



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La universidad católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE ARQUITECTO

“Envolventes plegables, caso de aplicación: Pabellón para espacios públicos con material PVC”

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTOR: Gordillo Sánchez, Pablo Manuel

DIRECTOR: Burneo Valdivieso, Xavier Eduardo Arq.

LOJA - ECUADOR
2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Arquitecto.

Xavier Eduardo Burneo Valdivieso

DOCENTE DE TITULACIÓN

De mis consideraciones:

El presente trabajo de titulación: **“Envolventes plegables, caso de aplicación: Pabellón para espacios públicos con material PVC”** realizado por **Gordillo Sánchez Pablo Manuel**; ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, julio 2016

Xavier Burneo Valdivieso, Arq.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo **Gordillo Sánchez Pablo Manuel** declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **“Envoltentes plegables, caso de aplicación: Pabellón para espacios públicos con material PVC.”** De la titulación de arquitecto, siendo Xavier Eduardo Burneo Valdivieso director del presente trabajo; y eximo expresamente a la universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forma parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la universidad”

Gordillo Sánchez, Pablo Manuel

1104720147

DEDICATORIA

Lo mejor y más importante en esta vida son mis padres y mis hermanos donde veo reflejado el amor de Dios, a ellos por su esfuerzo dedicación por sus sabios consejos y por la grata formación que me han brindado, sin dejar de lado a mis amigos, mis profesores y todos aquellos que han sabido confiar en mí y en mis capacidades, a todos ellos se los debo todo.

AGRADECIMIENTO

De manera especial a Dios que es mi guía, a mis profesores por brindarme sus conocimientos y su ayuda en especial para mi director Arq. Xavier Burneo, por su gran labor que desempeña en nuestra escuela, a las profesionales en formación: Majo, Mónica y David que han llegado a ser parte de mis buenos momentos como alumnos de Gestión Productiva, a esta prestigiosa institución "UTPL" que me ha permitido formarme académica y personalmente.

INDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESION DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I: Arquitectura efímera en espacio público, casos de aplicación.....	5
1.1. Antecedentes	6
1.1.1. Arquitectura efímera	8
1.1.2. El espacio público	9
1.1.3 Principios	9
1.1.3.1. Temporalidad	10
1.1.3.2. Flexibilidad.....	10
1.1.3.3. Innovación	10
1.1.3.4. Bajos costos	10
1.1.3.5. Economía de recursos	11
1.1.3.6. Gestión de recursos	11
1.1.3.7. Construir uno mismo	11
1.2. La Envolvente	12
1.2.1. Generalidades de los plegados.....	12
1.2.2. Ventajas	13
1.2.3. Función	13
1.2.4. Características.....	13
1.2.5. Usos	14
1.2.5.1. Tipos de plegado	14
1.2.5.1.1. Básicos	14
1.2.5.1.2. Geométricos.....	18
1.3. Proyectos arquitectónicos	19
1.3.1. Pabellón paramétrico digfabmty2.0.....	19
1.3.2. Pabellón paramétrico monterrey	20
1.3.3. Pabellón Madrid civil court of justice	22
CAPITULO II: Plástico como material sintético para envolventes	23
2.1. Los plásticos	24
2.1.1. Concepto del plástico.....	24
2.1.2. Importancia del plástico	25
2.1.3. Clasificación.....	25
2.1.3.1. Según su origen.....	26
2.1.3.2. Según su composición	27
2.1.3.3. Según Su Estructura	27
2.1.3.4. Según Su Comportamiento Ante El Calor	28
2.2. El plástico en la envolvente	29
2.2.1. Plástico PVC.....	29

2.2.2. Manipulación del material	30
2.2.3. Usos	31
2.2.4. Características	31
2.3. Otros Materiales plásticos	32
2.3.1. Lona Vinílica	32
2.3.2. Plástico vidriado	33
2.3.3. Filamento (impresión 3d)	34
CAPITULO III: Herramientas de Fabricación Digital	35
3.1. Fabricación digital	36
3.1.1. Análisis en Software	36
3.1.2. El Software dibujo - diseño.....	36
3.1.3. Software Rhinoceros.....	37
3.1.3.1. Grasshopper PanelingTools – LunchBox - MeshEdith	38
3.2. Manejo de maquinaria CNC	40
3.2.1. Tipos.....	40
3.2.2. Cortadora CNC	43
3.2.3. Componentes	43
3.2.4. Funcionamiento	44
3.2.5 Ventajas - desventajas	45
CAPITULO IV: Experimentación	46
4. Manipulación y experimentación	47
4.1. Ejercicios de cortes.....	47
4.1.1. Cortes de plegados Básicos (cartón)	47
4.1.2. Cortes de plegados geométricos (Cartón).....	48
4.2. Impresión 3d	48
4.2.1. Impresión de bisagra.....	49
4.3. Experimentación constructiva	51
4.3.1. Prototipo (cartón prensado)	51
4.3.2. Prototipo (cartón)	51
4.4. Análisis de módulo para envolvente Rhinoceros + Grasshopper.....	52
4.4.1. Ensayo de modulación	52
CAPITULO V: Propuesta	54
5.1. Propuesta digital	55
5.1.1. Desarrollo del sistema en Rhinoceros y Grasshopper.....	55
5.2.2. Diagrama metodológico	58
5.2. Propuesta arquitectónica	58
5.2.1. Armado de pabellón.....	60
5.2.2. Agrupación de módulos y plegado	62
5.3. Propuesta constructiva.....	64
5.3.1. El material.....	64
5.3.2. Proceso de corte.....	65
5.3.3. El armado	66
5.3.3.1. Pliegue de envolvente final con bisagras	66
5.3.3.2. Pliegue de envolvente final con lona	67
5.4. Prototipo final de pabellón.....	69
5.4.1. Presupuesto base para pabellón.....	70
COMPROBACIÓN DE HIPOTESIS	71
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFIA.....	74
ANEXOS.....	75

