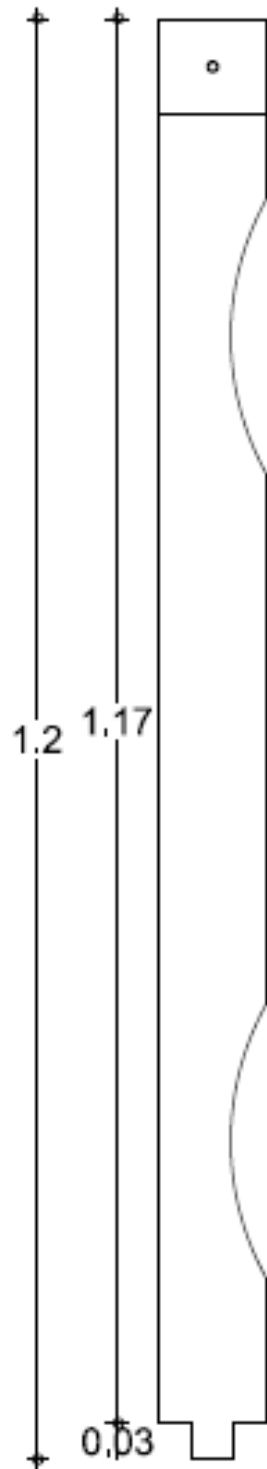


## 2. LISTÓN CON CAJA HEMBRA + MEDIA MADERA

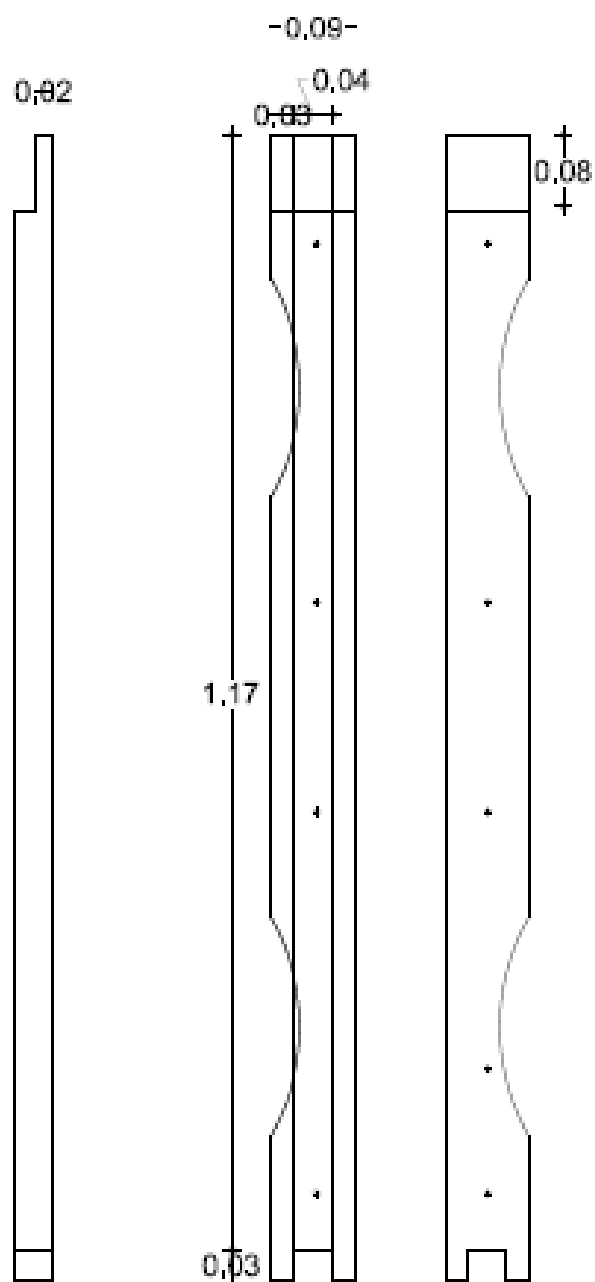


## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

## 3. PARAL CON CAJA MACHO + MEDIA MADERA

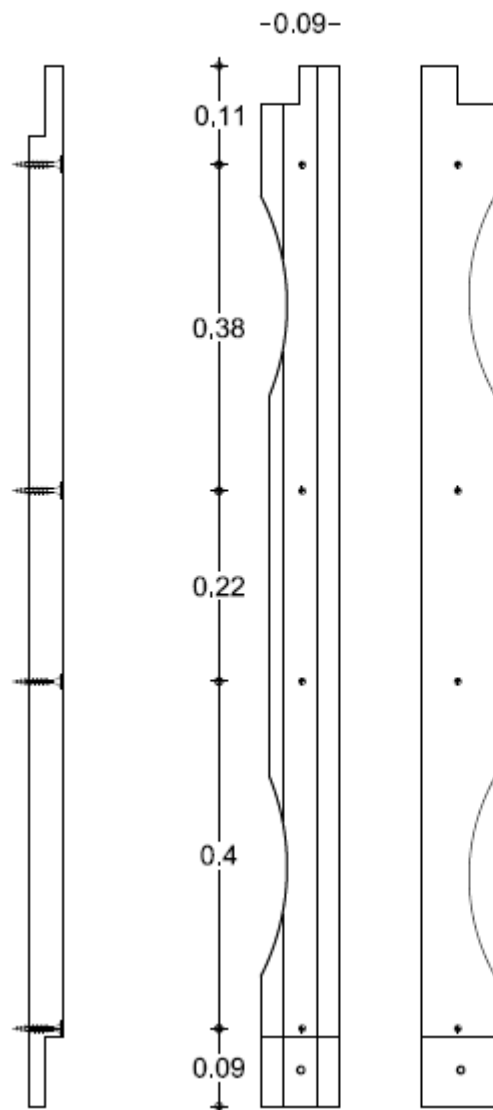


## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

