

ANFIBIA

viviendas flotantes



**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA FLOTANTE ADECUADA PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA RURAL UNIFAMILIAR PARA POBLACIÓN DE BAJOS  
RECURSOS PARA SOBRELLEVAR LAS INUNDACIONES ALUVIALES FUTURAS EN LAS  
ZONAS CRÍTICAS DE LA DEPRESIÓN MOMPOSINA DEL BAJO MAGDALENA.**

SERGIO ANDRÉS MOLINA

ANDRÉS WALKER URIBE

UNIVERSIDAD EAFIT

INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO

MEDELLÍN

2010

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA FLOTANTE ADECUADA PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA RURAL UNIFAMILIAR PARA POBLACIÓN DE BAJOS  
RECURSOS PARA SOBRELLEVAR LAS INUNDACIONES ALUVIALES FUTURAS EN LAS  
ZONAS CRÍTICAS DE LA DEPRESIÓN MOMPOSINA DEL BAJO MAGDALENA.**

ANDRÉS WALKER URIBE – 200429400085

SERGIO ANDRÉS MOLINA - 200120003085

PROYECTO DE GRADO

SANTIAGO BRAVO

INGENIERO MECÁNICO

Asesor del Proyecto

UNIVERSIDAD EAFIT

INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO

MEDELLÍN

2010

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, Octubre 20 del 2010

El contenido de este proyecto y la solución que proponemos está dedicado a las millones de personas afectadas por las inundaciones y que viven es zonas propensas a las mismas. A esas personas que sienten angustia cada que empieza la temporada de lluvia porque saben que después vendrán las consecuencias, por que viven en un territorio fértil en las temporadas secas, pero que pertenece al río en las épocas de lluvia. A las familias que pasan largas temporadas con agua dentro de sus viviendas. A las familias que pierden sus viviendas y pertenencias y son evacuadas sin tener a quien culpar y sin recibir ayuda de nadie. A millones de personas que se enferman y mueren durante las inundaciones. Esta dura realidad acontece no solo en los principales ríos de Colombia, sino en el mundo entero. El principal interés de los autores es ayudar a esta población desfavorecida y brindarles una simple solución que les permita aprender a convivir con las inundaciones.

**Andrés Walker Uribe**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>GLOSARIO</b>	<b>xv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xvii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>FASE 0 PLANEACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>4. ALCANCE</b>	<b>15</b>
<b>5. METODOLOGÍA</b>	<b>16</b>
<b>FASE 1 CONTEXTUALIZACIÓN</b>	<b>19</b>
<b>6. EL AGUA Y SUS CARACTERÍSTICAS</b>	<b>20</b>
<b>7. PRINCIPIOS FÍSICOS BÁSICOS DE FLOTACIÓN</b>	<b>21</b>
7.1 FLOTABILIDAD	21
7.1.1 Densidad	21
7.2 PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES	22
7.3 EQUILIBRIO DE UN CUERPO FLOTANTE	23
7.4 BALANCE Y SINCRONISMO	25
<b>8. CUENCA DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA</b>	<b>26</b>
8.1 LLANURAS DE DESBORDE	28
8.2 LLANURAS DE DESBORDE CON CIÉNAGAS	28
8.3 LLANURAS DE INUNDACIÓN	29
8.4 LA REGIÓN DE LA DEPRESIÓN MOMPOSINA Y LA MOJANA	30
8.5 POBLACIÓN	32
8.6 EL PROBLEMA DE LAS INUNDACIONES	34

<b>9. ASPECTOS LEGALES DEL PROYECTO</b>	<b>38</b>
9.1 REGULACIÓN DE VIVIENDAS FLOTANTES EN EL RÍO MAGDALENA	38
9.2 VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y VIVIENDA DIGNA	39
9.3 FINANCIACIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL POR EL GOBIERNO COLOMBIANO	41
9.4 VIABILIDAD LEGAL Y ECONÓMICA DEL PROYECTO	41
<b>10. ESTADO DEL ARTE</b>	<b>42</b>
<b>11. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>43</b>
11.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	43
11.2 VARIABLES DE DISEÑO	44
11.3 NECESIDADES DEL USUARIO	45
11.4 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO	47
<b>FASE 2 DISEÑO</b>	<b>51</b>
<b>12. ANÁLISIS FUNCIONAL</b>	<b>52</b>
12.1 DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN PRINCIPAL	52
12.2 CAJA NEGRA	53
12.3 FUNCIONES SECUNDARIAS Y SISTEMAS DE LA PLATAFORMA.	55
12.4 FUNCIONES SECUNDARIAS AUXILIARES	57
12.5 ESTRUCTURA FUNCIONAL	58
12.6 MATRIZ MORFOLÓGICA DE FUNCIONES SECUNDARIAS	59
<b>13. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS</b>	<b>62</b>
13.1 REFERENTES DE FLOTACIÓN	62
13.2 ALTERNATIVAS ARROJADAS POR LA MATRIZ MORFOLÓGICA	62
<b>14. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS</b>	<b>68</b>
14.1 DEFINICIÓN CRITERIOS DE EVALUACIÓN	68
14.2 CONCEPTO SOLUCIÓN	69
<b>15. MEJORA Y DISEÑO DE DETALLE</b>	<b>71</b>
15.1 LISTA DE ELEMENTOS MEJORADOS DEL CONCEPTO SOLUCIÓN	71
15.2 ESTUDIO DE FORMAS DE LA PLATAFORMA Y SUS MODULACIONES	72
<b>16. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLATAFORMA FLOTANTE</b>	<b>73</b>
16.1 DIMENSIONES	74
16.2 PESO DE LA PLATAFORMA	74



16.3	CAPACIDAD DE FLOTACIÓN DE LA PLATAFORMA	74
16.4	CAPACIDAD DE CARGA SOBRE LA PLATAFORMA	75
16.5	ESTABILIDAD EN LA FLOTACIÓN DE LA PLATAFORMA	76
16.6	ESTRUCTURA	76
16.6.1	Análisis de elementos finitos	78
16.7	CUBIERTA DE PLATAFORMA	78
16.8	CORREDORES PERIMETRALES PARA TRANSITO DEL USUARIO	79
16.9	SISTEMA FLOTANTE CON BOTELLAS DE PET	79
16.10	NIVEL DE FLOTACIÓN	81
16.11	SISTEMA DE ANCLAJE	81
16.12	FIJACIÓN DE LA VIVIENDA A LA PLATAFORMA FLOTANTE	83
16.13	SISTEMA DE NIVELACIÓN DE LA PLATAFORMA EN TIERRA FIRME	84
16.14	ACCESO DEL USUARIO A LA PLATAFORMA	85
16.15	AMARRE Y PROTECCIÓN A OTROS ELEMENTOS FLOTANTES	85
16.16	TRANSPORTE DE LA PLATAFORMA	86
16.17	ENSAMBLAJE DE LA PLATAFORMA	86
16.18	MANTENIMIENTO	86
16.19	RECOMENDACIONES DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN	87
16.20	ANÁLISIS DE COSTOS	87
16.21	PLANOS Y MODELACIONES 3D	88
<b>17.</b>	<b>POSIBLES ALTERNATIVAS EN CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS SOBRE LA PLATAFORMA</b>	<b>89</b>
	<b>FASE 3 CONSTRUCCIÓN</b>	<b>91</b>
<b>18.</b>	<b>PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO</b>	<b>92</b>
<b>19.</b>	<b>PRUEBAS</b>	<b>95</b>
19.1.1	Pruebas de flotación	95
19.1.2	Pruebas de estabilidad	95
19.1.3	Prueba de arrastre	96
19.1.4	Prueba de resistencia de botellas PET	96
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>97</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>100</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>101</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Densidades de sustancias	21
Tabla 2. Tamaños y tipos de vivienda de interés social.	39
Tabla 3. Necesidades del usuario.	45
Tabla 4. Especificaciones de diseño de producto	47
Tabla 5. Matriz de funciones secundarias auxiliares.	61
Tabla 6. Evaluación ponderada de alternativas	69
Tabla 7. Peso de la plataforma.	74
Tabla 8. Capacidad de cargas de la plataforma por m <sup>2</sup>	76
Tabla 9. Costo total de un módulo y la plataforma total	87

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Inundaciones Río Magdalena en la Depresión Momposina 2008	xviii
Ilustración 2. Familias y viviendas afectadas por las inundaciones	2
Ilustración 3. Aéreas inundables de la Depresión Momposina	6
Ilustración 4. Tambos dentro de la vivienda	8
Ilustración 5. Niños Durante las inundaciones	9
Ilustración 6. Islas flotantes de los Uros en Totorá	10
Ilustración 7. Viviendas flotantes de lujo	10
Ilustración 8. Explicación de las diferentes posiciones del metacentro y sus consecuencias	24
Ilustración 9. Conceptos de flotabilidad	25
Ilustración 10. Paisaje típico rural de la Depresión Momposina	31
Ilustración 11. Familia típica de la zona	32
Ilustración 12. Vivienda típica de la zona	33
Ilustración 13. Áreas inundables en Colombia (fuente IDEAM).	35
Ilustración 14. Fotografías con altos niveles de inundación	37
Ilustración 15. Viviendas subsidiadas en la Depresión Momposina	40
Ilustración 16. Referentes del principio de flotación	62
Ilustración 17. Alternativa 1	63
Ilustración 18. Alternativa 2	64
Ilustración 19. Alternativa 3	65
Ilustración 20. Alternativa 4	66
Ilustración 21. Alternativa 5	67
Ilustración 22. Plataforma con vivienda	70
Ilustración 23. Estructura de la plataforma con y sin cubierta	70
Ilustración 24. Plataforma Flotante	73
Ilustración 25. Estructura metálica	77
Ilustración 26. Cubierta de la plataforma	79
Ilustración 27. Contenedores de botellas, sistema de flotación	80
Ilustración 28. Nivel de flotación	81
Ilustración 29. Alternativas de sistema de Anclaje	82
Ilustración 30. Sistema de fijación de la vivienda a la plataforma	83
Ilustración 31. Sistema de nivelación de la plataforma en suelos desnivelados e irregulares	84
Ilustración 32. Ascenso del usuario, corredores perimetrales, sistema de amarre y protección	85
Ilustración 33. Modelación de la plataforma flotante	88
Ilustración 34. Poblados de viviendas flotantes	89
Ilustración 35. Viviendas propuestas	90
Ilustración 36. Ensamble de la estructura metálica	92
Ilustración 37. Proceso de construcción del prototipo	93
Ilustración 38. Proceso de ensamble de la plataforma	94
Ilustración 39. Pruebas de flotación de la plataforma	95
Ilustración 40. Pruebas de arrastre de la plataforma	96
Ilustración 41. Áreas inundables en la Depresión Momposina (2004), fuente IDEAM.	103
Ilustración 42. Prueba en Ferrocemento.	121
Ilustración 43. Espesor del Ferrocemento.	122
Ilustración 44. Detalle de la base, falta de homogenización de la mezcla.	122

<b>Ilustración 45. Módulo de nueve m<sup>2</sup> en canecas plásticas.</b>	<b>123</b>
<b>Ilustración 46. Amarre de las canecas a la estructura.</b>	<b>123</b>
<b>Ilustración 47. Botellas moduladas en sacos y fijadas con mallas por el pico.</b>	<b>124</b>
<b>Ilustración 48. Método para unir botellas.</b>	<b>124</b>
<b>Ilustración 49. Manera de disponer las botellas verticalmente en la plataforma.</b>	<b>125</b>
<b>Ilustración 50 Módulo con botellas verticales unidas entre si y fijadas con malla en el pico, Botellas encapsuladas en espuma de poliuretano</b>	<b>125</b>
<b>Ilustración 51. Módulo con botellas aleatoriamente organizadas.</b>	<b>126</b>
<b>Ilustración 52. Módulo con botellas alineadas en sacos</b>	<b>126</b>
<b>Ilustración 53. Explicación detallada de Alternativa 1</b>	<b>127</b>
<b>Ilustración 54. Explicación detallada de Alternativa 2</b>	<b>128</b>
<b>Ilustración 55. Explicación detallada de Alternativa 3</b>	<b>129</b>
<b>Ilustración 56. Explicación detallada de Alternativa 4</b>	<b>130</b>
<b>Ilustración 57. Explicación detallada de Alternativa 5</b>	<b>131</b>
<b>Ilustración 58. Detalle restricciones en las cerchas</b>	<b>134</b>
<b>Ilustración 59. Fuerzas aplicadas y restricciones en las cerchas</b>	<b>134</b>
<b>Ilustración 60. Desplazamientos máximos , concentración de esfuerzos</b>	<b>134</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelo de la Metodología de Proyecto de Grado	16
Figura 2. Desarrollo de la metodología de diseño para el proyecto de Grado	18
Figura 3. Función principal de escenario A en temporada seca	52
Figura 4. Función principal de escenario B en temporada de inundación	53
Figura 5. Caja Negra: con las entradas y salidas	53
Figura 6. Función de la estructura	55
Figura 7. Función de flotación	55
Figura 8. Función apoyar	56
Figura 9. Función de nivelar	56
Figura 10. Función de la cubierta	56
Figura 11. Función de anclaje	56
Figura 12. Función secundaria auxiliar de ascender	57
Figura 13. Función secundaria auxiliar atracar	57
Figura 14. Función secundaria auxiliar proteger	57
Figura 15. Estructura funcional	58
Figura 16. Matriz morfológica de funciones secundarias	59
Figura 17. Rutas de soluciones	60
Figura 18. Formas básicas de plataforma y sus modulaciones	72

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO A. MAPA ÁREAS INUNDABLES EN LA DEPRESIÓN MOMPOSINA</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO B. NORMAS DE NAVEGABILIDAD FLUVIAL</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO C. ESTADO DEL ARTE</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO D. PRUEBAS DE ELEMENTOS FLOTANTES</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO E. ALTERNATIVAS DE DISEÑO</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO F. CARACTERÍSTICAS DEL PET</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO G. ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO H. MODELACIONES 3D</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO I. PLANOS</b>	<b>140</b>

## GLOSARIO

**Anegación** (Anegar): sumergiéndole en el agua.

**Calado:** distancia vertical entre un punto de la línea de flotación y la línea base o quilla

**Carena:** volumen limitado por el casco y por la superficie de flotación en un buque. También puede denominarse carena al volumen sumergido.

**Centro de carena o centro de empuje:** es el punto donde se aplica la fuerza de sustentación del buque. Ese punto varía con el balance y cabeceo.

**Centro de gravedad:** es el punto donde se aplica el peso total del buque. No varía si no se produce traslación, carga o descarga de pesos.

**Coefficiente de flotabilidad:** la relación entre el volumen de la obra muerta (reserva de flotabilidad) y el volumen de la obra viva (carena).  $\text{Coeficiente de flotabilidad} = \text{Obra muerta} / \text{Obra viva}$

**Cota máxima de desbordamiento o de inundación (Nivel crítico o nivel de inundación):** corresponde al nivel de un río al que comienzan los desbordamientos y anegamientos que pueden causar inundaciones en el sitio o las áreas aledañas localizadas aguas abajo o aguas arriba del punto de referencia. Estos niveles están asociados topográficamente a las estaciones automáticas o a aquellas hidrométricas cuya información puede recibirse en tiempo real o diariamente, a través de radio o teléfono; de esta manera, en caso de un evento extremo se da un aviso o una alerta oportuna. En general, las zonas inundables corresponden a la planicie inundable de la zona baja de las cuencas.

**Franja variable:** recibe este nombre la parte de la carena de un buque, que debido a los distintos estados de carga puede estar sumergida o no. La franja variable está comprendida entre la máxima flotación (calado máximo) y el calado mínimo. Debido a los múltiples cambios en la condición de carga es la parte más agredida por los agentes corrosivos que afectan al casco de un buque y por tanto reciben un trato de mantenimiento y pintura diferenciados.

**Inundación de tipo aluvial** (lenta): se produce cuando tienen lugar lluvias persistentes y generalizadas dentro de una extensa zona de terreno, generando un paulatino incremento de los caudales de los ríos hasta superar la capacidad máxima de almacenamiento

**Inundación de tipo torrencial** (inundación súbita): Producida en ríos de montaña y originada por lluvias intensas ocasionando el aumento en el caudal del río intempestivamente con corta duración.

**Inundación fluvial:** procesos naturales del aumento en el nivel normal de un cauce, ocurrido periódicamente y que han sido la causa de la formación de cuencas en los valles de los ríos conllevando a procesos normales de erosión, depositando sedimentos en las llanuras inundables, creando tierras fértiles donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura y ganadería en vegas y riberas.

**La obra muerta:** reserva de flotabilidad que tiene el buque para hacer frente a un incremento del volumen sumergido. Con respecto a la obra viva y a la obra muerta, podemos hablar de la superficie y del volumen de cada una de ellas. Por ejemplo, la superficie de la obra viva será la superficie mojada del casco.

**La obra viva:** parte del buque por debajo de la superficie de flotación, por tanto, correspondiente a la carena. La parte superior es la obra muerta, y se consideran espacios de la misma al casco, desde la flotación hasta la cubierta más alta que sea continua, resistente y estanca, y a las superestructuras que sean estancas.

**Llanura aluvial o vega:** parte orográfica que contiene un cauce y que puede ser inundada ante una eventual crecida de las aguas de éste.

**Meandros:** es una curva descrita por el curso de un río cuya sinuosidad es pronunciada. Se forman con mayor facilidad en los ríos de las llanuras aluviales con pendiente muy escasa, dado que los sedimentos suelen depositarse en la parte convexa del meandro, mientras que en la cóncava, debido a la fuerza centrífuga, predomina la erosión y el retroceso de la orilla.

**Metacentro:** es el punto de intersección entre el vector que representaría la fuerza de sustentación del buque adrizado con el vector que representa la fuerza de sustentación con determinada escora.



## RESUMEN

El siguiente proyecto evidencia el diseño y desarrollo de una plataforma flotante, para construir sobre ella una vivienda, como solución para satisfacer una necesidad real de sobrellevar las fuertes inundaciones que acontecen no sólo en Colombia sino en otros lugares del mundo, realizada por un grupo de dos estudiantes de la Universidad EAFIT para poder obtener el título de Ingeniero de Diseño de Producto, adicional a esto el proyecto tiene como finalidad personal incursionar en el ámbito de la responsabilidad social.

### *¿Cuál es la necesidad?*

Históricamente y en incremento han ocurrido grandes inundaciones aluviales<sup>1</sup> en importantes ríos del mundo, causadas tanto como por efecto del hombre como por ciclos naturales. En las zonas rurales inundables de la Depresión Momposina habitan gran número de personas en su mayoría, en extrema pobreza, las cuales son afectadas considerablemente y deben desplazarse o sobrevivir a estas duras condiciones de vida.

### *¿Cómo se satisface?*

Se propone una solución generando un hábitat flotante propicio para que una familia pueda sobrellevar las inundaciones sin arriesgar su vida permaneciendo en su vivienda.

### *¿Cuál es la solución?*

Diseño y desarrollo de una plataforma flotante para que una familia de máximo seis personas pueda sobre ella, construir una vivienda. La plataforma será económica, segura y proporcionará grandes ventajas a sus habitantes.

### *¿Cómo se desarrolla la solución?*

Para el proyecto de la plataforma flotante se define una metodología específica de diseño y desarrollo de productos que consta de seis etapas que van desde la investigación y planteamiento hasta la construcción y pruebas del prototipo del proyecto.

---

<sup>1</sup> Inundación de tipo aluvial (lenta): se produce cuando tienen lugar lluvias persistentes y generalizadas dentro de una extensa zona de terreno, generando un paulatino incremento de los caudales de los ríos hasta superar la capacidad máxima de almacenamiento.

*¿Cuál es el resultado?*

Un modelo funcional a escala real de la plataforma flotante que podrá satisfacer adecuadamente la necesidad encontrada en la Depresión Momposina (Ilustración 1), siendo ésta la zona más crítica del país y la seleccionada para este proyecto.

Palabras Clave: plataforma flotante, vivienda flotante, inundación aluvial, Depresión Momposina.



**Ilustración 1. Inundaciones Río Magdalena en la Depresión Momposina 2008**

## INTRODUCCIÓN

“El derecho humano a una vivienda digna y sin riesgo para la vida”<sup>2</sup>

*El agua es una de las sustancias más abundantes en la tierra y también una de las más insólitas. Sus características físicas y químicas especiales han hecho que desempeñe un papel esencial en el origen mismo de la vida en la historia de nuestro planeta, que está cubierto en sus dos tercios por ésta. Los seres humanos están compuestos en gran parte por agua y sin ella no se puede sobrevivir mucho tiempo. Enteras civilizaciones han prosperado y decaído por causa de abundancia o de escases de este fluido. Junto con las ventajas están también los inconvenientes naturales que son las sequias e inundaciones. **Andrés Walker U.***

Los realizadores de este proyecto de grado, estudiantes de Ingeniería de diseño de producto de la Universidad EAFIT se han inclinado hacia la responsabilidad social, teniendo las capacidades de brindar una solución a las consecuencias de las inundaciones aluviales de la Depresión Momposina, que afectan año tras año a sus habitantes, diseñando y desarrollando una plataforma flotante para construir sobre ella una vivienda para que una familia rural de máximo seis personas con bajos recursos económicos puedan sobrellevar estas toscas épocas de inundación.

Estas inundaciones del Río Grande De La Magdalena se presentan dos veces al año y su nivel se ha incrementando en los últimos años, se ha elevando su cota máxima causando incalculables pérdidas humanas y económicas. En el año 2008 la cota de desbordamiento fue la más alta mostrada hace más de un siglo. Los dos periodos de inundación se unieron y algunos poblados en las zonas más críticas estuvieron anegados<sup>3</sup> por más de nueve meses con el agua hasta los techos. Millones de personas afectadas por las inundaciones, miles de damnificados y de hectáreas de cultivos destruidos por las fuertes lluvias (Ilustración 2). La alta sedimentación que ha venido teniendo el río por la erosión originada por la tala indiscriminada en grandes áreas de la cuenca, la creación de diques que aíslan las ciénagas de drenaje natural, el fenómeno del niño que aumenta considerablemente las lluvias, hacen que el nivel del río y la cota de desbordamiento se eleve y seguirá incrementándose, extendiendo la llanura inundable del río cada vez más.

Esta situación, crea una preocupación en los escritores del proyecto, que deciden aplicar sus conocimientos ingenieriles para desarrollar un producto de gran impacto social que permita desarrollar una solución asequible y viable para este grupo poblacional.

---

<sup>2</sup> ONU, Artículo 11, párrafo 1. Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales,

<sup>3</sup> Anegar: sumergiéndole en el agua.

En este informe se evidenciará el proceso de diseño y desarrollo de una plataforma flotante, donde el lector encontrará cuatro fases: planeación, contextualización, diseño y construcción. Dentro de éstas se halla la investigación y trabajo de campo, pasando por el análisis, diseño de detalle y construcción de un prototipo para realizar pruebas. Todo esto se realizará mediante una metodología fusionada del libro de *Product Design and Development* de ULRICH y EPPINGER con *Métodos de Diseño* de Nigel Cross, basada principalmente en desarrollar un producto fácil de adquirir debido a la limitante económica del usuario.



Ilustración 2. Familias y viviendas afectadas por las inundaciones

## **FASE 0 PLANEACIÓN**

## 1. ANTECEDENTES

Se define como inundación fluvial a procesos naturales del aumento en el nivel normal de un cauce, ocurrido periódicamente y que han sido la causa de la formación de cuencas en los valles de los ríos conllevando a procesos normales de erosión, depositando sedimentos en las llanuras inundables, creando tierras fértiles donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura y ganadería en vegas y riberas; donde grandes civilizaciones han dependido de inundaciones anuales como los egipcios en las riveras del Nilo. Por otro lado millones de personas han perecido devastados en las inundaciones del río Huang Ho (río Amarillo) en China.

Las inundaciones representan el 50% de de los desastres hidrometeorológicos, que equivalen al 25% del total de los desastres naturales en el mundo<sup>4</sup> con pérdidas incalculables. Aproximadamente unos 66 millones de personas sufrieron daños causados por las inundaciones entre 1973 y 1997. Estos daños se presentan 13 veces más en los países en vía de desarrollo. El mundo está presentando cambios de temperatura y regímenes de lluvia, los niveles oceánicos y algunos ríos suben. Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de la ONU (2001), apostaba a una subida<sup>5</sup> de 68 cm como máximo en el nivel del mar antes de 2100, sin tomar en cuenta la expansión natural del volumen de las aguas oceánicas debido a su calentamiento, sin integrar el derretimiento de los hielos de Groenlandia y los polos debido al calentamiento global.

Es claro que los niveles ascenderán y se verían amenazadas decenas de megaciudades como Shanghái, Calcuta, Nueva Orleans, Miami o Nueva York. Inclusive esa subida relativamente modesta acarrearía graves consecuencias para los pequeños países insulares y en los grandes deltas, en especial en Asia; por esta razón se debe empezar a tomar conciencia de cómo habitar en el agua.

No sólo los océanos presentan cambios, también los ríos del mundo se ven afectados, mientras unos se secan otros suben su nivel dramáticamente incrementando sus inundaciones y presentándose por más tiempo. Existen dos clases de inundaciones fluviales<sup>6</sup>, de tipo torrencial (inundación súbita), producida en ríos de montaña y originada por lluvias intensas ocasionando el aumento en el caudal del río intempestivamente con corta duración. La otra clase, es de tipo aluvial (inundación lenta), se produce cuando hay lluvias persistentes y generalizadas dentro de una gran cuenca, generando un incremento

---

<sup>4</sup> UNESCO, Informe Mundial Sobre El Desarrollo De Los Recursos Hídricos.

<sup>5</sup> Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Cumbre Empresarial Mundial sobre Cambio Climático. Intervención de Yvo de Boer, Secretario Ejecutivo; Mayo 6 de 2009

<sup>6</sup> Definición de inundaciones, según IDEAM.

paulatino de los caudales de los grandes ríos hasta superar la capacidad máxima de almacenamiento; se produce entonces el desbordamiento y la inundación de las áreas planas aledañas al cauce principal. Las crecientes así producidas son inicialmente lentas y tienen una gran duración. En Colombia éstas se presentan principalmente en las partes bajas de las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, Sinú, San Jorge, Atrato, en la Orinoquia y Amazonia.

El Río Grande de la Magdalena<sup>7</sup> es el cauce fluvial colombiano de mayor extensión, constituyendo la principal arteria fluvial de Colombia; su cuenca tiene influencia en 18 departamentos con el más alto valor estratégico dentro del contexto nacional, con una superficie de 27.3 millones de hectáreas, que representan el 24% del territorio continental nacional, ubicada en 19 departamentos con 728 municipios, en los cuales reside el 66% de la población colombiana y se genera el 86% del producto Interno bruto del país.

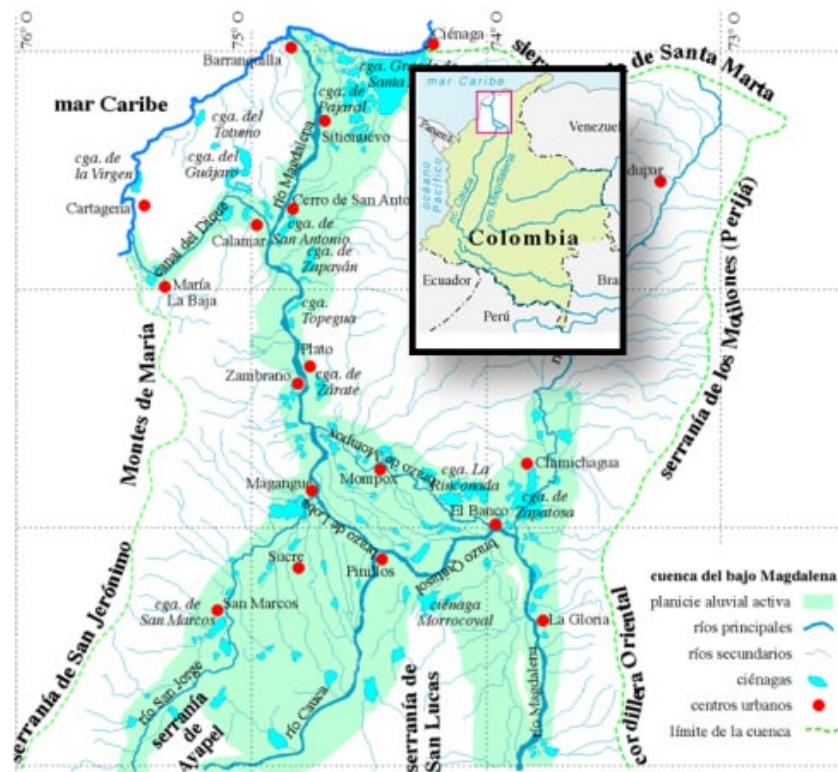
El Río Magdalena presenta dos épocas de inundaciones al año, ocurridas en abril y octubre respectivamente durante las temporadas de lluvias en el territorio nacional. Debido a la alta sedimentación que ha venido teniendo por la erosión debido a la tala indiscriminada en grandes áreas de la cuenca, la creación de diques que aíslan las ciénagas de drenaje natural, el fenómeno del niño que aumenta considerablemente las lluvias, hacen que el nivel del río y la cota de desbordamiento se eleve, extendiendo la llanura inundable del río.

En el llamado Bajo Magdalena se encuentra la Depresión Momposina<sup>8</sup>, es una gran cuenca sedimentaria activa de 24.650 km<sup>2</sup>, localizada entre la llanura Caribe y las estribaciones de las serranías de Ayapel, San Lucas y Perijá; comprende la confluencia de los tramos bajos de los ríos San Jorge, Cauca, Cesar y su confluencia con el Magdalena, en territorios de Córdoba, Sucre, Bolívar, Magdalena y Cesar. Presenta territorios bajos por la formación y surgimiento de las serranías próximas, como la Sierra Nevada de Santa Marta que en el momento de levantarse generó esta gran depresión.

---

<sup>7</sup> CORMAGDALENA, El fenómeno de las inundaciones del Río Magdalena; [www.cormagdalena.com.co](http://www.cormagdalena.com.co) (citado 15 marzo 2010).

<sup>8</sup> Tomado del Instituto Geográfico Agustín Codazzi; descripción geográfica de la Depresión Momposina.



**Ilustración 3. Áreas inundables de la Depresión Momposina**

En la Depresión Momposina habitan<sup>9</sup> 96 mil 596 personas; en el dique Bolivarense viven un millón 175 mil 414 ciudadanos; en la subregión de Loba hay 67 mil 871 habitantes; en la Mojana, 200 mil 558 ciudadanos. De acuerdo con el censo del DANE de 1993, 52.4% de esta población es pobre, frente al 37% del promedio nacional; así mismo, es la región de Colombia que tiene el mayor número de habitantes en estado de miseria, situación que se torna particularmente crítica en las áreas rurales, donde habita la mayoría de la población, que vive cerca o entre ciénagas y caños. La mayoría de los grandes municipios (Ilustración 3) se encuentran ubicados en zonas que se encuentran por encima de la cota de desbordamiento que viene incrementando su nivel considerablemente en estos últimos años. Se ha detectado un incremento en los últimos años de la cota de desbordamiento en 40 cm<sup>10</sup>. Lo que genera que en ésta depresión se presenten inundaciones de gran

<sup>9</sup> La Depresión Momposina es uno de grandes paisajes fluviales de la región neotropical, semejante al Gran Pantanal del río Paraguay (en Brasil, Bolivia y Paraguay) y a los Esteros del Iberá del río Paraná en Argentina. A diferencia de éstos no posee áreas para conservación protegidas por el estado. Como consecuencia de su más antigua colonización y relativamente alta densidad de población, su deterioro es más avanzado.

<sup>10</sup> CORMAGDALENA. *Estado actual de los niveles del Río Magdalena*. [www.cormagdalena.com.co](http://www.cormagdalena.com.co) (último acceso: 15 de Octubre de 2010).



importancia. En el año 2008 la cota de desbordamiento fue la más alta mostrada hace más de un siglo; los dos periodos de inundación se unieron y algunos poblados en las zonas más críticas estuvieron anegados por más de nueve meses. Más de tres millones de personas afectadas por las inundaciones, 60 mil damnificados y 100 mil hectáreas de cultivos destruidos por las fuertes lluvias<sup>11</sup>. También 137,000 afectados por inundaciones durante el primer trimestre de 2009<sup>12</sup>. Las inundaciones en Colombia son realmente fuertes y desastrosas para sus habitantes afectados, los cuales quedan sin vivienda, cultivos y teniendo que parar sus oficios rutinarios por largos periodos de tiempo y tienen que desplazarse a refugios temporales.

“Uno ve tanta agua, que le parece que va a tomar mucho tiempo y se necesita una gran sequía, para que esa agua desaloje totalmente y eso vuelva a estar completamente seco. Tengo esa preocupación”<sup>13</sup>. La prioridad es dar atención humanitaria a las personas afectadas. “No abandonarlas en los albergues, en alimentación y en la atención médica”<sup>14</sup> dijo el entonces presidente Uribe en la visita que realizó al plato magdalena, una de las zonas más afectadas; además siguen siendo municipios como Cerro de San Antonio, Pedraza, Salamina, Zapayán, El Piñon, Santana, Pijiño del Carmen, Plato, El Banco y Sitionuevo, ubicados sobre la ribera del río en donde la fuerza de las aguas ha roto en algunos tramos los diques carretables, afectando casas, enseres, cultivos, animales y dejando algunas de éstas poblaciones incomunicadas.

Dentro de la Depresión Momposina, estos hechos ocurren en un 65% de su área total, que se denomina la gran llanura aluvial<sup>15</sup>; donde habita gran número de personas en las áreas rurales. Es esta población la que se quiere impactar con la formulación de este proyecto; estas personas de bajos recursos encuentran allí facilidades en época de sequía para la agricultura y ganadería, pero después las inundaciones les traen grandes consecuencias.

La población de estas zonas inundables ya sabe como convivir con las inundaciones, el agua les llega hasta los techos y son obligados a vivir prácticamente en ese reducido espacio que queda entre nivel del agua y el techo. Construyen unos elementos llamados “Tambos” (Ilustración 4) que son tablas elevadas con zancos puestos dentro de las casas a medida que sube el agua. Este nivel se eleva gradualmente entre 1 y 1.5 m al mes, dando aviso a los habitantes. Estas personas no tienen ningún interés en desplazarse a otras

---

<sup>11</sup> Tomado del PERIÓDICO EL ESPECTADOR (Inundaciones por las fuertes lluvias) 11 Mar 2008.

<sup>12</sup> COLOMBIA, Ministro del Interior. Boletín de emergencias y desastres naturales 2008.

<sup>13</sup> EL TIEMPO. Bogotá D.C. 15 diciembre, 2008, Paciencia pidió el presidente Uribe a habitantes de Plato Magdalena afectados por inundación.

<sup>14</sup> *Ibíd.*

<sup>15</sup> Una llanura aluvial o vega es la parte orográfica que contiene un cauce y que puede ser inundada ante una eventual crecida de las aguas de éste.

zonas; puesto que ese es su hogar, porque que no hallarán mejores y fértiles terrenos que esos con las mismas condiciones y donde pueden obtener su sustento diario.

Durante estos periodos de inundación las escuelas suspenden las clases, las carreteras y principales medios de abastecimiento quedan aislados; sin gas, energía; todo se torna caro, difícil de adquirir, las provisiones escasean y los recursos del gobierno no llegan. Las familias viven solo de la pesca que se torna abundante en algunas épocas, sus cultivos se pierden, el ganado si no fue evacuado a tiempo, muere. Los niños (Ilustración 5) que nacen en este periodo de anegamiento aprenden primero a nadar que a caminar, debido a que no tienen tierra firme para hacerlo. La salubridad es un gran problema en estos casos, el agua que toman es del mismo río Magdalena que contiene altos niveles de contaminación, sólo la pueden hervir y quitarle los sedimentos con cloro. La leña para cocinar es difícil de conseguir, el transporte se hace en canoas, los insectos en esos periodos son insoportables. Las condiciones de vida son muy rudimentarias. Las personas que habitan esta zona están acostumbradas a vivir con estas inundaciones y no se proponen a sobrellevarlas de mejor manera para el próximo año, sabiendo que cada vez se incrementan más y son más altos los costos de recuperación.



**Ilustración 4. Tambos dentro de la vivienda**

En Colombia, como consecuencia de las inundaciones y otros eventos hidrometeorológicos extremos, se registran anualmente pérdidas materiales por valor en promedio de 35 millones de dólares, más de 65000 personas damnificadas y alrededor de unas 150 de

vidas humanas perdidas<sup>16</sup>. Las estadísticas<sup>17</sup> indican que las pérdidas podrán alcanzar unos 70 millones de dólares y 230 víctimas en promedio una vez cada 20 años.

Las cuencas Magdalena-Cauca son las áreas más vulnerables del país, contando el 90% de los daños y el 70% de pérdida de vidas humanas "Los altos niveles del Río en el año pasado fueron los más altos de los últimos 35 años según registros del IDEAM, y por lo tanto el Río recuperó su antigua llanura de inundación sobrepasando las estructuras de contención existentes para el manejo de las inundaciones en estas poblaciones. En consecuencia, CORMAGDALENA realizó contrataciones para el Control de Inundaciones por un valor de \$48 mil 293 millones, que corresponden al 55% del presupuesto total del 2008 y al 73% del presupuesto de los recursos nuevos de la vigencia de ese mismo año"<sup>18</sup> El alto impacto económico que generan las inundaciones es devastador para el presupuesto que se tiene destinado para ayudas humanitarias y siempre se acaba el dinero en las ayudas básicas. En algunos albergues temporales que a duras penas suplen derechos básicos como la privacidad e integridad de cada individuo y familia, convirtiéndose en focos de atracos y violaciones.