RESUMEN

La presente investigación realiza una propuesta de envolvente plegable, a través de la fabricación Digital y el uso de materiales plásticos como PVC, permitiendo relacionar, la tecnología con la arquitectura ligera o efímera aplicada en un pabellón. En efecto la envolvente desarrollada consta de conceptos básicos y sus características son: la flexibilidad, la ligereza y el manejo de materiales, así mismo se destaca la importancia de las herramientas digitales como el software Rhinoceros y Grasshopper conjuntamente con las herramientas de MeshEdith, panelingTool y LuchBox permitiendo resolver una variedad de alternativas dentro de las envolventes arquitectónicas. De igual manera el análisis y experimentación es un proceso clave para lograr el desarrollo de la envolvente. Finalmente se construyó un prototipo de pabellón en Plástico con características plegables el mismo que expone y presenta las diversas formas de innovar que se puedan aplicar en una serie de proyectos.

Palabras claves: Arquitectura efímera, fabricación digital, plásticos PVC

ABSTRACT

This research makes a proposal folding envelope through the Digital manufacture and use of plastic materials such as PVC, allowing relate, technology with light or ephemeral architecture applied in a pavilion. Indeed envelope developed consists of basic concepts and their characteristics are: flexibility, lightness and material handling, also the importance of digital tools like Rhinoceros and Grasshopper software together with tools MeshEdith, panelingTool stands and LuchBox allowing solve a variety of alternatives within the architectural envelopes. Similarly, the analysis and experimentation is a key to the development of the shell process. Finally a prototype plastic folding pavilion features the same exposed and presents the various forms of innovation that can be applied in a number of projects built.

Keywords: Ephemeral architecture, digital manufacturing, plastics PVC

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema generación de envolvente plegable mediante materiales plásticos PVC considerando importante el uso de la fabricación digital, con el fin de desarrollar aplicaciones en el diseño y generación de pabellones, permitiendo verse reflejada la tecnología en una arquitectura ligera, cuya función es la protección para eventos expositivos dentro de la ciudad.

Significa entonces, que la problemática surge a partir de tres aspectos que sustentan esta investigación: Primero el uso del espacio público destinado a exposiciones con pabellones (carpas) de un solo tipo. El segundo las envolventes arquitectónicas con sistemas tradicionales y finalmente el uso de herramientas de fabricación digital.

La característica principal está enfocada en la generación de envolvente con materiales plásticos y el uso de herramientas digitales logrando un desarrollo eficiente, por lo que se estructuró en cinco capítulos, cada uno de estos determina puntos importantes y necesarios para su ejecución. El primer capítulo consiste en el estudio y la importancia de la arquitectura ligera o efímera aplicada en espacio público, analizando puntos importantes como la flexibilidad, el ahorro de tiempo, espacio, y mano de obra, complementando con estudio de referentes. Mientras tanto el segundo capítulo expone el material, tomando en cuenta las características generales del mismo, enfocándonos principalmente en los plásticos PVC. Es decir, siendo este el material óptimo por sus características de ligereza, y fácil manipulación para el desarrollo de una envolvente con características plegables. El tercer capítulo está enfocado en el estudio descripción y manejo de herramientas y maquinas que nos facilitan el trabajo. Mientras tanto en el cuarto capítulo se realiza la experimentación mediante el manejo de materiales y el uso de software logrando plegados básicos y complejos y finalmente el quinto capítulo se realiza la envolvente definitiva usando el software Rhinoceros – Grasshopper conjuntamente con las herramientas PanelingTool, LunchBox y MeshEdith que permitieron desarrollar métodos para el plegado y eficiencia en la construcción del prototipo.

Resulta oportuno, destacar la importancia de la presente investigación para aquellos estudiantes y personas involucradas dentro del campo académico que sientan interés por la tecnología aplicada en nuestra medio, además tomar en cuenta la uso y utilización de herramientas tecnológicas que permitan lograr nuevos caminos y así mejorar cada vez más nuestros diseños y nos acorten procesos para el desarrollo de nuestras ideas.

Por las consideraciones anteriores el objetivo general es “Diseñar un envolvente que cumpla características plegables mediante la utilización de plástico PVC con aplicación el pabellones efímeros”.

Después de lo expuesto nos centramos en los objetivos específicos como:

- Analizar la arquitectura efímera y envolventes mediante casos de aplicación
- Analizar los plásticos como material ligero para la utilización de envolventes.
- Experimentación y manipulación de herramientas digitales y material plástico PVC
- Construcción de prototipos con envolverte plegable.

Cabe agregar que el presente trabajo de investigación permite dar solución a la hipótesis generada “La fabricación digital y el uso de materiales plásticos como el PVC permiten generar envolventes plegables ligeras e innovadoras”.

CAPITULO I

ARQUITECTURA EFÍMERA Y ENVOLVENTE, CASOS DE APLICACIÓN

1.1. Antecedentes

Desde los inicios de la historia tenemos registros que existió ya una arquitectura donde las tribus nómadas hacían presencia con una arquitectura ligera, sus refugios se los tenía que montar y desmontar en distintos sitios de acuerdo al clima y al recorrido que realizaban, estos eran flexibles y utilizaban las pieles de los animales como membranas de protección, existieron muchos ejemplos como la conocida vivienda churuata considerada como arquitectura nómada tradicional en el continente americano, en el africano y también en el asiático.