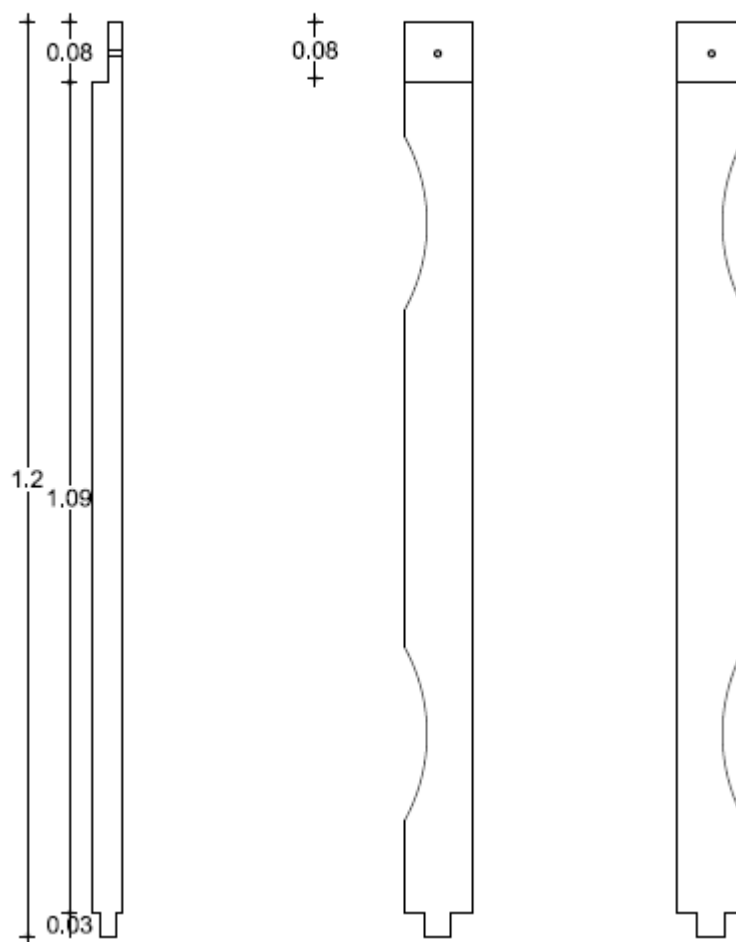
4. PARAL PARA ESQUINA INFERIOR MEDIA  
MADERA + CAJA

## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

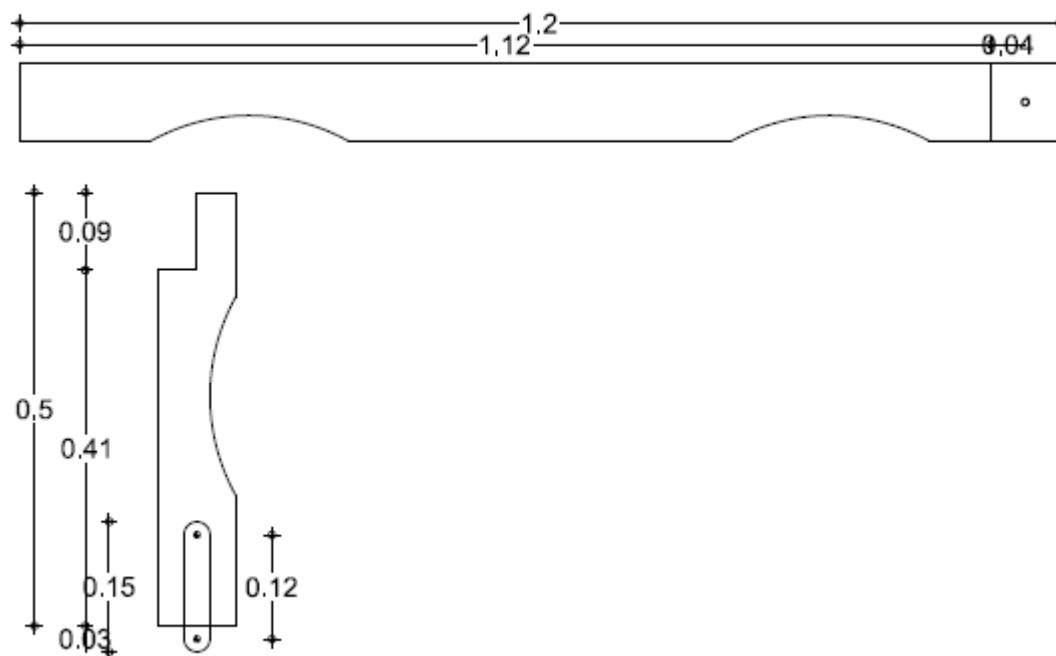
5. LISTÓN DE ESTIBAS SUPERIOR PARA MURO (RECOGE VIGA EN PARTE SUPERIOR, PARTE INFERIOR MEDIA MADERA)



## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

6. LISTÓN PARALES PARA MUROS INFERIORES: UNIÓN MEDIA MADERA SUPERIOR  
+ MACHIMBRE INFERIOR

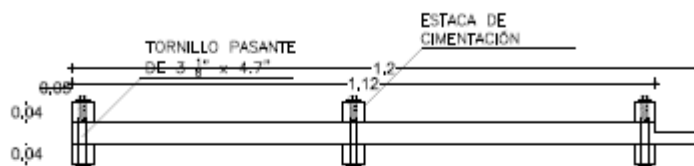
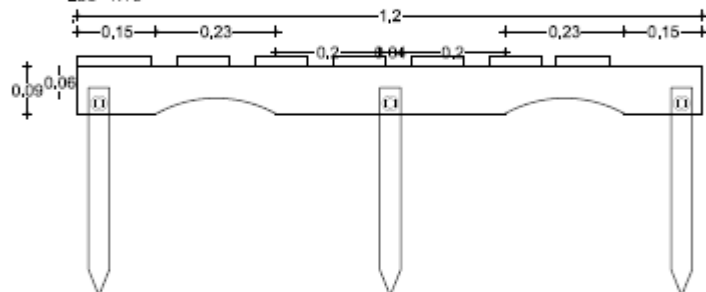
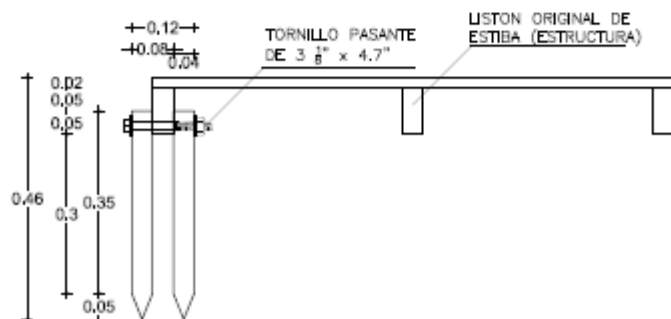
## 7. LISTÓN VIGA CUBIERTA, PENDOLÓN + PLATINA



## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

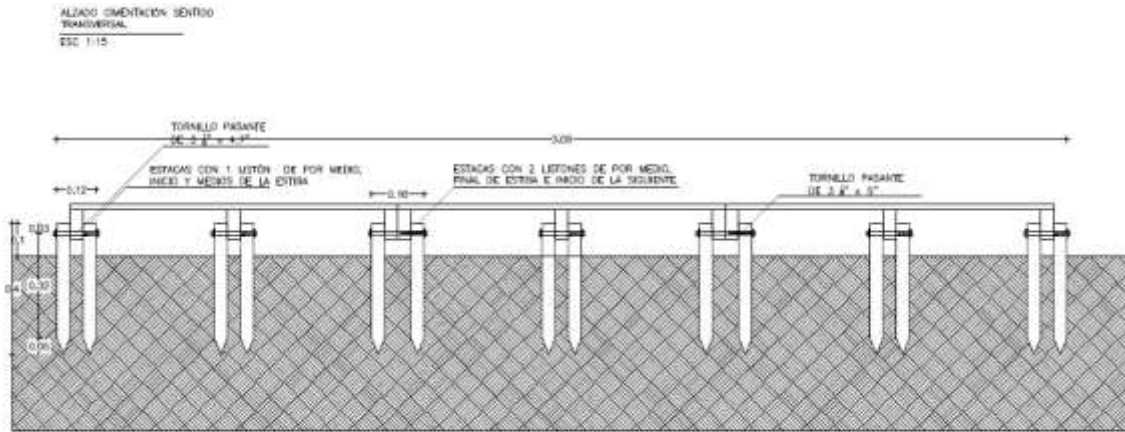
## Detalle cimentación.

- DETALLE UNIÓN DE CIMENTACIÓN

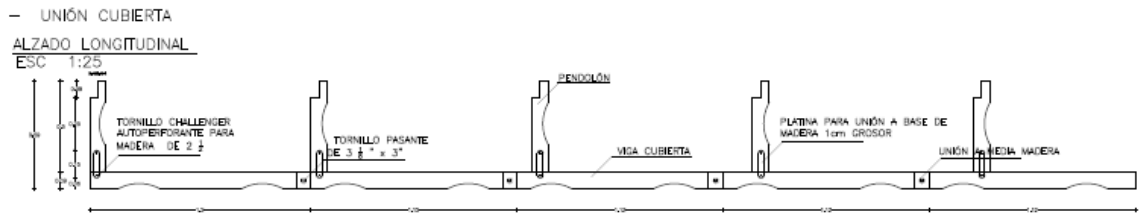
PLANTA  
ESC 1:10CORTE LONGITUDINAL  
ESC 1:10CORTE TRANSVERSAL  
ESC 1:10

MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**Detalle cimentación 2.**



**Cortes e uniones para cubierta.**

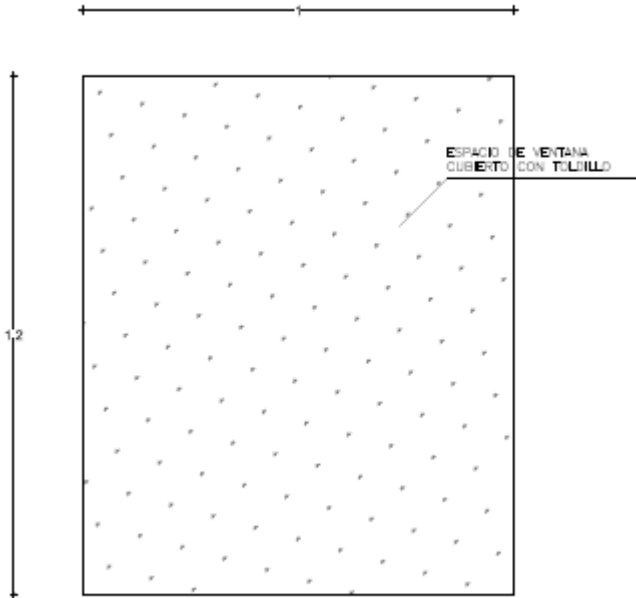




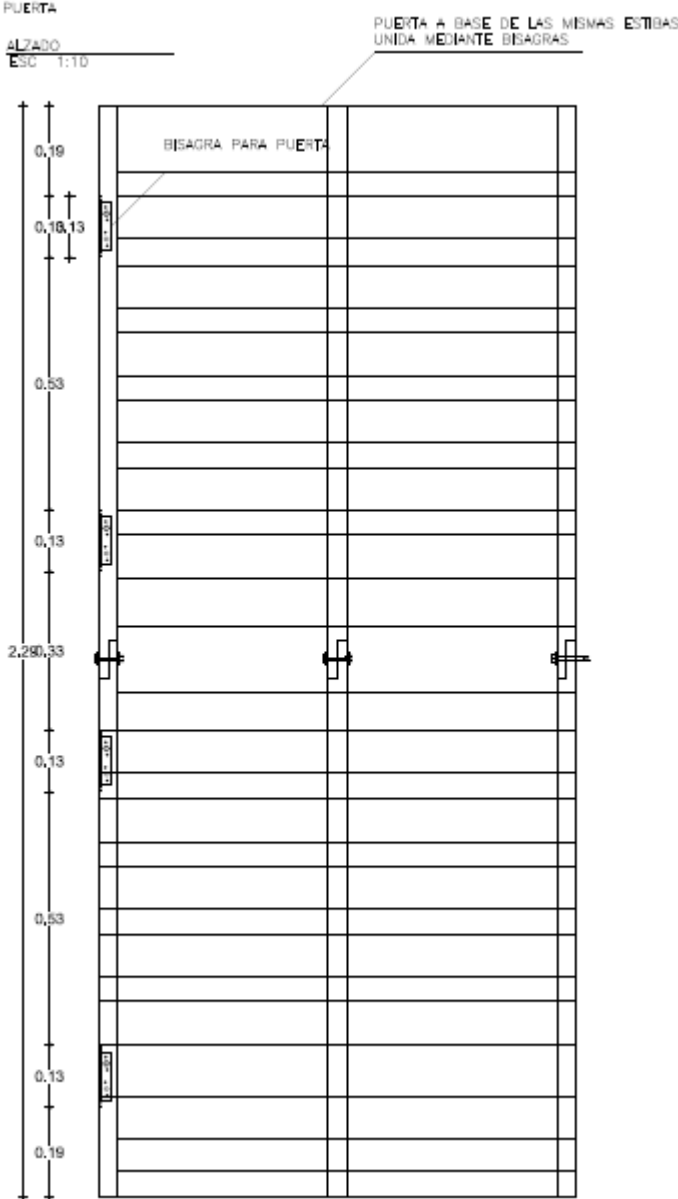
**3D Cimentación.**

CIMENTACIÓN

**Ventana.**



Alzado puerta

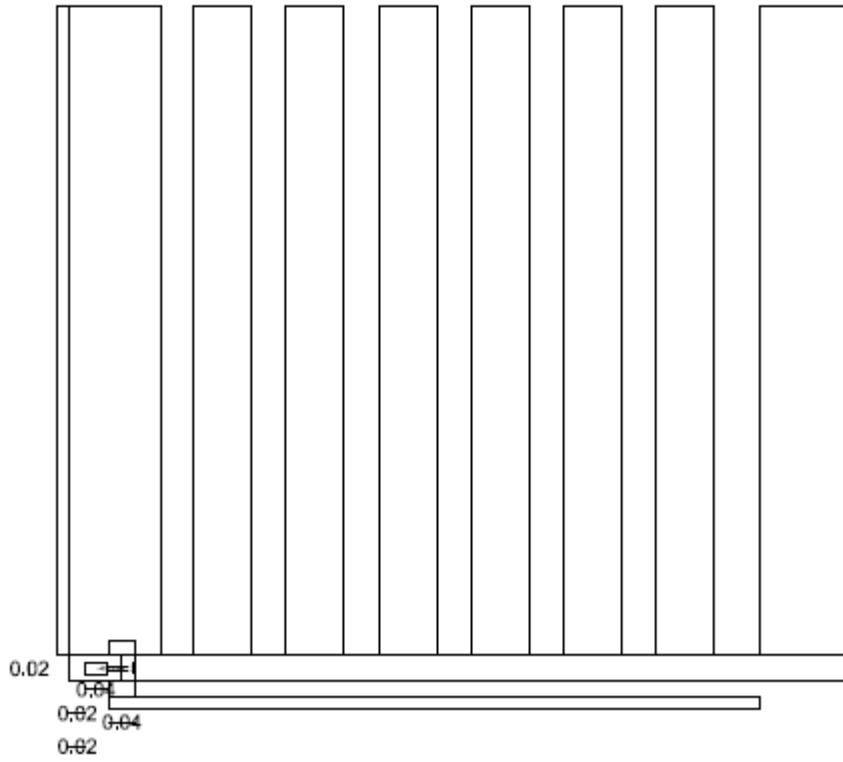


MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