**Ilustración 5. Niños Durante las inundaciones**

---

<sup>16</sup> OCHA. AFECTACIÓN POR EVENTOS DE ORIGEN NATURAL, ENERO 1 A OCTUBRE 6 DE 2008. Bogotá : s.n., 2008. Informe de emergencias.

<sup>17</sup> United Nations Framework Convention on Climate Change. Essential background

<sup>18</sup> CORMAGDALENA BOLETÍN DE PRENSA No. 20 de 2009, CLARA A LA OPINIÓN PÚBLICA. URGENCIAS <http://cormagdalena.com.co> (citado 25 febrero 2010)

Para dar solución a esta gran problemática de las inundaciones, el ser humano ha aprendido a convivir con el agua. Desde el comienzo de la humanidad se ha venido desarrollando materiales y técnicas aptas para la construcción de artefactos que floten. Existen viviendas y comunidades flotantes desde hace más de mil años. Los Uros, indígenas que actualmente habitan a lo largo del lago Titicaca en islas flotantes de Totora (Ilustración 6), un arbusto que crece en las riberas y se deja secar, se ata y éste flota. Tiene un mantenimiento que consiste en adicionar mas totora tejida a la capa superior ya que las capas bajas se descomponen.



**Ilustración 6. Islas flotantes de los Uros en Totora**

En los Países Bajos como En Holanda el problema de las inundaciones es tan grave que la población ha vivido durante siglos al borde del desastre, una cuarta parte del país es terreno que se le ha robado al mar y la mitad de la otra tercera parte está situada a nivel del mar o bajo este. Son territorios históricamente inundables y ellos han aprendido a sobrellevar las inundaciones en viviendas flotantes (Ilustración 7), algunas de gran lujo generando barrios enteros con gran diseño y urbanismo. Estas viviendas flotantes se acoplan a tierra firme y son de alto costo, el que va de 30 mil euros a los 500 mil euros. Algunas son fabricadas de ferrocemento, madera, acero, fibra de vidrio.



**Ilustración 7. Viviendas flotantes de lujo**

Mirando hacia un futuro, el gobierno holandés ha tomado muy en serio el problema de las inundaciones debido al ascenso de los niveles oceánicos. Y por otra parte fascinados con la posibilidad de vivir sobre el agua están financiando diversos proyectos y escuelas arquitectónicas flotantes como Water Studio, Ecoboot, Arkenbouw y Faktor Architecten para que trabajen en el diseño de viviendas, barrios, poblados y ciudades flotantes.

En ciudades como el Cairo en Egipto, en los numerosos lagos canadienses, en India y en los grandes ríos del mundo no es extraño ver viviendas y comunidades flotantes.

En el río Mississippi específicamente en la ciudad de New Orleans existen varios tipos de viviendas flotantes teniendo ventajas con respecto a otras viviendas convencionales por la facilidad en movilidad, energía renovable, pago de impuesto y contacto directo con la naturaleza. En Colombia se han desarrollado algunos proyectos, en el Amazonas y Boyacá donde actualmente existen viviendas y hoteles flotantes. En la ciénaga de la Caimanera se realizó una vivienda flotante y su plataforma fue concebida con canecas plásticas y suelo de madera.

Los ganadores del primer puesto en el 2008 de los premios de construcción sostenible “Holcim Awards” realizaron un proyecto diseñando viviendas apropiadas para mejorar la calidad de vida de los habitantes de un poblado flotante en la ciudad de Lagos, Nigeria.

Actualmente en Camboya existen también barrios flotantes en los que habitan personas de bajos recursos económicos, que flotan en canecas recuperadas (plásticas o metal) y en cualquier tipo de material que flote para poder permanecer en el agua. Durante los últimos años ha incrementado en el mundo esta tendencia hacia el aprovechamiento de las zonas costeras para habitarlas en viviendas flotantes, aumentando el área de urbanismo.

En el Río Magdalena actualmente también existen viviendas flotantes permanentes hechas por los nativos y son localmente llamadas localmente “boyas”, no siendo muy comunes pero trayendo grandes ventajas a pescadores como base para sus largas jornadas, también se utilizan como lugar de venta de abarrotes y abastecimiento de combustible a lo largo de del río.

En Colombia, en 1982, se hizo la primera investigación sobre viviendas prefabricadas de bajo costo con ferrocemento, y se basó en una solución para zonas de inundación fluvial cíclica. Actualmente la Universidad del Caribe está desarrollando una vivienda flotante para la zona de la Mojana.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las inundaciones realmente generan una enorme problemática en estas zonas anegables afectando el nivel de vida de miles de personas que habitan en ella; por esto se pretende desarrollar una plataforma que permita sobrellevar las inundaciones en las zonas de alto riesgo de una manera más segura por medio de una vivienda flotante. Se generarían hábitats que les permitan a estas personas tener un mejor nivel de vida y satisfacer sus necesidades básicas durante las inundaciones disminuyendo enfermedades y problemas de salubridad.

Sobre la plataforma se podrá construir una vivienda que ascienda con el nivel del agua hasta dos metros cuando llegue el periodo de inundación, permaneciendo en su lugar hasta que vuelva a descender momento en el cual la plataforma se posaría en tierra nuevamente. Esto evitaría muchos daños cuando entra el agua al hogar y sus pertenencias al interior. En esta gran área inundable y por un largo periodo de tiempo la plataforma proveerá un lugar seco, digno y confortable en el cual se pueda generar un ambiente que pueda semejar un ritmo de vida normal para los habitantes, donde podrán realizar sus actividades cotidianas sin dificultades. Hasta cocinar y cualquier otra actividad básica se puede volver tedioso y complejo durante las inundaciones. También podrán tener dentro de la plataforma un pequeño lugar para una huerta o tener pequeños animales para cría y consumo. También recoger y almacenar agua lluvia puesto que aunque en medio de una inundación, toda el agua que los rodea está contaminada. Con este proyecto se busca dar un concepto de sostenibilidad a los usuarios.

Se pretende resolver un problema social y de gran escala que le acontece y afecta a miles de familias en la Depresión Momposina. Todo ser humano tiene derecho a una vivienda digna y adecuada en la cual asegure su integridad y la de su familia<sup>19</sup>. Cada año el nivel del agua sube amenazando con inundar esa gran extensión de tierra. Esta solución es económicamente viable para los usuarios, puesto que con bajo presupuesto y con lo que se va a invertir en reparación y pérdidas por daños, se puede adquirir una plataforma flotante y evitar todos estos los inconvenientes anteriormente mencionados. Aunque estas viviendas están ubicadas en una zona declarada de “alto riesgo” y el gobierno prefiere plantear su reubicación, estos habitantes no pretenden marcharse ni dejar sus tierras ni viviendas, y cada vez más personas llegan allí para establecerse. Muchas ONG y hasta el mismo Estado proveen hogares y generan planes de vivienda para estas zonas. Se invierten millones en reparaciones y ayudas humanitarias para los afectados de las inundaciones.

---

<sup>19</sup> COLOMBIA. CONSTITUCIÓN COLOMBIANA: Artículo 25. Derecho a una vida digna.

Estas viviendas flotantes son aptas para sobrellevar los largos periodos de inundación por que permiten movilizarse a otros poblados cercanos o lugares secos para mejorar las condiciones de vida pudiendo aprovisionar de lo necesario en esos duros tiempos. Esa movilidad también se fusiona con un concepto de modularidad que permite acoplarse a otras viviendas conformando pequeños poblados flotantes sobrellevando de una manera más adecuada estas difíciles situaciones.

Se pretende desarrollar una plataforma económica, de fácil adquisición y de bajo impacto ecológico. En primera instancia con materiales recuperados o de fácil obtención de la zona Momposina. Se podrá ensamblar allí mismo por los mismos usuarios, incentivando a que ellos adquieran sentido de pertenencia por su nueva vivienda.

Las viviendas flotantes desafían los límites de la imaginación y la seguridad, son construcciones que requieren el saber aplicar una tecnología adecuada, segura y resistente. Se justifica diseñar y construir el prototipo de una plataforma flotante porque permite poner a prueba los conocimientos y habilidades adquiridas durante los semestres cursados en la Universidad EAFIT, también brinda la posibilidad incursionar en nuevos campos del conocimiento, aprendiendo y cooperando con disciplinas como son arquitectura, Ing. civil, geología, los nuevos materiales, administración de proyectos entre otras.

Esta será la mejor satisfacción de un estudiante de Ingeniería de Diseño de Producto, que al terminar su carrera universitaria, diseña y desarrolla un producto que brinda beneficios a una población desfavorecida y olvidada.

El aporte de la ingeniería de diseño hacia las necesidades sociales más imperantes en nuestra sociedad, permite demostrar que cuando se unen el conocimiento, la técnica, la tecnología y la responsabilidad social, se pueden encontrar soluciones reales que impacten de manera positiva la vida de las personas, de una forma que realmente aporte a soluciones rápidas y eficaces, que en unión de los gobiernos de turno, puedan ser implementadas de manera que satisfagan por lo menos, la solución inicial de las emergencias, en este caso las fluviales.

Los estudiantes que hemos tenido el privilegio del conocimiento, tenemos a la vez la responsabilidad de revertir este conocimiento en hechos concretos que vayan al centro de la vida de las personas, que generen soluciones, bienestar, desarrollo, crecimiento, oportunidades.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y desarrollar una plataforma flotante adecuada para construir sobre ella una vivienda rural unifamiliar para población de bajos recursos que permita generar un hábitat donde se pueda sobrellevar las inundaciones aluviales futuras en las zonas críticas de la Depresión Momposina del Bajo Magdalena.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una investigación con el fin de conocer las necesidades del usuario.
- Analizar la información recopilada y plantear el problema para definir las variables y establecer las especificaciones de diseño del producto.
- Diseñar el artefacto mediante una metodología específica de diseño y desarrollo de productos.
- Construir un modelo funcional a escala real de la plataforma.
- Realizar pruebas que garanticen la flotabilidad seguridad y estabilidad en el uso del usuario.



#### **4. ALCANCE**

A continuación se listan los tangibles que se le presentarán a la universidad EAFIT:

- Informe final escrito del proyecto de grado.
- Planos de ingeniería y modelación 3D digitales.
- Modelo funcional de la plataforma en escala real
- Sustentación en presentación pública.
- Artículo de síntesis derivado del Proyecto de grado.

## 5. METODOLOGÍA

Para el proyecto se define una metodología específica de diseño y desarrollo de productos, la cual se describe al inicio de cada fase y capítulo a lo largo del informe y esta descrita en la Figura 1.



Figura 1. Modelo de la Metodología de Proyecto de Grado

La metodología que se va a utilizar es una fusión del libro de Product Design and Development de ULRICH y EPPINGER con Métodos de diseño de Nigel Cross.

A continuación se explican en detalle las 4 fases (Figura 1 y Figura 2) que harán parte del desarrollo del proyecto de grado:

### **Fase 0. Planeación.**

En esta etapa de definición y organización se debe identificar las oportunidades, evaluar y priorizar el proyecto asumiendo una estrategia, definiendo los recursos y competitividades.

### **Fase 1. Investigación y análisis**

Procede a la investigación de los respectivos temas del proyecto en cuanto a lo legal, económico, demográfico y técnico. Realizar trabajo de campo e interpretar la información. Se debe analizar toda la información recopilada y plantear el problema, generar los requerimientos y necesidades del usuario para generar las especificaciones de diseño.

### **Fase 3. Diseño**

Se procede a la etapa de diseño y desarrollo del producto desde la parte técnica, formal generando y evaluando alternativas para llegar a la mejor solución, basado en el análisis, síntesis y evaluación, utilizando recursos del diseño metódico de Nigel Cross. Teniendo en cuenta el diseño para la manufactura y ensamble. Adoptando el eco-diseño para asegurar sostenibilidad en la utilización del producto. Se definen los principales sistemas y sub sistemas del producto. Se utilizarán constantes análisis de costos en las alternativas para lograr una solución económica.

#### **Diseño de detalle**

La etapa de diseño de detalle se define minuciosamente los sistemas del producto. Se replantea el diseño y se minimiza en costos. Se incluye la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes de la plataforma. La identificación de todas las partes estándar, la ejecución de planos de taller, de ensambles y sub ensambles.

### **Fase 3. Construcción modelo**

Se procede a la construcción del modelo funcional, materializando la ingeniería y el diseño en un artefacto flotante. Se debe planificar costos, tiempos, estrategias, herramientas y tecnologías de construcción.

## Pruebas y refinamiento

Se realizan las pruebas de técnicas y de uso del artefacto para la mejor seguridad del usuario, en base a ellas se refina y se hacen las respectivas mejoras.

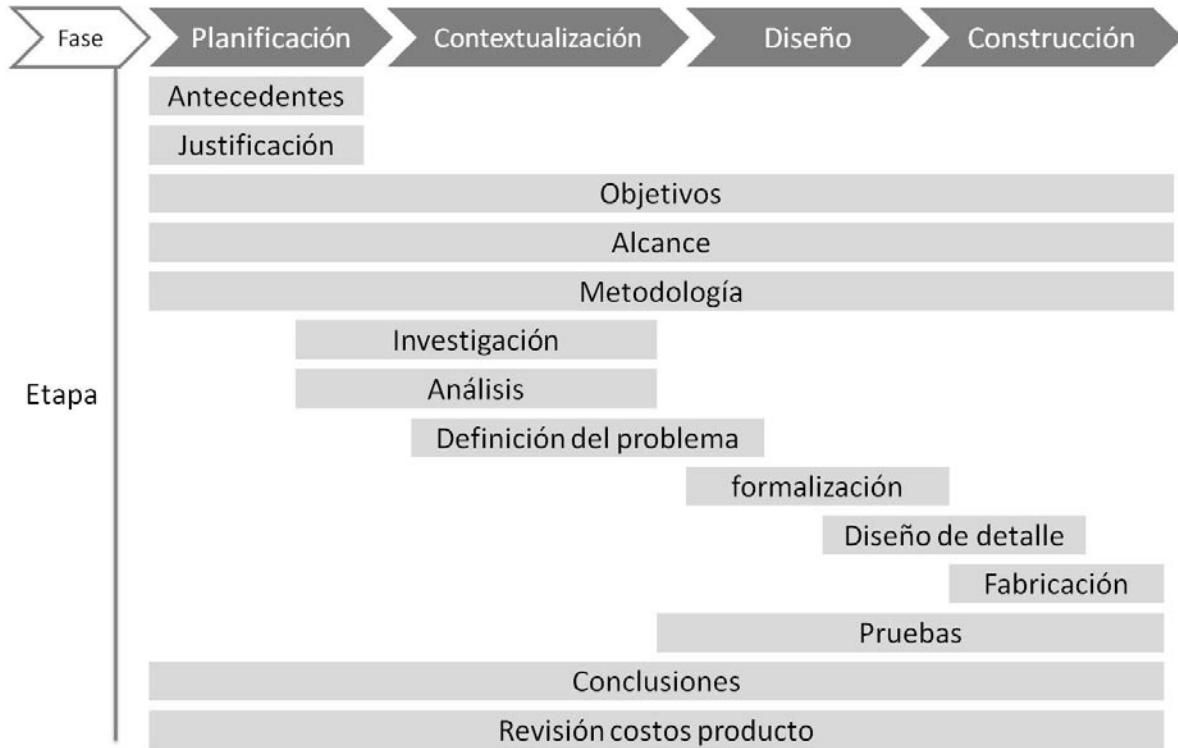


Figura 2. Desarrollo de la metodología de diseño para el proyecto de Grado

## **FASE 1 CONTEXTUALIZACIÓN**

## 6. EL AGUA Y SUS CARACTERÍSTICAS

*Enteras civilizaciones han prosperado y decaído por causa de abundancia o de escasez de este recurso vital. Junto con las ventajas están también los inconvenientes naturales que son las sequías e inundaciones. Andrés Walker Uribe.*

El agua (del latín aqua) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. En su uso más común, con agua nos referimos a la sustancia en su estado líquido la cual cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre.<sup>20</sup> En nuestro planeta, se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares tiene el 1,74%, los depósitos subterráneos y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, la humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

El agua es el principal e imprescindible componente del cuerpo humano y no puede estar sin beberla más de cinco o seis días sin poner en peligro su vida. El cuerpo humano consta de un 75 % de agua. Esto nos demuestra la importancia de este fluido que mal utilizamos y malgastamos constantemente. Colombia aparece en los registros estadísticos, como un país con abundancia en agua, al punto que se encuentra ubicada por encima de los estándares internacionales; a pesar de esto la presencia y distribución de este recurso en el territorio nacional no es equitativa, en razón de factores de geología, demografía, topografía y clima. El país adolece de una política para el manejo de los recursos hídricos que reconozca su valoración como recurso no renovable y que contribuya a fomentar una nueva cultura del agua para asegurar su uso eficiente y ahorro. Es por esto que se invita al lector de este informe a tener conciencia de este vital fluido. Es así como se da su relevante definición para iniciar la contextualización de este trabajo.

---

<sup>20</sup> GLEICK, P. H., 1996: Water resources. Earth's water distribution. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823

## 7. PRINCIPIOS FÍSICOS BÁSICOS DE FLOTACIÓN

Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido estático, será empujado con una fuerza vertical ascendente igual al peso del volumen de fluido desplazado por dicho cuerpo. Esta fuerza recibe el nombre de empuje hidrostático o ley de Arquímedes.

Para la elaboración de este informe se mostrará de una manera fácil y se explicará adecuadamente los principios básicos de flotabilidad, estabilidad y balance, logrando así calcular de manera precisa la plataforma flotante.

### 7.1 FLOTABILIDAD

#### 7.1.1 Densidad

Sabemos que un cuerpo flota cuando su densidad es menor que la del agua, esta densidad se mide en  $\text{kg/m}^3$ , teniendo el agua a una presión normal atmosférica y a una temperatura de  $4^\circ\text{C}$  una densidad unitaria, pero como la temperatura promedio del Río Magdalena es mayor, por lo tanto su densidad será un poco menor; un litro de agua es igual a un kilo y un metro cúbico es igual a una tonelada.

Tabla 1. Densidades de sustancias

Substancia	Densidad $\text{kg/m}^3$	Substancia	Densidad $\text{kg/m}^3$
Agua ( $4^\circ\text{C}$ )	1000	Estaño	7310
Agua ( $10^\circ\text{C}$ )	999.7	Gasolina	680
Agua ( $20^\circ\text{C}$ )	998.2	Mercurio	13600
Agua de mar	1027	Helio	0,18
Acero	7850	Hielo	920
Aceite	920	Hierro	7870
Aire ( $25^\circ\text{C}$ , 1 atm)	1,184	Hormigón	2400
Caucho	950	Vidrio	2500
Madera (pino)	700	Plomo	11340
Alcohol etílico	780	Oro	19300
Aluminio	2700	Diamante	3515
Cuerpo humano	950	Espuma poliuretano	12-50
Poliestireno expandido	10-30		

Las densidades mostradas en la Tabla 1 son importantes para tener en cuenta a la hora de diseñar la plataforma flotante para la selección del material con el que flotará. El aire que es un elemento de poca densidad, abundante y sin costo alguno, es interesante para la solución de la plataforma.

## 7.2 PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

Un cuerpo que se encuentre en un fluido, ya sea flotando o sumergido, es empujado hacia arriba por una fuerza igual al peso del fluido desplazado. La fuerza boyante <sup>21</sup>(o flotante) es tan sencilla como afirmar que es igual al peso del agua desplazada, ésta actúa verticalmente hacia arriba a través del centroide del volumen desplazado y se le puede definir de manera matemática, y se calcula así:

$$F_b = f \times V_d$$

$F_b$  = Fuerza boyante o empuje flotante.

$f$  = Peso específico del fluido (densidad).

$V_d$  = Volumen desplazado del fluido.

**Ejemplo:** si tenemos un bote que desplaza 3 m<sup>3</sup> de agua, y queremos calcular su fuerza boyante. Teniendo en cuenta que la densidad de 1 m<sup>3</sup> de agua es 1000 kg, entonces:

$$F_b = 1000 \times 3$$

Obtenemos que la fuerza es de 3000 kg de empuje.

En el caso de las embarcaciones, el empuje que experimenta el casco hacia arriba (fuerza que lo mantiene a flote), es igual al peso del agua desplazada. Si la embarcación fuera totalmente maciza, la densidad del material debería ser inferior a la del agua para asegurar su flotación (por ejemplo, determinadas maderas). Sin embargo, en la práctica la totalidad de las embarcaciones son huecas por dentro (contienen aire, fluido casi 814 veces más liviano que el agua), con lo que desplazan un gran volumen de agua, siendo su peso mucho menor. De esta forma pueden construirse buques de acero (casi 8 veces más denso que el agua) sin que se hundan, salvo si se rompe el casco y su interior se llena de agua.

---

<sup>21</sup> **FAY, James A.** *Mecánica de fluidos*. Mexico, 1996.



### 7.3 EQUILIBRIO DE UN CUERPO FLOTANTE

Estabilidad: Propiedad de un cuerpo de recuperar su posición inicial de equilibrio si la pierde por causas externas. Un cuerpo en un fluido es considerado estable si regresa a su posición original después de habersele girado un poco alrededor de un eje horizontal.

Es importante la estabilidad de un cuerpo flotante para su adecuada navegación. Para entender es necesario conocer unos conceptos básicos como son el centro de gravedad, centro de flotación y el metacentro.

**Centro de gravedad de un cuerpo (G):** Es precisamente el punto de aplicación de la fuerza producida por la gravedad. En un cuerpo homogéneo (con la misma densidad en todos sus puntos), el centro de gravedad es simplemente el centro geométrico del mismo o centroide. Generalmente no coincide con el centro geométrico y un cuerpo no homogéneo, estará desplazado hacia la zona de más peso.

**Centro de flotabilidad o de carena (B):** Ubicado en el centroide del volumen sumergido y es el punto donde se aplica la fuerza de flotación.

En circunstancias normales, ambos puntos están alineados verticalmente, además se encuentran cerca del centro del barco. Además, el centro de gravedad suele estar sobre el centro de flotabilidad (puesto que el barco tiene una parte emergida importante).

**Metacentro (M):** Es el punto de intersección de las líneas de fuerzas ascendentes sobre la línea de equilibrio normal al inclinarse el barco. Es un concepto muy útil para determinar la estabilidad de un barco. Se debe imaginar que el barco se inclina por cualquier motivo (normalmente oleaje). El centro de gravedad del mismo seguirá en el mismo sitio (a menos que la carga está fatalmente asegurada y se desplace), pero puesto que la geometría del volumen sumergido ha variado, el centro de flotabilidad cambia de posición. Se debe trazar una recta vertical desde el centro de flotación y trazar también una recta siguiendo la vertical del barco (que ahora estará inclinada) que pase por el centro de gravedad. Las líneas se cortan en un punto que se denomina metacentro.

La distancia entre el metacentro y el centro de gravedad, es lo que se conoce como altura metacéntrica (Ilustración 8).

Se explicarán las diferentes posiciones del metacentro y sus consecuencias. Si el metacentro está por encima del centro de gravedad (A) (altura metacéntrica positiva), quiere decir que el centro de flotabilidad se ha desplazado hacia el mismo lado al que el barco se inclina. Por tanto, el par de giro resultante imprimirá al barco una rotación en sentido contrario al de la inclinación, por lo que el barco volverá a su posición inicial y es considerado estable. Este par será mayor cuanto más separados estén los centros de

gravedad y de flotabilidad, es decir, cuanto mayor sea la altura metacéntrica. Si el metacentro coincide con el centro de gravedad (B) (altura metacéntrica nula), quiere decir que los centros de gravedad y de flotabilidad están alineados verticalmente y no hay par. El barco se quedará inclinado. Si el metacentro queda por debajo del centro de gravedad (C) (altura metacéntrica negativa); el centro de flotabilidad está en el lado contrario con respecto al centro de gravedad, por lo que el par de giro generado imprimirá una rotación en el mismo sentido de la inclinación, y el barco volcará.

Las plataformas flotantes por tener el centro de gravedad tan bajo y un área grande donde un centro de flotación es más difícil de modificar que otras embarcaciones. Estas plataformas son denominadas como elementos flotantes estables, dentro de los conceptos de flotación.

También es importante hablar acerca de la reserva de flotabilidad, que es la capacidad y reserva total de flotación, también llamada obra muerta (Ilustración 9).

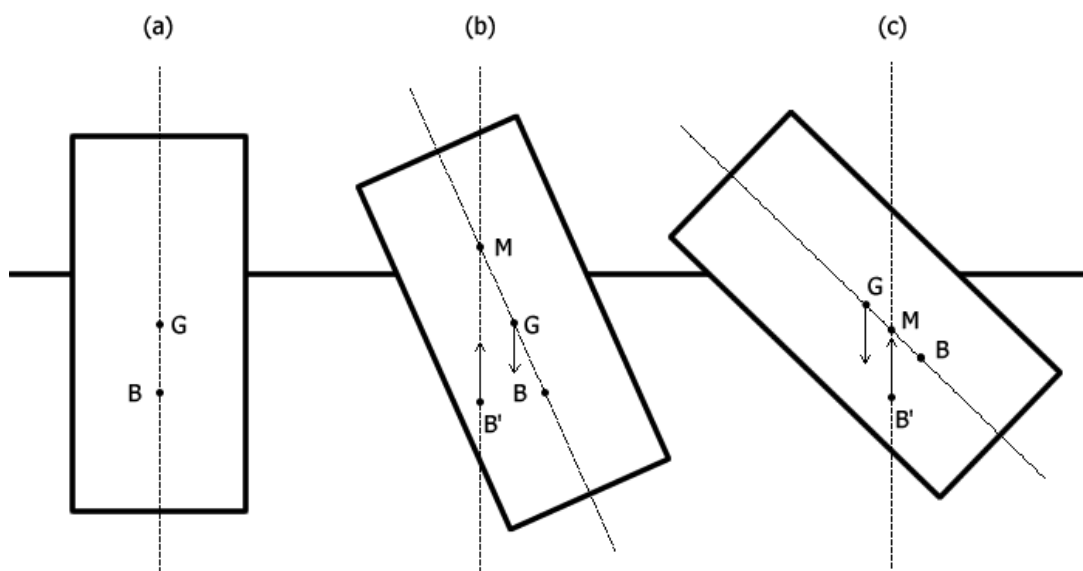
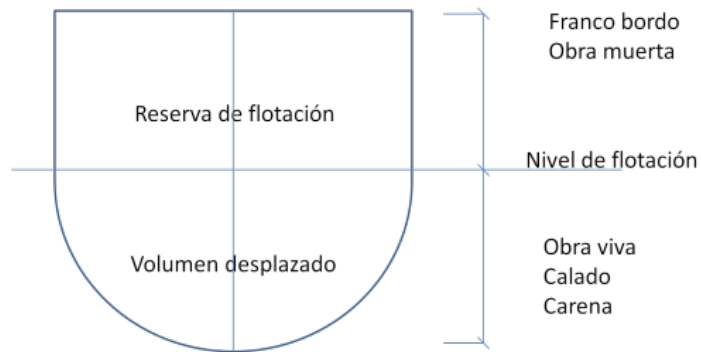


Ilustración 8. Explicación de las diferentes posiciones del metacentro y sus consecuencias



**Ilustración 9. Conceptos de flotabilidad**

#### **7.4 BALANCE Y SINCRONISMO**

Otro concepto importante que se debe tener en cuenta es el **balance** durante la flotación: es el movimiento alternativo que hace el buque inclinándose hacia uno y otro costado. Es causado por el movimiento propio de oscilación del buque y el movimiento ondulatorio de agua. El balance sería continuo si no lo amortiguara la resistencia de los elementos: agua, aire y olas.

**Sincronismo:** Es la suma de los períodos de balance del buque y de la ola. Si se produce este fenómeno aumenta el balanceo absoluto con un aumento peligroso de la inclinación. Los Factores que se oponen al sincronismo son la irregularidad del oleaje y de su período, que el barco no permanezca completamente atravesado al oleaje durante tiempo permanente, produciendo pontocazos o golpes fuertes en el casco. Las plataformas son artefactos flotantes que no son muy afectados por el balanceo y sincronismo. Debido a que este proyecto será realizado fluvialmente, no será sometido a tanto oleaje como lo es en el mar. El máximo oleaje al que estará sometido será el producido por un bote que pase cerca.

**Inercia:** Todo cuerpo al recibir la acción de una fuerza, conserva el estado mecánico (reposo o movimiento) en que quedó si no actúan otras fuerzas. Si en aguas tranquilas se provoca un balance desapareciendo la causa, la inercia mantendrá el movimiento indefinidamente. La fricción con el agua amortiguaría la inercia. La acción del viento, del mar y la resistencia a la propulsión provocan el movimiento y hacen que se mantenga con igual, mayor o menor intensidad. Si la estructura flotante no es lo suficientemente rígida y se producen balances bruscos y duros provocarían sufrimiento de estructuras y corrimientos de cargas. Si una plataforma tiene mayor peso es más difícil de ser balanceada por un pequeño oleaje en el agua. Una plataforma de menor peso puede ser balanceada más fácilmente por un oleaje, incomodando a los habitantes de esta.

## 8. CUENCA DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA

«Gran Karacalí» cuyo significado es «el gran río de los caimanes», o también llamado «Yuma» o «Caripuña» en lengua Karib.

Con este capítulo el lector comprenderá paso a paso las características de la zona donde será realizado en proyecto.

El Río Grande de La Magdalena al que se le ha denominado “Río Madre de la Patria”, ha sido dentro de la historia colombiana símbolo de progreso y nuestro elixir de la abundancia; fue el medio de comunicación que forjó el desarrollo del país de una manera inusitada de adentro hacia fuera como principal arteria fluvial, diferente a la mayoría de las naciones que iniciaron su expansión a partir de las costas.

Su cuenca hidrográfica presenta el más alto valor estratégico dentro del contexto nacional. Cuenta con una superficie de 27.3 millones de hectáreas, que representan el 24% del territorio continental Nacional, ubicada en 19 departamentos con 728 municipios, en los cuales reside el 66% de la población colombiana y se genera el 86% del producto Interno bruto del país<sup>22</sup>.

En la cuenca se genera el 75% de la producción agropecuaria nacional y se desarrolla más del 90% de la producción cafetera. Así mismo produce el 70% de la energía de origen hidráulico y el 90% de la termoeléctrica. La extracción de petróleo y la minería alcanzan igualmente una gran importancia. La producción de crudos representa cerca del la cuarta parte de la producción nacional y se encuentra el 72% de la infraestructura para el transporte del petróleo. La minería está representada en yacimientos y explotaciones de oro, plata, hierro, níquel, cobre, arcilla, calizas, mármol, barita, feldespato, yeso, magnesio, carbón, esmeraldas y fosfatos.

El sistema fluvial del río está conformado por los ríos Magdalena (1185 km), Cauca (187 km), San Jorge, Cesar y el Canal del Dique (114 km) que conecta a Cartagena con el río. Su anchura máxima puede llegar a tener, en la depresión Momposina, hasta 70 km de amplitud. Esta Gran Cuenca tiene un caudal promedio de 7.100 m<sup>3</sup>/s a la altura de Calamar; hasta este sitio recoge las aguas de más de 150 cuencas. El Río Magdalena concentra el 80% de la movilización de carga fluvial en el país (2 millones de toneladas al año) y del transporte de pasajeros (600.000 pasajeros) y por su posición geográfica en concurso con los mayores ejes viales del país, conecta los principales centros de producción y consumo del país con los principales puertos que ejercen comercio exterior

---

<sup>22</sup> BANCO DE OCCIDENTE, *Libros de la Colección Ecológica*; *Río Grande De la Magdalena*. Cali : Comité Editorial Banco de Occidente, 1990.

ubicados en la Costa Atlántica. El río atraviesa el corazón económico del país, en donde se encuentran las regiones más ricas, abundante en recursos naturales y las mejores condiciones de desarrollo, como son las zonas más industrializadas, mejor infraestructura vial, las más importantes desarrollos hidroeléctricos y áreas de desenvolvimiento agrícola importante.

Sin embargo toda esta “riqueza nacional y oferta natural” han sido subestimadas y no se ha sabido valorar ni aprovechar. Los procesos de desarrollo y utilización del recurso hídrico no han tenido como base el análisis integral de la dinámica natural de los procesos y oferta ambiental, incluido el sostenimiento de los ecosistemas, lo cual ha generado grandes desequilibrios en la Cuenca del Magdalena.

Dentro de la grave problemática que posee la cuenca, podemos resaltar los siguientes aspectos: uso inadecuado de recursos naturales, inundaciones, sequías, contaminación, pobreza, tensiones sociales, deterioro ambiental, baja conciencia ambiental, ausencia del Estado, planificación desarticulada, información dispersa e incompleta, conflictos de uso del suelo, asentamientos en áreas de riesgo, crecientes demandas de agua para uso agrícola, niveles considerables de sedimentos, cuencas hidrográficas tributarias deterioradas, inadecuadas prácticas de minería, cultivos en laderas y pendientes fuertes, cultivos ilícitos y pastoreo en zonas de ladera, entre otros. Para mejorar las condiciones de la cuenca y velar por el cumplimiento de la normatividad y regulación para la protección de la misma se ha creado por el artículo 331 de la Constitución Política; La Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena – CORMAGDALENA- que tiene como objeto la recuperación de la navegación y de la actividad portuaria, la adecuación y conservación de tierras, la generación y distribución de energía así como el aprovechamiento sostenible y la preservación del medio ambiente, los recursos ictiológicos y demás recursos naturales renovables.

El río Magdalena desde su nacimiento en la Laguna de La Magdalena hasta antes del embalse de Betania (hidroeléctrica situada aguas arriba de la ciudad de Neiva), presenta en su primer recorrido un régimen torrencial por su fuerte pendiente, la cual va disminuyendo mostrando características de un cauce meándrico<sup>23</sup> y encajonado en donde se observa material de acarreo compuesto de piedra, grava y arenas gruesas. Esta misma situación se conserva hasta la ciudad de Honda en donde el río inicia una transición de un río meándrico a un río trenzado, es decir, el río amplía su lecho mayor para correr más libremente formando un sinnúmero de islas y ciénagas. Este tramo se le define como el Magdalena Medio. En la ciudad de El Banco el río sufre una nueva transición al penetrar una zona de poca pendiente, la cual se le denomina la Depresión Cenagosa o zona

---

<sup>23</sup> Meandro es una curva descrita por el curso de un río cuya sinuosidad es pronunciada. Se forman con mayor facilidad en los ríos de las llanuras aluviales con pendiente muy escasa

inundable por ser una vasta llanura que se caracteriza por los numerosos caños y ciénagas que se entrelazan formando una red de canales a lo largo y ancho de este sistema. Esta importante área sufre de inundaciones periódicas mayores durante los meses de octubre y noviembre, afectando cerca de 2 millones de hectáreas en los eventos más severos y unas 730.000 hectáreas en los eventos menos severos.

## **8.1 LLANURAS DE DESBORDE**

En la Gran Cuenca hay llanuras de desborde que no tienen ciénagas; este sistema de inundación asociado a los grandes ríos colombianos, se presenta aguas arriba de los sistemas cenagosos de los ríos San Juan, Atrato, Sinú, San Jorge y Magdalena. La espesa capa de sedimentos que arrastran los ríos está compuesta de fracciones finas, limos principalmente, seguidos por arena y arcilla. La dinámica del aluvionamiento consiste en generar formas como diques, orillales y difluencias —división de aguas— para formar meandros y cauces abandonados. La pendiente, aunque muy baja, es suficiente para impedir la formación de ciénagas, pero ocurre un encharcamiento y con el retiro de las aguas los materiales finos se retractan, lo que genera un modelado poligonal conocido como «gilgay» o «zurales». Este fenómeno ha estado ocurriendo con mayor frecuencia en los últimos años, obligando a que los niveles del río hayan subido hasta 40 cm desde que se toma registros de éste. Las inundaciones son un fenómeno natural frecuente, que tiende a aumentar en función del aporte cada vez mayor de sedimentos procedentes de los sistemas montañosos. Todos estos sedimentos son causa de la erosión por la tala indiscriminada en las partes altas de la cuenca. El Río Magdalena arroja aproximadamente 200 millones de toneladas de sedimentos al año en el Mar Caribe, que son arrastradas por corrientes marinas como la del Caribe, la del Golfo de México y la de Las Canarias; son dispersadas en el Océano Atlántico.

## **8.2 LLANURAS DE DESBORDE CON CIÉNAGAS**

La llanura de desborde con ciénagas es un sistema interactuante río–ciénaga, en el que, cuando las aguas altas fluyen hacia las ciénagas, éstas se convierten en trampas de sedimentos y almacenan el agua y cuando el caudal baja, el agua fluye de la ciénaga hacia el río. Se constituye así en un sistema de amortiguación hídrica, en el que la frecuencia del desborde es anual y para en el caso de las llanuras de desborde o inundación, es un mecanismo totalmente natural y necesario para el buen funcionamiento hidrológico de una cuenca de las características de la del Magdalena. El río tiene grandes llanuras, caños, pantanos y ciénagas, que se llenan y mitigan los efectos de las inundaciones. Pero estos se han ido aislando con la construcción artificial de diques y barreras para impedir que se llenen e inunden estas zonas habitadas, provocando que el río descienda cada vez con

más caudal, buscando río abajo estas otras zonas naturales anegables con mayor fuerza, causando el desbordamiento en otros lugares; este es un gran problema causado por la inconsciencia de los habitantes que no piensan en la población que vive río abajo.