Imagen: C1 – 01 Vivienda Churuatas
Fuente: <http://www.tdx.cat/>



Imagen: C1 – 02 Estructura de vivienda Churuata
Fuente: <http://www.tdx.cat/>

La idea era solventar una protección de los agentes externos: clima, lluvias, vientos, y protección de animales, esto se ha encontrado además en Sudamérica; Brasil, Colombia, Perú, y Venezuela, por ejemplo, para los Kirguiz (de Kirguizistán ex-república soviética de Asia Central) quienes poseen una gran tradición nómada su forma de casa y sus costumbres que fueron acumulando sin darse cuenta lo que estaban realizando, ellos tenían ya idea cómo funcionaba las estructuras utilizadas por sus tribus, y como la deberían de construir con el fin de ahorrar tiempo y espacio.

Mientras tanto con mayor rapidez y efectividad lograran levantar una protección eran los nómadas de las culturas en desiertos, praderas, y explanadas. Esto hace mención a “yurta” un método que constituye un interesante ejemplo de refugio de arquitectura de rápido montaje.

Los sistemas de movilidad con fines de protección fueron mejorando con el pasar de los años el invento que tiene mayor cercanía a los sistemas que posteriormente se utilizaron los pueblos nómadas de África en el desierto de Sahara son los “tuareg” se los construye con palos de madera fletados, anclados en el terreno y unidos o atados cerca de la clave del arco.

Esto se lo construyo con ramas de los árboles del desierto y era tarea que lo realizaban las mujeres mientras que los hombres recolectaban agua y comida. (Rodriguez , 2005)



Imagen: C1 – 03 Refugio “Yurta”

Fuente:<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6126/02Nrg02de12.pdf;jsessionid=6E7F5CD211AFC8C7F81EFF8F5E2F.tdx1?sequence=2>

Vivir en movimiento se presenta como un fenómeno en todas las culturas independientemente de su grado de desarrollo tecnológico, económico o social, incluso en la actualidad. Es ampliamente conocido que la mayoría de los pueblos y tribus nómadas se movilizan por la caza, el pastoreo y cosecha o por razones climáticas. Este modo de vida ha consolidado en el tiempo la necesidad de disponer de habitáculos que puedan transportarse de un sitio a otro, y con ello han aparecido una serie de invenciones que caracterizan el movimiento integrado a la identidad de los pueblos.

En el orden de las ideas anteriores, es evidente mencionar el avance tecnológico, el mismo que ha venido perfeccionando sus métodos de hacer sistemas mucho más ligeros, debemos remontarnos para ello al Ing. Pier Luigi Nervi “1891 – 1979” destacado por llevar a cabo una tradición de la ingeniería de la modernidad y para esto se apoya en la más avanzada tecnología estructural de su época. Capaz de resolver sus propios problemas constructivos inventa un método de diseño en el que intento sintetizar la ingeniería estructural, tuvo una gran clientela por sus obras: grandes almacenes, talleres, hangares, estaciones, pabellones deportivos y de exposiciones (Salón de Exposiciones de Turín) al fin encontró la idea idónea en la ligereza y monumentalidad de las estructuras prefabricadas o plegables en concreto armado.

En este orden de ideas se puede citar además ya al arquitecto alemán Frei Otto (1925) dedicado a las investigaciones sobre el problema de las cubiertas suspendidas y de las estructuras en tensión. Buscando alcanzar un ideal de arquitectura mínima¹ producida con el mínimo esfuerzo para lograr máximos resultados, Otto aprovecha las características de ligereza y resistencia de la materia plástica y los envoltorios hinchables para sistematizar nuevas estructuras con el método proyectual basado en la experimentación de modelos hechos en el laboratorio, siendo la forma la que se alcanzaría mediante las leyes de la estática y de la construcción ligera, también es una suerte la tecnología constructiva con sus distintas formas llevaron a que la modernidad se identifique con una arquitectura transformable capaz de cubrir eventos y espacios de exposiciones. (Villa, 2003)

1.1.1. Arquitectura Efímera

Lo pasajero, lo fugaz, lo ligero, son características que definen un tipo de arquitectura mayormente utilizada en espectáculos, exposiciones, eventos que no perduran en el tiempo, lo efímero ha sido constante durante el tiempo, pero no duradero, las construcciones de este tipo se han venido efectuando sin un mayor interés razón por la cual queda de manifiesto la utilización de materiales de bajo costo y peso que permitan su fácil construcción y que se desarrolle como un sistema eficiente.

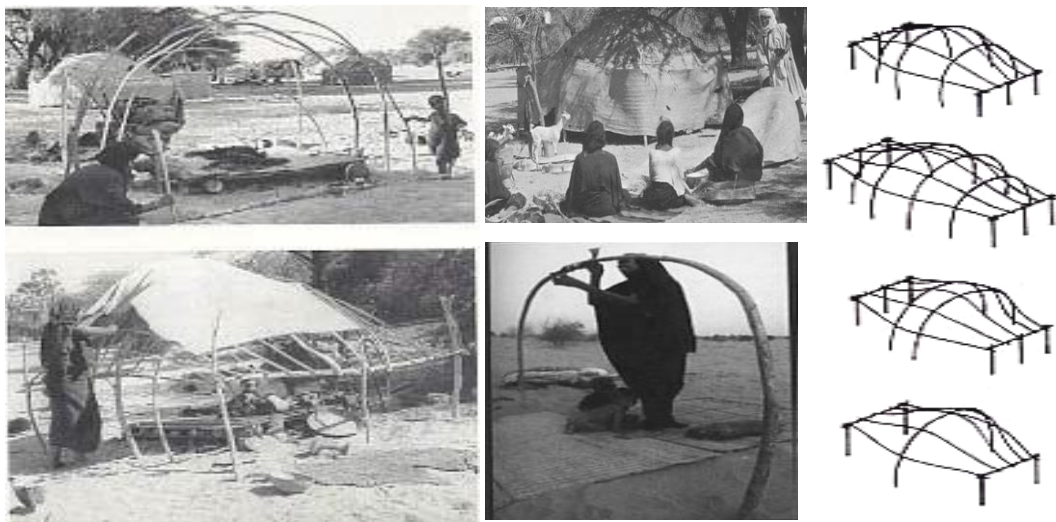


Imagen: C1 – 04 Vivienda efímera “Tuareg” África

Fuente: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6126/02Nrg02de12.pdf;jsessionid=6E7F50945CD211AFC8C7F81EFF8F5E2F.tdx1?sequence=2>