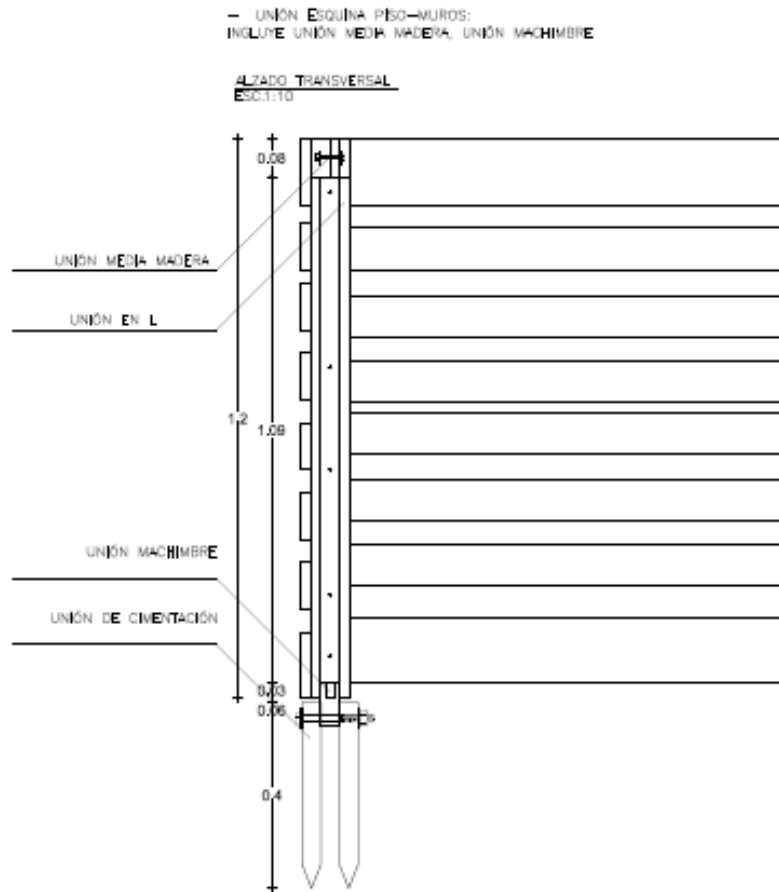
**Planta unión esquinera piso-muro.**

— UNIÓN ESQUINA PISO—MUROS:  
INCLUYE UNIÓN MEDIA MADERA, UNIÓN MACHIMBRE

PLANTA  
ESC.1:10



## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

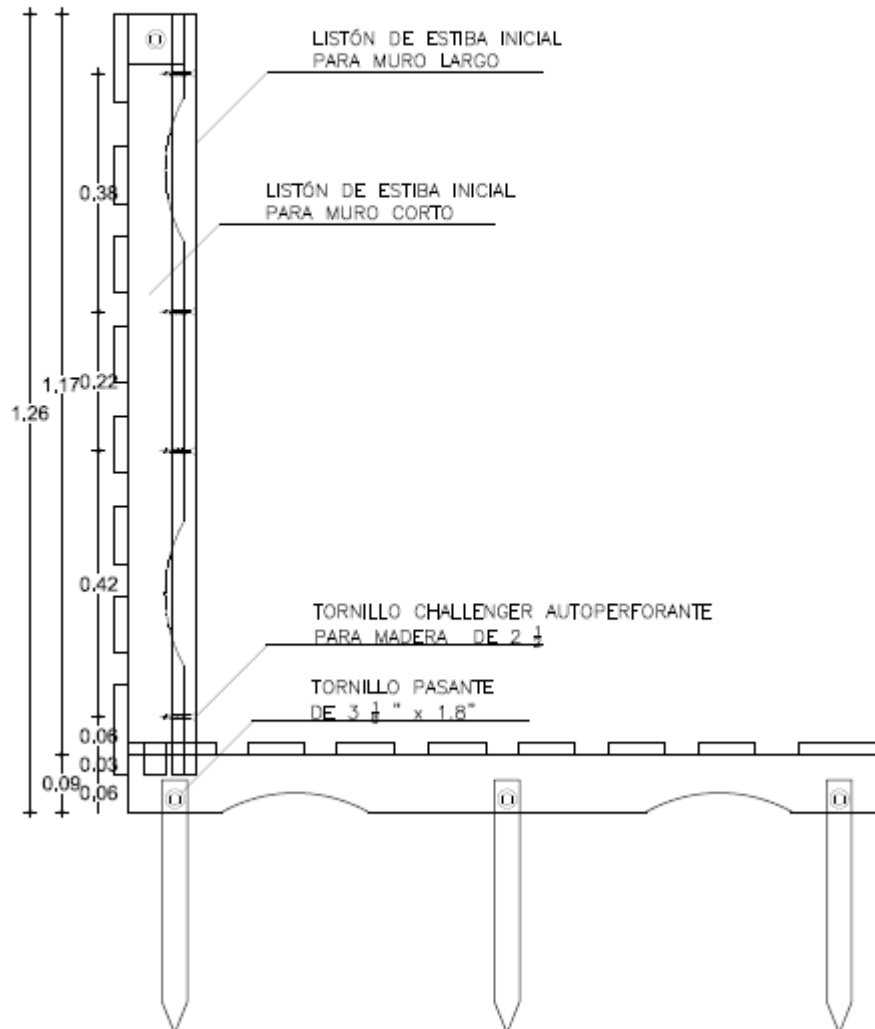
**Alzado transversal unión esquina: Detalle**