### **8.3 LLANURAS DE INUNDACIÓN**

Las ciénagas de Colombia, como ambiente acuático típico del valle bajo de la cuenca del Magdalena, se localizan fundamentalmente en los planos aluviales de desborde; en conjunto almacenan el 87% del volumen de agua no corriente —150 km<sup>3</sup> aproximadamente—, esparcidos en una delgada zona de unas 500.000 ha, con áreas inundables asociadas que abarcan casi dos millones de hectáreas. La comunicación ciénaga-río, se restablece durante la época invernal y permite una regulación de la eutrofia —incremento de sustancias nutritivas— propia de las ciénagas, que descongestiona la acumulación excesiva de materia orgánica y permite la migración masiva de peces y el destaponamiento de los caños. Estos procesos de inundación son necesarios para estimular el crecimiento de la flora y fauna en las llanuras aluviales.

En el estiaje —caudal mínimo de los ríos—, uno o dos meses después del inicio de los períodos de sequía que generalmente se presentan en julio y en diciembre, las hembras ovadas de peces migratorios como el bocachico, remontan el río y desovan en las partes alta y media de su cuenca; tras ellas suben poblaciones de grandes predadores como los bagres; este evento se conoce en el Magdalena como la subienda. Al empezar la nueva creciente las crías son obligadas por la corriente a regresar río abajo —bajanza— y cuando el río se une con la ciénaga en las planicies de inundación, los alevinos ingresan a ella; es una época de alta productividad, con abundancia de algas y organismos del zooplancton, que sirven de alimento y criadero natural a insectos, alevinos de peces, cangrejos y camarones de agua dulce. Cuando el río se retira quedan resguardados de los depredadores de mayor tamaño, pues estos viven en la corriente. Las épocas de subienda y bajanza propician las migraciones de peces que están ligadas al estiaje y a las crecientes producidas por el ciclo del agua y regulan la actividad de los pescadores.

Gracias a estos procesos, se estima que el 60% del producto de la pesca colombiana —calculada en 80.000 toneladas por año—, se extrae de los ríos y ciénagas y el 40% de aguas marinas costeras. La pesca continental proporciona recursos a 60.000 pescadores, mientras que la marina sostiene alrededor de 20.000.

El río deja estos sedimentos sobre las llanuras inundables y en la época de sequía estas tierras son fértiles para la siembra y ganadería; declaradas tierras ganaderas desde la época de la colonia, y aptas para cualquier tipo de cultivo, dio como resultado que esta población se asiente cerca de sus orillas. Teniendo en cuenta que estas son llanuras inundables, tierras que pertenecen al río, que están debajo de la cota de desbordamiento,

son llamadas zonas de riesgo. Estas tierras son muy codiciadas por los beneficios que trae en sequía, pero acarrea también inundaciones prolongadas en épocas de lluvia.

Los paisajes de esta llanura aluvial tienen pendientes que son menores del 3% y sus suelos con un drenaje de bueno a pobre y un nivel freático fluctuante, está formada por la acumulación de sedimentos compuestos por arenas, limos y arcillas de origen fluvial. Esto nos permitirá dar la suficiente cimentación a la vivienda cuando esté posada sobre la tierra.

La velocidad máxima<sup>24</sup> del agua del río en estas llanuras inundables no sobrepasa los 1.25 m/seg. Estas áreas no son el cauce principal donde se presentan velocidades máximas de hasta 3.5 m/seg.

#### **8.4 LA REGIÓN DE LA DEPRESIÓN MOMPOSINA Y LA MOJANA**

Esta es la zona seleccionada para desarrollar este proyecto, entre otras del país y del mundo que poseen problemas de inundación y características similares como son el río Atrato, Sinú, Arauca, Amazonas. La Depresión Momposina fue seleccionada por que tiene mayor impacto de población afectada, por su fácil acceso, menor presencia de grupos armados insurgentes, por que a diferencia de las otras zonas está tiene mejores posibilidades de ser factible económicamente y está cerca de un área de gran desarrollo industrial por la explotación petrolífera, lo cual permite que sea posible la consecución de materiales para la construcción del proyecto.

La Depresión Momposina<sup>25</sup> es un territorio constituido por una extensa región fisiográfica de aproximadamente 800.000 ha, abarca 23 municipios con 115.957 habitantes<sup>26</sup> en la zona rural, y ubicada al norte de Colombia, hace parte de la denominada región Caribe Colombiana. Toma su nombre de las características topográficas de su llanura aluvial y del histórico municipio de Mompóx ubicado en su extremo norte.

Es una zona baja o área deprimida, donde se llevan a cabo importantes procesos fluviales y lacustres. El sistema fluvial de los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge y Cesar aporta anualmente gigantescos volúmenes de aguas durante las épocas invernales o de rebalse, así como una gran cantidad de sedimentos, lo cual genera cambios o migraciones laterales y longitudinales de los cauces de los ríos, caños y canales.

---

<sup>24</sup> BANCO DE OCCIDENTE, Río Grande De la Magdalena, Op cit. P 52

<sup>25</sup> Informe zona de la Mojana, sur de Bolívar y Departamento de Córdoba Julio 17 del 2007.

<sup>26</sup> Según el DANE.



La Depresión Momposina corresponde al centro de la región de la Mojana y que junto con la geología andina conforman los tres ramales cordilleranos más importantes del país, así como otros sistemas montañosos independientes como la Sierra Nevada de Santa Marta y las serranías de Perijá, San Lucas y Ayapel, San Jacinto y los montes de María, entre otros.

La región de la Mojana es una de las grandes zonas fluviales inundables del mundo, que comprende una gran planicie aluvial a lo largo de 28 municipios y comprende la cuenca del Río San Jorge, la parte baja de la cuenca del río Cauca.

Durante el Plioceno y el Pleistoceno —20 millones a 10.000 años—, el mar y la costa se retiraron y la Sierra Nevada de Santa Marta se elevó hasta los 6000 msnm y debido a la gran falla colombiana se desplazó unos 200 km al norte; dicho movimiento generó la serie de hundimientos que se conoce como la Depresión Momposina. Ésta se halla en una zona de subsidencia o hundimiento de capas por colisión tectónica, del orden de 2 a 4 mm por año; debido al avance de las placas del Caribe y del Pacífico.

Este gran complejo de ciénagas y lagunas (Ilustración 10) fluviales recibe las aguas de rebalse de los ríos San Jorge, Sinú, Cauca y Magdalena y se constituye en una gran hoyo interior que en algunos lugares se encuentra varios metros por debajo del nivel del mar.



**Ilustración 10. Paisaje típico rural de la Depresión Momposina**

La precipitación<sup>27</sup> media anual en Depresión, es de 1.800 mm y varía entre 1.400 mm en Mompóx y 3.200 en Barranco de Loba; se presenta un período de lluvias medias a altas entre mayo y noviembre y un período de lluvias bajas, con mínimos que pueden llegar a cero entre diciembre y marzo; lo que favorece la recolección de aguas lluvias para el consumo durante la época de inundación. La humedad relativa promedio es del 85%, que genera condiciones climáticas difíciles para cualquier material y disminuye su durabilidad. La altura sobre el nivel del mar alcanza los 20 metros; la temperatura media es de 28.7 ° centígrados, correspondiente al piso térmico cálido, por lo cual en la flora y fauna de la

---

<sup>27</sup> BANCO DE OCCIDENTE, Río Grande De la Magdalena, Op cit. P 50

región, abundan los cultivos de plátano (chimilo, gámbalo), arroz, yuca, mango, papaya, cañañola, zapote, níspero, coco.

## 8.5 POBLACIÓN

Para reconocer la población afectada se realizó un trabajo de campo por los autores donde se reconocieron y asimilaron las necesidades de la misma.

La mezcla entre indígenas nativos, afrocolombianos y españoles hace que ésta población (Ilustración 11) sea rica en cultura, folclor, gastronomía y creencias religiosas. Son personas alegres que disfrutan de la simplicidad de la vida.



**Ilustración 11. Familia típica de la zona**

La población afectada por las inundaciones en su mayoría son las que habitan en las áreas rurales es decir el 65% del territorio, debido a que los municipios fueron fundados en zonas altas. No sobra decir que el río ha alcanzado niveles en los cuales ha entrado y ha anegado diferentes poblados. Para impedir esto los habitantes deben rodear el pueblo con barreras y diques provinciales; estos municipios quedan completamente incomunicados por vía terrestre.

La población en la zona rural construye sus casas principalmente en mampostería tradicional, madera, bareque y también hacen chozas temporales de hojas de palma. Son viviendas (Ilustración 12) que no superan los 400 kg/m<sup>2</sup> de carga viva. Las viviendas en esta zona por lo general son construidas sobre montículos de tierra para darle mayor altura, pero los niveles del río han subido considerablemente en los últimos años, llegando hasta el techo. Los habitantes evadiendo el agua suben todos sus enseres y muebles sobre –Tambos- que son zancos con palos y tablas puestos a medida que el nivel sube, hasta estar viviendo muy cerca de techo o sobre este. Lo que otras personas hacen es habitar dentro de sus viviendas en unas mansardas incomodas y permanece allí. También pueden permanecer en viviendas con segundo piso pero esto no es frecuente.



**Ilustración 12. Vivienda típica de la zona**

Entre el 70 y 80% de la población en edad productiva no tiene un empleo estable, y se ocupa en diversas actividades: jornalero, pescador, agricultor, servicio doméstico y obrero. Son considerados como mano de obra no calificada, que importante en la ejecución del proyecto; no serán de mucha ayuda en la construcción de la plataforma. El 90% de la economía de la zona gira en torno a la ganadería y la agricultura y el resto a caza y pesca. El arroz es el principal cultivo, le siguen el maíz, sorgo, yuca, patilla, caña panelera de manera ocasional, entre otros.

Los miembros familiares viven muy cerca los unos de los otros. Sus condiciones de vida son rústicas, se presentan fenómenos como el hacinamiento dentro de los hogares, habitando en una vivienda hasta tres familias. Los servicios públicos son inadecuados y casi el 40% de las familias no tiene acceso a ellos. La cocina generalmente queda afuera de la vivienda y es principalmente a leña. El servicio de acueducto es de pozo profundo, el servicio de energía eléctrica es inconstante, el alcantarillado se maneja con pozos sépticos. Durante las inundaciones es difícil conseguir leña seca para cocinar, se suspende

el servicio eléctrico y de acueducto, los pozos sépticos se llenan de agua y se rebosan, generando problemas de salubridad.

Los habitantes de estas zonas no hacen mucho por prepararse para las próximas inundaciones. Ellos saben que habitan en zonas de alto riesgo y no pretenden reubicarse. Durante la inundación ellos no pretenden abandonar sus viviendas hasta que se ven entre la espada y la pared, solo la abandonan cuando son socorridos y llevados a albergues.

Los servicios de educación y salud como necesidades básicas son insuficientes para muchos de estos habitantes. Las escuelas y hospitales se convierten en refugios temporales en las épocas de inundación, generando hacinamientos, incrementando la proliferación de enfermedades por el inadecuado manejo de los residuos sanitarios.

Las épocas de inundación son realmente difíciles de sobrellevar, los habitantes beben el agua del río después de agregarle unas pastillas de cloro, la escasez y alto costo de los alimentos, la abundancia de insectos y bajas condiciones de salubridad, hacen que se convierta en una experiencia inhumana. Sólo la abundancia de la pesca en esta época de subienda, es su única salvación.

## **8.6 EL PROBLEMA DE LAS INUNDACIONES**

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de ésta, bien por desbordamiento de ríos, por subida de las mareas por encima del nivel habitual o por avalanchas causadas por maremotos. Las inundaciones son una de las catástrofes naturales que mayor número de víctimas producen en el mundo. Se ha calculado<sup>28</sup> que en el siglo XX unas 3,2 millones de personas han muerto por este motivo.

Las inundaciones representan el 50% de los desastres hidrometeorológicos, que equivalen al 25% del total de los desastres naturales en el mundo<sup>29</sup>. Aproximadamente unos 66 millones de personas sufrieron daños causados por las inundaciones entre 1973 y 1997. Estos daños se presentan 13 veces más en los países en vía de desarrollo.

La definición oficial de inundación fluvial es: procesos naturales del aumento en el nivel normal de un cauce por las intensas lluvias, ocurrido periódicamente y que han sido la causa de la formación de cuencas en los valles de los ríos conllevando a procesos normales de erosión, depositando sedimentos en las llanuras inundables, creando tierras fértiles donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura y ganadería en vegas y

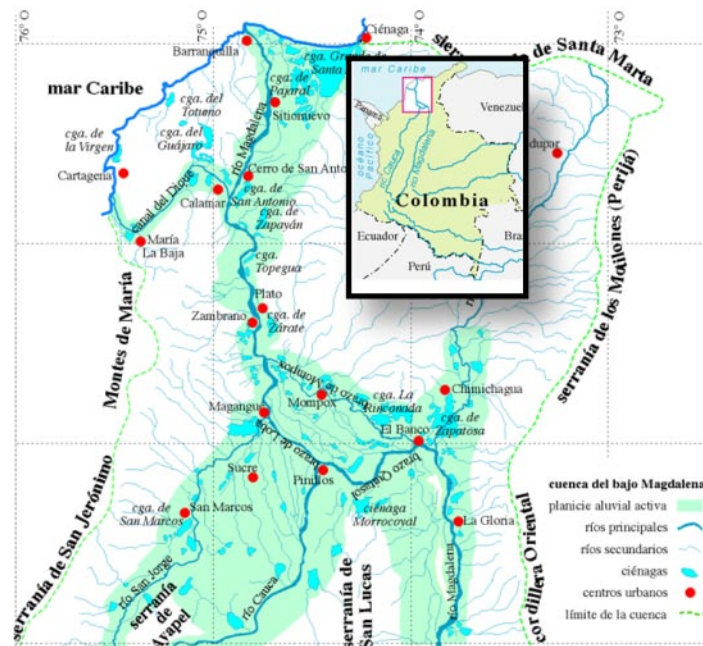
---

<sup>28</sup>United Nations Framework Convention on Climate Change. Essential background

<sup>29</sup> UNESCO, Informe Mundial Sobre El Desarrollo De Los Recursos Hídricos.

riberas. Donde grandes civilizaciones han dependido de inundaciones anuales como los egipcios en las riveras del Nilo.

Este proyecto no aplica a las inundaciones de tipo torrencial (inundación súbita), producida en ríos de montaña y originada por lluvias intensas ocasionando el aumento en el caudal del río intempestivamente con corta duración. Las inundaciones a las cuales estamos enfrentando son de tipo aluvial (inundación lenta). Se produce cuando hay lluvias persistentes y generalizadas dentro de una gran cuenca, generando un incremento paulatino de los caudales de los grandes ríos hasta superar la capacidad máxima de almacenamiento; sobrepasando el nivel crítico, o cota máxima del río; se produce entonces el desbordamiento y la inundación de las áreas planas aledañas al cauce principal. Las crecientes así producidas son inicialmente lentas y tienen una gran duración.



**Ilustración 13. Áreas inundables en Colombia (fuente IDEAM).**

En Colombia (Ilustración 13) el 83.21% de las afectaciones causadas por desastres naturales, son debido a las inundaciones causadas por las dos temporadas de lluvia que se presentan cada año, la primera entre marzo y mayo, y la segunda entre septiembre y diciembre. Las temporadas de lluvias del año 2008 fueron relevantes para las inundaciones, en Colombia en estas temporadas fueron afectadas más de un millón de personas<sup>30</sup>, de los cuales 546.375 corresponden a los departamentos del Chocó, y las

<sup>30</sup> OCHA. Informe de de la OCHA, catástrofes naturales en Colombia, 15 de septiembre de 2008.

regiones de La Mojana y Magdalena Medio. En donde 280.000 personas afectadas corresponden a la cuenca del Bajo Magdalena.

El área susceptible a inundación en Colombia es de 5'000.000 hectáreas según el IDEAM; estas se presentan en las partes bajas de las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, Sinú, San Jorge, Atrato y en la Orinoquia y Amazonia. El área que se seleccionó para delimitar este proyecto es la Depresión Momposina.

El fenómeno del Niño y otros cambios climáticos incrementan las inundaciones, también se han incrementado por factores humanos, como la erosión que genera gran sedimentación y la construcción de diques. Estas son las grandes preocupaciones que debe disminuir el estado en convenio con CORMAGDALENA, también se deben generar planes de mitigación. El fenómeno de las inundaciones se seguirá presentando y en mayor cantidad, por esto es que se debe actuar preventivamente y aprender a convivir con ellas como lo hacían los precolombinos Sinú, quienes habitaban en las partes bajas de la cuenca del río Sinú y manejaban y aprovechaban las inundaciones con canales que irrigaban grandes cultivos. A ellos se les denominó como gran sociedad hidráulica por sus obras y por que habitaban en montículos de tierra que formaban para poder vivir con las inundaciones.

Los pobladores sufren dramáticamente con las inundaciones (Ilustración 14), el nivel del agua puede subir hasta dos metros, viviendo rodeados por ella durante prolongados periodos de tiempo. Las condiciones de vida son fuertes, las escuelas, iglesias y hospitales se convierten en refugios. El agua potable y los víveres escasean y encarecen. Las fuentes de abastecimiento de agua superficial y subterránea, colapsan producto de la destrucción total o parcial de las bocatomas. Esto, unido a la falta de condiciones adecuadas de saneamiento, especialmente disposición de excretas, incrementa los casos de EDA e IRA<sup>31</sup> y la presencia de plagas como serpientes y roedores en las viviendas. A su vez, esto genera alerta por posibles brotes de malaria, dengue, tétanos y tuberculosis, posibilidades de desarrollo de cólera, fiebre tifoidea, enfermedades cutáneas y trasmisibles por vectores, así como el incremento de morbi-mortalidad por contacto con agua contaminada.

Las inundaciones presentadas en el 2008 fueron las más fuertes registradas en 35 años, dejando perdidas mayores a los 800 millones de pesos según el entonces presidente Álvaro Uribe. Se perdieron 44,000 hectáreas de cultivos y en hatos ganaderos. Lo que demuestra que estos fenómenos también son representativos afectando seriamente la productividad y la economía colombiana. Organizaciones internacionales como las Naciones Unidas (ONU), invirtieron cerca de \$33 millones de dólares en ayudas para mitigar los daños y perjuicios a los afectados. El SISTEMA NACIONAL PARA LA

---

<sup>31</sup> EDA: Enfermedad Diarreica Aguda; IRA; Infección Respiratoria Aguda.

PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES (SNPAD) a través del Fondo Nacional de Calamidades durante el período comprendido desde enero 1 a octubre 13 de 2008, ha invertido más de \$24.800 millones de pesos en la asistencia de las personas y familias afectadas, así como en la recuperación de la infraestructura destruida y/o averiada. El 30% de esta cantidad ha sido dispuesta para las viviendas de las familias afectadas. Las inundaciones<sup>32</sup> registradas en el 2008 dejaron un total de 50.943 viviendas averiadas y 4.193 vinedas destruidas, siendo éstas el principal causante frente a otros desastres naturales.



**Ilustración 14. Fotografías con altos niveles de inundación**

---

<sup>32</sup> Fuente Dirección de Prevención y Atención de Desastres (DPAD)

## **9. ASPECTOS LEGALES DEL PROYECTO**

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT en adelante) de Colombia actualmente no tiene regulación alguna sobre viviendas flotantes, ni existe reglamentación que hable del tema. Solo se conoce de una propuesta que adelanta trámites y permisos legales, presentada por la Corporación Universitaria del Caribe, como Vivienda Flotante de Interés Social la cual fue iniciada en el 2008 y actualmente se encuentra en pruebas. Según la Dirección del sistema Habitacional del MAVDT una vivienda flotante debería cumplir normas y leyes tales como: la resolución 180394 de 2004 en servicios públicos domiciliarios, expedida por el Ministerio de Minas, el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, el reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS-2000, la norma NSR-98 Sismoresistente, para viviendas menores de dos pisos.

Según el Departamento Nacional de Planeación, muchas viviendas en la Depresión Momposina se encuentran construidas en zona de riesgo de inundación. El gobierno preferiría la reubicación toda esta población antes de subsidiar viviendas en la zona, pero ellos nunca abandonarían estas tierras fértiles y aptas para la agricultura y la ganadería. Muchos tienen títulos de propiedad y otros se declaran como poseedores, por el hecho que allí vivieron sus antepasados desde hace muchos años y así seguirán sus descendientes. Es por esto que se debe pensar en una solución para brindar una vivienda apta para estas zonas inundables.

### **9.1 REGULACIÓN DE VIVIENDAS FLOTANTES EN EL RÍO MAGDALENA**

Las viviendas flotantes no están denominada dentro del código nacional de navegación y actividades portuarias fluviales – Ley 1242 de 2008 del Ministerio de Transporte y en convenio 135 de la junta directiva de CORMAGDALENA el 24 febrero del 2008. Según el Artículo 4, como su peso es menor a 25 toneladas y no es autopropulsada ni destinada a la navegación, no se cataloga como Embarcación Fluvial. Se puede introducir como: Artefacto fluvial: es toda construcción flotante que carece de propulsión propia, que opera en medios fluviales, auxiliar de la navegación mas no destinada a ella, no comprendida en la definición de embarcación fluvial, sujeta al régimen de documentación y control del Ministerio de Transporte... Ampliar información en el Anexo B...

Cuando esté flotando sobre el agua anclada en su mismo lugar no necesitará permiso alguno. Pero si se quiere desplazar a otro lugar por el río, según el artículo 22, de la misma ley, deberá tener matrícula de artefacto flotante, la cual no tiene ningún costo y es de fácil adquisición. CORMAGDALENA actualmente no expide ese tipo de permisos, lo que quiere



decir que la vivienda flotante realmente no tiene problema alguno en su navegación, mientras sea remolcada por otra embarcación.

## 9.2 VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y VIVIENDA DIGNA

En la normativa internacional, **el derecho a la vivienda adecuada** ha sido reconocido en varios instrumentos. La Declaración Universal de los Derechos Humanos establece en el artículo 25: Toda persona tiene derecho a un nivel de vida 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. En la Constitución Política de Colombia, 1991 con reforma de 1997 en el Artículo 51; se establece: Todos los colombianos tienen derecho a una vivienda digna. El Estado fijará las condiciones necesarias para hacer efectivo este derecho y promoverá planes de vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas.

La Vivienda de Interés Social (VIS) es aquella vivienda dirigida a las personas menos favorecidas de nuestro país y las cuales devengan menos de cuatro salarios mínimos mensuales legales vigentes, están cuentan con un subsidio de vivienda otorgado por: las cajas de compensación familiar, el Municipio, Departamento y el Gobierno Nacional.

El MAVDT con el Decreto 2060, establece normas mínimas para vivienda de interés social, en el Artículo 1:

- El valor máximo de la vivienda de interés social (VIS) será de 135 SMLMV.
- **Para la Vivienda de Interés Social Prioritaria (VIP)**, se definirá un tope indicativo de 70 SMLMV, el cual será aplicable a las viviendas adquiridas con recursos del Programa de Subsidio Familiar de Vivienda del Gobierno Nacional.

**Tabla 2. Tamaños y tipos de vivienda de interés social.**

Tipo de vivienda	Lote mínimo (m <sup>2</sup> )	Frente mínimo (m)	Aislamiento posterior mínimo(m)
Vivienda unifamiliar	35 m <sup>2</sup>	3.50m	2m
Vivienda bifamiliar	70 m <sup>2</sup>	7.00m	2m
Vivienda multifamiliar	120 m <sup>2</sup>	-	-

Se entiende en la Tabla 2 que la vivienda unifamiliar menor a 70 SMLMV, debe estar en un área mínima de 35 m<sup>2</sup> y debe tener un frente mínimo de 3.50 m.

En la zona afectada por las inundaciones, se han realizado planes de financiamiento por el gobierno y varias ONG. En el trabajo de campo realizado por los autores, se observaron viviendas (Ilustración 15) subsidiadas en mampostería tradicional, con áreas mayores de 18 m<sup>2</sup>.



**Ilustración 15. Viviendas subsidiadas en la Depresión Momposina**

### **9.3 FINANCIACIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL POR EL GOBIERNO COLOMBIANO**

La meta incluida en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, para el cuatrienio, es financiar cerca de 828.433 soluciones VIS mediante subsidios y créditos para la adquisición de vivienda.

Durante el año 2007, se obtuvieron excelentes resultados, logrando la asignación y financiación de 162.210 subsidios familiares de VIS por valor de \$1,6 billones, a través de las diferentes entidades. Para el año 2008 se tenía como meta la asignación y financiación de 228.001 soluciones de vivienda por valor de \$1,5 billones, a través de las diferentes entidades.

El Gobierno Nacional, actualmente, se encuentra en proceso de suscribir un nuevo convenio con todos los gremios de la vivienda para la construcción y financiación de 120.000 viviendas de interés social (VIS) y otorgar créditos por \$2,2 billones al año, luego del éxito logrado en el convenio anterior en el que se superó la meta de los \$1,8 billones de desembolsos en VIS.

### **9.4 VIABILIDAD LEGAL Y ECONÓMICA DEL PROYECTO**

Este proyecto tiene como principal interés, brindar una solución flotante económica, cumpliendo con todas las normas y leyes actuales, para que así la plataforma pueda ser subsidiada por el Gobierno. De otra manera podrá ser adquirida fácilmente por el usuario debido a su bajo costo. Estos pobladores son de muy bajos recursos económicos y viven principalmente de la pesca, la agricultura y la ganadería, actividades que no son muy lucrativas. Cada una de estas familias con un poco de organización y ahorro, podrán hacerse a una vivienda flotante, con un esfuerzo económico, mitigaran esos dramáticos acontecimientos, previendo que es una inversión a su bienestar y que cada año ocurrirán estas inundaciones.

Estas familias aunque de muy bajos recursos podrían adquirir una plataforma flotante con el resultado obtenido de una cosecha de su cultivo o la venta de ganado. La solución que se pretende ofrecer también podrá ser construida e implementada por ellos mismos.

## 10. ESTADO DEL ARTE

*El miedo al agua siempre ha convivido con los humanos. Nos atemoriza su majestuosidad; se nos ha olvidado que es una aliada incondicional y por ende debemos aprender a convivir con ella”*

**Sergio Molina**

En el Anexo C, podrá encontrar detalladamente el estudio realizado con sus respectivas ilustraciones.

Al diseñar una plataforma flotante se debe realizar un apropiado y consecuente estudio de los elementos se han utilizado para crear estructuras flotante y todos los artefactos relacionados. Con el fin de desarrollar una plataforma innovadora y de bajo costo, a su vez, se muestra algunas de las soluciones que sirven actualmente su utilizan para soportar viviendas y resistir inundaciones aluviales. Se realiza entonces una investigación de todos los elementos flotantes actualmente utilizados. Se encontraron gran cantidad de estructuras flotantes de gran tamaño y peso como. Se hace un desglose de tipos de viviendas flotantes según el costo, materiales y tipos de elemento flotante utilizado. Se muestran proyectos flotantes realizados anteriormente en Colombia y el mundo.

## **11. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Es claro que las inundaciones son una problemática que afecta miles de personas en la Depresión Momposina, y este fenómeno se ha incrementado en los últimos años. La cota de inundación esta ascendiendo cada vez más y los registros de los niveles alcanzados son preocupantes. En algunas zonas los niveles del agua han alcanzado hasta casi dos metros, llegando a los techos de las viviendas.

Por todas las ya mencionadas consecuencias que conllevan las inundaciones, los autores de este trabajo han decidido crear una solución novedosa, funcional y económica a esta problemática. Es así como se llega a la determinación de diseñar la plataforma flotante para construir sobre ella una vivienda.

Como estudiantes de Ingeniería de Diseño de Producto, la ejecución de este proyecto sólo será hasta la plataforma y los sistemas de anclaje a la vivienda. El diseño o tipo de vivienda será excluido del informe, pero se generarán posibles soluciones adecuadas de viviendas. Estas deben albergar una familia de máximo seis personas, satisfaciendo las necesidades básicas de los usuarios durante el periodo de inundación. Debe ser una vivienda de construcción liviana, podrá recoger y suministrar agua lluvia para el consumo y podrá tener un sistema de manejo de residuos sanitarios. También deberá servir para que el usuario pueda cocinar sus alimentos y preferiblemente pueda sembrar en un pequeño huerto. También debería tener un área donde se puedan criar pequeños animales de consumo como gallinas, conejos, etc. Con esto se pretende que la vivienda sea sustentable para sus habitantes.

### **11.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

La plataforma ascenderá con el nivel del agua durante las inundaciones y permitirá que la vivienda pueda ser movilizadada a zonas donde se pueda sobrellevar más fácilmente la inundación y cuando termine este periodo se pueda regresar al lugar original.

La plataforma debe ser rígida y estable para que una vivienda pueda ser construida sobre ella. Esta plataforma debe ser construida con materiales de fácil y económica consecución; además durables en el tiempo.

Esta plataforma podrá ser subsidiada por alguna ONG o entidad del Estado. Podrá ser también adquirida por el usuario y en el mejor de los casos, él mismo la podrá fabricar. Este trabajo pretende generar a la población afectada una solución flotante a las inundaciones y empezar a concientizarlos de las posibilidades que tienen de sobrellevar dignamente estos periodos.

## 11.2 VARIABLES DE DISEÑO

Hecha la investigación y el análisis de la información en la contextualización, se arrojaron unas variables que se deben tener en cuenta para el diseño de la plataforma.

**Área habitable:** no debe ser menor a 35 m<sup>2</sup> y el costo de la plataforma y vivienda no deben superar los 70 SMLMV, para cumplir con las normas de vivienda de interés social (VIS).

**Habitantes:** en la zona, el promedio de usuarios por vivienda unifamiliar es seis personas.

**Cargas:** las cargas muertas máximas en construcción liviana son 200kg/ m<sup>2</sup> y cargas vivas de 150 kg/ m<sup>2</sup>. Resultando un total máximo de 350 kg/ m<sup>2</sup> que debe soportar la plataforma.

**Corriente río:** en la zona propuesta para el proyecto, las llanuras aluviales se encuentran aguas calmas o estancadas. La velocidad máxima del agua<sup>33</sup> encontrada en la zona es de 1.25 m/seg. Estas áreas no son el cauce principal del río donde se presentan velocidades máximas de hasta 3.5 m/seg.

**Altura máxima inundación:** se ha presentado que la cota máxima de inundación<sup>34</sup> ha sobrepasado hasta casi dos metros.

**Inclinación del terreno:** las llanuras aluviales<sup>35</sup> presentan inclinaciones promedio de 3°.

**Condiciones meteorológicas:** la precipitación media anual en la Depresión<sup>36</sup> es de 1.800 mm. La humedad relativa promedio es del 85%, que genera condiciones climáticas difíciles para cualquier material y disminuye su durabilidad. La altura sobre el nivel del mar alcanza los 20 metros; la temperatura media es de 28.7 ° centígrados. En la zona no se presentan vientos fuertes que puedan amenazar una vivienda flotante.

---

<sup>33</sup> BANCO DE OCCIDENTE, Río Grande De la Magdalena, Op cit. P 50

<sup>34</sup> CORMAGDALENA. Estado actual de los niveles del Río Magdalena, op cit

<sup>35</sup> BANCO DE OCCIDENTE, Río Grande De la Magdalena, Op cit. P 55

<sup>36</sup> Ibíd., p. 65

### 11.3 NECESIDADES DEL USUARIO

Después de la investigación, trabajo de campo y análisis del entorno y el usuario, se procede a identificar las necesidades del usuario y delimitar las especificaciones de diseño de producto (Tabla 3). Tomando como base el modelo de especificaciones de diseño de producto descrito en el libro “Diseño y Desarrollo de Productos” de Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, se muestra a continuación el listado de las necesidades que demanda la plataforma flotante, se clasificaron según la importancia que presenta cada necesidad, siendo 5 el valor de mayor importancia y 1 el valor de mínima importancia.

**Tabla 3. Necesidades del usuario.**

Num	Necesidad	Impor tancia
1	Que la plataforma genere un hábitat seguro para sobrellevar las inundaciones	5
2	Que sobre la plataforma pueda ser construida una vivienda unifamiliar de Max 6 personas.	5
3	Que la plataforma flote si el nivel del agua sube.	5
4	Que sea de costo asequible para los pobladores.	5
5	Que soporte las condiciones ambientales de la zona: humedad, radiación solar, temperaturas, corrosión.	5
6	Que tenga el área necesaria para que los usuarios la habiten. (35 m <sup>2</sup> )	5
7	Que pueda ser ensamblada por sus mismos habitantes.	4
8	Que pueda almacenar reserva de aguas lluvias.	3
9	Que soporte lluvias y vientos torrenciales.	4
10	Que cuando baje la inundación la plataforma quede nivelada sobre la tierra.	5
11	Que sea liviana, fácil movilizar y modulable para formar poblados.	4
12	Que tenga un sistema de anclaje durante la inundación, que soporte y no se la lleve la corriente.	5
13	Que sea estable y segura para el habitante.	5
14	Que se construya preferiblemente con materiales recuperados de la zona.	3
15	Que tenga un espacio para la siembra en huerto.	2
16	Que se puedan introducir servicios públicos.	3
17	Que tenga corredores de movilidad perimetral.	4
18	Que cumpla la normatividad de vivienda sismo resistente y estructural.	5
19	Que cumpla las leyes de planeación y ordenamiento territorial.	4
20	Que sea salubre y fácil de asear.	4
21	Que sea durable en el tiempo.	5

22	Que la plataforma se pueda liberar fácilmente del sistema de anclaje para movilizarla durante la inundación y establecerse en zonas más seguras	4
23	Que la plataforma sea concebida a partir de módulos más pequeños para futuras ampliaciones.	4
24	Que la plataforma también se pueda unir a otras y así formar edificaciones mayores como hospitales y escuelas.	4
25	Que entre la plataforma y la vivienda tenga un sistema de sujeción que sea adaptable a cualquier tipo de construcción.	5
26	Que la plataforma tenga un fácil acceso para los usuarios.	4
	Que la plataforma no tenga superficies cortas punzantes o aristas filosas.	4
27	Que la plataforma tenga puntos de enganche para poder ser remolcada en el agua durante la inundación.	4
28	Que durante la inundación la plataforma no pueda sufrir ningún daño y hundirse	5
29	Que la plataforma tenga una línea de información externa que indique si está flotando, está sobrecargada o desequilibrada.	4



## 11.4 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO

A continuación (Tabla 4) se numeran las especificaciones de diseño de producto provenientes de las necesidades del usuario.