¹ Es un tipo de arquitectura que se basa en la movilidad de sus creaciones utilizando soluciones sencillas e innovadoras, algunas veces tomando objetos construidos y dándoles un nuevo uso arquitectónico y otras creando sus obras desde cero, se llama itinerante porque es temporal y transportable. Extraído el 15 de marzo del 2015 de <http://aldiaconlaarquitectura.blogspot.com/p/actualidad.html>

Este tipo de arquitectura pese a que no se la realiza constantemente ha sido relevante, muy bien utilizada desde escenografías barrocas hasta las instalaciones contemporáneas, dando cada una de estas dando formas y gustos a su celebración. Lo usual de proyectos efímeros es que siempre se los realizará con motivos lúdicos, experimentales, expositores, cada vez protegiendo a mayor número de personas de los factores climáticos y ocupando en su mayoría el espacio público.

1.1.2. Espacio público

El concepto de espacio y más aún el de espacio público siempre ha sido tema de debate, pues la cantidad de interpretaciones que puede abarcar el concepto de espacio hace que sea un término no solo utilizado en arquitectura, sino en otras materias como la filosofía y la antropología.

Por esta razón es importante partir entendiendo al espacio en relación con la arquitectura: " El concepto del espacio con relación a la arquitectura tiene que ver con la manera de ver y apreciar el mundo, implica una percepción individual (sin embargo, se puede hablar de espacio colectivo) lo que determina que este varíe según la cultura del individuo. Espacio y Lugar son conceptos diferentes, se puede decir según Maurice Merleau-Ponty que el primero es de carácter gráfico y el segundo de carácter antropológico o existencial." (Vigil, 2012).

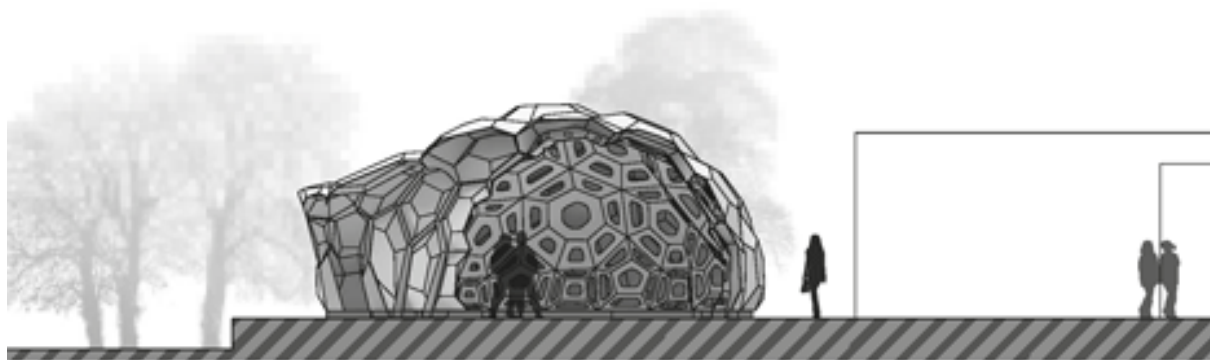


Imagen: C1 – 05 Biological System

Fuente: <https://futuresplus.net/2011/11/03/icditke-research-pavilion-2011/>

Es evidente entonces que el espacio público es utilizado de diferentes formas tanto individual y de forma colectiva, el hecho de utilizar un espacio público común de formas diferentes (ocio, circulación, trabajo, socialización, exposición) ilustra la idea de la percepción individual o colectiva que tengamos de espacio.

1.1.3. Principios

Los mecanismos por los que se consigue fortalecer las soluciones constructivas dentro del campo de las envolventes flexibles y estructuras plegables están dadas por conceptos previos que nos ayudaran a desarrollar nuestra investigación

1.1.3.1. Temporalidad

Las personas están destinadas a vivir donde se les presente las mejores condiciones, pero existen muchas de estas que su lugar de residencia es cada vez distinto, esto representa la arquitectura efímera, dar respuesta a un acto pero no perdurar en lo mismo, mientras mayor rapidez y se lo pueda desmontar luego de terminado el evento se habrá logrado el objetivo general de esta arquitectura.

1.1.3.2. Flexibilidad

Lo mejor de este tipo de arquitectura es que se la puede adaptar fácilmente a la necesidad que se requiera sin importar el lugar donde se la implante, ejemplo de esto tenemos: arquitectura emergente, arquitectura obsolescente y en los inicios del hombre aparece la arquitectura nómada. Esto justifica el hecho de que una o varias personas la puedan montar y desmontar fácilmente. Ningún lugar está libre de situaciones emergentes y la protección es el único fin importante de esta arquitectura.