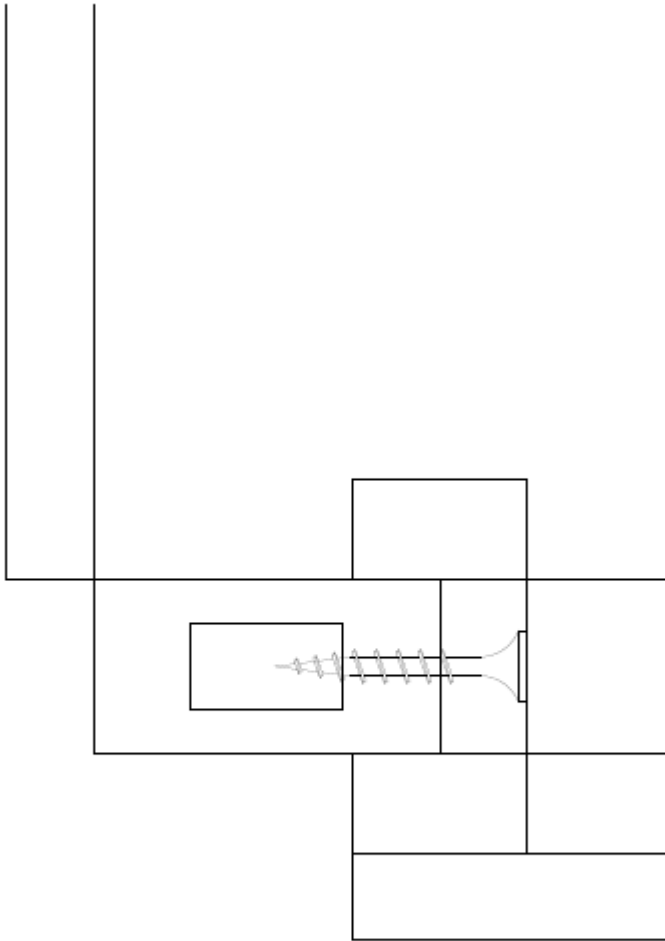
## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**Alzado transversal unión esquina: Detalle**