**Tabla 4. Especificaciones de diseño de producto**

NECESIDAD	MÉTRICA	UNIDAD.	VALOR	IMP.	D-d
Que la plataforma pueda ser ensamblada por la población de la región	Tiempo de ensamblaje 2 adultos	Horas	24	5	D
Que la plataforma pueda ser ensamblada por la población de la región	Cantidad mínimas de personas para el ensamble	# personas	2	5	D
Que la plataforma pueda ser ensamblada por la población de la región	Se podrá ensamblar sin necesidad de equipo especializado				
Que tenga el tamaño necesario para que una familia de 6 personas la habite.	Área propuesta para la vivienda.	m <sup>2</sup>	18-35	5	D
Que tenga el tamaño necesario para que una familia de 6 personas la habite.	Área total habitable de la plataforma.	m <sup>2</sup>	<35	5	D
Que sobre la plataforma pueda ser construida una vivienda de construcción liviana.	Peso máximo Total de la vivienda	kg	<7200	5	D
Que sobre la plataforma pueda ser fijada una vivienda de construcción liviana.	Que la plataforma tenga un sistema de fijación que permita la construcción y estabilidad de una vivienda.			5	D
Que sobre la plataforma pueda ser construida una vivienda de construcción liviana.	Cantidad de peso máximo por m <sup>2</sup> construido de la vivienda(carga muerta)	kg/ m <sup>2</sup>	>200	5	D
Que la plataforma soporte el peso de las personas sobre ella y sus enseres.	Cantidad de peso máximo soportado por m <sup>2</sup> habitado y con enseres (carga viva)	kg/ m <sup>2</sup>	>150	5	D
Que la plataforma sea rígida en todo momento para que la vivienda no sufra daños.	La plataforma debe tener una rígida estructura que no permita deflexiones	mm	>20	5	D
Que la plataforma flote en las inundaciones	Fuerza boyante mínima	Kg/m <sup>2</sup>	<350	5	D
Que tenga corredores de movilidad perimetral.	Ancho mínimo de corredores	cm	50	3	d

Que la plataforma sea estable	El metacentro no quedara debajo del centro de gravedad			5	D
Que tenga un sistema de anclaje durante la inundación, que soporte y no se la lleve la corriente.	Mínimo de anclajes	cantidad	1	5	D
Que tenga un sistema de anclaje durante la inundación, que soporte y no se la lleve la corriente.	Nivel máximo permitido de asenso vertical en la inundación	m	<3	5	D
Que tenga un sistema de anclaje durante la inundación, que soporte y no se la lleve la corriente.	Nivel máximo permitido de movimiento horizontal en la inundación	m	<1	5	D
Que la plataforma se pueda liberar fácilmente del sistema de anclaje para movilizarla durante la inundación y establecerse en zonas más seguras	Tiempo máximo de liberación del sistema de anclaje	min	10	4	d
Que la plataforma garantice una zona de fácil acceso	Que tenga sistema de acceso	Cant	1	4	d
Que la plataforma no tenga superficies corto punzante o aristas filosas.	Número de aristas corto punzante o filosas.	Cant	0	3	d
Que la plataforma cuando esté sobre la tierra no sea muy alta	Altura máxima plataforma	m.	1	4	D
Que sea durable en el tiempo.	Vida útil de la plataforma	años	<10	4	D
Que cumpla las leyes de planeación y ordenamiento territorial.	Normatividad de cumplimiento del buen uso de la cuenca fluvial de Río Grande de la Magdalena CORMAGDALENA	cumple	Acuerdo 135 28/01/2008		anexo
Que la plataforma tenga unos apoyos para posarse a tierra cuanto no este sobre el agua	Cantidad mínima de apoyos	Can	3	5	D
Que los apoyos para posarse sobre tierra se puedan nivelar para que la plataforma quede estable y a nivel	Inclinación máxima terreno	Grados	3°	5	D
Que se puedan introducir a la vivienda servicios públicos.	Tubería del acueducto debe ser flexible para que pueda entrar a la vivienda dependiendo de la altura  Conexiones para $\frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ "			4	d

Que se puedan introducir a la vivienda servicios públicos.	El cable de la energía eléctrica deben entrar por aire al techo de la vivienda y alargarse dependiendo de la altura Conexión 120 V			4	d
Que sea liviana y fácil movilizar	Peso máximo total de la plataforma	kg	<3500	4	D
La plataforma tenga un peso adecuado para facilitar su transporte	Peso máximo por pieza para ensamblar	kg	<100	4	D
La plataforma tenga un tamaño adecuado para facilitar su transporte	Tamaño máximo de piezas para ensamblar	m	<3	4	D
Que tenga un espacio para la siembra en huerto.	Área huerto	m <sup>2</sup>	<1	3	d
Que la plataforma tenga puntos de enganche para poder ser remolcada y movilizada en el agua	Puntos de enganche	cantidad	<2	3	d
Que la plataforma tenga puntos de enganche para poder ser remolcada y movilizada en el agua	Capacidad de carga de puntos de enganche	kg	15000	3	d
Que la plataforma tenga puntos de amarre para embarcaciones, muelles u otras plataformas.	Capacidad de carga de puntos de amarre por cara de plataforma	Cantidad	>2	3	d
Que sea de costo asequible para las personas damnificadas.	Costo total de la plataforma	\$ millones	5	4	D
La plataforma debe ser fácil de asear	Tiempo máximo de limpieza	Minutos	60	4	D
Debe hacerse mantenimiento periódicamente.	Frecuencia de mantenimiento a la plataforma.	Meses	6	4	D
Que se construya preferiblemente con materiales recuperados de la zona.	Materiales recuperados de la zona	Cantidad	<60%	3	d
Que el viento no afecte la plataforma ni cuando flote ni cuando esté en tierra firme	Viento máximo	Km/h	50	5	D
Que la alta humedad del ambiente no afecte los materiales	Humedad relativa máxima	%	100	4	D
Que soporte las condiciones ambientales del la zona	Temperatura máxima del ambiente	°C	48	3	D
Que a la plataforma no se la lleve la corriente del río	velocidad del río	m/s	1.25	4	D

Que la plataforma tenga una línea de información externa que indique si cuando esta flotando está sobre cargada o desequilibrada.	Debe tener una línea de flotación en los costados de la plataforma.			4	D
Que la plataforma sea concebida a partir de módulos más pequeños para futuras ampliaciones.	Número mínimo de módulos	Cantidad	>2	3	d
Que la plataforma sea concebida a partir de módulos más pequeños para futuras ampliaciones.	Área de mínima de módulos	m <sup>2</sup>	9	3	d
Utilización de piezas comerciales.	Porcentajes de piezas comerciales.	%	>50	3	d
Que se construya preferiblemente con materiales recuperados de la zona.	Que las piezas de construcción sean de fácil consecución			3	d
Que la plataforma se fabrique rápidamente.	Tiempo Máx. de producción.	Días	5	4	d
Que la plataforma pueda tener un sistema de manejo residuos sanitarios.	Que la plataforma pueda tener un Baño seco para el manejo de residuos sanitarios.			4	d
Que pueda almacenar reserva de aguas lluvias.	Capacidad de almacenamiento	Lts	<200	4	d

D= Demanda

d= Deseo

Realizada la investigación anterior y analizados todos los datos, se cumple con el objetivo específico número uno y dos del proyecto.

## FASE 2 DISEÑO

## 12. ANÁLISIS FUNCIONAL

La finalidad del análisis funcional<sup>37</sup> es establecer las funciones requeridas y los límites del diseño, para que el producto cumpla su propósito.

### 12.1 DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN PRINCIPAL

La función principal de la plataforma será soportar una vivienda; en dos escenarios diferentes. El primer escenario es cuando esté en tierra firme y el segundo es cuando esté sobre el agua; artefacto cuyo flujo principal es *materia*<sup>38</sup>.

#### Escenario A

Se define como función principal de la plataforma; soportar una vivienda sobre tierra firme durante el periodo de sequía. (Figura 3). Con tres entradas principales que son: Vivienda, habitantes y tierra firme. Y como salida: Vivienda habitada soportada sobre tierra firme; artefacto cuyo flujo principal es *materia*<sup>39</sup>.

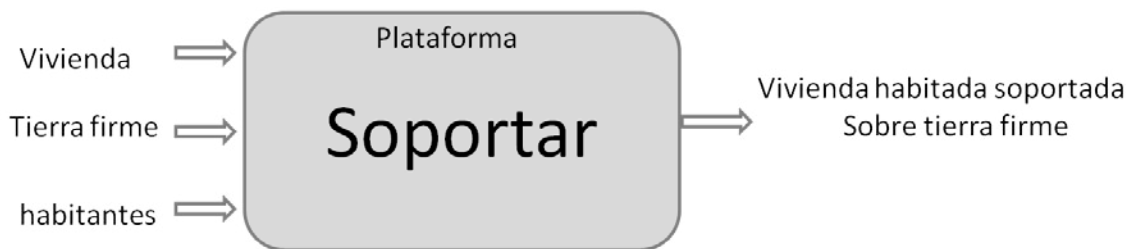


Figura 3. Función principal de escenario A en temporada seca

---

<sup>37</sup> CROSS, Nigel, Métodos de diseño. Editorial Limusa Wiley, México DF, 1999, Pág. 75

<sup>38</sup> RODRÍGUEZ, Alberto. ARTEFACTOS, DISEÑO CONCEPTUAL. Fondo Editorial Universidad EAFIT. Pág. 32

## Escenario B

Se define como función principal de la plataforma; soportar una vivienda sobre el agua durante el periodo de inundación. (Figura 4). Con tres entradas principales que son: Vivienda, habitantes e inundación. Y como salida: Vivienda habitada soportada durante la inundación.



Figura 4. Función principal de escenario B en temporada de inundación

## 12.2 CAJA NEGRA

Después de obtener la función principal, definimos también las entradas y salidas del sistema, con la caja negra mostrada en la Figura 5.

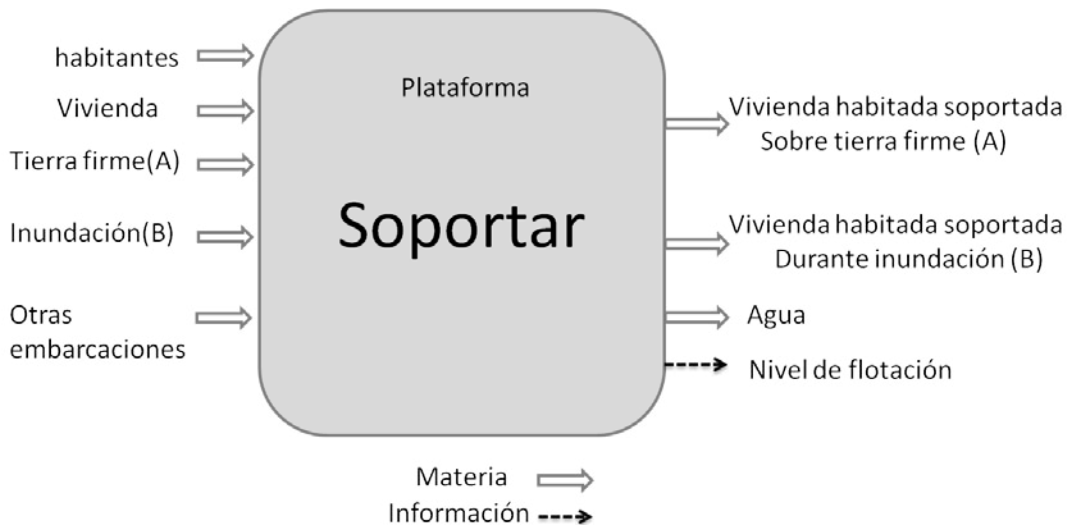


Figura 5. Caja Negra: con las entradas y salidas

## **Definición de entradas y salidas:**

### **Entradas:**

**Vivienda:** es la entrada principal del sistema, y se comprende como una vivienda de construcción liviana y todos los enseres dentro de ella. No debe sobrepasar los 7000kg de peso total, y de carga muerta 200 kg/m<sup>2</sup>. Esta vivienda, aparte de la plataforma, tendrá entradas propias necesarias para que su usuario la habite. Servicios públicos: comprende los servicios básicos de acueducto, energía eléctrica, red de gas y cualquier otra entrada la cual llega por vía aérea y flexible, directamente a la vivienda. Lluvia: la precipitación media anual en la zona es de 1.800 mm, la cual se podrá recolectar y abastecerá de agua apta para el consumo humano durante el periodo de inundación. Desechos: Producidos por los usuarios cuando se habita un lugar: desechos sanitarios, aguas grises y basura.

**Habitantes:** una familia de máximo seis personas las cuales habitarán en la vivienda.

**Inundación:** es el flujo de agua que eleva la plataforma durante las inundaciones. Puede prolongarse hasta por 8 meses, ascender hasta 2 metros y el río puede tener una velocidad de 1.25 m/seg.

**Tierra firme:** es donde se posa la plataforma en época de sequía. Debe ser suelo firme, lo más regular posible y con pendiente menores a 4°.

**Otras embarcaciones:** son otros artefactos flotantes, botes, muelles u otras plataformas a las cuales se acoplará cuando esté flotando.

### **Salidas:**

**Vivienda habitada soportada durante inundación:** cuando la época de inundación comience el nivel del agua elevará la plataforma, manteniendo a sus habitantes en un lugar apto para sobrellevarla.

**Vivienda habitada soportada sobre tierra firme:** cuando la plataforma esté en periodo de sequía, posada sobre la tierra firme.

**Agua:** es el resultado de la entrada del flujo del periodo de inundaciones, la cual levanta la plataforma, pero el agua sale del sistema.

**Nivel de flotación:** es la información que sale de la plataforma donde muestra si está flotando de manera estable o sobrecargada.



### 12.3 FUNCIONES SECUNDARIAS Y SISTEMAS DE LA PLATAFORMA.

Se definen las funciones secundarias: como las necesarias para que la plataforma funcione adecuadamente y necesariamente están ligadas a la función principal. Estas funciones también podrán ser llamadas como sistemas de la plataforma

**Estructura (soportar):** es la función que integra y da estructura a todos los elementos. Soportará la vivienda y transferirá las fuerzas fuera del sistema. Este sistema de estructura debe permitir rigidez cargando fuerzas de hasta 300 kg/m (Figura 6).

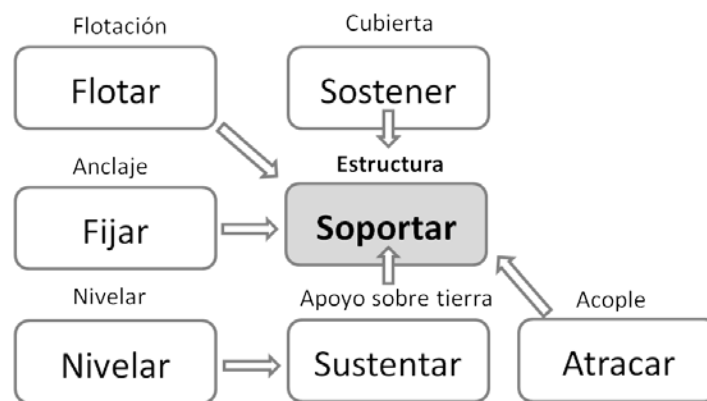


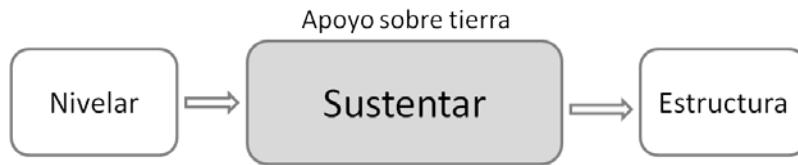
Figura 6. Función de la estructura

**Flotación (flotar):** este sistema de flotación dará la sustentación y fuerza boyante necesaria para que la plataforma se eleve con el nivel del agua en el periodo de inundación. Esta función debe poder sustentar 400 kg/m<sup>2</sup> (Figura 7).



Figura 7. Función de flotación

**Apoyo sobre tierra (sustentar):** este sistema da la función de apoyo sobre la tierra cuando la plataforma se pose sobre la tierra firme en época de sequía. Esta debe transferir todo el peso de la vivienda y de la estructura de la plataforma al suelo, sin afectar el sistema de flotación (Figura 8).



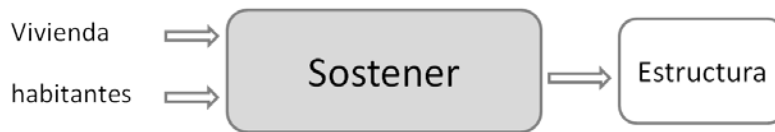
**Figura 8. Función apoyar**

**Nivelación (nivelar):** este sistema permite asentar la plataforma en cualquier lugar o superficie inconsistente, con una pendiente menor a 4° y ésta se pueda nivelar, para que la vivienda no quede inclinada (Figura 9).



**Figura 9. Función de nivelar**

**Cubierta (Sostener):** es donde se ubica la vivienda sobre la plataforma y es una superficie plana donde sus usuarias pueden habitar (Figura 10).



**Figura 10. Función de la cubierta**

**Anclaje (fijar):** este sistema restringe que la plataforma se traslade de lugar cuando esté flotando, da la función de amarre pero además permite el movimiento vertical que fluctúa con el nivel del agua. Puede ascender hasta dos metros sobre el suelo y no debe permitir movimientos horizontales mayores a un metro (Figura 11).



**Figura 11. Función de anclaje**

**Sujeción de la vivienda (sujetar):** este sistema da la fijación y estabilidad necesaria entre la vivienda y plataforma.

## 12.4 FUNCIONES SECUNDARIAS AUXILIARES

Estas se definen como no necesarias para el funcionamiento básico de la plataforma, pero a su vez son de gran importancia para la comodidad y buen uso de la plataforma.

**Ascenso usuario (ascender):** es por el lugar donde accede el usuario a la plataforma. La plataforma no debe tener más de un metro de altura cuando ésta se pose sobre la tierra (Figura 12).

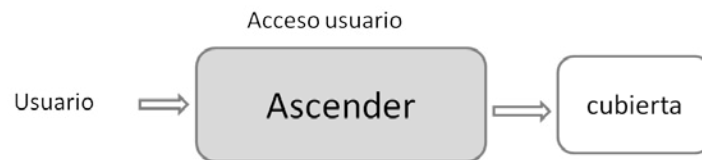


Figura 12. Función secundaria auxiliar de ascender

**Acople a otras embarcaciones (Atracar):** es el lugar (bita y cornamusa) donde se amarran otras embarcaciones o se fija a un muelle flotante o se acopla a otras plataformas (Figura 13).



Figura 13. Función secundaria auxiliar atracar

**Defensas contra otras embarcaciones o muelles (proteger):** debe tener un sistema de protección contra otras embarcaciones cuando choquen con fuerza, disminuyendo el impacto, además brindando un espaciamiento cuando estén amarradas, evitando fricción con el oleaje (Figura 14).

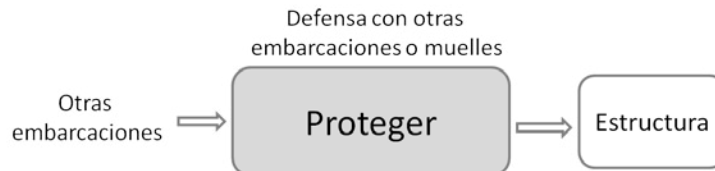


Figura 14. Función secundaria auxiliar proteger

## 12.5 ESTRUCTURA FUNCIONAL

La estructura funcional en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, ilustra de manera gráfica por medio de un diagrama de bloques, las interacciones entre las funciones secundarias listadas en el numeral anterior. El cuadro indica el límite del sistema, es decir, lo que comprende a la plataforma. Como en este proyecto los autores sólo plantean hasta diseñar la plataforma, la vivienda que va sobre ella, está fuera del alcance, y por ende fuera del sistema.

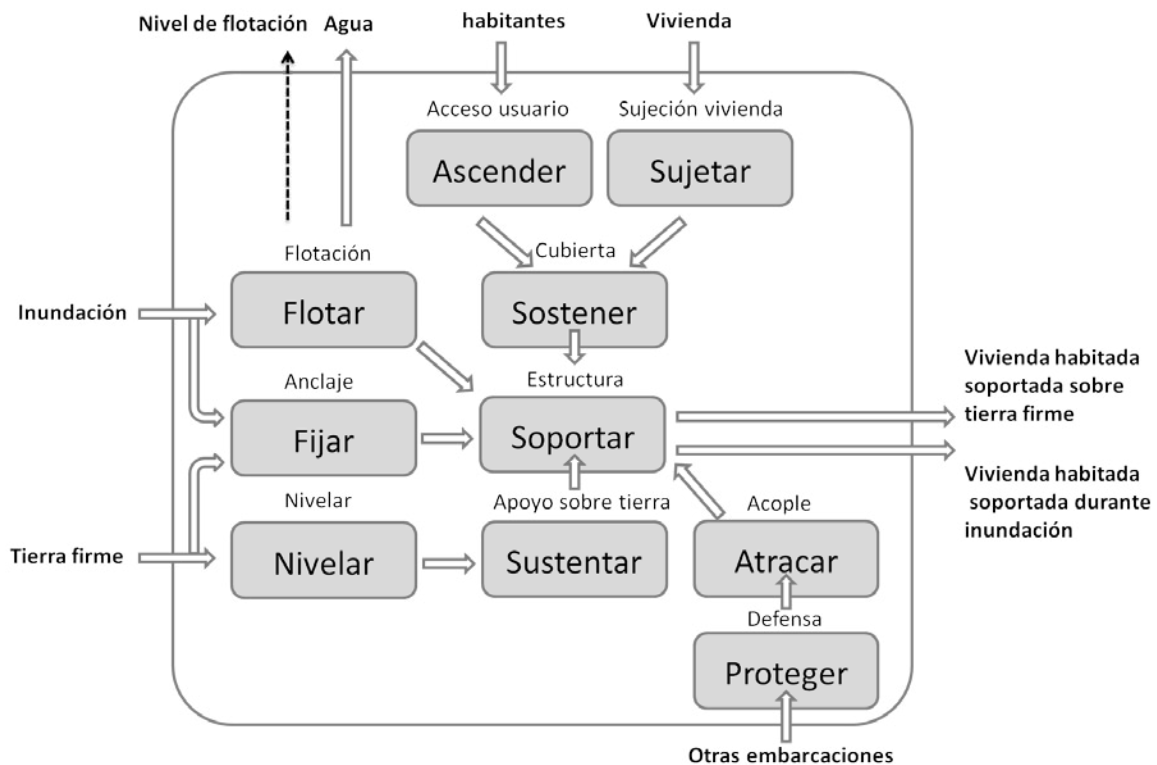
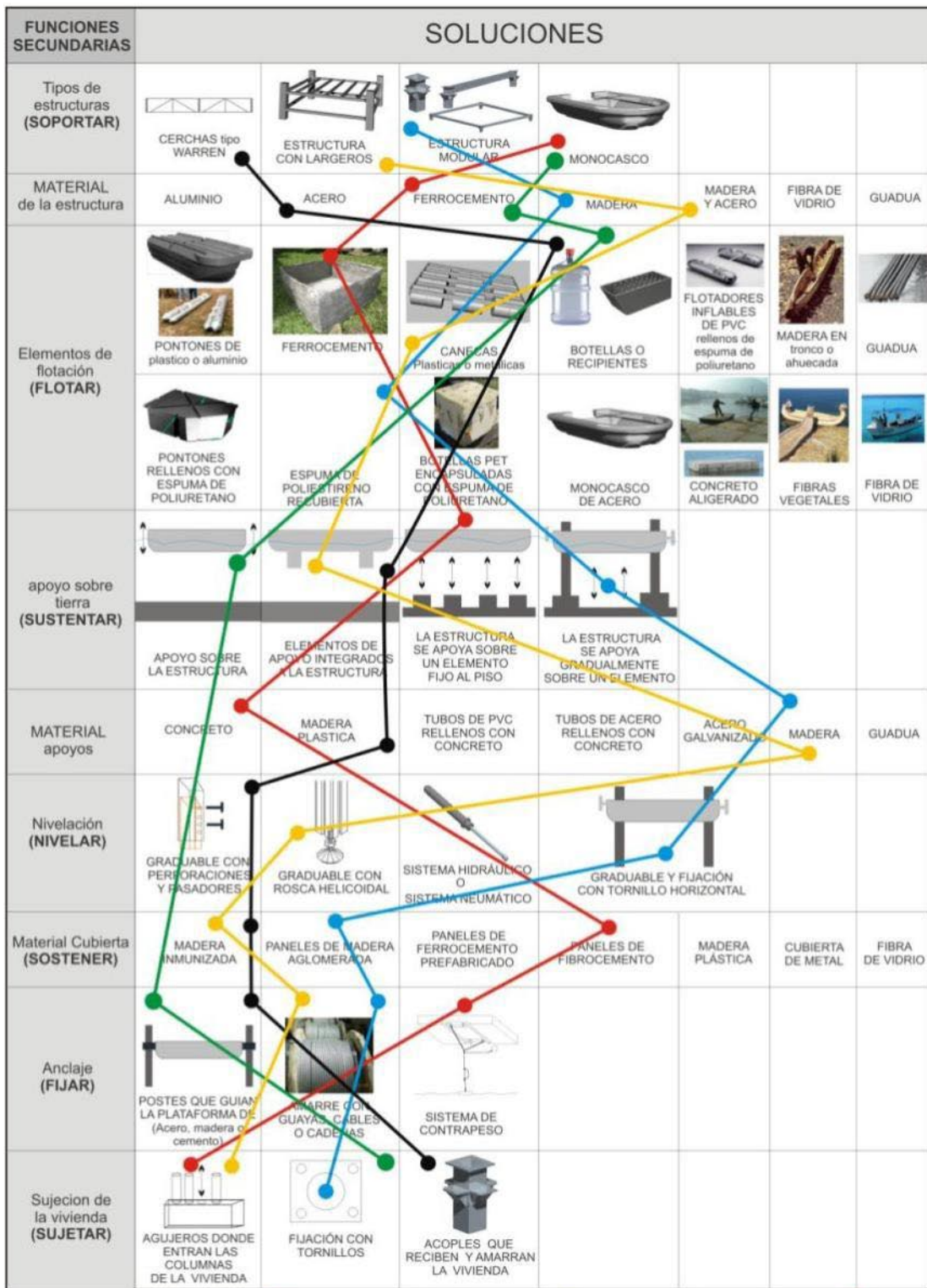


Figura 15. Estructura funcional

## 12.6 MATRIZ MORFOLÓGICA DE FUNCIONES SECUNDARIAS

FUNCIONES SECUNDARIAS	SOLUCIONES						
Tipos de estructuras (SOPORTAR)	 CERCHAS tipo WARREN	 ESTRUCTURA CON LARGEROS	 ESTRUCTURA MODULAR	 MONOCASCO			
MATERIAL de la estructura	MADERA	ACERO	FERROCEMENTO	ALUMINIO	MADERA Y ACERO	FIBRA DE VIDRIO	GUADUA
Elementos de flotación (FLOTAR)	 PONTONES DE plástico o aluminio	 FERROCEMENTO	 CANECAS Plásticas o metálicas	 BOTELLAS O RECIPIENTES	 FLOTADORES INFLABLES DE PVC rellenos de espuma de poliuretano	 MADERA EN tronco o ahuecada	 GUADUA
	 PONTONES RELLENOS CON ESPUMA DE POLIURETANO	 ESPUMA DE POLIESTIRENO RECUBIERTA	 BOTELLAS PET ENCAPSULADAS CON ESPUMA DE POLIURETANO	 MONOCASCO DE ACERO	 CONCRETO ALIGERADO	 FIBRAS VEGETALES	 FIBRA DE VIDRIO
apoyo sobre tierra (SUSTENTAR)	 APOYO SOBRE LA ESTRUCTURA	 ELEMENTOS DE APOYO INTEGRADOS A LA ESTRUCTURA	 LA ESTRUCTURA SE APOYA SOBRE UN ELEMENTO FIJO AL PISO	 LA ESTRUCTURA SE APOYA GRADUALMENTE SOBRE UN ELEMENTO			
MATERIAL apoyos	CONCRETO	MADERA PLÁSTICA	TUBOS DE PVC RELLENOS CON CONCRETO	TUBOS DE ACERO RELLENOS CON CONCRETO	ACERO GALVANIZADO	MADERA	GUADUA
Nivelación (NIVELAR)	 GRADUABLE CON PERFORACIONES Y PASADORES	 GRADUABLE CON ROSCA HELICOIDAL	 ACTUADORES HIDRÁULICOS O NEUMÁTICO	 GRADUABLE Y FIJACIÓN CON TORNILLO HORIZONTAL			
Material Cubierta (SOSTENER)	MADERA INMUNIZADA	PANELES DE MADERA AGLOMERADA	PANELES DE FERROCEMENTO	PANELES DE FIBROCEMENTO	MADERA PLÁSTICA	CUBIERTA DE METAL	FIBRA DE VIDRIO
Anclaje (FIJAR)	 POSTES QUE GUIAN LA PLATAFORMA DE (Acero, madera o cemento)	 AMARRE CON GUAYAS, CABLES O CADENAS	 SISTEMA DE CONTRAPESO				
Sujeción de la vivienda (SUJETAR)	 AGUJEROS DONDE ENTRAN LAS COLUMNAS DE LA VIVIENDA	 FIJACIÓN CON TORNILLOS	 ACOPLES QUE RECIBEN Y AMARRAN LAS COLUMNAS				

Figura 16. Matriz morfológica de funciones secundarias



Alternativa 1 Alternativa 2 Alternativa 3 Alternativa 4 Alternativa 5

Figura 17. Rutas de soluciones

Tabla 5. Matriz de funciones secundarias auxiliares.

Funciones secundarias auxiliares	Solución			
<b>Ascenso usuario (ascender)</b>	Escaleras integradas a la estructura		Escaleras fijas al suelo	
<b>Acople a otras embarcaciones (Atracar):</b>	Bitas	Cornamusa	Cáncamo	
<b>Defensas contra otras embarcaciones o muelles (proteger):</b>	Llantas caucho	Defensas marítimas	Espumas plásticas	Costales con botellas

Para cada función se planteo una lista con las posibles soluciones más adecuadas (Figura 16, Figura 17 y Tabla 5). Para las funciones más importantes se explica el por qué se eligieron estas opciones.

**Estructura (soportar):** ésta función se dividió por material y tipo de estructura.

**Material:** el acero se seleccionó por su rigidez y se encontró una interesante cantidad de económicos excedentes recuperados de torres de energía en la zona. El ferrocemento se encontró muy interesante, se pueden transportar los materiales para realizar su fabricación en sitio; son moderadamente económicos y fáciles de adquirir. La madera es el material más fácil de manipular, existe mucha en gran cantidad en la zona, pero este proyecto nunca ha concebido talar madera nativa, se encontró cultivos maderables los cuales podrían ser utilizados para dichos fines.

Los tipos de estructuras que se estudiaron dependían directamente del elemento flotante: el ferrocemento como elemento estructural forma un monocasco o barcaza. Cualquier otro elemento de flotación no rígido por sí mismo debe ser integrado por una estructura adicional.

**Flotación (flotar):** para esta función se encontró económicas y duraderas soluciones. El ferrocemento es duradero, pero a mayor costo, requiere de capacidades técnicas para su producción. Las canecas plásticas, como excedentes industriales son también duraderas y no son de alto costo. Se encontró una madera llamada Catahua<sup>40</sup> la cual tiene excelentes propiedades de flotación, porque en su interior las fibras están separadas con cámaras de aire que disminuyen su densidad; también cuenta con una larga duración estando inmersa en el agua. Las botellas de PET es una buena solución, son ese encuentran en la zona y ofrecen una buena relación costo beneficio, su duración.

---

<sup>40</sup> Catahua: madera usada como elemento flotante en viviendas fluviales por sus excelentes características: se solidifica al estar sumergida en el agua y dificultando su degradación.

## 13. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

### 13.1 REFERENTES DE FLOTACIÓN

Se usaron dos referentes para abstraer el principio flotante en las alternativas de diseño (Ilustración 16). Son dos plantas que flotan en el agua, la Victoria amazónica (victoria regia) puede soportar un bebe en sus hojas flotantes; este principio flotante es aplicable a una plataforma de ferrocemento. La Eichhornia crassipes, es una planta que flota debido a unas capsulas de aire que aloja entre sus fibras, generando unos buchones (es llamada así en las principales represas y lagunas de Antioquia) que la sustentan sobre el agua.



Ilustración 16. Referentes del principio de flotación

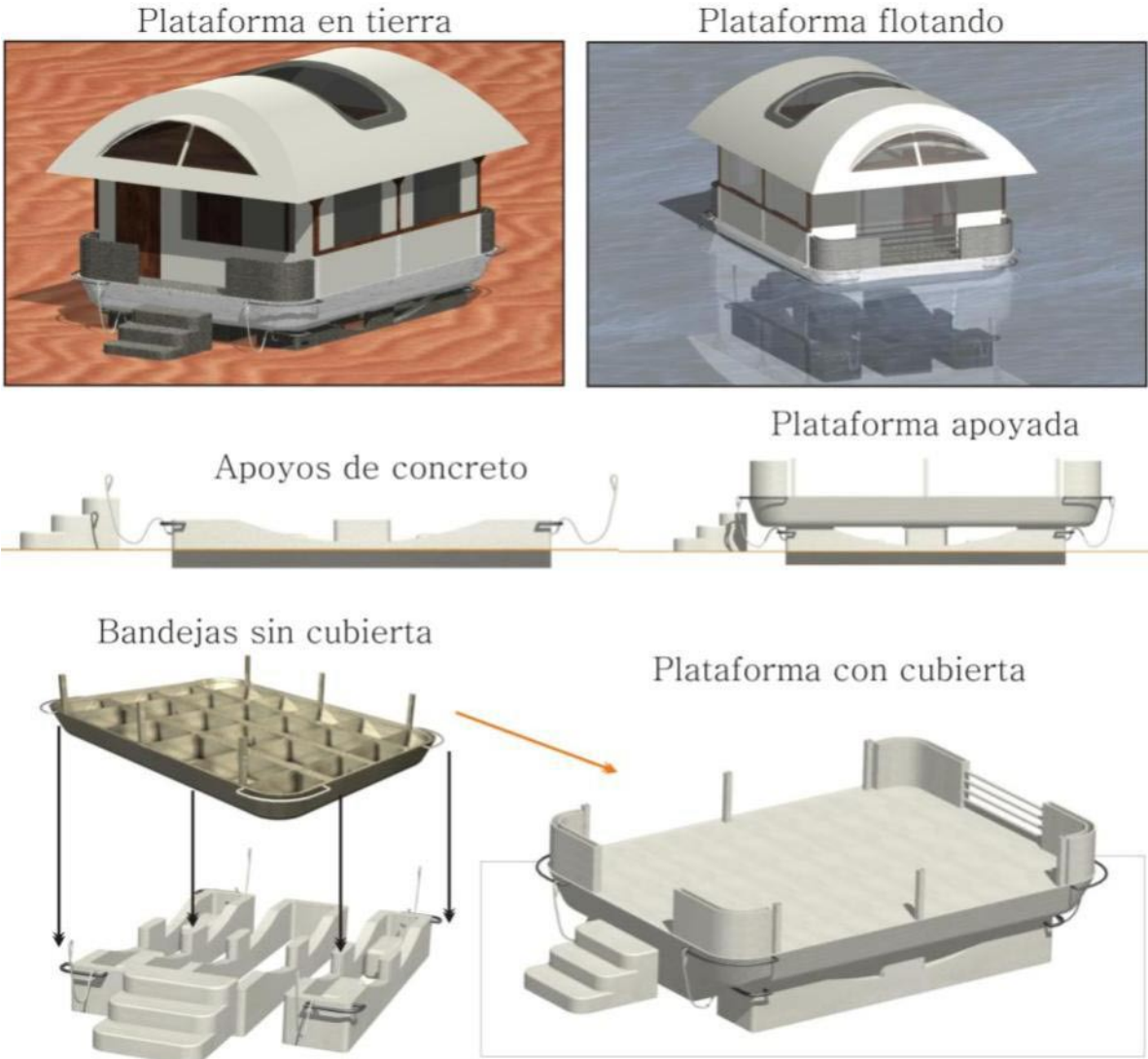
### 13.2 ALTERNATIVAS ARROJADAS POR LA MATRIZ MORFOLÓGICA

Se reunieron todas las posibles soluciones de las funciones auxiliares, se seleccionaron las mejores y se conformaron en cinco alternativas de plataformas flotantes, con una propuesta de vivienda construida sobre ella.

Las cinco alternativas varían principalmente en el sistema de flotación (Ilustración 17 a Ilustración 21)...Para ampliar información diríjase al Anexo E...



**Alternativa 1. Estructura y flotación en Ferrocemento** (Ilustración 17). Ésta alternativa es relativamente económica. Ventajas: la misma estructura es el mismo elemento flotante, los materiales no son difíciles de adquirir, se puede construir en el sitio, por su peso ofrece una flotación estable, muy durable en el tiempo. Desventajas: requiere conocimiento técnico para el diseño estructural y experiencia en la construcción, es muy pesada, si se presenta un golpe puede generar un rompimiento pero como está dividida por cámaras solo se inundarán las afectadas.



**Ilustración 17. Alternativa 1**

**Alternativa 2. Estructura en Ferrocemento y flotación en botellas** (Ilustración 18). Esta alternativa es relativamente económica. **Ventajas:** la misma estructura es la misma superficie donde se sostiene la vivienda, los materiales no son difíciles de adquirir, se puede construir en el sitio, por su peso ofrece una flotación estable, muy durable en el tiempo y su elemento de flotación son botellas, se garantiza la flotabilidad si hay rompimiento un por golpe. **Desventajas:** requiere conocimiento técnico para el diseño estructural y experiencia en la construcción, es muy pesada, es difícil calcular la fuerza boyante sin determinar la cantidad y características de la botella.



Ilustración 18. Alternativa 2

**Alternativa 3. Estructura en madera con flotación en canecas** (Ilustración 19). Esta alternativa es muy común en viviendas flotantes, Ventajas: las canecas son fáciles de conseguir y relativamente económicas, si una caneca se rompe puede ser remplazada sin afectar la flotación. **Desventajas:** La madera no debe quedar en contacto con el agua y muy bien inmunizada para garantizar la duración.