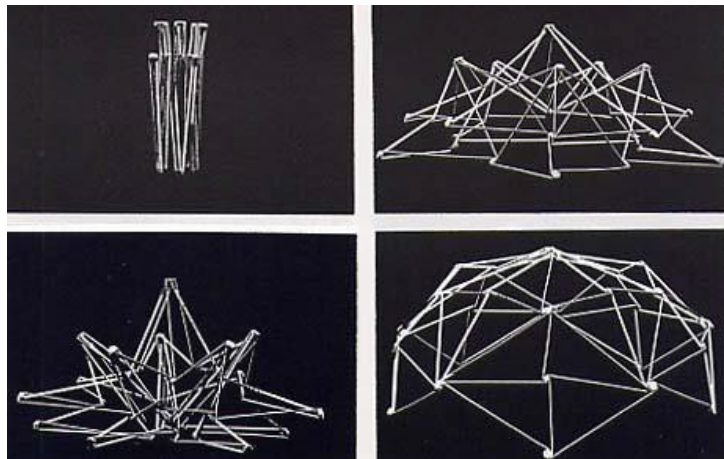


Imagen: C1 – 06 Entramados Plegables. Módulos, romboides, poliedros, cubos, y esféricos. Santiago Calatrava (1980).

Fuente:<http://www.tdx.cat/>

1.1.3.3. Innovación

La idea es dar soluciones eficientes innovadoras que aporten a la reducción de material y el autoconstrucción empleándose cada vez nuevos y mejor materiales que nos brinde soluciones rápidas y emergentes.

1.1.3.4. Bajos costos

Al utilizar materiales ligeros y de rápido montaje la industria no solo la utiliza en arquitectura sino en elementos de transporte terrestre, aéreo, marítimo por su fácil movimiento esto hace que mientras mayor producción menor serán los costos de materiales ese es un factor importante al momento de construir elementos de protección e industria, la investigación y la fabricación resulta completamente económica en comparación de una arquitectura tradicional

1.1.3.5. Economía de recursos

Al momento de adaptarse a la economía de la construcción este no es un problema el entorno brinda muchas facilidades como el reciclaje una forma eficiente y amigable con el medio ambiente, los materiales cercanos son también un beneficio permanente para la realización y optimización de estos recursos.

1.1.3.6. Gestión de Recursos

La reversibilidad de los materiales es una alternativa al momento de conseguir los materiales por esta razón es que ya se está trabajando en una arquitectura que pueda ser reutilizada mediante formas de autoconstrucción.



Imagen: C1 – 07 Cubierta efímera

Fuente:<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6126/02Nrg02de12.pdf;jsessionid=6E7F50945CD211AFC8C7F81EFF8F5E2F.tdx1?sequence=2>

1.1.3.7. Construir uno mismo

Teniendo claro que para realizarlo necesitamos materiales ligeros, fáciles de manipularlos, y de bajos costos lo mejor y más eficiente sería si las personas lo pudiesen realizar sin ser

especializados en el tema. Cada persona construirá a su gusto y los ambientes que crea necesarios luego se dará cuenta su funcionamiento y su eficacia.

1.2. La envolvente

La envolvente se la conoce como la piel del edificio, una membrana que brinda protección y aislamiento del agente externo que lo rodea, por ende, protege y permite que su estructura se encuentre unida y al mismo tiempo brinda una comunicación hacia el exterior.



Imagen: C1 – 08 Envolventes plegables en edificios

Fuente: <http://www.envolvente-arquitectonica.com/revistas/06/EA06.pdf>



Imagen: C2 – 09 Envolventes efímera

Fuente: <http://blog.bellotes.com/?cat=110&paged=3>

1.2.1. Generalidades de los plegados

Se considera una técnica que permite doblar planos u otras cosas en las mismas caras. Las plegaduras se caracterizan por ser el resultado de una composición a base de formas planas que en conjunto se unen y forman una estructura tridimensional. Las formas planas pueden ser triángulos, rombos, trapecios, unen unas a otras en sus aristas conformando ángulos diedros que permiten su estabilidad. (De la sota, 2014)



Imagen: C1 – 10 Chameleon Cabin, paper pavilion

Fuente: <http://blog.bellotes.com/?tag=pabellones-temporales>



En efecto, estos sistemas plegables tienen que ver con la relación entre el objeto, el espacio y el tiempo. El objeto al abandonar el espacio sin dejar huella, produce un desplazamiento físico y funcional que libera al espacio de su presencia anterior. En el proceso de traslado hay un cambio en la forma de este, que deja entrever el paso de un estado activo a uno pasivo. El diseño da solución a estos requerimientos, buscando la optimización de espacio.

1.2.2. Ventajas

Estos sistemas se constituyen dentro de la construcción como pre industrializado, de tipo liviano, montaje en seco, ahorro de tiempo, costo y versatilidad, así de esta forma queda planteada una unidad resistente, modulada que asegura la continuidad constructiva y morfológica con el fin de que toda acción sobre la misma, tenga adecuada respuesta.

Estas variedades de envolventes aportan con características dentro del proyecto como:

- Ahorro de tiempo
- Auto portante
- Versatilidad
- Durabilidad
- Transporte
- Mano de obra
- Facilidad en montaje y desmontaje

1.2.3. Función

La envolvente permite el confort interno oponiéndose a los agentes externos: Sol, lluvia y vientos, permite además regular la temperatura y la humedad interior, brindando un ambiente cómodo basado en la ligereza y la flexibilidad de interactuar con el espacio urbano brindando una calidad estética.

1.2.4. Características

Al utilizar principios de plegado este permitirá que su membrana externa interactúe directamente con la estructura con el fin de alivianar las cargas que luego son transmitidas al suelo portante, el material nos brindara ligereza y flexibilidad permitiendo la instalación en el menor tiempo posible y sin altere la estructura.