- UNIÓN ESQUINA PISO-MUROS:  
INCLUYE UNIÓN MEDIA MADERA, UNIÓN MACHIMBRE

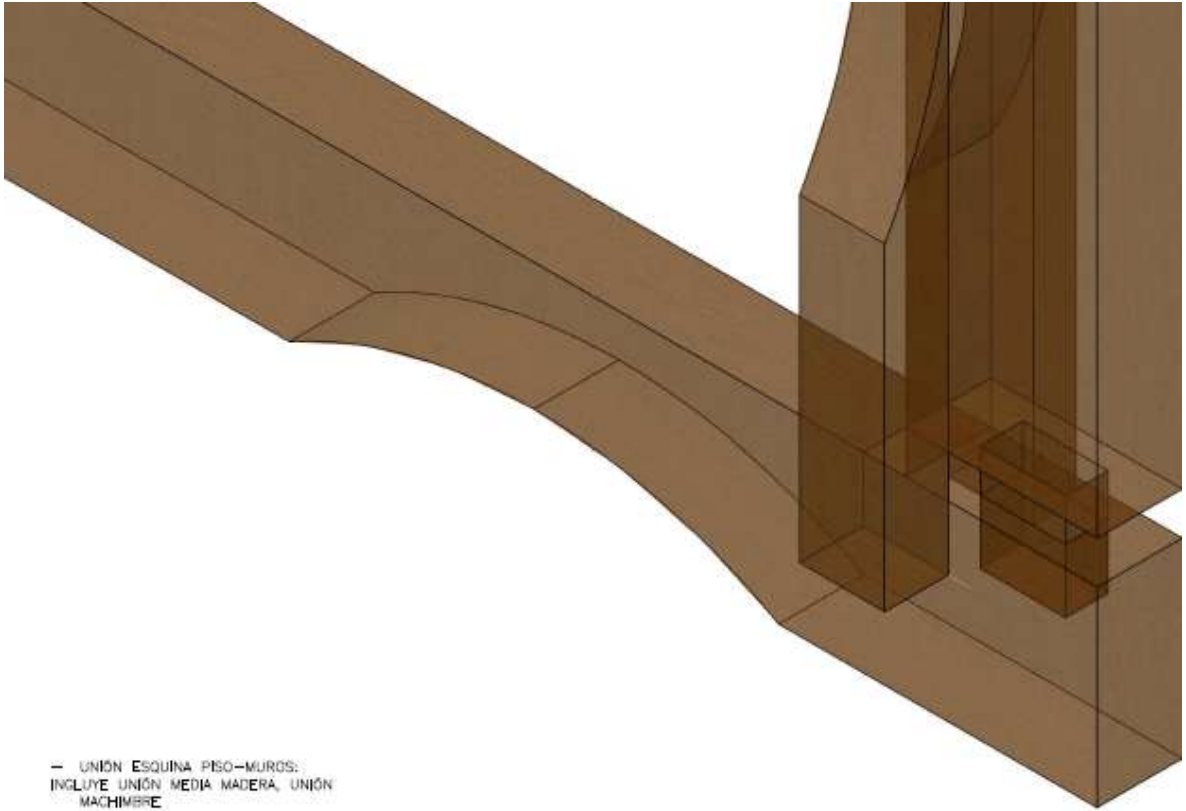
ALZADO LONGITUDINAL  
ESC.1:10



**Planta unión esquina: Detalle.**

- UNIÓN ESQUINA PISO-MUROS:  
INCLUYE UNIÓN MEDIA MADERA, UNIÓN  
MACHIMBRE

PLANTA  
ESCALA: 1:10

**3D Unión esquina.**

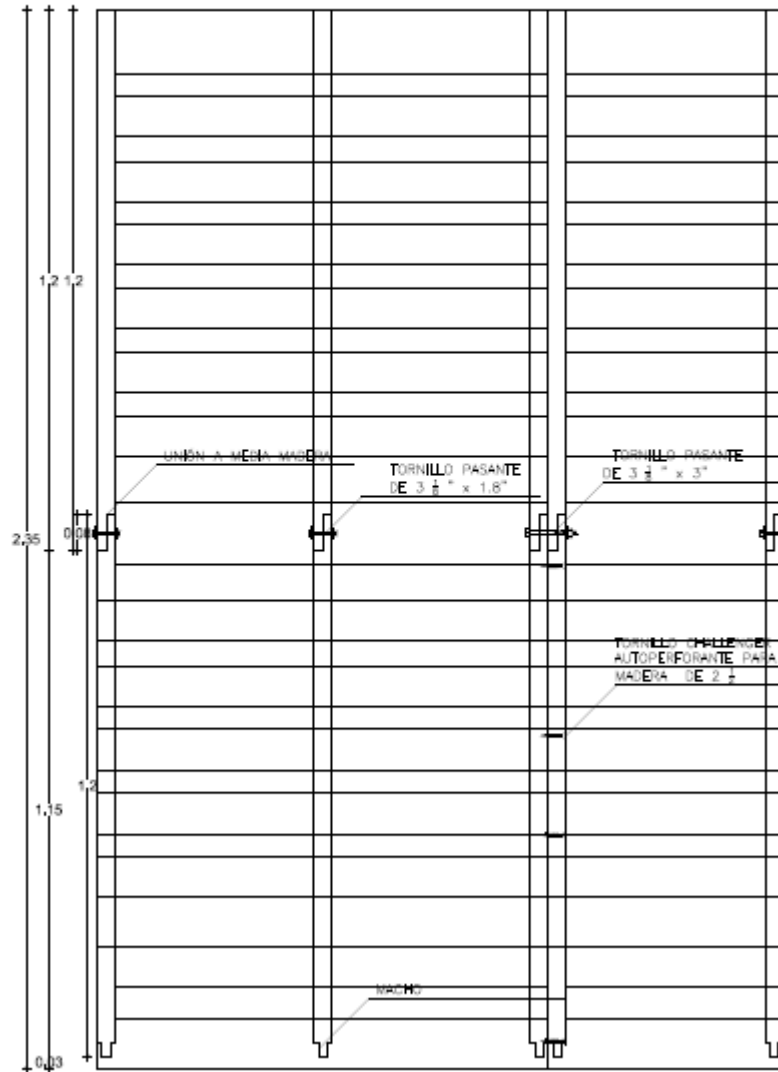


## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**Alzado unión muros.**

- UNIÓN ESTABA-CUBA MUIROS  
 CLUYE UNIÓN MEDIA MADERA Y MACHIMBRE PARA PLACA

ALZADO  
 ESC 1:10

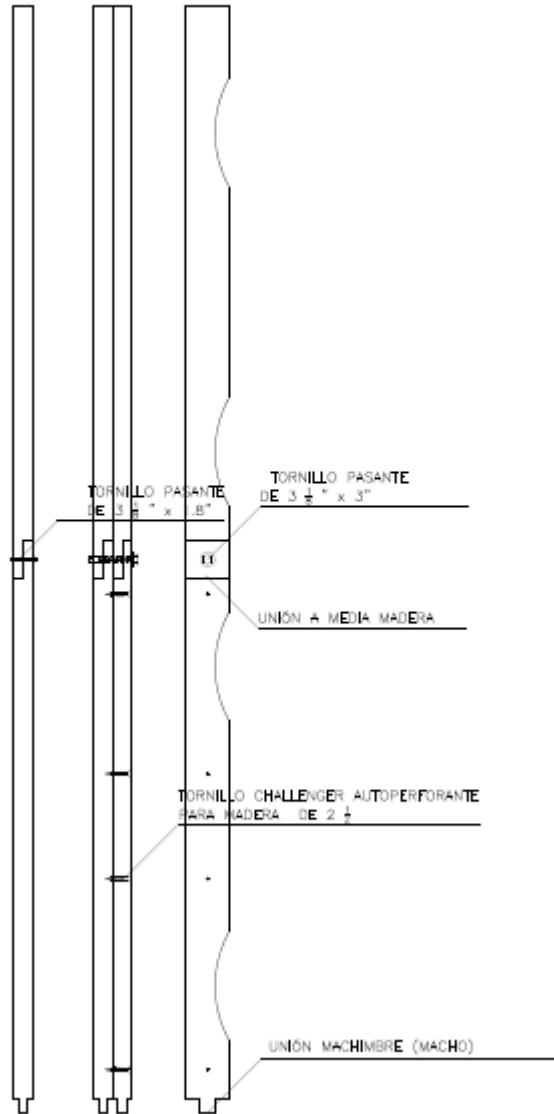


## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**Detalle unión para los muros.**