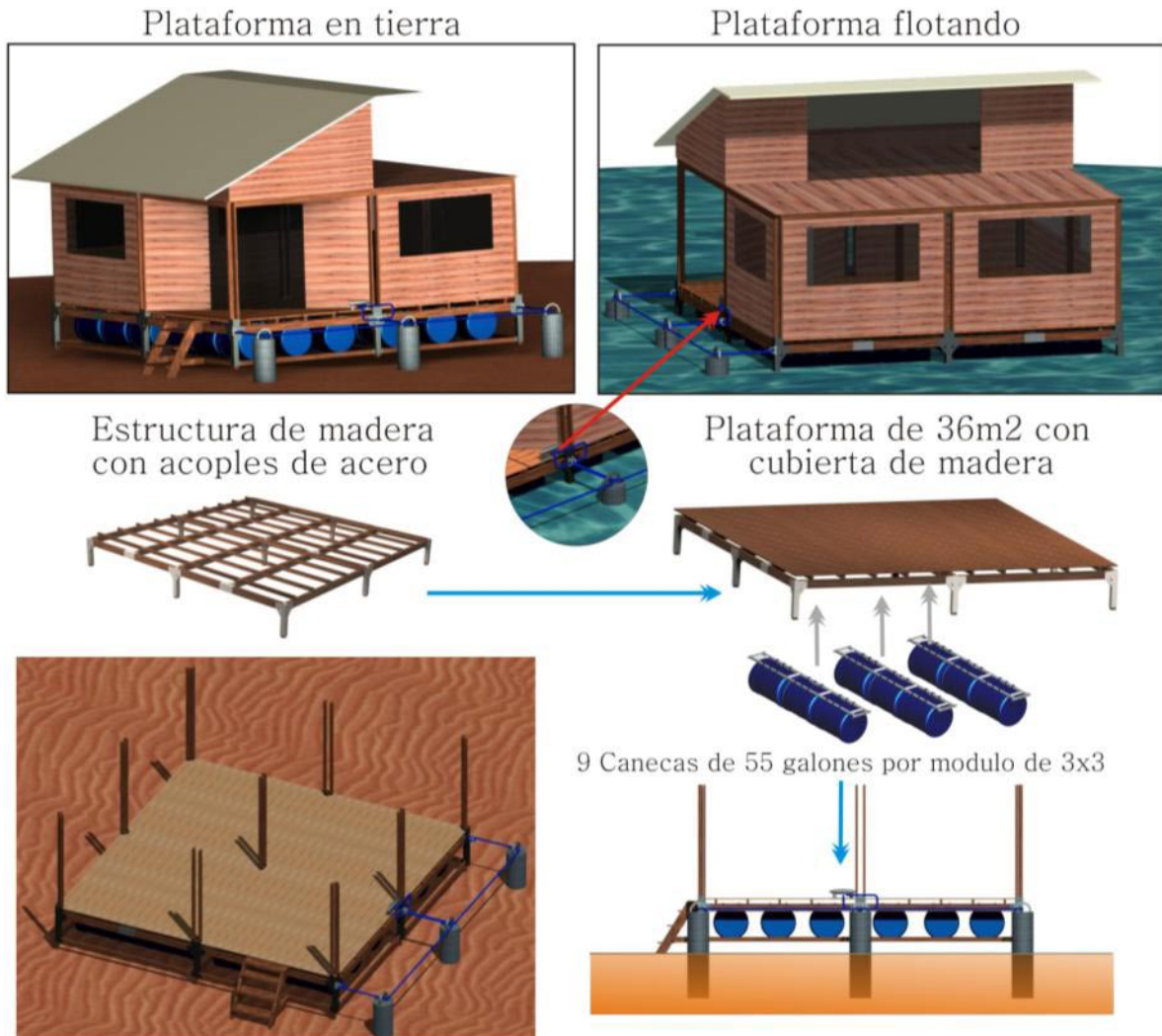


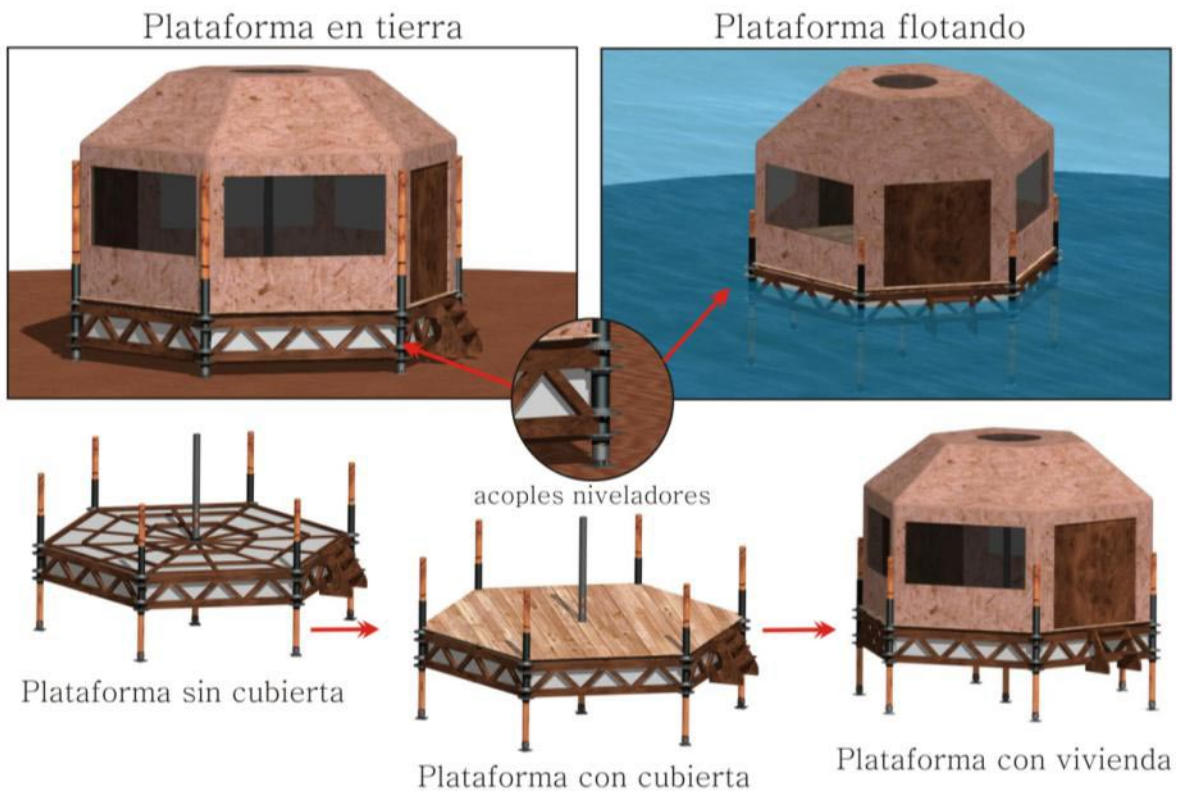
Ilustración 19. Alternativa 3

**Alternativa 4. Estructura metálica con flotación en botellas** (Ilustración 20). Esta alternativa de flotación es muy económica y muy fácil de adquirir se garantiza que las botellas no se salgan con unas mallas. **Ventajas:** Las botellas ofrecen buena duración en el tiempo y si se deterioran pueden ser remplazadas fácilmente debido a su bajo costo. **Desventajas:** Es dificultoso el manejo y calcular la fuerza boyante sin determinar la cantidad y características de la botella, el transporte es muy voluminoso y de poco peso, entre las botellas puede generarse acumulación de desechos, la estructura no debe quedar en contacto con el agua y muy bien impermeabilizada para garantizar la duración.



Ilustración 20. Alternativa 4

**Alternativa 5. Estructura hexagonal en madera flotando en Poliestireno expandido** (Ilustración 21). Esta alternativa por su forma ofrece una buena modulación con otras plataformas de igual forma, pero por la irregularidad de las piezas es más difícil construirla. **Ventajas:** El Poliestireno expandido ofrece una muy buena flotación a muy bajo costo. **Desventajas:** El Poliestireno expandido puede ser atacado por gasolina o solventes del petróleo. Eso puede ser solucionado cubriéndolo con una mezcla impermeable de concreto o algún otro recubrimiento, el transporte es muy voluminoso y de poco peso.



**Ilustración 21. Alternativa 5**

## 14. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

### 14.1 DEFINICIÓN CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Se pretende elegir la plataforma que sea más adecuada para satisfacer las necesidades del usuario, donde la fácil adquisición es el factor más relevante, en costo y materiales. También es importante la facilidad de fabricación y ensamble de la plataforma. Elegir la alternativa con mayor capacidad de flotación y mayor eficiencia, que sea estable, y difícil de sumergir. La durabilidad en el tiempo también es un factor importante que se debe tener en cuenta.

A continuación se definen los objetivos para la evaluación de las alternativas, con su respectivo porcentaje de importancia.

1. **Economía: (30%)** El principal limitante del proyecto es el costo de la plataforma, el cual no debe ser mayor de \$ 5'000.000 pesos. Se calificará de la siguiente manera:
  - Mayor 8 millones ( 3 puntos)
  - De 8 a 5 millones ( 4 puntos)
  - Menor 5 millones ( 5 puntos)
2. **Materiales fáciles de adquirir: (25%)** Si los materiales se pueden conseguir en la zona y en abundancia, se denominaran fáciles de adquirir (5 puntos). Si algunos materiales son de la zona y otros no (4 puntos). De lo contrario, si requiere traerlos de otras zonas del país y no es tan frecuente encontrar los materiales (3 puntos).
3. **Facilidad de hacer: (15%)** Se define por la simplicidad de las operaciones para ser realizada. La facilidad de fabricación y ensamble en sitio, sin requerir mano de obra calificada (5 puntos). De lo contrario si es compleja su fabricación y ensamble (0 puntos).
4. **Capacidad de flotación: (15%)** Se define como la capacidad de flotación por  $m^3$ , generando estabilidad y seguridad a la plataforma, con menor probabilidad de sumergirse.
  - Mayor a 800 kg de flotación por  $m^3$  ( 5 puntos)
  - De 700 a 800 kg de flotación por  $m^3$  ( 4 puntos)
  - Menor a 700 kg de flotación por  $m^3$  ( 3 puntos)
5. **Durabilidad: (15%)** Se puede denominar durable en el tiempo, si su estructura y sistema de flotación pueden durar más de 10 años en condiciones normales de uso y con su respectivo mantenimiento (5 puntos). De lo contrario si es menor a 10 años (3 puntos).

Tabla 6. Evaluación ponderada de alternativas

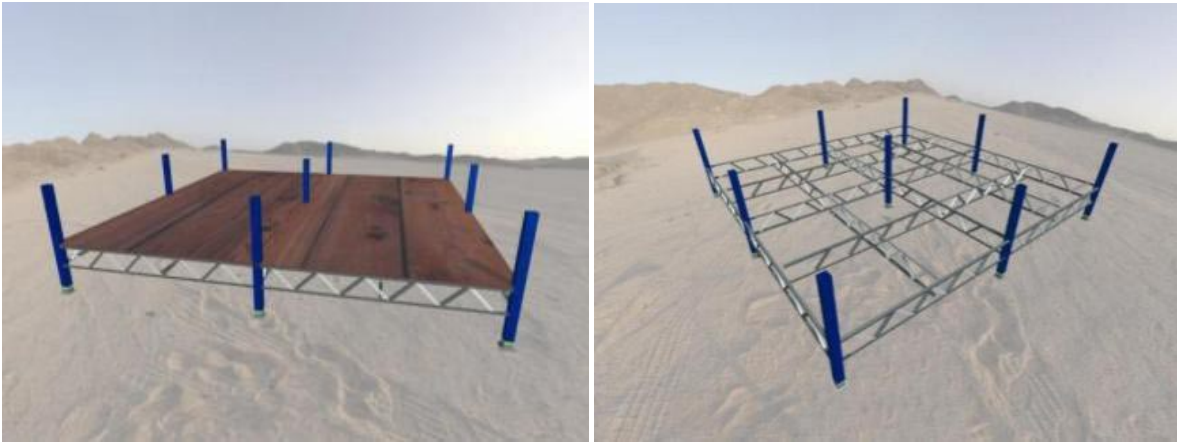
Evaluación ponderada de alternativas											
Alternativas	Criterios de evaluación										TOTAL
	Economía (I=30%)		Materiales fáciles de adquirir (I=25%)		Facilidad de hacer (I=15%)		Capacidad de flotación (I=15%)		Durabilidad (I=15%)		
	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	
1.	3	0.9	3	0.75	2	0.3	4	0.6	4	0.6	3.75
2.	4	1.2	3	0.75	3	0.45	3	0.45	3	0.45	3.3
3.	3	0.9	4	1	3	0.45	3	0.45	3	0.45	3.25
4.	5	1.5	5	1.25	5	0.75	3	0.45	4	0.6	4.5
5.	4	1.2	4	1	4	0.6	4	0.6	3	0.45	3.8
<b>I= Importancia; P= Puntaje(1-5); T= I X P</b>											

## 14.2 CONCEPTO SOLUCIÓN

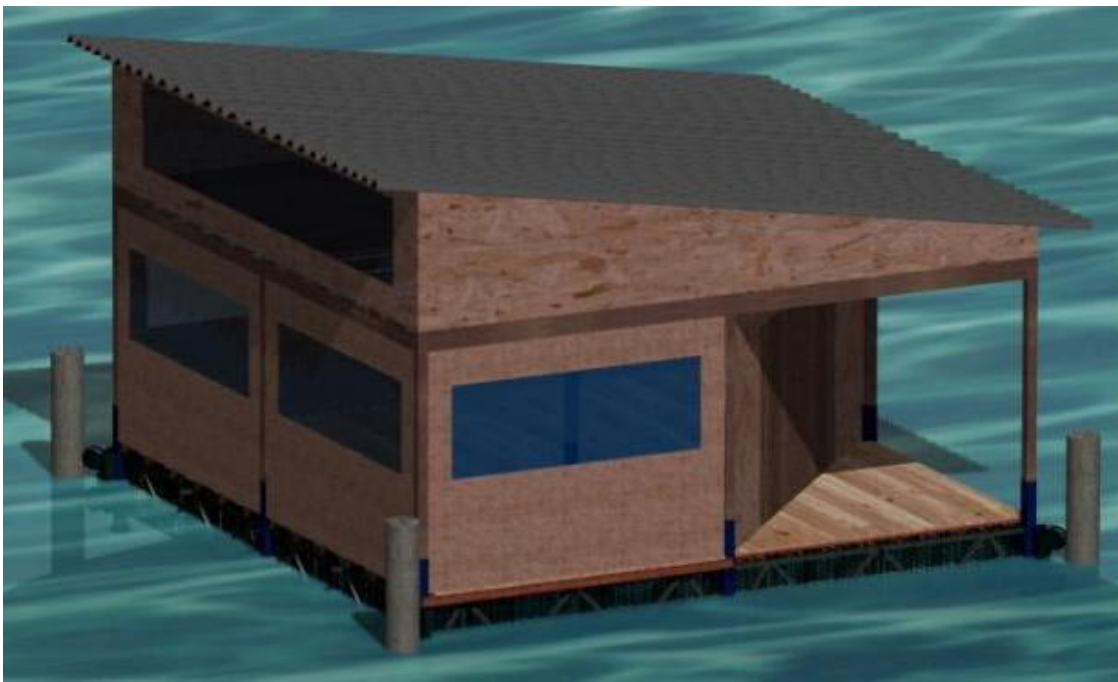
La alternativa 4 en la Tabla 6, obtuvo el mejor puntaje (4.5) debido principalmente a su economía, por aprovechamiento de material recuperado en la flotación como son las botellas de PET. Los materiales son fáciles de adquirir en la zona. Los usuarios la podrían ensamblar o fabricar alguna solución similar, utilizando el mismo concepto. Sólo en la capacidad de flotación resultó con menor puntaje que el Ferrocemento y el Poliestireno, debido a que en éstas soluciones el aprovechamiento del volumen de flotación es mayor, porque no se pierde espacio entre las botellas. En cuanto a su vida útil fue beneficiada por las características durables del PET.

La alternativa número uno, en ferrocemento también es considerada como una muy buena solución, por sus características de durabilidad y flotación. Resulta muy fácil llevar los materiales a la zona y se pueden aprovechar las arenas del río para la mezcla con el cemento. Pero la complejidad técnica en el diseño del casco y la estructura, la experiencia necesaria requerida durante la construcción, hacen de ésta una alternativa con mayor dificultad de implementación.

La solución resultante en el proceso de diseño reúne todas las características requeridas por las necesidades del usuario y las especificaciones de diseño, principalmente en economía y factibilidad que el mismo usuario adapte éste concepto flotante para fabricar su propia plataforma flotante (Ilustración 23 e Ilustración 22).



**Ilustración 23. Estructura de la plataforma con y sin cubierta**



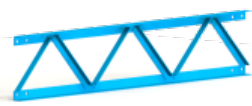



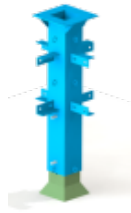
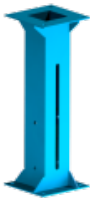
**Ilustración 22. Plataforma con vivienda**



## 15. MEJORA Y DISEÑO DE DETALLE

En este capítulo se procede a realizar la mejora de la alternativa seleccionada. Se realizará el diseño de detalle, cálculo de la estructura y descripción general de la solución propuesta por los autores, acompañada por último de los planos para proceder a la construcción.

### 15.1 LISTA DE ELEMENTOS MEJORADOS DEL CONCEPTO SOLUCIÓN

Elemento	Que se debe mejorar	Como se mejoró	Ilustración
<b>Estructura</b>	Debe ser rígida, liviana, se debe evitar que esté sumergida en el agua	Utilizando cerchas Warren (simples y rígidas) , se disminuyo la altura de la cercha a 25 cm para evitar que permanezca bajo el nivel del agua	
<b>Flotación</b>	Garantizar que no naufrague el sistema sufre un daño	Se dividió el sistema de flotación en 16 contenedores diferentes	
<b>Anclaje</b>	Simplificar el sistema garantizando su funcionalidad	Se soluciono con anillos guiados en postes	
<b>Cubierta</b>	No se puede transitar alrededor de la vivienda	Se aumento el área de la plataforma con corredores laterales	
<b>Apoyos en tierra</b>	Garantizar su durabilidad y resistencia debido a que estarán sumergidos en el agua	Se implementaron materiales como la madera inmunizada y madera plástica	
<b>Nivelación de la plataforma</b>	Simplificar el sistema de graduación de los apoyos y difícil acceso a manipular el apoyo central	Los apoyos se bloquearan con pasadores y el central se graduara por encima de la superficie con un complemento extra	

## 15.2 ESTUDIO DE FORMAS DE LA PLATAFORMA Y SUS MODULACIONES

Se estudiaron y analizaron diferentes figuras geométricas básicas para definir como debería ser la forma ideal de la plataforma, enfatizando en su modularidad, estabilidad en la flotación y aprovechamiento de espacio para la vivienda (Figura 18). Se concluyó que la figura número 6, un hexágono similar a una colmena es muy apropiada en cuanto a modularidad, pero más compleja de fabricar. Por facilidad de construcción y aprovechamiento de espacio en la vivienda se opta por elegir el cuadrado que es una forma muy estable de flotación.

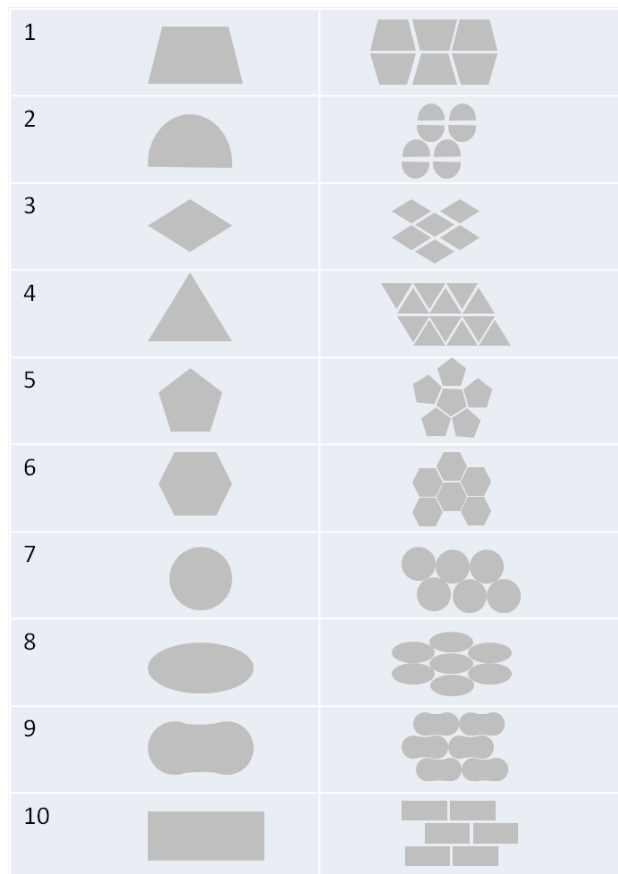


Figura 18. Formas básicas de plataforma y sus modulaciones

## 16. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLATAFORMA FLOTANTE

La plataforma flotante (Ilustración 24) será concebida con un área habitable de 36 m<sup>2</sup>, flotará en botellas PET de gaseosa de 2.5 litros, recubiertas con malla de polipropileno entretejidas entre sí formando cuatro gaviones como elementos flotantes, estos están tejidos a una estructura metálica modular de acero galvanizado, conformada por cerchas tipo Warren las cuales proporcionan la rigidez necesaria. Conformada por cuatro módulos que se pueden ensamblar y desensamblar permitiendo un fácil transporte. El piso o cubierta de la plataforma será en tablilla de madera inmunizada fijada a la estructura, para que sobre ésta se pueda construir una vivienda, y así poder sobrellevar las inundaciones. La plataforma estará anclada a un par de postes para permitir que ascienda con el nivel del agua, pero que no se desplace del mismo lugar cuando esté flotando. Cuando la plataforma esté sobre tierra firme se posará en unos apoyos que sobresalen de la estructura distribuyendo el peso de manera uniforme y además permitirán nivelar la vivienda cada vez que se pose en tierra dependiendo de la inclinación y asimetría del terreno. Esta plataforma está concebida con unas escaleras para que el usuario pueda acceder a su vivienda de una fácil manera, puesto que estará elevada del piso a aproximadamente 70 cm. El área habitable de seis por seis metros formará una estructura cuadrada de donde se podrán fijar columnas y bases necesarias para cualquier tipo de construcción liviana que quiera ser implementada en la vivienda. En el perímetro de la plataforma tendrá un corredor de 60 cm para movilizarse alrededor de la vivienda. A su vez tendrá amarres laterales para que cuando esté flotando pueda ser acoplada a otras plataformas o muelles y otras pequeñas embarcaciones puedan atracar en ella.

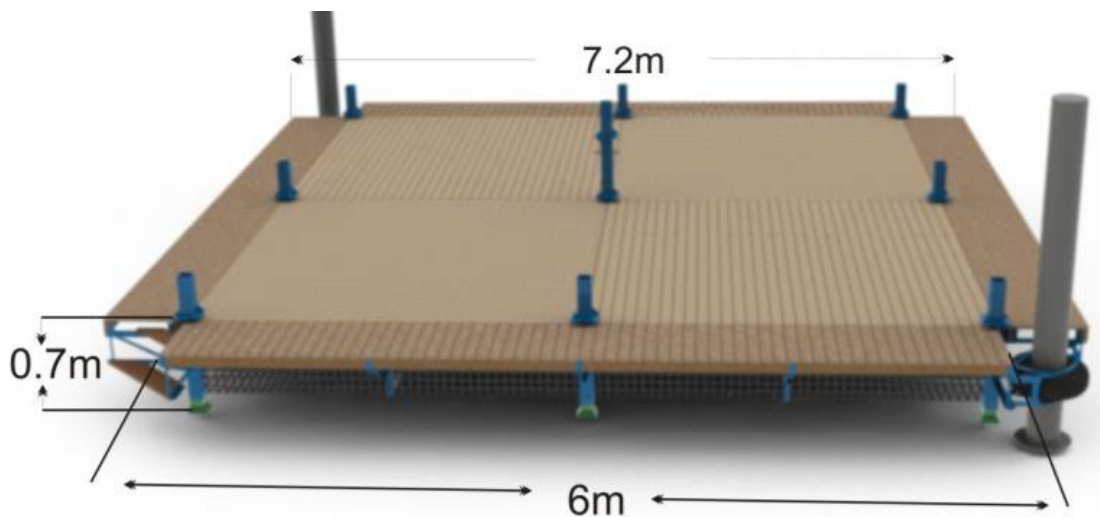


Ilustración 24. Plataforma Flotante

## 16.1 DIMENSIONES

La plataforma está concebida en cuatro módulos de tres por tres metros (

Ilustración 24), generando un área habitable de seis por seis metros (36 m<sup>2</sup>), donde se puede construir la vivienda. Si se le añaden los cuatro corredores laterales que suman 14.4 m<sup>2</sup>, puede llegar a tener 50.4 m<sup>2</sup> de área total y medir 7.2 metros de largo y ancho. La plataforma, tiene la posibilidad de extenderse acoplándole otros módulos y generar superficies de mayor tamaño para todo tipo de aplicaciones y necesidades (escuelas y hospitales flotantes).

## 16.2 PESO DE LA PLATAFORMA

La plataforma está diseñada para ser liviana, su peso total es de **2379 kg** (Tabla 7) con todos los accesorios necesarios y los corredores laterales. El peso de la plataforma por m<sup>2</sup> es de 55.4 kg. Y está distribuido principalmente en su superficie en madera y la estructura metálica.

Tabla 7. Peso de la plataforma.

	<b>Peso de un módulo</b>	<b>Peso Plataforma</b> (36 m <sup>2</sup> ) cuatro módulos
<b>Estructura metálica</b>	150 kg	500 kg
<b>Cubierta en madera</b>	235 kg	946 kg
<b>Botellas PET</b>	93 kg	373 kg
<b>Corredores laterales</b>	-	360 kg
<b>Otros accesorios</b> (Sistema anclaje, patas, tornillos, etc.)	-	200 kg
<b>Total</b>	<b>478 kg</b>	<b>2379 kg</b>

## 16.3 CAPACIDAD DE FLOTACIÓN DE LA PLATAFORMA

La plataforma estará dividida en 16 compartimientos de flotación, pareciendo gaviones en mallas recubriendo las botellas. Cada uno de los cuatro módulos de la estructura están

divididos en cuatro compartimentos flotantes, cada uno de estos almacena 400 botellas de PET<sup>41</sup> de 2.5 litros y cada una dispuesta de manera aleatoria como se mencionará en la descripción del sistema de flotación. Sumando en el total de la plataforma 6400 botellas, según el principio de Arquímedes<sup>42</sup> éstas desalojan 16000 litros (16 m<sup>3</sup>) que equivalen a 16000 kilogramos de empuje siendo la capacidad máxima de flotación.

**Fb = f x Vd** 16000= 1000 x 14 m<sup>3</sup> **Obtenemos la fuerza de 16000 kg de empuje.**

Fb =16000. Fuerza boyante o empuje flotante.

F = 1000 kg. Peso específico del fluido (densidad). (Densidad de 1 m<sup>3</sup> de agua es 1000 kg)

Vd = 16 m<sup>3</sup>. Volumen desplazado del fluido.

En la ingeniería naval y para realizar los cálculos de flotación, ésta capacidad máxima se divide por la mitad para dar el factor de seguridad y que el nivel del agua nunca llegue hasta el tope del elemento flotante. **La capacidad de flotación es de 8000 kg de carga.**

#### **16.4 CAPACIDAD DE CARGA SOBRE LA PLATAFORMA**

Obtenida la capacidad de carga de la plataforma, 8000 kg y logando soportar por metro cuadrado 195 kg, pasamos entonces a la distribución de cargas muertas y vivas (Tabla 8). En la información analizada en la contextualización, observamos que las viviendas en la zona son en su mayoría de construcción liviana, como madera y Bahareque, las cuales no sobrepasan de 150 kg/m<sup>2</sup> en **carga muerta**. El peso de la plataforma (55 kg/m<sup>2</sup>) hace parte de la carga muerta establecida de la vivienda. El sistema de construcción tradicional, como lo es la mampostería, no está incluida dentro de los sistemas constructivos aptos de la plataforma. Se recomienda la construcción liviana en materiales prefabricados. Si se deseara construir en mampostería se debería subir la capacidad de flotación y rigidizar la estructura al doble de lo establecido.

En cuanto a la **carga viva**: sus habitantes y enseres, se sugiere 44 kg/m<sup>2</sup>. La vivienda está concebida para seis habitantes, y podrá ser tripulada por máximo 12 personas distribuidas uniformemente dentro de ella.

---

<sup>41</sup> Resultados obtenidos de las pruebas de flotación con Botellas de PET....véase en Anexo pruebas de flotación...

<sup>42</sup> Tomado del capítulo anterior, principios básicos de flotación.

**Tabla 8. Capacidad de cargas de la plataforma por m<sup>2</sup>**

<b>Distribución de cargas en la plataforma</b>		
	<b>Cargas por m<sup>2</sup></b>	<b>Peso total en 36m<sup>2</sup></b>
<b>Carga muerta</b>	150 kg/m <sup>2</sup>	5400 kg
<b>Carga viva</b>	44 kg/m <sup>2</sup>	1620 kg
		<b>Total 6984 kg</b>

## **16.5 ESTABILIDAD EN LA FLOTACIÓN DE LA PLATAFORMA**

Las plataformas por su gran área y bajo centro de gravedad, son elementos considerados como estables dentro de la ingeniería naval<sup>43</sup>. Se debe tener en consideración que el peso debe estar distribuido al centro de la plataforma para mejorar la estabilidad de flotación. En condiciones ideales distribuyendo el peso uniformemente sobre la plataforma y sin sobrepasar las cargas indicadas, la plataforma no sufrirá problemas de estabilidad debido a que el metacentro siempre estará alineado con el centro de carena y de gravedad y por encima de este. En el momento que se apliquen cargas no distribuidas uniformemente mayores a su capacidad de flotación máxima de 14000 kg podrá sufrir un vuelco<sup>44</sup>, porque el metacentro queda por debajo del centro de gravedad. La plataforma tendrá una línea de flotación visible en los costados, donde se podrá observar si esta flotando equilibradamente y las cargas están bien distribuidas. Se deberá revisar esta línea permanentemente en el momento de la construcción de la vivienda sobre el agua.

## **16.6 ESTRUCTURA**

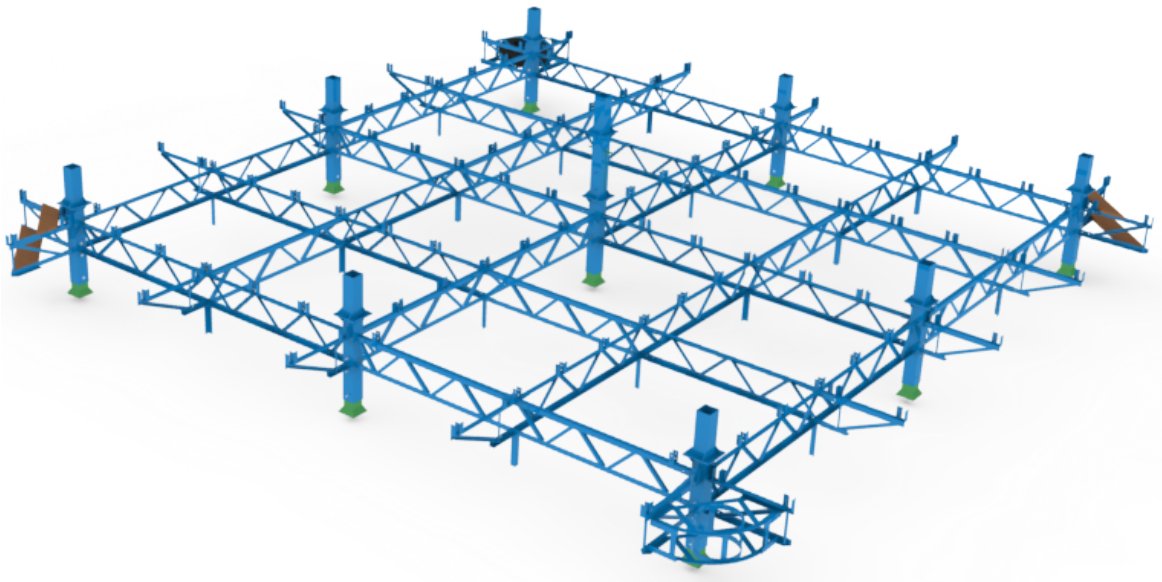
La estructura es el elemento que proporciona la rigidez e integra todos los elementos de la plataforma (Ilustración 25). Debe suministrar la suficiente dureza para que no afecte por flexibilidad la vivienda que esta soportada sobre esta. Se determinó el perfil metálico en ángulo L, debido a que posee excelentes características a muy bajo costo y es abundante en el mercado. En el trabajo de campo se encontró que en la zona se hallan excedentes industriales de torres de energía, porque en esa zona se encuentra una línea de transmisión de energía de 500KW (interconexión Caribe). Usando este perfil se decidió conformar la estructura por cuatro módulos usando cerchas tipo Warren, que proporcionan gran rigidez y simplicidad en su construcción y ensamble. La estructura es completamente modular, concebida en su totalidad por tres tipos diferentes de cerchas.

<sup>43</sup> MEIZOSO, Jesús Victoria. 1997. Principios de ingeniería naval. Madrid: Euro castellano, 1997.

<sup>44</sup> ... Véase Equilibrio estable de un cuerpo flotante en el numeral 7.3...

En cada esquina de los módulos posee nueve soportes donde ensamblan las cerchas, se posa sobre la tierra con nueve apoyos y tienen acoples para sujetar las columnas de la vivienda. Toda la fijación de la estructura metálica entre sí, es en tornillería de 3/8" grado cinco. Esta estructura es de fácil armado y manipulación, para su ensamble solo requiere de llaves fijas.

La estructura metálica está sometida a la intemperie y para evitar su corrosión tiene un recubrimiento galvanizado en caliente con un espesor de 20 micrones de Zinc. Para una máxima duración del prototipo se cubrió el galvanizado con una pintura rica en Zinc, con una base anticorrosiva y un acabado de Epoxi-poliamida.



**Ilustración 25. Estructura metálica**

### **16.6.1 Análisis de elementos finitos**

Para comprobar la resistencia y rigidez de la estructura metálica se realizaron análisis de elementos finitos, optimizando la sección transversal de los perfiles requeridos para el diseño. Para obtener información detallada diríjase al...Anexo G... Análisis de elementos finitos.

Se utilizó para el análisis de elementos finitos el mismo software (SOLID WORKS<sup>45</sup>) donde se realizó el diseño CAD y renderizado de la plataforma flotante.

El análisis se hizo aplicando fuerzas sobre una de las 20 cerchas tipo Warren. La carga máxima que debe soportar la estructura son 8000 kg y cada cercha debe resistir como mínimo 670 kg.

El análisis de elementos finitos arrojó como resultados, que las cerchas están diseñadas con un factor de seguridad de 2.4: Las deformaciones máximas son de 1.8 mm, aplicando fuerzas de 670 kg. Cada cercha puede soportar 2500 kg antes de alcanzar esfuerzos máximos. La estructura es lo suficientemente rígida para soportar la vivienda y cuando se pose sobre tierra firme, podrá soportar el doble del peso de la vivienda.

## **16.7 CUBIERTA DE PLATAFORMA**

Es un elemento muy importante de la plataforma porque es el suelo de la vivienda y al mismo tiempo quien recibe la fuerza flotante de las botellas y lo transmite a la estructura (Ilustración 26). Está conformado por tablas de madera inmunizada de 8.5 cm X 2.5 cm y tres metros de largo. Que a su vez van sujetadas con tornillos galvanizados autorroscante de 6 cm a unos largueros en madera de 8.5 cm X 4 cm y tres metros de largo, estos van sujetos a la estructura cada 50 cm por unos acoples pernados. El ensamble de la cubierta es fácil y solo requiere de llaves fijas para sujetarse a la estructura. Las tablas se pueden clavar a los largueros, pero se recomienda utilizar tornillo en caso de que se quiera desensamblar. Para esto se recomienda perforar previamente con broca de 3 mm y después introducir el tornillo. Este tipo de superficie satisface la duración y rigidez necesaria para resistir las cargas requeridas. Se podrá utilizar también maderas de la zona o cualquier tipo de superficie que el usuario desee y que proporcione la rigidez necesaria. Se recomienda utilizar espesores mínimos de 18 mm en la tablilla de madera de la cubierta o suelo de la plataforma.

---

<sup>45</sup> Este es el software suministrado y utilizado por la universidad EAFIT para el diseño CAD bajo licencia educacional.





**Ilustración 26. Cubierta de la plataforma**

### **16.8 CORREDORES PERIMETRALES PARA TRANSITO DEL USUARIO**

Para permitir que el usuario transite libremente alrededor de la plataforma y pueda utilizar estas zonas al aire libre, se plantean cuatro corredores de 60 cm y seis metros de largo que se acoplan a la plataforma en sus costados. Su estructura es metálica y va sujeta de igual manera que las cerchas y tienen el mismo sistema de cubierta en madera que el área interna habitable de la plataforma. Se pueden poner los cuatro corredores o por parejas en lados opuestos de la plataforma para garantizar la estabilidad. Cada uno de estos corredores tiene un área de 3.6 m<sup>2</sup>... Ver Ilustración 32...

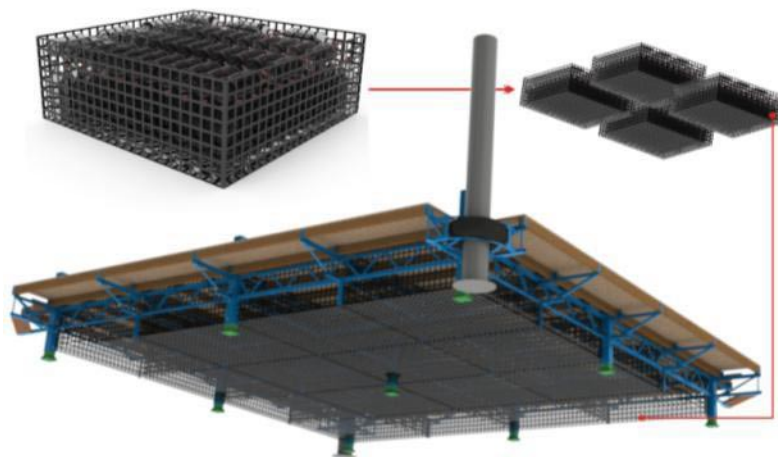
### **16.9 SISTEMA FLOTANTE CON BOTELLAS DE PET**

Las botellas de PET<sup>46</sup> ofrecen una gran flotación a muy bajo costo, además se recupera un material de desecho que se encuentra fácilmente en la zona de la Depresión Momposina. Con 6400 botellas se genera la suficiente flotación para soportar la vivienda. Este sistema de flotación ofrece un empuje o fuerza boyante de 630 kg/m<sup>3</sup>; este dato puede ser útil para realizar el cálculo de flotación si todos los envases no son de la misma capacidad. Estas botellas estarán integradas con una malla de polipropileno que las agrupará en 16 contenedores fijados a la estructura con zunchos (Ilustración 27). Los contenedores de botellas tendrán 36 m<sup>2</sup> de área y 70 cm de altura en botellas, dando

---

<sup>46</sup> ...Ver Anexo Características del PET para ampliar información...

como resultado 25.2 m<sup>3</sup> en volumen de almacenamiento. Se realizaron pruebas<sup>47</sup> para determinar la manera óptima de disposición de las botellas, se modularon vertical y horizontalmente unidas con mallas, amarradas y acopladas entre sí, organizadas en sacos y se determinó que la manera más adecuada por simplicidad y facilidad es disponerlas aleatoriamente...Ver Anexo D... Las botellas mientras estén bien tapadas son herméticas, debido a que son diseñadas para bebidas gaseosas carbonatadas. En un metro cúbico se pueden contener 252 botellas de 2.5 litros dispuestas aleatoriamente, que equivalen a 630 kg de empuje. La malla que contiene las botellas en contenedores individuales es adecuada para la intemperie, pero el sistema de flotación no debe recibir los rayos solares, quedará oculta debajo de la cubierta y de los corredores perimetrales. Para la máxima duración del sistema flotante se recomienda cubrirlo en los cuatro lados externos de la plataforma de los rayos solares con algún recubrimiento, por ejemplo madera (orillos), lona, etc. Se decidió integrar las botellas en 16 diferentes contenedores debido a que si alguno llegase a sufrir algún daño, los otros quedarían supliendo la función de flotación mientras se repara. La plataforma podrá resistir hasta con cuatro contenedores dañados, pero requerirá de atención inmediata y llevar las cargas vivas al lado opuesto para nivelar la plataforma.