Imagen: C1 – 11 Camping para playa

Fuente: <https://vinilchic.wordpress.com/category/casa-de-camping/>

1.2.5. Usos

El amplio estudio y la línea completa de sistemas plegados permiten adaptarnos sin ningún problema a la forma del elemento. Mientras mayor ligereza brinde el material existirá mejor traslado y manipulación obteniendo nuevas y mejores formas de innovación.

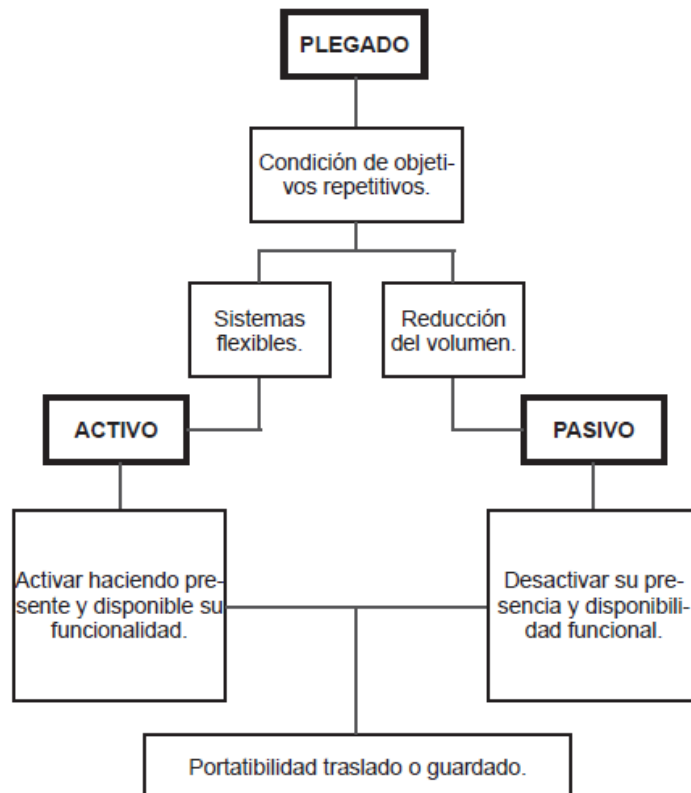


Imagen: C1 – 12 Diseño plegable innovación tipológica

Fuente: Adaptado tesis: Criollo Ríos Tatiana Cecibel Sistemas plegables "Arquitectura emergente"

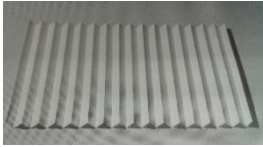
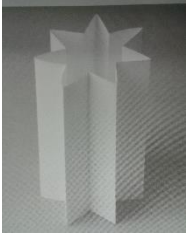
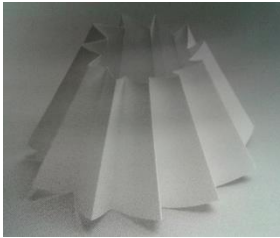
1.1.5.1. Tipos de plegado


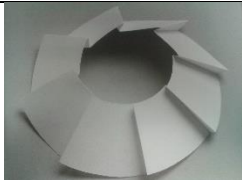
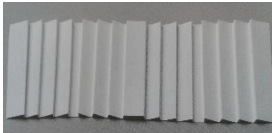
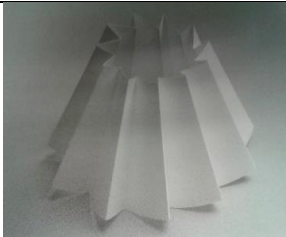

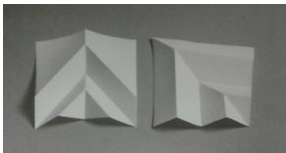
Al momento de trabajo con el diseño, este se lo puede representar desde una forma bidimensional hasta una forma tridimensional logrando así, la inspiración de muchos más diseños con características como: dinámicos, ingeniosos, prácticos que nos simplifican y facilitan las acciones diarias, productos en lo que se recupera y repiensa lo versátil, plegable, modular transformable y polivalente, demostrando así multifuncionalidad.

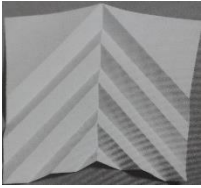
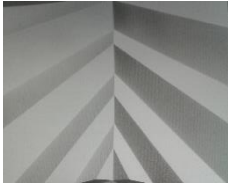


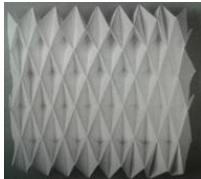
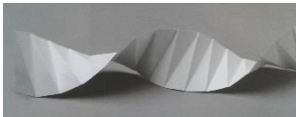
1.1.5.1.1. Básicos

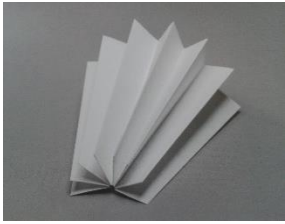
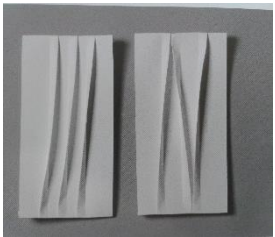
Con estos ejemplos se muestra la forma de plegar en sus distintos estilos y hacer que uno tome practica al momento de realizar objetos resistentes y manipulables.