- UNIÓN ESTABA-ESTIBA MUROS ( POR PARALES)  
 INCLUYE UNIÓN MEDIA MADERA Y MACHIMBRE PARA PLACA

ALZADO  
 ESC 1:10



## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**3D Unión paralelas.**

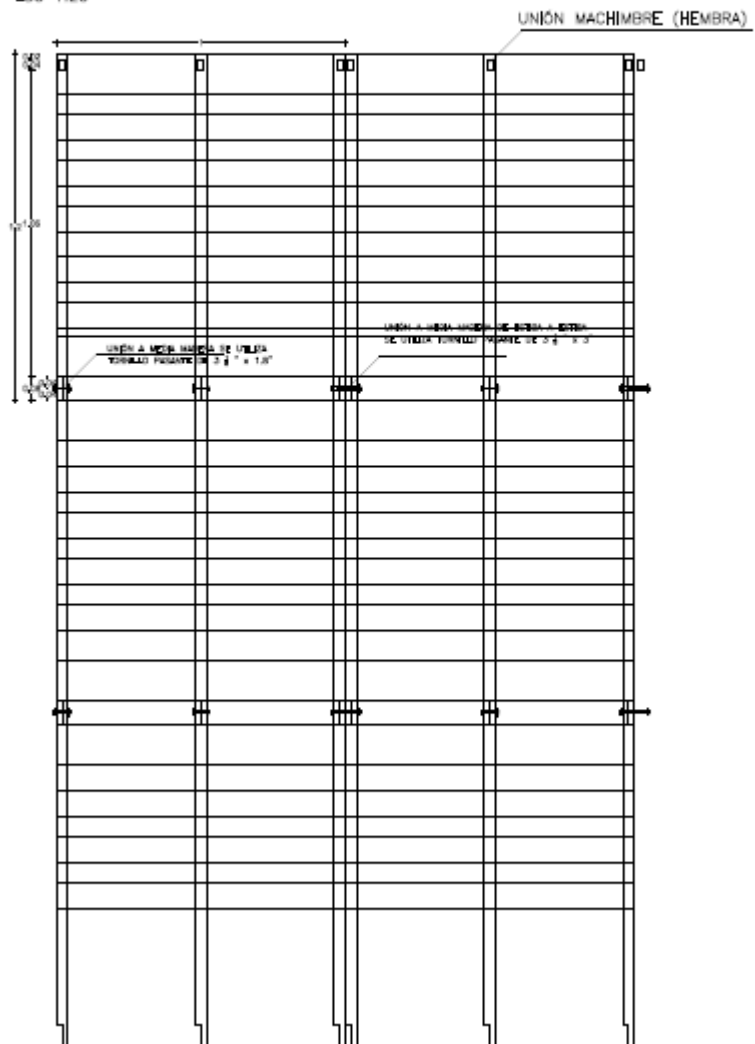
## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**Planta de cimentación cortes con caja.**

— UNIÓN ESTABA—ESTIBA PLACA  
 INCLUYE UNIÓN MEDIA MADERA Y MACHIMBRE PARA PLACA

## PLANTA DE CIMENTACIÓN

ESC 1:20



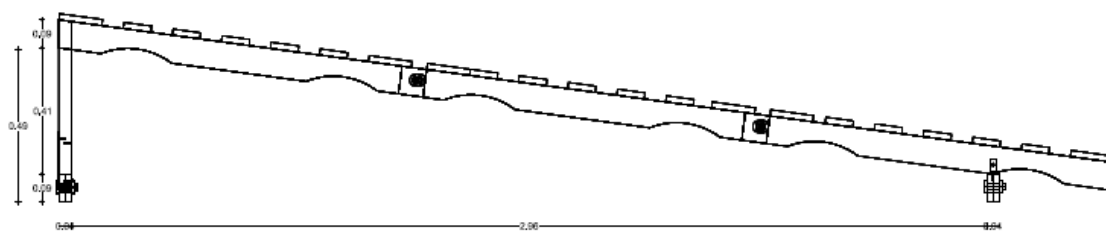
## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**3D Contrapiso modulado.**

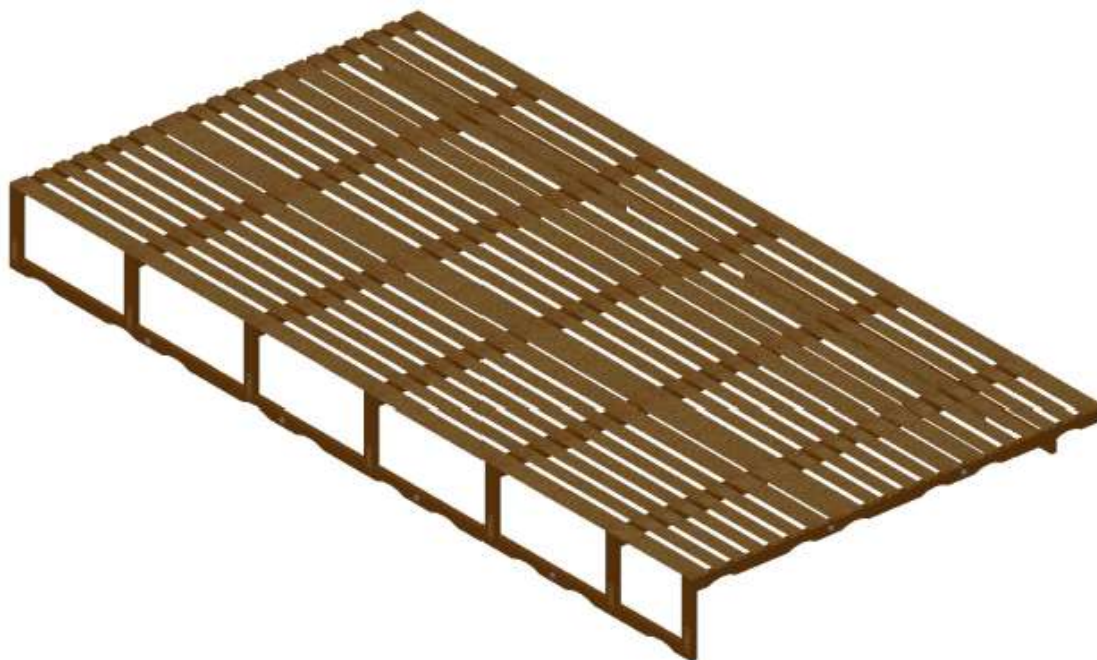
PLACA

**Contrapiso.**



**Alzado Cubierta.****3D Elemento de refuerzo cubierta**

**3D Cubierta.**



CUBIERTA



## MÓDULO DE MADERA PARA ALBERGUES DE EMERGENCIA

**Módulo Final.**