**Ilustración 27. Contenedores de botellas, sistema de flotación**

El sistema de integración de botellas o contenedores, está compuesto por mallas de PEAD, con agujeros en forma de diamante de 30 mm, tienen una resistencia a la tensión de 5.8 kN/m, con una elongación a la carga máxima del 17 %, posee filtros U.V. Tiene características suficientes para garantizar la retención de las botellas.

---

<sup>47</sup> ...Ver Anexo Pruebas de elementos flotantes donde se realizaron estudios de disposición de botellas...

## 16.10 NIVEL DE FLOTACIÓN

La plataforma cuando está flotando tiene una línea que informa, si las cargas están distribuidas uniformemente y si está nivelada paralela al nivel del agua. Este nivel de flotación también indica que se ha llegado a la capacidad máxima de cargas, si se sobrepasa se está informando que está sobrecargada. Esta línea (Ilustración 28) se encuentra a 30 cm desde en parte inferior de los contenedores de las botellas hacia arriba. Es allí donde esta la primera cercha de abajo hacia arriba, esta será la que informará visualmente la línea de flotación. La cercha no estará sumergida o en contacto directo con el agua permitiendo mayor duración de la estructura a la corrosión.

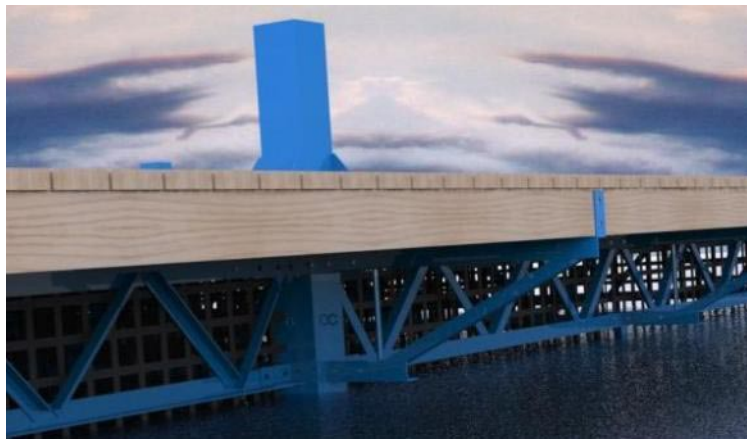


Ilustración 28. Nivel de flotación

## 16.11 SISTEMA DE ANCLAJE

Durante las inundaciones la plataforma estará flotando, contará con un sistema de anclaje (Ilustración 29) que permitirá que ascienda con el nivel del agua, pero no se moverá horizontalmente impidiendo que cambie de ubicación. Las inundaciones se han incrementando y a su vez la cota de desbordamiento, llegando a niveles críticos de hasta dos metros en algunas zonas. Por esto se planteó una serie de sistemas de fijación los cuales pueden ser usados según la necesidad del usuario. Este proyecto brinda una solución adecuada que consta de dos postes verticales fijos a tierra, que por medio de anillos que se deslizan y permiten movimientos verticales, pero impiden movimientos horizontales. Estos anillos están acoplados a la estructura de la plataforma en esquinas opuestas, por medio de tornillos. Fáciles de armar y desarmar en caso que se quiera desplazar la plataforma de lugar durante la inundación para llegar a tierras secas o generar poblados flotantes con otras viviendas, y así sobrellevar de una mejor manera la inundación. Para poder regresar a la ubicación original de la plataforma y aferrarse a los

postes, deberá movilizarse flotando antes que baje totalmente el nivel de la inundación. Los postes tendrán una longitud de cuatro metros y por lo menos un metro y medio de estos deberá estar cimentado al suelo con cemento o en tierra pisada con piedras. Los postes pueden ser de algún tipo de madera que soporte inmersa en el agua durante los periodos de inundación, pueden ser tubos de PVC rellenos de concreto con tres varillas de acero corrugado de  $\frac{1}{4}$ ". También se propone fijar la plataforma con un sistema de amarres con cadenas a tierra con un peso considerable simulando el sistema de un ancla. Estos requieren ser graduados a medida que sube el nivel del agua y permiten mayores movimientos horizontales que los postes, que es un sistema fijo y no requiere de ningún cuidado ni graduación constante durante la inundación. Se propuso también un sistema de amarre con poleas, que con un peso muerto en tierra (puede ser un simple gavión relleno de piedras), permitirá anclarse graduando su altura automáticamente, pero al mismo tiempo deberá estar fijado en sus cuatro extremos para que restrinja los desplazamientos horizontales. El usuario también podrá anclar su vivienda flotante dependiendo de los recursos que tenga en su entorno, podrá aferrarse a árboles o cualquier otro elemento fijo y resistente, por medio de cadenas o sogas. Cuando se esté anclado a algún lugar y evitar sacudidas en la vivienda, se recomienda utilizar llantas como elemento amortiguarte a tensiones en la soga o cadena de amarre.



**Ilustración 29. Alternativas de sistema de Anclaje**

## 16.12 FIJACIÓN DE LA VIVIENDA A LA PLATAFORMA FLOTANTE

La plataforma está concebida para que sobre ella pueda ser construida o ensamblada una vivienda. Para esto se adecuaron nueve acoples donde se podrá fijar las columnas necesarias para cualquier tipo de sistema constructivo liviano (Ilustración 30). Estos acoples están sujetos por la parte de arriba a los soportes de la estructura metálica, al mismo nivel del piso donde se ubica la vivienda. Las columnas de la vivienda se sujetan a unos accesorios que ensamblan a los acoples por medio de cuatro tornillos, garantizando la rigidez y estabilidad de la estructura en la vivienda. A estas columnas se les pueden instalar paneles prefabricados o cualquier tipo de recubrimiento o cubierta que se le quiera dar a la vivienda. De igual manera estas columnas sostienen el techo de la vivienda. El sistema cuenta con ocho acoples en los extremos y uno en el centro, que permiten que por medio de nueve columnas muy bien distribuidas cada tres metros, se repartan las cargas de la vivienda uniformemente hacia la estructura.

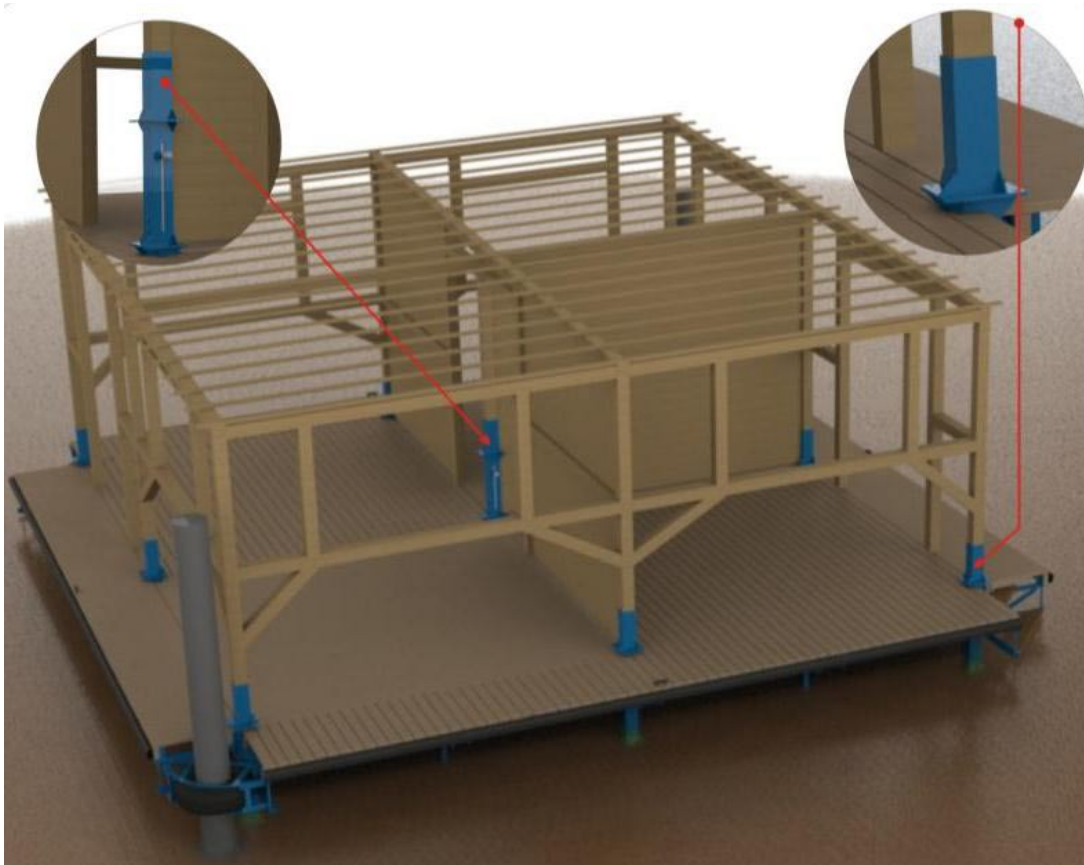


Ilustración 30. Sistema de fijación de la vivienda a la plataforma

### 16.13 SISTEMA DE NIVELACIÓN DE LA PLATAFORMA EN TIERRA FIRME

Una vivienda siempre debe conservar su nivel en cualquier momento. Para confort del usuario en su uso y la estabilidad de cualquier tipo de objeto al interior de la vivienda, se concibió en la plataforma un sistema de nivelación cuando la plataforma esté posada en tierra (Ilustración 31). Este sistema cuenta con nueve apoyos que se adaptan a las irregularidades e inclinaciones del terreno, distribuyendo el peso de la plataforma uniformemente. Estos apoyos están internos verticalmente dentro de nueve soportes de la estructura metálica, se deslizan gradualmente hacia abajo dependiendo de la distancia que se requiera. Cuando la plataforma esté flotando y no sean requeridos, estos apoyos pueden ser introducidos a la estructura y fijados con unos simples pasadores de fácil uso. Dichos apoyos pueden salir de la estructura 30 cm, distancia necesaria para nivelar la plataforma en inclinaciones menores a tres grados<sup>48</sup>, que es la inclinación promedio encontrada en las llanuras aluviales de la Depresión Momposina. Los apoyos son de sección cuadrada con una medida de 4" y 26" de longitud. El material adecuado para estos apoyos deberá ser una madera inmunizada o madera plástica (polietileno). El usuario podrían utilizar maderas locales, haciendo revisiones periódicas del su estado, debido a que sus condiciones de uso son fuertes, porque son elementos que están sumergidos por largos periodos y después soportan el peso de la vivienda, situación óptima para disminuir su duración.

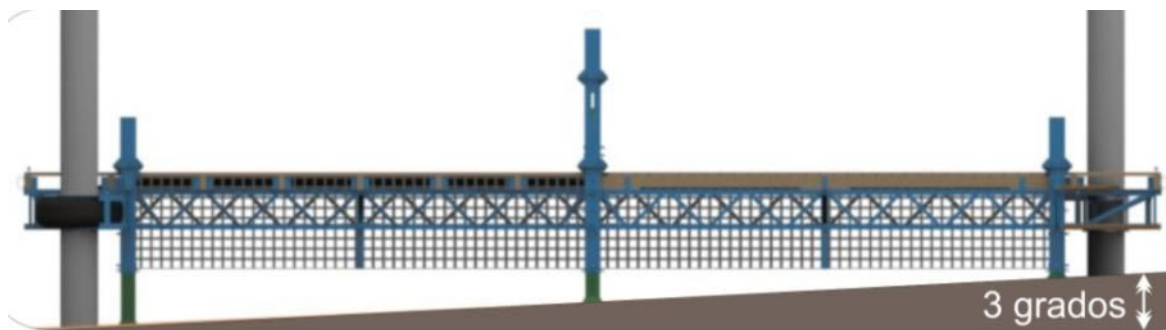


Ilustración 31. Sistema de nivelación de la plataforma en suelos desnivelados e irregulares

---

<sup>48</sup> BANCO DE OCCIDENTE, Río Grande De la Magdalena, Op cit. P 65

#### 16.14 ACCESO DEL USUARIO A LA PLATAFORMA

Para garantizar el fácil acceso del usuario a la plataforma se diseñó un sistema de escaleras retráctiles (Ilustración 32), que pueden ser ubicadas en cualquier esquina de la plataforma dependiendo del lugar donde se ubicará la puerta de la vivienda. Este sistema permitirá al usuario ascender a la vivienda durante el periodo de la inundación cuando esté flotando sobre el agua. También se desarrolló otro sistema fijo al terreno donde el usuario podrá fácilmente acceder a la plataforma cuando estuviese posada en tierra firme durante la época seca. Durante la construcción de la vivienda sobre la plataforma se recomienda fabricar una rampa, para permitir un mejor acceso de los trabajadores y materiales necesarios.

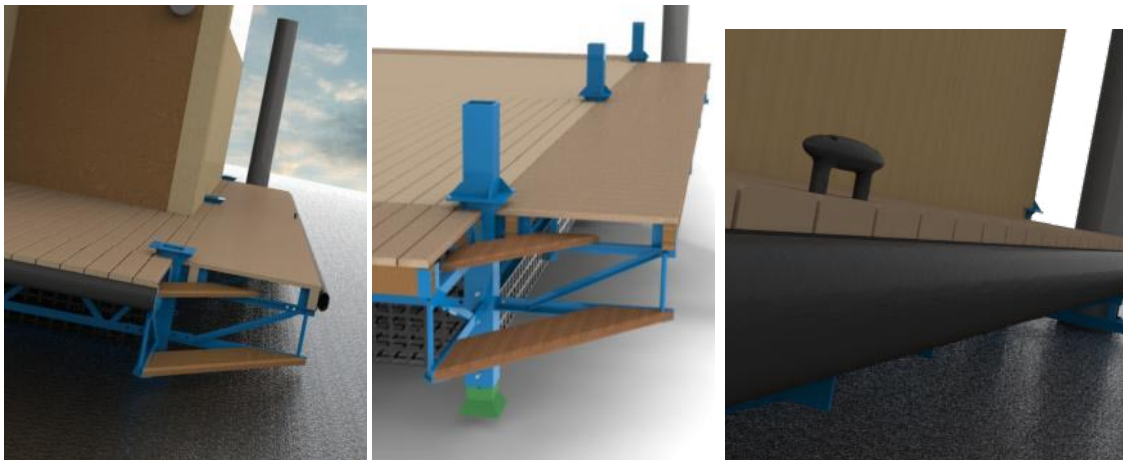


Ilustración 32. Ascenso del usuario, corredores perimetrales, sistema de amarre y protección

#### 16.15 AMARRE Y PROTECCIÓN A OTROS ELEMENTOS FLOTANTES

La plataforma durante el periodo de inundación se convertirá en un artefacto flotante y deberá estar concebida y preparada para ser remolcada, acoplada a otras plataformas, amarrada a muelles y otras embarcaciones. Por eso se desarrollaron a los costados amarres sujetos a la estructura con la resistencia necesaria para cumplir esas funciones. Las defensas son concebidas para amortiguar los impactos y contacto directo que puede recibir de otros elementos flotantes. Para solucionar esto, pueden ser utilizados sacos llenos de botellas o llantas amarradas consecutivamente cada metro y medio a la estructura de la plataforma. Cada costado de la plataforma debe tener por lo menos tres de estos amarres y protecciones (Ilustración 32).

### **16.16 TRANSPORTE DE LA PLATAFORMA**

La plataforma por ser una estructura desarmable es de fácil transporte. Cada uno de sus elementos es liviano; una cercha es el elemento más pesado y no supera los 24 kg, puede ser manipulada por una sola persona. Las cerchas de la estructura metálica no excede los tres metros de largo y 50 cm de ancho, de manera que pueden ser transportados en cualquier vehículo o bote de carga. Si el lugar de instalación no tiene acceso de estos puede ser transportado a lomo de mula. El transporte de las botellas es liviano (420 kg), pero voluminoso, requiere 21.6 m<sup>3</sup>. Para una fácil manipulación en el transporte las botellas podrán estar en sacos y ser introducidos de la misma manera a los contenedores flotantes de la plataforma.

### **16.17 ENSAMBLAJE DE LA PLATAFORMA**

El ensamblaje total de la plataforma no toma más de ocho horas si fuese realizado por dos hombres y no requiere herramientas especializadas, solo llaves fijas para ensamblar la estructura metálica y taladro o martillo para fijar la cubierta en madera. Primero se arman las cerchas a los soportes y se unen con tornillos...Ver Ilustración 36... Ya conformada la estructura metálica se introducen los apoyos a los soportes. Se fijan las mallas amarrándolas con zunchos a la estructura para obtener los contenedores de flotación. Se depositan las botellas debidamente tapadas. Se ensamblan los largueros de madera y sobre estos la tablilla de la cubierta o suelo de la vivienda y corredores perimetrales. Se procede a unir los acoples de las columnas de la vivienda. Se ensamblan los anillos a los postes del sistema de anclaje debidamente cimentados a tierra firme. Y por último se acoplan los accesorios, como son los amarres de la plataforma y las escaleras de acceso.

### **16.18 MANTENIMIENTO**

Después de bajar el nivel del agua durante la inundación y la plataforma baje a tierra firme, se recomienda verificar en su totalidad el estado de la plataforma. Se recomienda hacerle una revisión detallada al estado de las mallas, botellas, estructura, y sistema de anclaje. La estructura debe ser examinada anualmente y corregir problemas de corrosión aplicando pintura anticorrosiva. Las mallas y botellas deberán ser remplazadas si se llegara a detectar daños por los rayos solares o deficiencia de hermeticidad en el sello de la tapa.



## 16.19 RECOMENDACIONES DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN

Al usuario se le recomienda durante el uso de la plataforma: verificar constantemente que el sistema de **anclaje** no se atasque con un elemento externo durante la inundación, para garantizar el ascenso o descenso nivelado y uniforme. Centímetros antes de posarse la plataforma sobre el suelo, el usuario deberá bajar los nueve **apoyos** para garantizar el nivel adecuado de la plataforma. Los **corredores perimetrales** solo están concebidos para el tránsito de personas, no están diseñados para construir o extender la vivienda sobre ellos. Se recomienda agregar corredores por pares opuestos de la plataforma para garantizar la estabilidad. Los acoples de fijación después de ser construida la vivienda sobre la plataforma deben ser cubiertos para la seguridad del usuario.

## 16.20 ANÁLISIS DE COSTOS

Se determinaron los costos de fabricación del prototipo; se especifica el precio de la plataforma en su totalidad y por un solo módulo (Tabla 9).

Tabla 9. Costo total de un módulo y la plataforma total

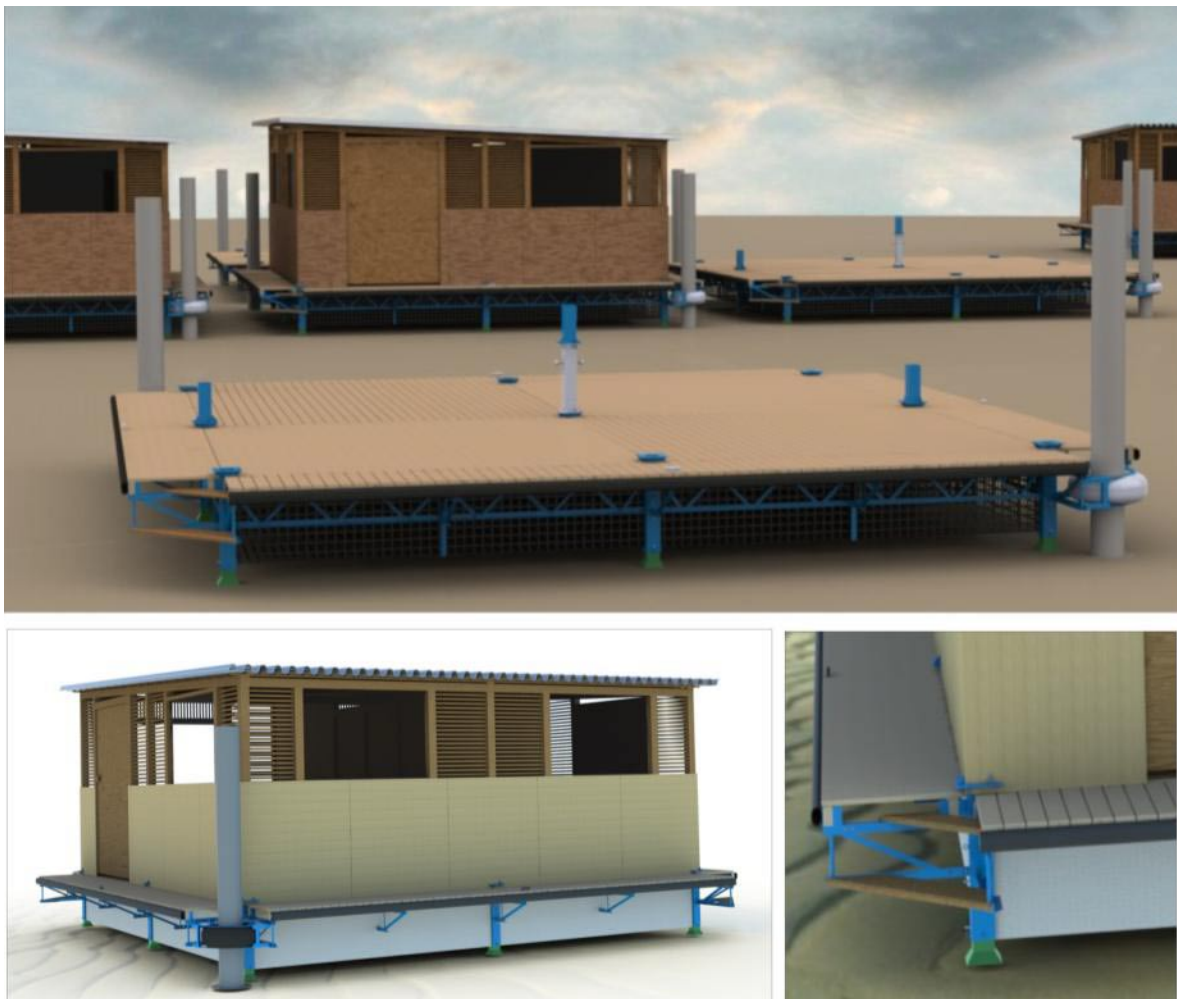
ÍTEM	Costo unitario	Cantidad para un módulo	Costo un módulo	Cantidad plataforma total	Costo total plataforma (cuatro módulos)
Estructura metálica galvanizada	\$5000/kg	150kg	\$750000	500kg	\$2500000
Cubierta en madera inmunizada	\$37600/m <sup>2</sup>	9 m <sup>2</sup>	\$340000	50.4 m	\$1900000
Botellas	\$800/kg	1600 und	\$85000	6400 und	\$340000
Mallas	\$14000 Metro lineal	\$14000 Metro lineal	\$168000	\$14000 Metro lineal	\$670000
			<b>TOTAL \$1343000</b>		<b>TOTAL \$5410000</b>

Los costos obtenidos en la construcción del prototipo exceden por \$410000 los determinados en las especificaciones de diseño de producto (\$5000000), debido a que en una línea de producción serían menores los costos de producción.

Por ser un proyecto social los costos obtenidos para la plataforma flotante fueron satisfactorios para cumplir los objetivos del proyecto, se obtuvieron muy buenos resultados a un bajo costo.

## 16.21 PLANOS Y MODELACIONES 3D

Los planos de taller y modelaciones detalladas, pueden ser encontrados en los Anexos del proyecto.



**Ilustración 33. Modelación de la plataforma flotante**

Terminado el diseño y desarrollo de la plataforma flotante con una metodología sistemática se cumple el objetivo específico número tres.

## 17. POSIBLES ALTERNATIVAS EN CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS SOBRE LA PLATAFORMA

Este proyecto solo realiza el diseño y desarrollo de la plataforma flotante, no obstante se sugiere varios tipos de construcción que pueden estar sobre ella (Ilustración 35). Se propone fabricar una vivienda de construcción liviana. Si el usuario lo deseara podría fabricar el mismo su vivienda, utilizando materiales de la zona como el bahareque, madera y paja para el recubrimiento de la estructura y techo. También podrá utilizar una fácil técnica para hacer paneles para conformar paredes, recubriendo con cemento costales de fique y guadua. Otra opción es una vivienda prefabricada utilizando diversos materiales como: paneles de ferrocemento, fibrocemento, madera aglomerada, madera plástica, tejas de zinc o termoacústicas. Se propone concebir una vivienda sostenible para llevar las inundaciones de una mejor manera. A continuación se plantean diferentes opciones en el modus vivendi del usuario.



Ilustración 34. Poblados de viviendas flotantes

La vivienda podría **almacenar agua lluvia** para el consumo y contenerla dentro de ella en una caneca de 55 g, durante la inundación el usuario toma agua contaminada del río agregándole una cápsula de cloro. La **cocción de los alimentos** podrá ser a gas, energía eléctrica y leña en un lugar adecuado. Los servicios públicos podrán estar conectados a la vivienda en tuberías flexibles, debido al ascenso vertical de la plataforma. El **manejo de los residuos sanitarios** podrá ser solucionado con baños secos, generando Humus y urea, la materia prima para una pequeña **huerta** dentro de la plataforma flotante. La vivienda debe tener ventilación necesaria para mitigar la temperatura de la zona y entradas de luz para el aprovechamiento de la luz solar.



Ilustración 35. Viviendas propuestas

## **FASE 3 CONSTRUCCIÓN**

## 18. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Para la entrega de este proyecto de grado sólo se fabricó uno de los cuatro módulos planteados en el diseño de la plataforma flotante. Con éste bastará para realizar las pruebas de flotación y demostrar que las de botellas de PET son una buena solución. Para la elaboración del prototipo los autores tardaron dos semanas en los laboratorios de la universidad EAFIT.

A continuación se describirá paso a paso la construcción: primero se cortó todos los perfiles de acero necesarios para la estructura metálica; se realizaron todas las perforaciones necesarias; después se conformaron las cerchas y todos los elementos de la estructura metálica con plantillas y matrices, quedando en el lugar indicado para ser soldadas. Después de tener toda la estructura metálica lista, se procede a perforar los largueros para el piso en madera; para ensamblarlos con la estructura; terminando el proceso con el ensamble de la cubierta (Ilustración 37).

Se pintó la estructura metálica para dar mejor acabado y resistencia con una base y un recubrimiento de epoxipoliamida. Se cortaron a la medida adecuada elementos como las mallas y apoyos para después ser ensamblados en el sitio de la instalación.

Las herramientas utilizadas principalmente fueron: cortadora de disco y sin fin, taladro de banco y soldadura MIG.

Con la construcción del modelo funcional se cumple el cuarto objetivo específico del proyecto.

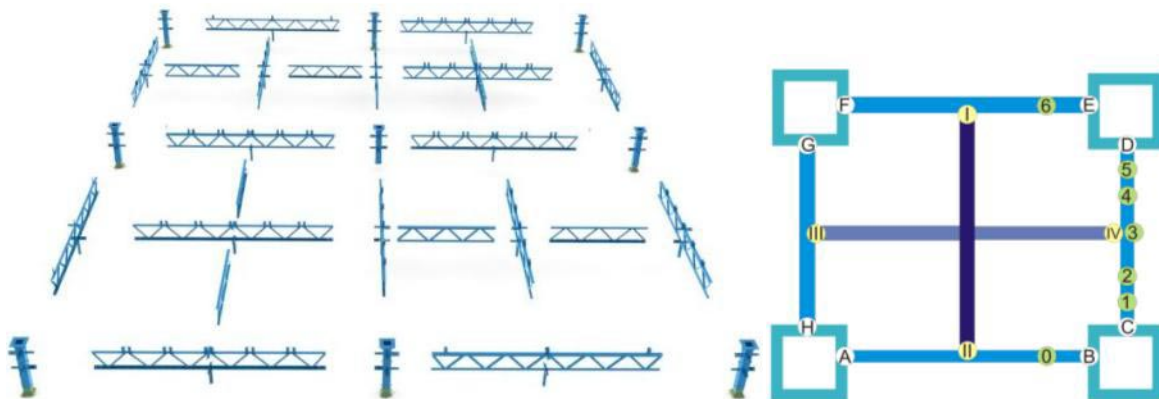


Ilustración 36. Ensamble de la estructura metálica



Ilustración 37. Proceso de construcción del prototipo



Paso1 Ensamble de cerchas a los apoyos



Paso1



Paso1



Paso2 Ensamble de los largueros a las cerchas



Paso2



Paso3 Ensamble de mallas



Paso4 Tejido de las mallas a la estructura



Paso5 Insertar el material flotante



Paso5



Paso6 Ensamble de cubierta



Paso6



Paso6



Paso6 Ensamble final de la cubierta



Paso7 Transportar el modulo al agua



Paso8 Plataforma flotando

Ilustración 38. Proceso de ensamble de la plataforma



## 19. PRUEBAS

### 19.1.1 Pruebas de flotación

Para garantizar la seguridad e integridad del usuario, se realizaron pruebas de flotación a un módulo de la plataforma (Ilustración 39); este contenía 1200 botellas de PET de 2.5 litros dispuestas aleatoriamente en cuatro contenedores individuales. El módulo tiene media 3 X 3 metros; sumando 9 m<sup>2</sup>. Se ensambló por completo a la orilla de la represa del peñol y se botó suavemente al agua por una rampa. El módulo flotó satisfactoriamente, soportando cargas de hasta con 15 personas (900 kg) llegando hasta el nivel de flotación esperado (30 cm, línea de flotación determinada en el PDS).



Ilustración 39. Pruebas de flotación de la plataforma

### 19.1.2 Pruebas de estabilidad

La plataforma demostró ser un elemento muy estable, en cuanto más peso se le cargaba mas difícil era hacerla inclinar. Debido a que la plataforma flotante está compuesta por varios módulos, no se logró realizar pruebas de estabilidad en las condiciones planteadas por el proyecto; un sólo módulo demostró ser estable al no sobrepasar inclinaciones de 15° con cinco personas (60 kg peso promedio) en un solo costado.

### 19.1.3 Prueba de arrastre

Se realizó una prueba (Ilustración 40), para garantizar que la plataforma soporte las corrientes máximas del río en las llanuras inundables, donde se encontrarían este tipo de viviendas. La prueba se simuló arrastrada por un bote durante cinco minutos a una velocidad<sup>49</sup> de 4 km/h que equivale a 1.25 m/seg (según PDS). Las botellas, mallas y amarres no sufrieron daño ni desperfecto alguno.



Ilustración 40. Pruebas de arrastre de la plataforma

### 19.1.4 Prueba de resistencia de botellas PET

Se realizaron pruebas de compresión a tres diferentes botellas de PET de 2.5 litros en la maquina universal del Laboratorio de Materiales de la Universidad EAFIT, obteniendo como resultado: la primera soportó hasta 11000 Newton de presión, la segunda resistió 10000 N. Solamente la tercera botella explotó a los 3900 N porque tenía un punto débil por donde estaba fatigada. Lo que nos indica que el aire que se encuentra al interior se comprime antes de reventarse la botella al aplicarle presiones uniformes de una tonelada (9800 N). Si se distribuyera equitativamente el peso total de la plataforma en las botellas, cada una debería soportar 2.5 kg. Demuestra esta prueba la resistencia que tiene la botella, garantizando su resistencia.

Las pruebas de flotabilidad y arrastre fueron exitosas cumpliendo con el último objetivo específico del proyecto.

---

<sup>49</sup> La velocidad de la prueba fue medida con un GPS (GARMIN ETREX).

## CONCLUSIONES

Estas conclusiones tienen como finalidad exponer los resultados del proceso de una manera concisa. A continuación se sintetiza todo el proceso de principio a final.

- Con este proyecto se diseñó y desarrolló una plataforma flotante, para construir sobre ella una vivienda para resguardar a una familia, generando un hábitat para sobrellevar las inundaciones aluviales de la Depresión Momposina y la Mojana; estas inundaciones que ocurren por procesos naturales del río, se presentan en las dos temporadas de lluvia que tiene el país al año, el nivel del agua (cota de desborde) está incrementándose cada vez más, afectando miles de familias dañando sus cultivos y viviendas.
- Para conocer y satisfacer las necesidades del usuario durante las inundaciones, se investigó y realizó un trabajo de campo recorriendo la zona y conviviendo con la población afectada. Se estudió el entorno, características geográficas, modo de vida, costumbres, etc. concluyendo que la población de la zona es de bajos recursos económicos y vive en condiciones inadecuadas, sus necesidades básicas como el agua potable, manejo de residuos sanitarios, educación y salud son insuficientes. Después llega la inundación y todo empeora, el nivel del agua puede ascender hasta dos metros en zonas críticas, comienzan las enfermedades y plagas, la contaminación del río y sus aguas entran a las viviendas y se genera un caos. La población no pretende dejar sus hogares que lo han sido por generaciones y perder sus posesiones y enseres, sólo en casos extremos cuando se ven casi ahogados permiten ser evacuados y hacinados en iglesias y escuelas de poblados cercanos, allí son propensos a proliferaciones de enfermedades, robos y abuso sexual.
- Por causas anteriormente enunciadas, se determinó que se debe generar una solución flotante para que esta población permanezca en sus viviendas, en la intimidad de la familia y con sus enseres; permaneciendo en su tierra, que durante la sequía les brinda el sustento con la agricultura y la ganadería.
- Se recopiló y analizó toda información obtenida de la investigación, como base para plantear el problema y definir las especificaciones de diseño de producto. Se encontró que se debería generar un hábitat para sobrellevar las inundaciones, hasta por tiempos prolongados de ocho meses, si se juntan las dos temporadas invernales como ocurrió en el año 2009. La cota máxima de desborde está elevándose considerablemente, el río ha subido 40 cm desde los últimos registros tomados por CORMAGDALENA; esto acontece debido a los cambios en los efectos climáticos a nivel mundial, la alta sedimentación que producen la tala de bosques en las partes altas de la cuenca, el inadecuado manejo y construcción de diques que aumentan el caudal del río; todas

estas causas hacen que las inundaciones se incrementen y que se deba mitigar la afectación a la población de estas zonas.

- Por medio de una metodología sistemática, propuesta por los diseñadores de este proyecto, basada en los libros: Métodos de Diseño y Product Design and Development; se diseñó y desarrolló una plataforma flotante que asciende con el nivel del agua en las inundaciones y desciende nuevamente posándose en suelo en épocas de sequía.
- En el proceso de diseño se realizaron pruebas con diferentes elementos flotantes como el ferrocemento, canecas, espuma de poliuretano, poliestireno expandido, madera; pero debido a la limitante económica del proyecto, se concluyó que la mejor solución es la de las botellas de PET, ofreciendo gran flotabilidad a muy bajo costo. Un metro cúbico lleno de botellas recubierto por malla tiene una fuerza boyante de 630 kilogramos, a un costo aproximado de \$ 12.000 las botellas y \$ 40.000 las mallas. Además se está reutilizando un desecho, que se halla en gran cantidad en todas las zonas pobladas del país.
- La plataforma fue concebida en una estructura en cerchas metálicas de tipo Warren, costa de cuatro módulos, generando un área total habitable de 36 m<sup>2</sup> y un área total de 50.4 m<sup>2</sup> con los corredores perimetrales. La cubierta o suelo de la plataforma puede soportar 250 kg/m<sup>2</sup> de carga muerta y 150 kg/m<sup>2</sup> de carga viva.
- La plataforma flota en 6400 botellas de PET, generando una capacidad de flotación máxima de 16 toneladas, pero para un óptimo funcionamiento solo debe ser cargada con ocho toneladas, suficientes para soportar sobre ella una vivienda unifamiliar para seis personas.
- A la plataforma se le añadió un sistema de anclaje para permanecer en el mismo lugar durante la inundación, permitiendo desplazamientos verticales sin trasladarse por la corriente del río.
- Se desarrolló un sistema de nivelación y apoyo en lugares donde el terreno sea irregular o esté desnivelado hasta tres grados.
- Para fijar la vivienda a la plataforma se le plantearon nueve acoples donde puede ser instaladas las columnas, para dar estructura y soporte a la vivienda. Además tiene unos corredores perimetrales y un sistema de acceso con escaleras para que el usuario transite e ingrese fácilmente.
- A la estructura metálica se le realizaron pruebas de deflexiones y esfuerzos máximos en elementos finitos, comprobando cuenta con un factor de seguridad de 2.4. Garantizando que cumplirá adecuadamente todos los requerimientos durante su uso.

- Durante el proceso del proyecto se construyó un prototipo funcional de la plataforma y se realizaron pruebas de flotación, estabilidad y resistencia a la corriente; para garantizar la seguridad del usuario. Las pruebas fueron satisfactorias: soportando las cargas máximas (220 kg/m<sup>2</sup>), llegando además al nivel de flotación deseado, resultando más estable al estar cargada con el peso pre-establecido, soportando corrientes de hasta 1.25 m/seg.
- El alcance del proyecto llegó hasta el diseño de la plataforma, pero se plantearon varios diseños de viviendas sostenibles para estas necesidades; con materiales de la zona, recolección de aguas lluvias, baño seco y huerta entre otros.
- Se genera entonces una solución flotante para la población afectada por las inundaciones, la cual puede ser subsidiada por el gobierno o construida por los mismos usuarios usando el principio de las botellas PET. Una cantidad suficiente de botellas debidamente tapadas e integradas dentro de una estructura que pueda soportar una vivienda; si los usuarios ya tienen su vivienda construida podrán fabricar un refugio temporal adecuado para sobrellevar las inundaciones. La estructura modular propuesta se puede ampliar y utilizar para construir no solo viviendas si no también escuelas, hospitales, y zonas secas multipropósito adecuadas para los requerimientos de la población durante las inundaciones.
- Fue una grata y satisfactoria experiencia personal, incursionar en un tema desconocido, para generar una solución viable en la ayuda de una población afectada.