Tabla 2 Plegados Básicos

Plegados Básicos			
Título	Subtitulo	Definición	Imagen
Plegados de acordeón	Lineal	El plegado lineal es uno de los más fáciles al momento de plegar pues no necesita tomar forma se lo plegar en un solo sentido x o y.	
	Rotatorios	Estos funcionan a partir de dos semicírculos sus extremos forman la letra S. También puede tomar un giro de 360°.	
	Cilindros y conos	Esta es una forma en la que actúa en su mayoría el círculo como pieza fundamental mientras mayor número de dobleces consiga mejor se notara el cilindro o cono	

Plisados	Lineales	Los pliegues plisados lineales son aquellos que están dispuestos en forma sucesiva y en un solo sentido estos a su vez poseen mayor números de aplicaciones.	
	Rotatorios	Se encuentran en un semicírculo, la forma también podría ser un círculo o un polígono.	
	Reflejados	La sucesión de estos se caracteriza por poseer un dobles en forma ascendente y en forma descendente y permite realizar un sin número de patrones.	
	Cilindros y conos	Mediante este plegado permite girar completamente a través de los pliegues sin identificar su inicio.	
Plegados progresivos		Los incrementales son aquellos en los que en el espaciado entre los dobleces aumenta o disminuye progresivamente. El incremento también puede ser exponencial utilizando, por ejemplo: la secuencia de Fibonacci o logarítmica.	
Plegados en v	Básicos	Estos plegados se distinguen por su simple plegado en V, una progresión lineal de plegados en v puede extenderse indefinidamente.	

	Variaciones	Los dos elementos básicos de plegado en V admiten una extraordinaria cantidad de variaciones si necesidad de añadir nada esencialmente nuevo.	
	Plegados en v múltiples	Durante este plegado aparecen cada vez líneas de simetría que los conectan con los patrones lineales, radiales o aleatorios.	
	Cuadrículas en v	Los plegados en v múltiple pueden tener muchas más líneas de simetría así se obtiene una cuadrícula de “uves” repetidas.	
	Plegados en v cilíndricos	Estas superficies pueden disponerse en muchas direcciones, Una forma obvia de hacerlo es cambiar las superficies en formas de cilindro y pegar los extremos para fijar la forma.	
	Superficies complejas	Existen muchísimas formas de realizar pliegues a partir de combinaciones sencillas únicamente hay k buscar el máximo de las posibilidades.	
Otros plegados	Espirales	Los plegados espirales y las cajas espirales son fáciles de resolver y por esta razón tienen el mismo patrón de plegado, la clave del éxito es el control preciso del ángulo de dobles con relación al número de lados.	

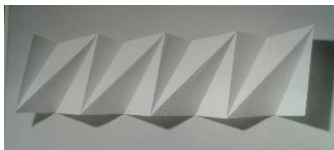
	Recogidos	Los pliegues lineales y rotatorios pueden dejarse abiertos o recogerse en uno o en los dos extremos, al recogerlos surgen abundantes nuevas formas y superficies en relieve.	
	Torcidos	Son una forma excelente de crear atractivos visual en una superficie plana, esto es muy utilizado en prendas y accesorios de moda (bolsos, sombreros zapatos)	

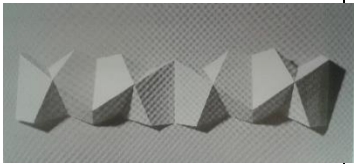
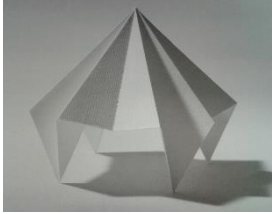
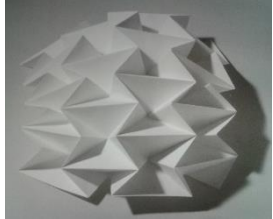
Elaboración: El autor

1.1.5.1.2. Geométricos

La simetría ha sido un concepto que se caracteriza por la repetición de un patrón o módulo que al efectuarse varias veces nos puede generar una forma regular, las veces que se repita el objeto queda marcado en algunos ejemplos mucho mejor que otros, mientras que la esencia de la realización de módulos o patrones justifican el concepto de simetría. Existen cuatro tipos básicos de simetría bidimensional estos son: Traslación, reflexión, rotación y reflexión por deslizamiento, el estudio de estos cuatro tipos nos permitirá ir relacionado cada uno de estos para obtener un sinnúmero de formas.

Tabla 3 Plegados Geométricos

Plegados Geométricos		
Nombre	Definición	Imagen
Traslación	Este módulo se lo puede repetir en una sola dirección, resulta ser la forma más simple de simetría cuando se lo realiza en un cuadrado este únicamente se repite uno alado del otro, este patrón será el mismo que se pliegue una y otra vez.	

Reflexión	Repetición exacta del mismo motivo en la misma dirección pero como imagen especular del motivo precedente. La simetría de reflexión hace posible patrones de doblados más complejos que la simetría de traslación, pues es más fácil conectar los motivos a lo largo de la línea de simetría mediante un pliegue común.	
Rotación	Repetición exacta de un motivo alrededor de un punto. Hace posible la repetición extendida de un plano en torno a un punto común.	
Reflexión por deslizamiento	Es la traslación y reflexión de un motivo, no necesariamente en línea recta. Esta es la forma más compleja de simetría y la que puede requerir mucho más tiempo de aprendizaje, y se lo utiliza en cualquier combinación de simetría y reflexión.	