## RECOMENDACIONES

En futuras investigaciones y proyectos relacionados, se recomienda:

- Buscar en el área de ejecución del proyecto materiales endémicos de la zona para solucionar el sistema de flotación, ya sea desechos, residuos, excedentes o también apuntar a materiales orgánicos en sus estados naturales o procesados para obtener un elemento flotante económico y de bajo impacto ambiental.
- Se recomienda experimentar con diferentes formas geométricas para conformar la plataforma, aunque la forma encontrada (cuadrado) es muy eficiente, la forma hexagonal conformada por triángulos, permite mejores modulaciones, sin embargo es más compleja en su construcción.
- Es interesante buscar maneras de disposición e integración de botellas. Aunque de forma aleatoria y en mallas demostró ser muy eficiente; se propone buscar diferentes elementos de cerramiento a las botellas y diferentes formas de organizarlas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ULRICH, KARL y EPPINGER, STEVE.** *Product Design and Development.* Mexico : McGraw-Hill, Inc., 1995.
2. **MEIZOSO, Jesus Victoria.** *Principios de ingeniería naval.* Madrid : Euro castellano, 1997.
3. **CROSS, Nigel.** *Metodos de Diseño: Estrategias para el diseño de productos.* Segunda. México D.F : LIMUSA WILEY, 1999. pág. 190. ISBN 968-18-5302-4.
4. **COLOMBIA, MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO.** *Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domesticas y pluviales.* Bogotá : Direccion de agua potable y saneamiento básico, 2000.
5. **INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM.** *Seguimiento y Análisis de variables hidrológicas para la mitigación de las inundaciones.* Bogotá : Sub direccion de hidrología, 1998.
6. **UNITED NATIONS .** *Rural households'livehood and well-being.* New York : UN PUBLICATION, 2007.
7. **TEXTOS CIENTIFICOS.** Que es el PET. [En línea] [Citado el: 19 de Agosto de 2010.] <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pet>.
8. **UNITEN NATIONS ORGANIZATION. ORGANIZATION, UNITEN NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT.** *Timber construction for developeng countries.* Vienna : UNIDO, 1995. Vienna : INDUSTRIAL DEVELOPMENT, 1995.
9. **COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE.** *LEY 1242 DE 2008 -Codigo nacional de navegacion y actividades portuarias fluviales.* Bogotá : Expomares, 2008.
10. **COLOMBIA, IDEAM.** *Informe hidrológico diario.* Bogotá : Publicaciones, 2010.
11. —. *Estudio nacional del agua.* Bogotá : Publicaciones, 2009.
12. **CORMAGDALENA.** Estado actual de los niveles del Río Magdalena. [En línea] [Citado el: 15 de Octubre de 2010.] [www.cormagdalena.com.co](http://www.cormagdalena.com.co).
13. **OCHA.** Emergencia prolongada por las inundaciones. *Identificación de las decesidades.* Bogotá, Región de la Mojana : s.n., 3- 6 de Diciembre de 2008.
14. **REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA.** Diccionario. [En línea] [Citado el: 19 de Octubre de 2010.] <http://www.rae.es>.

15. **COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. DECRETO NÚMERO 2060 DE 2004.** Bogotá : s.n., 2004.
16. **NICASTILLO S.A.** *Catalogo de productos de perfileria en acero.* Cartagena : s.n.
17. **CORMAGDALENA, Acuerdo 137, 24 enero, 2008. capitulo 1.** Bogotá : s.n., 2008.
18. **OCHA. AFECTACIÓN POR EVENTOS DE ORIGEN NATURAL, ENERO 1 A OCTUBRE 6 DE 2008.** Bogotá : s.n., 2008. Informe de emergencias.
19. **COLOMBIA, OCHA. Mapas de zonas inundadas en Diciembre 2008.** Bogotá : Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios | Naciones Unidas, 2009.
20. **Regional Holcim Awards competition.** Amphibious dwellings in informal settlements, Lagos, Nigeria. [En línea] [Citado el: 15 de Marzo de 2010.] <http://www.holcimfoundation.orgT876A08AMng1-gallery.htm>.
21. **CARDONA, F., FARBIARZ, J., LONDOÑO, C.** Vivienda Flotante Construida con Ferrocemento. *Trabajo de grado.* Medellin : Universidad Nacional de Colombia, 1982.
22. **PAMA, R. P.** *Ferrocemento.* Mexico D.F : INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO, 1992. ISBN 9684640471.
23. **BEDOYA R, D. A., FARBIARZ, J.** *Ferrocemento: Un material apto para la contrucción.* Medellin : Revista Ingenierías, Universidad de Medellín,, 2002. Vols. V. 2, 12 – 25.
24. **ASKEW, Arthur.** *Aprendiendo a convivir con las inundaciones.* Ginebra : La naturaleza y sus recursos, 1991. Vol. 27.
25. **AVILA, Diógenes Armando PINO.** *Tamalameque historia y leyenda costumbres de la Depresion Momposina.* Sincelejo : : s.n, 2006.
26. **MEDINA, Gustavo A. Silva.** *Control de inundaciones.* 2003. pág. Vol. 2.
27. **BANCO DE OCCIDENTE, Libros de la Colección Ecológica;.** *Río Grande De la Magdalena.* Cali : Comité Editorial Banco de Occidente, 1990.
28. **FAY, James A.** *Mecánica de fluidos.* Mexico : s.n., 1996.



## ANEXO A. MAPA ÁREAS INUNDABLES EN LA DEPRESIÓN MOMPOSINA

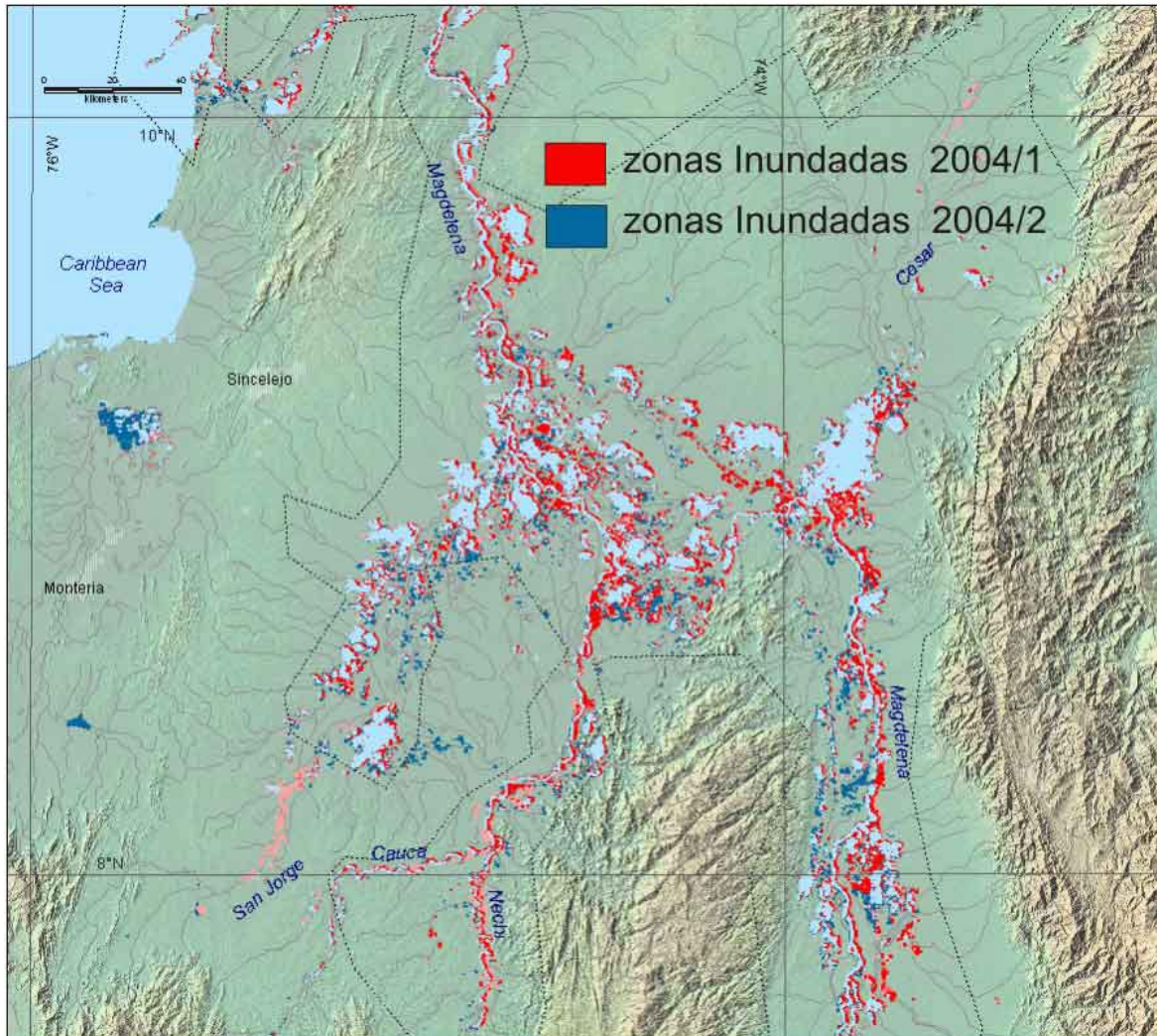


Ilustración 41. Áreas inundables en la Depresión Momposina (2004), fuente IDEAM.

## ANEXO B. NORMAS DE NAVEGABILIDAD FLUVIAL

### Código Nacional de Navegación y Actividades Portuarias Fluviales: LEY 1242 DE 2008

**ARTICULO 4.** Definiciones. Para la aplicación e interpretación de este código, se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

Artefacto fluvial. Es toda construcción flotante que carece de propulsión propia, que opera en medios fluviales, auxiliar de la navegación mas no destinada a ella, no comprendida en la definición de embarcación fluvial, sujeta al régimen de documentación y control del Ministerio de Transporte.

**ARTÍCULO 22.** La Matrícula de una embarcación es la inscripción en el Registro de Matrículas en la dependencia asignada por el Ministerio de Transporte. En el Registro de Matrículas se consignarán las características técnicas de la embarcación, y los datos e identificación del propietario.

**PARÁGRAFO.** Toda embarcación será matriculada ante la autoridad competente.

**ARTÍCULO 23.** Para que una embarcación pueda navegar por las vías fluviales de la nación, debe tener bandera colombiana y estar matriculada ante el Ministerio de Transporte a través de las inspecciones fluviales, y estar provista de la respectiva patente de navegación.

**ARTÍCULO 24. PRUEBA DE DOMINIO.** Las certificaciones que expida el Ministerio de Transporte, en donde se encuentre matriculada la embarcación o el artefacto fluvial, constituirá plena prueba de dominio y demás derechos reales y medidas cautelares que recaen sobre ellos.

**ARTICULO 72.** La licencia de tripulante de embarcaciones fluviales es el documento público de carácter personal e intransferible expedido por el Ministerio de Transporte, el cual autoriza a una persona para ejercer una actividad dentro de la tripulación en las embarcaciones o artefactos fluviales, con validez en todo el territorio nacional.

**ARTICULO 73.** Nadie podrá tripular u operar una embarcación o un artefacto fluvial sin que le haya sido expedida, la respectiva licencia por parte del Ministerio de Transporte o permiso de tripulante, expedida por la dependencia asignada según corresponda.

## ANEXO C. ESTADO DEL ARTE

### 1. ESTADO DEL ARTE

#### 1.1 ESTRUCTURAS PALAFITICAS

Son estructuras hechas de pilones entramados, que sirven para soportar y elevar una vivienda, usando para esto materiales como: Madera, Concreto o Acero.

La distancia entre postes, la altura, el material y el espesor del pilón se calculan según la necesidad del usuario y la cantidad de agua que inunde la zona periódicamente. Este tipo de estructuras se elevan de la tierra para permitir a sus habitantes sobrellevar diferentes tipos de inundaciones y evadir riesgos en las propiedades, proporcionando mayor seguridad y confort a sus habitantes

Las estructuras palafíticas de madera son el método tradicional más usado para construir viviendas en zonas de inundación aluvial o torrencial como en el amazonas, el choco colombiano y otras zonas del mundo, donde estos fenómenos se presentan con frecuencia y las viviendas están constantemente en riesgo de desastres naturales como huracanes, maremotos, fuertes inundaciones, largas temporadas de lluvias y vientos huracanados.

En algunas zonas se presentan inundaciones que llegan a los 2 metros cada temporada de lluvias, por ende personas y viviendas deben estar preparadas, la forma más simple es construir sus casas sobre pilotes.

Las viviendas en estos sitios son construidas con maderas nativas de la región, ya que permiten optimizar el tiempo de consecución y es económicamente más viable, algunas de las maderas más usadas son: El Guayacán, Huino, Abarco, Cedro, Alisal, Aporrejado, Aceite, Balso, Corcho y troncos de Mangle y son labradas con hachas y elementos rústicos de la zona.

**Desventajas:** Son estructuras muy altas para niños y ancianos, no permiten movilidad; las de madera corren el riesgo de ataque de termitas u otros agentes degradantes.

**Ventajas:** Son viviendas de bajo costo, utilizan materiales y maderas de la región, no requieren frecuente mantenimiento, son hechas por los mismos habitantes y son fáciles de reparar.

**Convive III** Es un concurso que se Realiza a nivel nacional premiando los mejores conceptos de diseños de viviendas de interés prioritario, el premio del año 2009 fue entregado a un proyecto de viviendas apoyadas sobre palafitos la cual se observa en la

(Ilustración 1. A) por el gran aporte que la vivienda ofrece para una familia situada en zona inundable, salvando enseres y mejorando la calidad de vida de estos poblados marginales.



**Ilustración 1. A. Vivienda en palafitos de madera. B. Vivienda sobre concreto. C. Pilones de acero.**

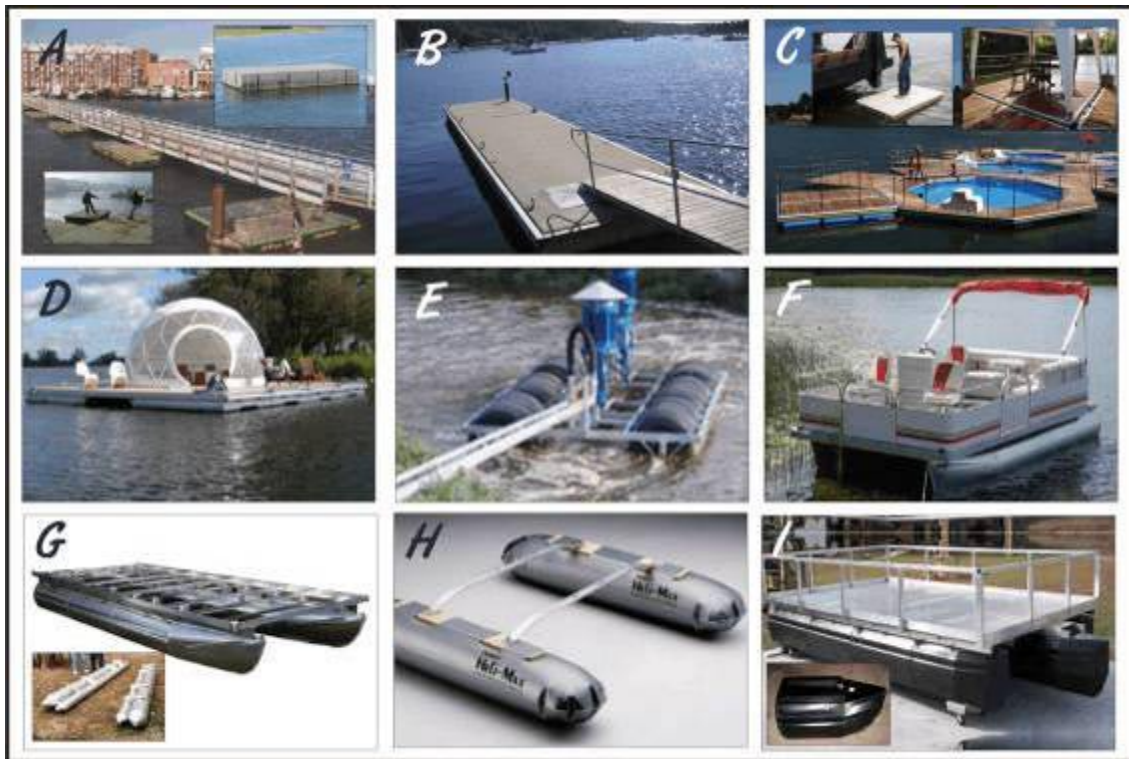
El material más utilizado actualmente para la construcción de viviendas, puentes y morteros es el Hormigón ya que posee excelentes propiedades físico mecánicas y estructurales. Las nuevas tendencias de construcción proponen viviendas sobre palafitos de hormigón con refuerzos internos de acero, teniendo la ventaja que es altamente durable y permite un acople fácil al otros sistemas de construcción (Ilustración 1. B).

Otros conceptos de viviendas utilizan tubos de acero como elementos estructurales anclados a bases de concreto para soportar la vivienda (Ilustración 1. C). El acero es un material resistente a los altos esfuerzos se comporta muy bien a compresión. Pero tiene alto costo y necesita estar bien protegido contra la corrosión.

## **1.2 ESTRUCTURAS FLOTANTES**

Se denomina estructura flotante a todo espacio flotante construido con elementos estructurales rígidos que sirven para integrar a los elementos boyantes o pontones. Estas estructuras flotantes se modulan de forma tal que ofrecen diversos usos en el agua como: soporte para dragas, en embarcaciones grandes y pequeñas, muelles, viviendas, murallas, puentes, elemento fijo a un helicóptero para aterrizar en el agua. Existen de alto y bajo perfil ya que pueden ser construidos con diversidad de elementos del común, botellas de PET, canecas plásticas de 55 galones, madera, lonas inflables de PVC y elementos rotomoldeados de diversas formas como se observan en la Ilustración 2.

Actualmente el uso de las estructuras flotantes se está expandiendo a para diversas construcciones como: piscinas, espacios flotantes de alto lujo, artefactos flotantes para botes en acero, aluminio, fibra de vidrio y en diferentes materiales boyantes estructurales. Como el cemento que es un material usado para construir puentes, muelles y barreras flotantes, algunas estructuras quedan huecas, otras se inyectan con espumas que rellenan el espacio vacío por seguridad si el casco es golpeado (Ilustración 2A).



**Ilustración 1 ESTRUCTURAS FLOTANTES. A. Puente de concreto. B. Dock de madera. C. Piscina flotante. D. Domo flotante. E. Dragadora. F. Catamarán pequeño. G. Pontones de aluminio. H. Pontones de lona de PVC. I. Bote con pontones roto moldeados.**

Se observan en la Ilustración 3 pontones modulares rotomoldeados y algunas de sus posibles funciones, por ser los más usados en la industria marítima para soportar botes y también como muelles flotantes para el abordaje de personas a embarcaciones pequeñas.

El mercado de los pontones integrales tiene un alto crecimiento en el contexto colombiano y mundial porque son estructurales, facilitan el ensamble del complejo flotante, disminuyen el tiempo de construcción y ofrecen una excelente garantía. Es posible con este sistema construir viviendas aunque se necesita una estructura rígida de acero que agrupe los módulos flotantes y se conserve en el tiempo.

Se observa en la Ilustración 3 A. se observa un baño construido con estructura de acero galvanizado que une diversos pontones de poliestireno estructurales resistentes a químicos y solventes disueltos en ríos y mares, su espacio total es de 18 m<sup>2</sup> y capacidad de flotación son 5 toneladas. El precio de la unidad que se observa en la figura 1.3 D es 120 mil pesos sin acoples, es un producto costoso pero tiene la ventaja que se adapta a varios usos.



**Ilustración 2 PONTONES MODULARES**

**A. Baño sobre pontones rectangular. B. Embarcadero en pontones. C. Acople de pontones y estructura. D. Pontón de ensamble vertical. E. Pontón de ensamble horizontal. F. Muelle con pontones rotomoldeados modulares**

### **1.3 HÁBITATS FLOTANTES**

Se define hábitat flotante al espacio sobre el agua donde el ser humano puede sobrellevar las inundaciones, estos hábitats pueden ser construidos sobre una gran diversidad de estructuras flotantes.

#### **1.3.1 VIVIENDAS FLOTANTES DE BAJO COSTO**

Se define viviendas flotantes de bajo costo a aquellas que son habitadas por personas de escasos recursos económicos, en su mayoría diseñadas y construidas por sus propios habitantes armadas con mobiliario, estructuras y elementos flotantes recuperados de la zona.

##### **1.3.1.1 ELEMENTOS FLOTANTES UTILIZADOS EN LAS VIVIENDAS FLOTANTES DE BAJO COSTO**

- **MADERA**

Las casas flotantes en troncos ahuecados de madera, en canoas y en listones de guadua se han usado desde hace muchos años en regiones tan aisladas del continente como en Egipto, Bankog, Amazonas y en África, son viviendas que tienen una excelente flotabilidad porque la madera posee una densidad aproximada a 850 kgm<sup>3</sup>. Son estructuras flotantes que tienen una durabilidad incierta en climas húmedos y dependen en si del tratamiento,

el mantenimiento que los ocupantes den a sus hábitats y del buen uso de los impermeabilizantes; puede utilizarse aceite quemado, resinas naturales y cera de abejas, entre los más asequibles.



**Ilustración 3 Estructuras flotantes en madera.**

**A. Vivienda flotando en troncos. B Vivienda flotando en canoas. C. Vivienda flotando en guadua.**

- **CANECAS PLÁSTICAS O METÁLICAS**

Las viviendas que se observan en la Ilustración 5 están construidas en canecas de plástico y acero, otro de los sistemas para construir viviendas flotantes más económicos y eficientes, un módulo de 3 X 3 contiene 12 canecas a 35 mil pesos caneca son 420 mil pesos por módulo y un total de 1500 Kg. máximos por módulo, ya que una caneca tiene un empuje de 220 kilos de flotabilidad máxima, en la Ilustración 5 C se observa una forma de como se integran a la estructura las canecas.



**Ilustración 4 VIVIENDAS FLOTANTES EN CANECAS A. Vivienda flotando en canecas de acero. B. Vivienda flotando en canecas de poliestireno C. Modulación estándar de canecas.**

- **ELEMENTOS RECUPERADOS, BOTELLAS DE PET Y ESPUMAS DE POLIESTIRENO O POLIURETANO.**

Se han construido viviendas flotantes con residuos como lo hizo Luís Fernando Barreto de Queiroz, un albañil de 40 años que construyó su casa flotante con basura, sobre una plataforma de 42 metros cuadrados por un metro de altura, hecha de botellas Pet de 2.5 litros agrupadas y rellenas con poliestireno expandido, en uno de los ríos más contaminados de río de Janeiro "Fabriqué toda mi casa usando lo que otros arrojan a la basura: columnas de hierro, marcos de ventanas, maderas, el cemento que es descartado

en otras construcciones de la zona. Lo único que tuve que comprar fueron los clavos, la cal y el tejado"<sup>50</sup> (Ilustración 6).



**Ilustración 5 Vivienda flotante sobre basura. A. Casa flotante en basura. B. Ventanearía reciclada. C. Botellas rellenas de espumas.**

### **1.3.1.2 ESTRUCTURAS DE LAS VIVIENDAS DE BAJO COSTO**

Las estructuras de las viviendas de bajo costo generalmente están construidas con materiales, como maderas y estructuras metálicas de segunda: andamios, cerchas de techo o tuberías compradas en chatarrerías. Estos 2 materiales son económicos, de fácil consecución y estructuralmente resistentes para la construcción de viviendas flotantes de bajo costo.

### **1.3.2 VIVIENDAS DE GAMA MEDIA**

Las viviendas flotantes de media gama están soportadas sobre estructuras que tienen mayor ingeniería y una inversión inicial más alta que las de bajo costo, están generalmente echas de ferrocemento que es un material compuesto con doble propósito, que sirve como elemento flotante y estructural, económico y resistente a diversos factores. Son denominadas de mediano costo, en un país como Colombia donde la mano de obra es económica comparada con países del primer mundo donde este tipo de construcción es usado para viviendas de lujo.

**El ferrocemento** material patentado por Joseph Louis Lambot en 1852 compuesto con cemento hidráulico reforzado con un entramado tejido o soldado de varillas en acero de 5mm y recubierto con mallas galvanizadas amarradas, se comenzó a usar para construir grandes embarcaciones y pequeños botes, como estrategia de guerra debido a la escasez

---

<sup>50</sup> <http://www.floatinghomes.de/>



de acero en la segunda guerra mundial, ya que el compuesto resulta impermeable si es tratado correctamente.



**Ilustración 6** A y B. Viviendas ferrocemento Joseph Farbiarz y Londoño. C. Velero de ferrocemento.

En Colombia, en 1982, Joseph Farbiarz y Londoño, hicieron la primera investigación sobre viviendas prefabricadas de bajo costo con ferrocemento, con el objetivo de generar una vivienda económica para zonas de inundación fluvial cíclica<sup>51</sup>. Construyeron en la represa del peñol un prototipo de 25m<sup>2</sup>, prefabricando la casa con paneles y el casco se construyó en el sitio con ferrocemento (Ilustración 7), se necesita una mano de obra calificada con experiencia para lograr un buen acabado y poder integrar bien sus aditivos.

### **1.3.3 VIVIENDAS DE ALTO COSTO**

Se pueden construir viviendas de alta gama sobre una gran diversidad de materiales y estructuras flotantes, son viviendas hechas con materiales y tecnologías de punta. Una vivienda flotante puede tener dos tecnologías, la tecnología holandesa consta de construir un casco hueco de cemento, en el cual generalmente se construye un sótano y la tecnología canadiense que invierte el casco y lo rellena de espuma de poliestireno creando una estructura insumergible, la desventaja radica en que es más inestable que el sistema holandés, siendo el más usado dando más estabilidad.

#### **1.3.3.1 ELEMENTOS FLOTANTES**

Existen elementos flotantes de dos tipos, el tipo 1 tienen la capacidad de flotar y ser estructurales como el concreto aligerado, la fibra de vidrio y el acero; Los tipo 2 necesitan una estructura que los integre como Canoas o troncos ahuecados de madera, pontones plásticos o pontones de aluminio.

---

<sup>51</sup> Capítulo 2. Ferrocemento: definición, historia y aplicaciones Tesis de doctorado Daniel Bedoya Ruiz Universidad politécnica de Cataluña

- **CONCRETO VACIADO ALIGERADO**

El concreto aligerado hidráulico es una excelente solución para viviendas de lujo, un material en el cual se pueden construir eficientemente viviendas flotantes con todas las comodidades que permiten sobrellevar inundaciones con el menor de los riesgos para sus habitantes, tiene una excelente inercia y tiende a no moverse mucho, el único problema es que sus precios superan las posibilidades de muchos aproximadamente 225 mil euros. (Ilustración 8)



**Ilustración 7 Estructuras flotantes de concreto aligerado.**

- **MADERA**

El auge de las viviendas flotantes en madera ha llevado a algunas personas a construir cabañas flotantes de recreo de mayor categoría, utilizando la madera como elemento boyante y en si para construir todo el hábitat por sus excelentes propiedades físico mecánicas. (Ilustración 9)



**Ilustración 8 Estructuras flotantes de madera.**

### **1.3.3.2 ESTRUCTURA DE LAS CASAS FLOTANTES DE LUJO**

Las estructuras de estas casas flotantes de lujo en su mayoría son estructuras mono casco ósea que su casco sirve como estructura y como elemento flotante, como se puede observar en las viviendas de acero y cemento ya son materiales que por sus propiedades físicas y mecánicas pueden tener un doble uso.

### 1.3.3.3 FUNCIÓN DE LAS CASAS FLOTANTES DE LUJO

- **VIVIENDAS FLOTANTES AUTOPROPULSADAS**

Son viviendas que poseen un motor fuera de borda para movilizarse y esta diseñadas para navegar, su quilla o sus quillas tienen un ángulo de 60° en proa, pueden ser de casco entero denominado barcaza o por pontones nombrado catamarán (tienen dos filas de pontones) o trimaran (tienen 3 filas de pontones). Generalmente sus cascos están hechos de acero, aluminio, ferrocemento o fibra de vidrio

**Desventajas:** alto costo de los materiales, alto mantenimiento, mano de obra muy calificada.

**Ventajas:** las embarcaciones ofrecen muy buena navegabilidad, alta duración, se pueden usar en mar y en ríos.

Las viviendas auto propulsadas tienen por naturaleza un diseño enfocado en su navegabilidad por esto se parecen más a un bote que a una casa, David Ballinger fundador de **Metroship** (Ilustración 10 C) una empresa que fabrica barcasas flotantes autopropulsadas de lujo acondicionadas con todas las comodidades; quería incorporar en el producto, la idea de construir una casa bote eficiente con elementos prefabricados de aluminio y algunas partes recicladas; le llevo 7 años su planificación y desarrollo<sup>52</sup>.



Ilustración 9 Viviendas auto propulsadas

A. Vivienda en fibra de vidrio. B. Vivienda de acero. C. Metroship.

### TIPO DEL CASCO

- **Monocasco o barcaza**

Las estructuras mono casco se caracterizan por estar compuestas de un casco doble propósito en acero, aluminio, fibra de vidrio o ferrocemento, aunque teniendo estos materiales en composición una densidad mucho mayor a la del agua, su forma hueca

---

<sup>52</sup> [www.metro-ship.com](http://www.metro-ship.com)

como la de un barco le permite crear un vacío que generara el empuje necesario para elevar y soportar la vivienda como las barcazas que se observan en la Ilustración 12



**Ilustración 10 Viviendas sobre Barcazas.**

- **Catamaranes**

Otro tipo de viviendas son las que están construidas sobre pontones estructurales de gran longitud en acero y aluminio, unidos por una estructura tipo Catamarán (Ilustración 12) o trimarán, son viviendas que generalmente tienen un motor fuera de borda para su movilidad en el agua. Los nuevos desarrollos de materiales livianos como las espumas han impulsado arquitectos e ingenieros a desarrollar estructuras más livianas y compactas, como se observa en la Ilustración 12C



**Ilustración 11 Viviendas sobre catamaranes.**

**A. Catamarán de aluminio. B Catamarán de fibra de vidrio. C. Silverfish.**

- **VIVIENDAS FLOTANTES ESTÁTICAS**

Los hábitats construidos sobre plataformas flotantes estáticas están diseñados para permanecer en el agua todo el ciclo de vida, son hechos de diversos materiales y tienen acoples unidos a la plataforma en los cuales se insertan en postes de acero, madera o hormigón, que guían la plataforma para que la vivienda ascienda o descienda y no tenga desplazamientos horizontales. El único problema que se observa es que si el nivel del agua desciende más de lo previsto la plataforma se puede atascar. (Ilustración 13)



**Ilustración 12 Casas flotantes Estáticas**

Dura Vermeer, una importante constructora de Holanda, ha construido un condominio de viviendas flotantes estáticas en Maasbommel, a orillas del río Maas, los diseños de estos conceptos fueron planteados por Faktor Architecten; un importante estudio de diseño arquitectónico holandés, las viviendas flotan porque tienen troncos ahuecados fijados a la plataforma, el costo aproximado es de 226 mil euros.

- **VIVIENDAS ANFIBIAS**

Existen viviendas anfibia de 2 tipos las **tipo 1**, tienen movimiento vertical y restringido movimientos horizontales, para restringir el movimiento horizontal se instala un sistema que permite que la plataforma ascienda o descienda en la inundación y para sostener la plataforma en tierra firme se construyen bases de diversos materiales para cuando la inundación se haya ido la plataforma pueda apoyarse en tierra firme. Las **tipo 2**, pueden desplazarse en el agua y descender en cualquier terreno dependiendo de la inclinación. La plataforma, de la Ilustración 14 A <sup>53</sup> es de tipo 1 toda la vivienda es en madera inmunizada con apoyos de concreto para cuando la inundación se haya ido la plataforma pueda asentar en estas bases y permanecer nivelada. La otra plataforma que se observa (Ilustración 14 C), flota porque el exterior es de ferrocemento recubierto con piso de madera, esta apoyada en listones de madera y de cemento también posee 2 tubos de gran diámetro en acero que restringen los movimientos en los ejes X Y.

---

<sup>53</sup> <http://au3d.blogspot.com/2009/08/portfolio.html>



Ilustración 13 CASAS ANFIBIAS A y B vivienda de madera C Plataforma de cemento

**Ventajas:** Permiten sobrellevar una inundación de alto nivel freático también sirven para sobrellevar una leve inundación sin utilizar el sistema de flotación, tienen alta durabilidad y facilidad de mantenimiento

**Desventajas:** Si las guías se obstruyen la casa se puede inundar, no permite movilidad es una estructura de gran altura y por ende peligrosa, si no se preparan bien los morteros flotantes la casa se puede inundar.

#### 1.4 ISLAS, CIUDADES Y POBLADOS FLOTANTES

Los Uros llevan cientos de años viviendo en la bahía de Puno del lago Titicaca, en islas flotantes hechas de bloques de raíz de totora, es usada porque se descompone en el agua y genera gases que se quedan atrapados en las raíces de los bloques, se obtiene al tejer totora seca y colocarla por encima dando una fuerza de empuje necesaria para soportar varias familias, el suelo que tiene un espesor de 1.5 metros a 2 metros, se anclan por medio de unos troncos que atraviesan la totora y se clavan al piso. Los Urus actualmente se denominan a sí mismos *Kotsuña*, "el pueblo lago". *Los hombres son hábiles constructores y conductores de balsas de totora y las mujeres son expertas tejedoras. En los comienzos del siglo XXI han dirigido sus actividades al turismo. Se han convertido en un punto obligado en el recorrido de los turistas que pasan por Puno. Los isleños se movilizan únicamente en balsas.*<sup>54</sup>



Ilustración 14 Islas Uros

<sup>54</sup> Fuente [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com) ;Urus

Debido al actual auge de las construcciones flotantes hay algunos arquitectos y que están desarrollando y diseñando viviendas, hoteles, condominios, islas y ciudades enteras flotantes. En Ámsterdam, se construyó un mercado orgánico flotante con una base de goma espuma que soporta 500 kilos por metro cuadrado fue diseñado por estudiantes como parte de proyecto social; En Bangkok existe otro mercado flotante y algunas comunidades que viven flotando en el mar. Se observa que el hombre encontró una forma de protegerse del agua y es viviendo sobre ella.



Ilustración 15 A. Ciudades B. Condominio C. Spiral island

#### 1.4.1 SPIRAL ISLAND

Una isla flotante en el mar sobre 250.000 botellas Pet vacías, construida por un ecologista llamado Richart Sowa que decidió apartarse del estilo de vida de la ciudad y construyó un paraíso flotante en el Caribe Mexicano, la isla tiene una gran diversidad de elementos flotantes atrapados en redes de pesca que sostienen una estructura de madera y guadua, sobre la madera tiene arena y tierra para que crezcan plantas naturalmente. La primera vivienda que construyó fue derrumbada por el huracán Emily en el 2005 pero Sowa no se rindió y construyó su segunda casa que llamo spiral island II.<sup>55</sup>

#### 1.5 PROYECTOS FLOTANTES EN COLOMBIA

En Colombia se han desarrollado diversos proyectos con estructuras flotantes que pretenden utilizar el recurso hídrico más abundante de la nación como medio para transportarse y apoyar sus viviendas o artefactos flotantes, un nuevo concepto está surgiendo en el país y es el de hidrovía que pretende dinamizar los ríos readecuándolos para su navegabilidad y el transporte de carga.

- **PROYECTO BARCAZAS EDIFICIOS MÓVILES COMO TERRITORIOS DE PAZ (UPB)**

<sup>55</sup> <http://retardzone.com/2007/11/20/island-made-out-of-recycled-bottles/>

En el Laboratorio de Estudios y Experimentación Técnica en Arquitectura LEET de la UPB de Medellín se desarrollo un proyecto que busca aprovechar al máximo los ríos colombianos llevando educación, salud y bienestar general a las comunidades que viven en las riberas. El objetivo principal es generar un gran impacto social por ende la idea de este grupo de investigadores es recuperar los viejos y abandonados planchones, optimizarlos y construir sobre ellos edificios móviles flotantes, adecuados con salones de clases donde los niños recibirían clases de fauna, de biodiversidad y temas relacionados con los ríos, también se prestaran servicios de salud con brigadas preventivas y curativas. Los investigadores decidieron reciclar fibras de la región como las del plátano, para construir muelles modulares de rápida construcción que se acoplen a los planchones. Otro objetivo del proyecto es que ese conocimiento le permita al país resolver problemas sociales, económicos, de educación y de carácter ambiental. (Ilustración.17).<sup>56</sup>

El proyecto culmino su fase teórica y de diseño, en 2007, sin llevar a cabo la construcción y fabricación de algún prototipo.



**Ilustración 16** UPB barcasas

- **CASA HOTEL 5 ESTRELLAS AVIATUR S.A**

Lleva navegando en el Amazonas desde el 2006 la primera casa flotante aviatour S.A esta adecuada con las mejores comodidades para los turistas; Los pontones fueron realizados en madera de catagua, Las uniones entre los diferentes elementos de la casa, se aseguraron usando pernos de aluminio y varillas de acero estructural, a fin de obtener una estructura rígida, dimensiones: 13 metros de eslora, 10 m de manga, 2.67 metros el puntal en la quilla, calado vacío de 2.22 metros, francobordo de 0.30 metros, puntal útil de 0.15 metros, altura 7.55 metros (superestructura) y carga máxima de 4.0 toneladas, propulsada por 2 motores fuera de borda. (Ilustración 18B).

---

56 <http://www.upb.edu.co/pls/portal/url/ITEM/5B0AAB02383B2246E0440003BA8AE9C9>





**Ilustración 17 A. Hotel aviator Boyaca. B. Hotel aviator Amazonas.**

En la laguna de Tota en Tota/Boyacá (Ilustración 18 A) se desarrollo otra casa hotel flotante de 3 habitaciones 3 baños terraza, estructura en madera, paredes en listón de pino, techos en caña brava. Construida con mano de obra local materiales de la región, cocina de gas, dos motores fuera de borda de 75 hp. Manejo de aguas residuales con tratamiento químico y disposición en poso séptico, La idea resulto tan exitosa que están pensando construir otras 3 casas hotel más.

- **CORMAGDALENA**

En convenio con la ONIFI (La corporación autónoma del río grande la Magdalena) y Cormagdalena de desarrollo un proyecto de construcción de muelles y barcazas flotantes en municipios ribereños del Río Magdalena y sus conexiones fluviales. El objetivo de este grupo es construir seis estructuras flotantes tipo muelle para abordar personal a pequeñas embarcaciones, la unidad flotante se calculo para soportar una carga máxima de 12 toneladas esta carga debe estar distribuida uniformemente en toda su cubierta, se usaron laminas de acero soldadas para conformar los pontones. (Ilustración 19 A).



**Ilustración 18 A. Embarcadero Cormagdalena. B. Coveñas cienaga la Caimanera.**

En la Ciénaga de la Caimanera en Coveñas (Ilustración 19 B) existe un espacio flotante de paso, su base esta echa con canecas de 55 galones en metal y plástico, es una opción económica para la construcción del proyecto. Forma parte de un programa de gestión ambiental que desarrolla la asociación de Promotores ambientales de Cartagena ASOPAC3, tienen el objetivo generar mas empleo y mejorar la calidad de vida de los lugareños, mitigar la extrema pobreza incluyendo una nueva actividad económica con la que estos puedan generar ingresos del turismo.

## 1.6 EMPRESAS Y ARQUITECTOS PIONEROS EN HÁBITATS FLOTANTES

Muchos habitantes del planeta tierra buscan en el agua la posibilidad de vivir o vacacionar sobre ella, la demanda creciente de habitats flotantes está impulsando a diversos tipos de personas a crear empresas que atiendan las necesidades de los que humanos con estas necesidades; empresas como Water Studio, Ecoboot y faktor Architekten en Holanda, Floating homes en Alemania, La empresa International Marine Flotation System en Canadá y Metroship en Estados Unidos, son algunas de las impulsoras de una nueva arquitectura flotante.

**SICTECNA** (Ilustración 20A) En Chile se han empezado a desarrollar construcciones flotantes en hormigón la empresa es pionera en el mercado interno y su mayor cliente es la industria salmonera, pero el mercado se esta expandiendo y actualmente tienen construidos 4 hoteles que tienen capacidad para 800 ton como máximo, el turismo flotante esta de auge en varias ciudades del mundo y sictecna asegura que el Hormigón posee propiedades superiores a las del acero en cuanto a precio, duración y resistencia.



Ilustración 19 A. Hoteles SITECNA B. Villa Nackros C. Acuadomi.

**VILLA NACKROS** (Ilustración 20 B) Es una casa prefabricada flotante hecha con concreto, de 6 piezas y cocina que esta ubicada en Calamar Suecia la diseño Staffan Strindberg, tiene 178 sqm, un costo de 525.000 mil euros y una capacidad de 165 toneladas, su nivel de flotación esta a los 47 cm, recoge aguas lluvias y las utiliza en los baños. Es una vivienda sofisticada que ha ganado varios premios internacionales.

**ACUADOMI** (Ilustración 20 C) Empresa Italiana que produce una gran variedad de viviendas modulares de lujo para diversos tipos de clientes; la estrategia que escogió esta compañía creada para los amantes del agua fue que ellos pueden diseñar la casa según sus necesidades y desde que la orden de compra se aprueba la casa se entrega en un plazo máximo de 4 meses con una garantía de 2 años.<sup>57</sup> Estrategia que resulta efectiva por que están enfocados en un público con alto nivel económico que no le importa pagar más por algo que va ha ser exclusivo.

---

<sup>57</sup> <http://www.nauticexpo.es/prod/aquadomi/casa-flotante-26900-162959.html>

## ANEXO D. PRUEBAS DE ELEMENTOS FLOTANTES

Se realizaron diferentes pruebas con elementos flotantes para determinar el sistema de flotación. Considerando que la principal limitante del proyecto es que los materiales sean económicos y fáciles de adquirir, se realizaron pruebas con las soluciones resultantes de la matriz morfológica en cuanto a flotación.

**Ferrocemento:** el ferrocemento es un material relativamente económico y que puede ser una muy buena solución debido a que el mismo sistema de flotabilidad a su vez podría ser la misma estructura de la plataforma. Está compuesto de una mezcla de cemento, arena, agua, empañetados en una malla de acero. Sus materiales no son difíciles de adquirir pero requiere conocimiento técnico para su diseño estructural. Se realizó un pequeño modelo con pared delgada de dos centímetros, para verificar la facilidad de la técnica en la implementación. Se comprobó que requiere experiencia en el empañetado de la mezcla. La prueba fue satisfactoria, mostró buena resistencia después del curado, no presentó entradas de agua, el acabado quedó rustico por la inexperiencia al empañetar, se debe vibrar para que la mezcla homogenice y se interne por toda la malla.

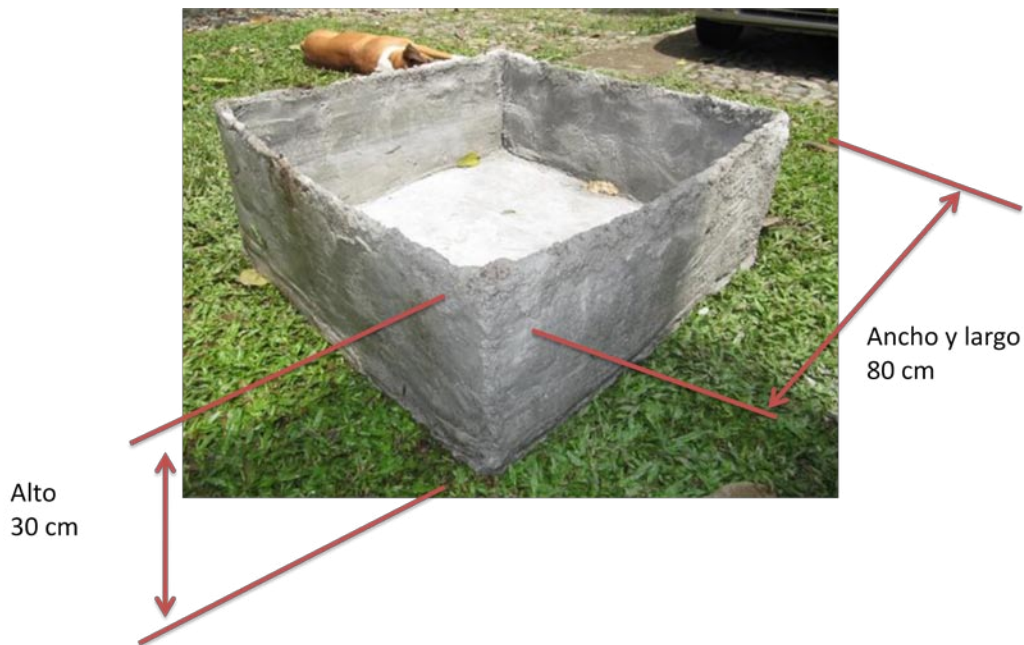
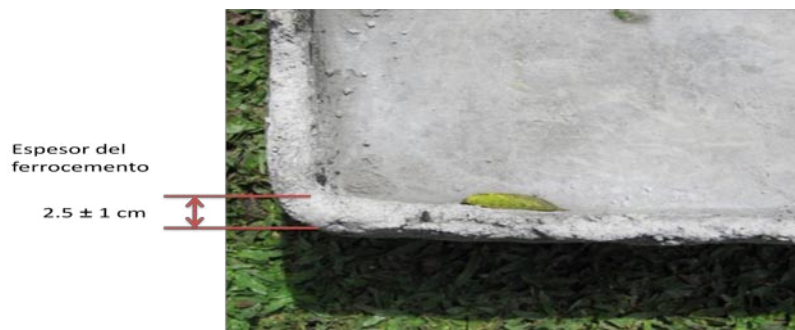


Ilustración 42. Prueba en Ferrocemento.



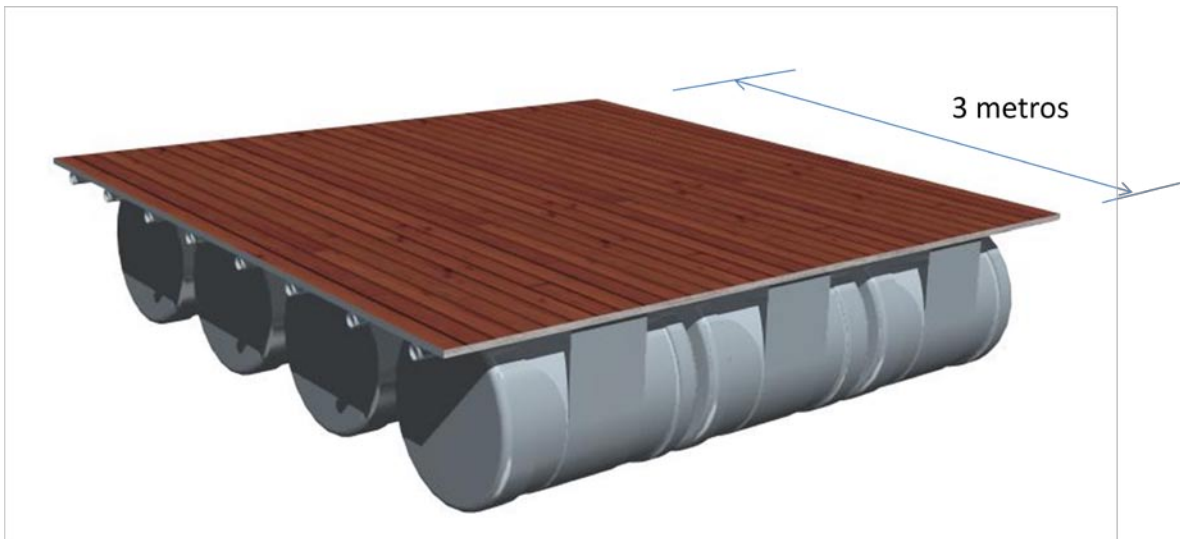
**Ilustración 43. Espesor del Ferrocemento.**



**Ilustración 44. Detalle de la base, falta de homogenización de la mezcla.**

En conclusión es una solución viable, relativamente económica, con gran duración en el tiempo pero resulta pesada la manipulación por su peso y requiere de algún conocimiento técnico en el diseño estructural y construcción.

**Canecas de 55 galones:** Las canecas plásticas y metálicas como residuos industriales ofrecen una capacidad de flotación de 215 kg, son más utilizadas las plásticas por que no son muy costosas (\$45.000 pesos c/u). Tienen sello hermético, son fáciles de manejar, dando gran durabilidad por su material (Polietileno) y se pueden amarrar a la estructura fácilmente con zunchos. Se probó con un módulo de 3 x 3 metros y 12 canecas plásticas, obteniendo muy buenos resultados de flotación a un costo no muy elevado, para sostener la plataforma de 36 m<sup>2</sup> se requerirían 48 canecas con un costo de \$ 2'160.000 pesos.



**Ilustración 45. Módulo de nueve m<sup>2</sup> en canecas plásticas.**



**Ilustración 46. Amarre de las canecas a la estructura.**

**Botellas de PET:** Las botellas de PET de gaseosa de 2.5 litros tiene la mejor relación de costo/flotación. Son desperdicio que se generan en grandes cantidades y se puede hallar en la mayoría de poblaciones del territorio nacional. El costo por kilo es de \$800 pesos que equivale a 20 botellas con tapa. Cada una genera una fuerza de empuje de 2.5 kg en el agua. Se intentaron varias maneras de disponer y sujetar las botellas debajo de la plataforma, se encontraron mallas donde se puede sujetar el pico de la botella con la tapa generando una modulación y unir botellas verticalmente una con la otra a partir de una botella previamente cortada formando una unión (Ilustración 48); sin embargo se encontró muy engorroso de hacer, por la cantidad de botellas que se pretende usar. Se intentó metiendo botellas dentro de sacos que permiten buena modulación, pero estos sacos deben resistir en el agua por tiempo prolongado. Se determinó que la manera más fácil era disponiendo las botellas sueltas entre mallas.

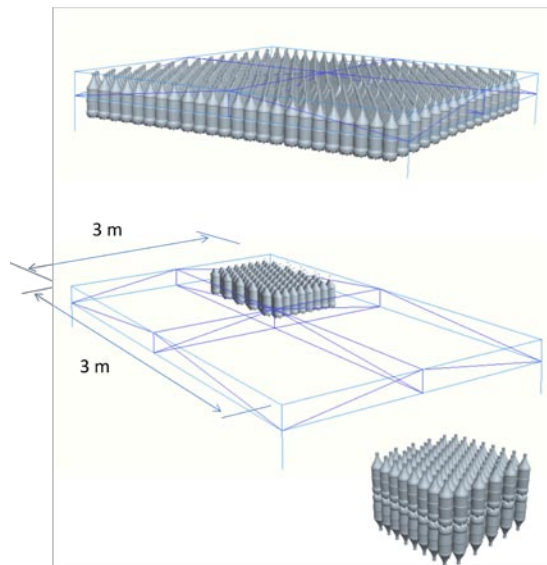


**Ilustración 47. Botellas moduladas en sacos y fijadas con mallas por el pico.**



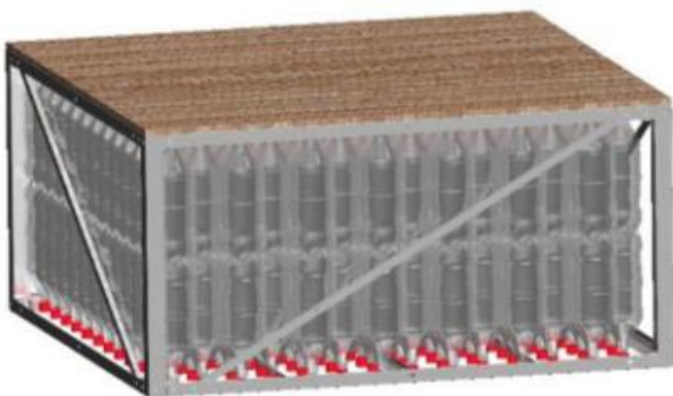
**Ilustración 48. Método para unir botellas.**

También se realizaron pruebas encapsulando botellas en espuma de poliuretano de tipo rígido que no absorbe agua, obteniendo muy buenas características de flotación y aglomeración, no obstante tienen un costo considerable de \$ 400.000 pesos por metro cubico de flotación.



**Ilustración 49. Manera de disponer las botellas verticalmente en la plataforma.**

Se realizó un modelo con 375 botellas cubiertas por mallas dentro de un módulo de acero de 1.5 x 1.5 metros. Sobre el agua obtuvo satisfactorios resultados en flotación dando una capacidad máxima de 400 kg/m<sup>2</sup>, las botellas producen leves sonidos mientras se acomodan. El costo total de sostener la plataforma flotante no sería mayor a \$ 500.000 pesos en botellas y sumarle el costo de las mayas que no asciende de \$ 400.000 pesos. Esta solución muestra ser muy viable económicamente y durable en el tiempo, además de estar reaprovechando residuos.



**Ilustración 50 Módulo con botellas verticales unidas entre si y fijadas con malla en el pico, Botellas encapsuladas en espuma de poliuretano**



**Ilustración 51. Módulo con botellas aleatoriamente organizadas.**



**Ilustración 52. Módulo con botellas alineadas en sacos**

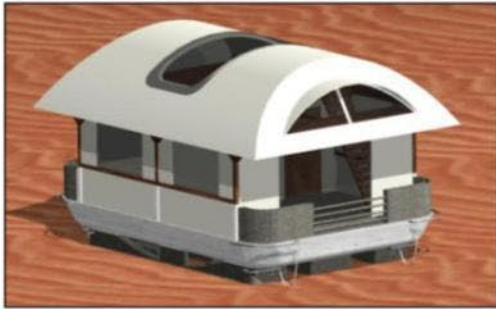


## ANEXO E. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

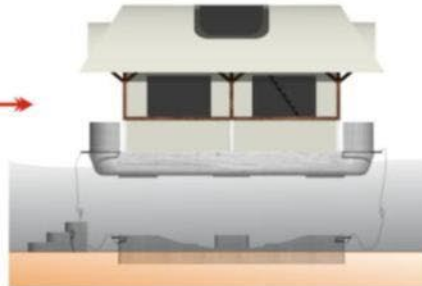
### ALTERNATIVA I

### PLATAFORMA DE FERROCEMENTO

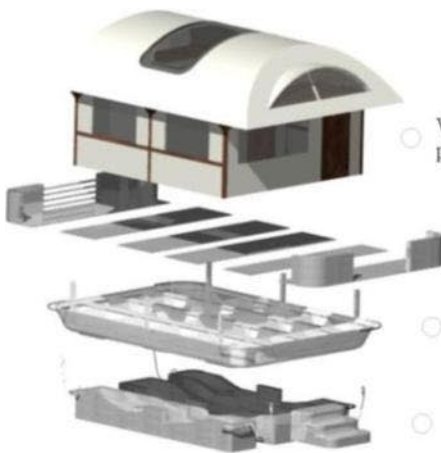
Vivienda en tierra



Vivienda flotando



### VISTA EN EXPLOCIÓN



○ Vivienda prefabricada

○ Cubierta de fibrocemento

○ Plataforma de ferrocemento

○ Base de concreto fija a tierra

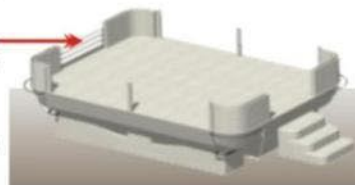
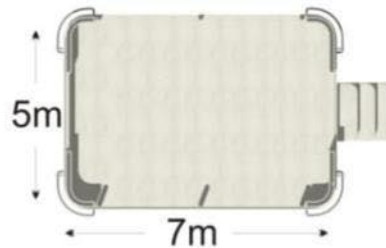
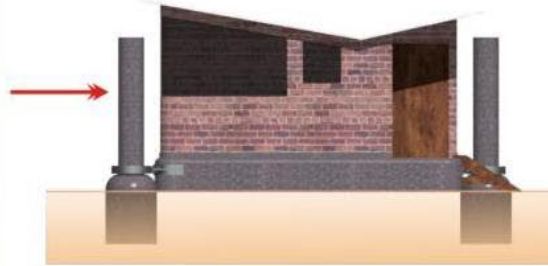


Ilustración 53. Explicación detallada de Alternativa 1

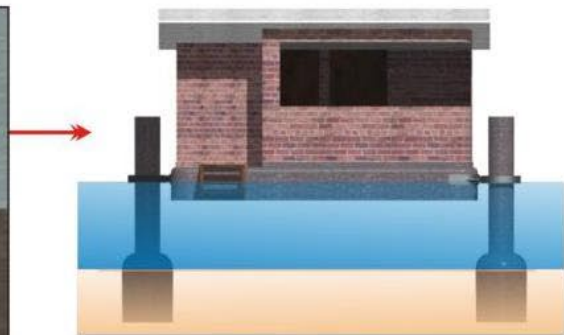
## ALTERNATIVA 2

## PLATAFORMA DE FERROCEMENTO

Vivienda en tierra



Vivienda flotando



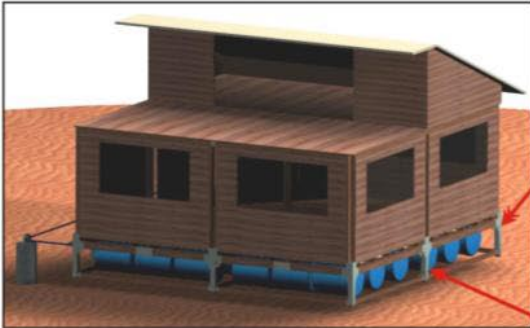
## VISTA EN EXPLOCIÓN



Ilustración 54. Explicación detallada de Alternativa 2

## ALTERNATIVA 3 PLATAFORMA CON MADERA Y CANECAS

Vivienda en tierra



Vivienda flotando



ACOPLES DE ACERO GALVANIZADO



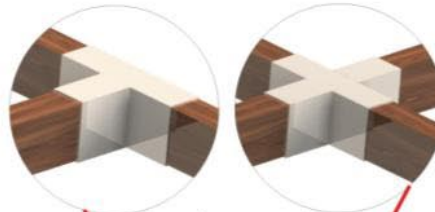
Acople central

Acople esquinero



Acople medio

Acople medio



Acoples superiores

### VISTA EN EXPLOCIÓN



Vivienda prefabricada

Cubierta de madera

Plataforma madera con herrajes

32 canecas de 55 galones

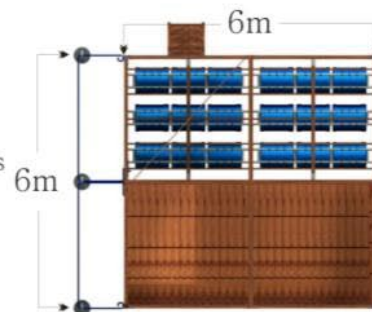
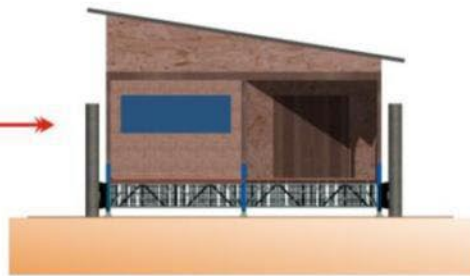
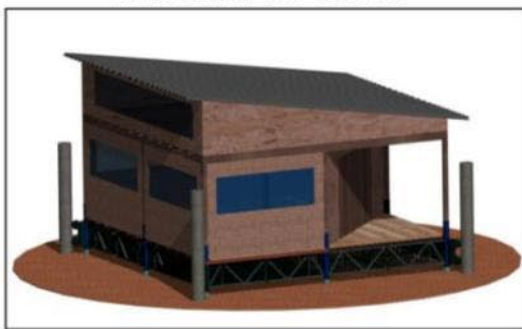


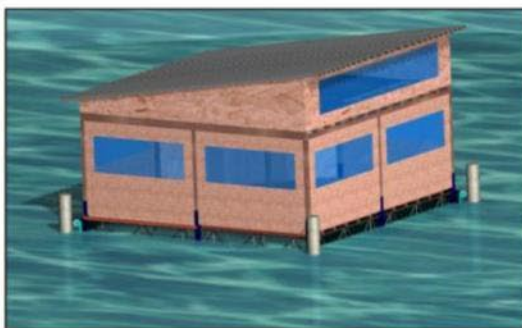
Ilustración 55. Explicación detallada de Alternativa 3

## ALTERNATIVA 4 PLATAFORMA DE CERCHAS Y BOTELLAS

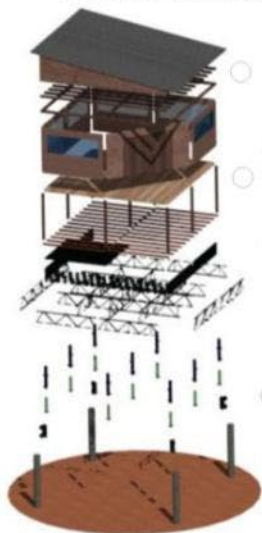
Vivienda en tierra



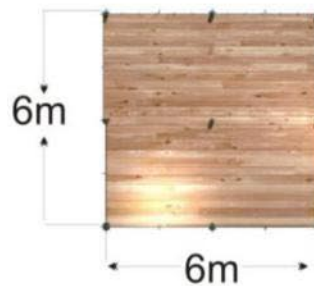
Vivienda flotando



### VISTA EN EXPLOCIÓN



- Vivienda prefabricada
- Cubierta de madera
- Estructura en cerchas de acero
- Mallas de polietileno
- Acoples de acero
- Guidores
- Postes de cemento



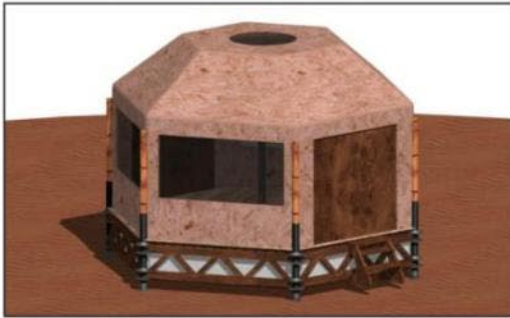
la vivienda puede y estar anclada a tierra firme o a un arbol

Ilustración 56. Explicación detallada de Alternativa 4

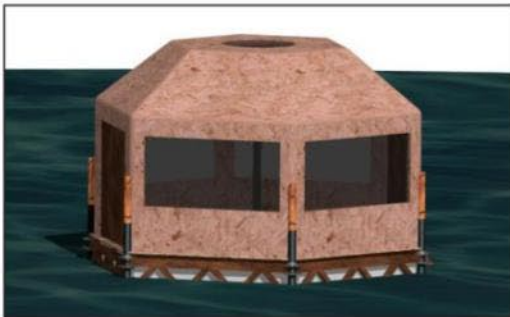
## ALTERNATIVA 5

## PLATAFORMA DE MADERA Y ESPUMA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

Vivienda en tierra



Vivienda flotando



## VISTA EN EXPLOCIÓN

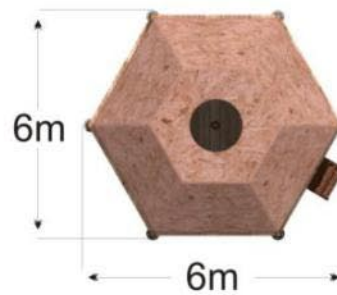


Ilustración 57. Explicación detallada de Alternativa 5

## ANEXO F. CARACTERÍSTICAS DEL PET

El polietilenterfetalato fue descubierto por John Rex Whilfield y James Tennant Dickson en 1941, que se obtenía de la reacción de glicol de polietileno con el ácido tereftálico.

El PET es un plástico de alta calidad, concretamente un termoplástico. Es un polímero de condensación producido mediante un proceso de polimerización en fase fundida continua. Las líneas de productos son tres: Envases, textil y films. La mayoría del PET es reciclable siempre y cuando se separe del resto de la basura. La fabricación del PET consume muchísima energía y su incineración produce mucho calor o electricidad gracias a su elevado poder calorífico. El PET es ligero, por lo que el transporte de botellas de PET ahorra el 40% del coste energético si lo comparamos con el transporte de las botellas de vidrio.

Es un material con excelentes características en resistencia mecánica, su temperatura de fusión es hasta 250 grados y resiste hasta 100 grados sin afectar sus propiedades, es un material séptico, solo lo afectan químicamente algunas cetonas, amoniacos y metanoles. El PET es afectado por los raios solares perdiendo sus propiedades.

### Propiedades

- El PET tiene para un termoplástico una gran dureza resistencia y excepcional rigidez
- Buena tenacidad, aun en el frío
- Comportamiento a largo plazo adecuado
- Bajo coeficiente de rozamiento , alta resistencia a la abrasión
- Muy buena estabilidad dimensional
- Temperatura de uso entre  $-40$  y  $100^{\circ}\text{C}$
- Color natural blanco ,tipos semicristalinos
- Color natural transparente ,tipos amorfos buenas propiedades de aislación eléctrica
- Baja absorción de agua
- Fisiológicamente inocuo
- Es resistente al agua a temperatura ambiente, ácidos diluidos, sales neutras y ácidas, alcoholes, éter, aceites ,grasas, hidrocarburos perclorados, aromáticos y alifáticos
- No es resistente contra álcalis , vapores sobrecalentados , cetonas ,fenoles, ácidos oxidantes e hidrocarburos clorados
- No se cuartea
- Es resistente a los agentes climáticos y al aire caliente
- Ante su fácil combustibilidad, hay tipos preparados con retardadores de llama

## ANEXO G. ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS

Se realizó un análisis de elementos finitos para comprobar la resistencia y rigidez de la estructura metálica.

1. Descripción básica de la estructura: la estructura está conformada por 20 cerchas tipo Warren que ensamblan modularmente. Cada cercha tiene tres metros de largo y 25 cm de alto.

2. Descripción del software utilizado para el análisis: Solid Works tiene un módulo de análisis y simulación de elementos finitos en el cual se realizó todo el proceso de diseño de la estructura. El análisis se realizó asignando un material (acero estructural A36). Después se procesa a definir las restricciones. Se debe especificar las fuerzas aplicadas (1313 N en cada nodo) y por último se le define un mallado por defecto.

3. La carga máxima que soportará la plataforma será 8000 kg; debe soportar 222 kg/m<sup>2</sup>. La carga muerta: 150 kg/m<sup>2</sup> y la carga viva 50 kg/m<sup>2</sup>. Este análisis se realiza mientras la plataforma esté flotando; cuando esté en tierra las cargas podrán ser mayores y podrán ser duplicadas.

4. Perfiles asignados: la estructura está conformada por perfiles en L en la parte externa de 1"½ con 1/8" de calibre (área sección transversal 2.34 cm<sup>2</sup>). Y en la parte interna con ángulos de 1" con 1/8" de calibre (área sección transversal 1.53 cm<sup>2</sup>). Estos últimos tienen una inclinación de 45° para optimizar el diseño.

5. Resultados de Diseño: la cercha analizada al aplicarle fuerzas de 670 kg tiene desplazamientos máximos de 1.83 mm; con concentraciones de esfuerzos (550.000 kgf/cm<sup>2</sup>) muy por debajo de los soportados por el material (2'500.000 kgf/cm<sup>2</sup>). La estructura está diseñada con un factor de seguridad de 2.4; y puede alcanzar cargas máximas de hasta 2500 kg en cada cercha sufriendo deformaciones de 16 mm llegando al límite elástico del material.

La concentración de esfuerzos es mayor en los nodos de las cerchas; tiende a deformarse asimétricamente debido a que la sección transversal no es simétrica.

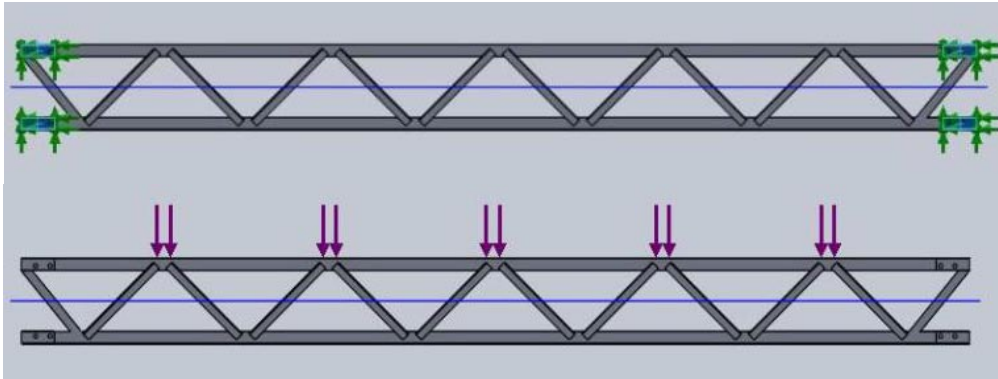


Ilustración 59. Fuerzas aplicadas y restricciones en las cerchas

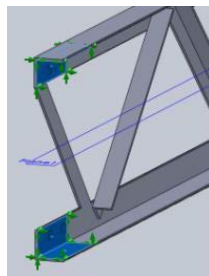


Ilustración 58. Detalle restricciones en las cerchas

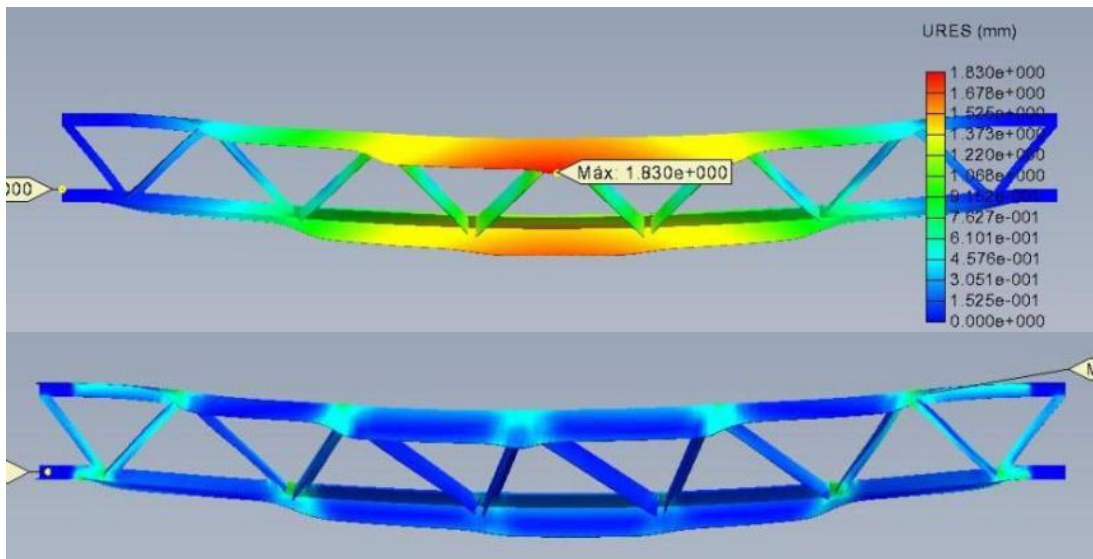


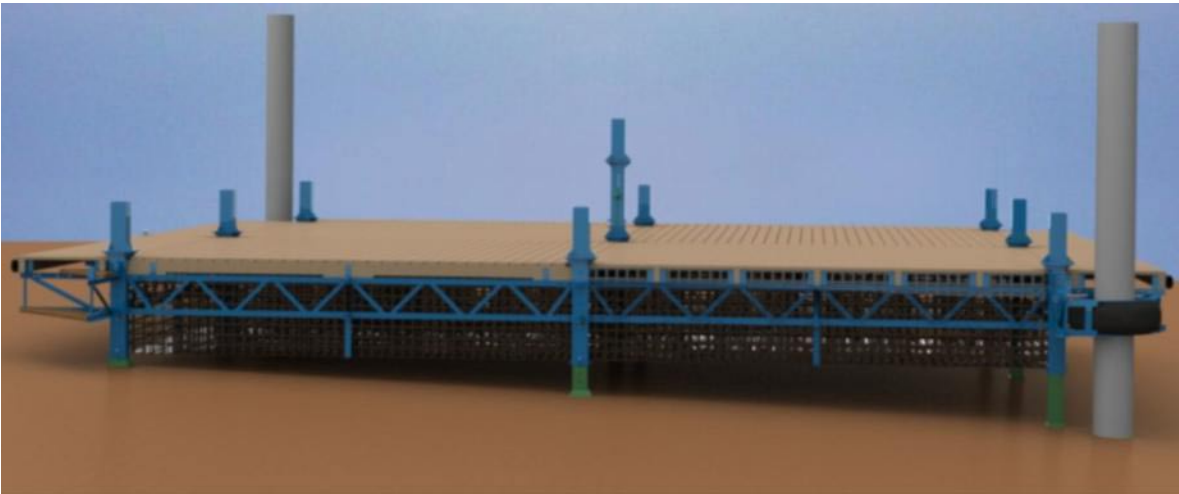
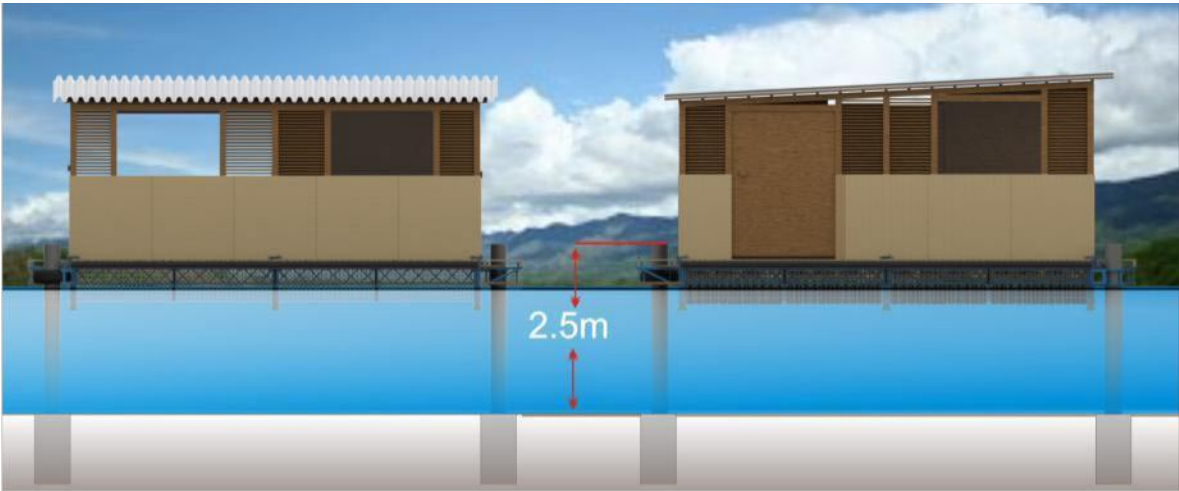
Ilustración 60. Desplazamientos máximos (arriba), concentración de esfuerzos (abajo)



## ANEXO H. MODELACIONES 3D











## ANEXO I. PLANOS