Elaboración: El autor

1.3. Proyectos Arquitectónicos, experiencias – referentes

1.3.1. Pabellón paramétrico digfabmty2.0

Nombre: Pabellón Paramétrico DIGFABMTY2.0, proyecto experimental de estudiantes mexicanos

Ubicación: Monterrey México

Año: Mayo 2015

Material de construcción: Coroplast **Escuela:** Escuela de Arquitectura Arte y Diseño - Campus Monterrey

Clase: Tecnología Avanzada de la Arquitectura

Coordinador del Proyecto: Alejandro Rodríguez

Diseño: Huáscar González, Octavio González, Francisco Ruiz

Fabricación: Daisy Córdova, Ulises Córdova, Ángel García, Huáscar González, Octavio González, Francisco Ruiz, Raúl Souza, Andrea Velázquez

Diagramas: Huáscar González

Fotografía: Alejandro Rodríguez

Software: Rhinoceros + Grasshopper

La búsqueda y transformación de nuevas formas de hacer arquitectura nunca se detiene, y a través de las herramientas que obtenemos de medios computacionales se nos revelan la oportunidad de explorar nuestra disciplina. Un ejemplo de estos nuevos procesos es el diseño paramétrico, una manera de proyección en la que las estructuras intrincadas y funciones matemáticas protagonizan el proceso de elaboración de proyectos para dar lugar a espacios desde datos contextuales traducidos en expresiones algorítmicas.

Gracias a estos métodos es cada vez más cercana la relación entre el diseño por computadora y las proyecciones a mano al momento de pensar espacios y, más aún, las respuestas que ofrecen estas nuevas técnicas han ido tomando su lugar en el espacio de la enseñanza de la arquitectura. Prueba de esta práctica arquitectónica la hacen los estudiantes de la Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño del Tecnológico de Monterrey, campus Monterrey, donde un grupo de alumnos del curso de 'Tecnología Avanzada de la Arquitectura' presentan un proyecto experimental generado a través de medios digitales para la arquitectura: el pabellón prototipo DIGFABMTY2.0" (Morfin, 2015)

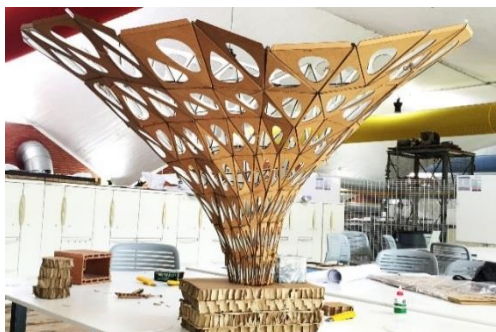


Imagen: C1 – 13 Pabellón Paramétrico DIGFABMTY2.0

Fuente:http://images.adsttc.com/media/images/55f2/fcb7/e58e/ce9c/4e00/023e/large_jpg/IMG_8856_red.jpg?1441987755

1.3.2. Pabellón paramétrico monterrey

Ubicación: Monterrey, México

Coordinador: Alejandro Rodríguez

Diseño: Andrés Martínez

Fotografía: Alejandro Rodríguez

Escuela: Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño del Tecnológico de Monterrey Campus Monterrey

Fecha: Diciembre 2014

Área: 21 m²

Software: Rhinoceros + Grasshopper

Material: Coroplast

Equipo de trabajo: Paulina Rangel, Francisco Ruiz, Omar Nava, Maru Padilla, Cesar Delgado, Andrés Martínez, Esteban Huacuja, Javier Jasso, Cristina Gonzalez, Lucia Coronel, Alberto Frías

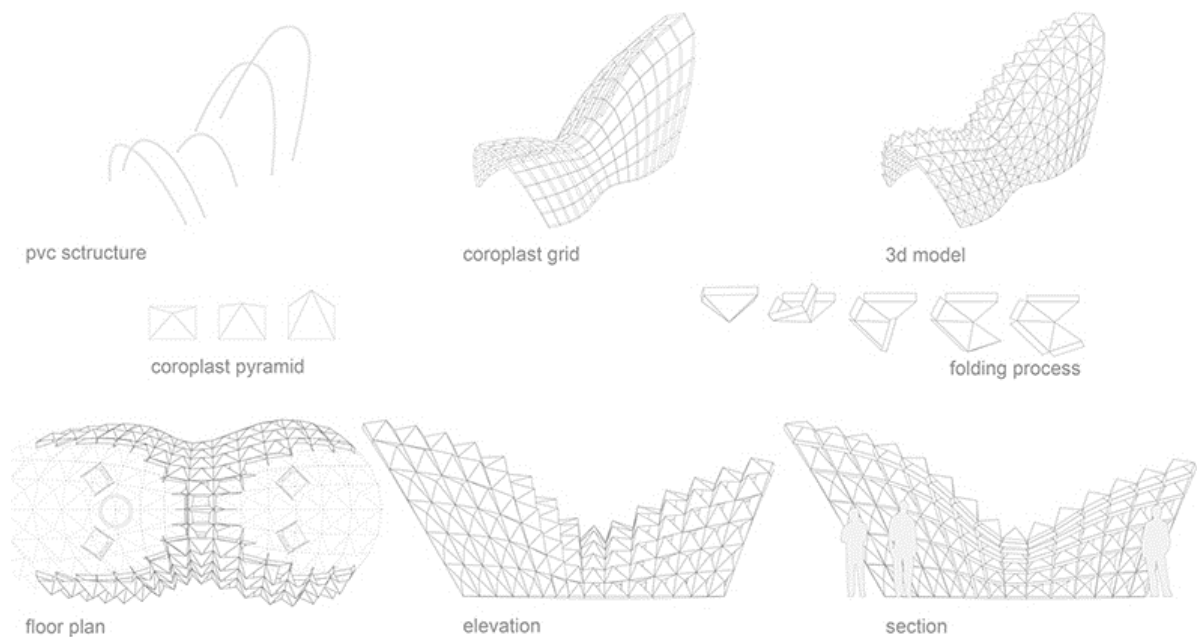


Imagen: C1 – 14 Pabellón Paramétrico

Fuente: <http://www.catalogodiseno.com/wp-content/uploads/2015/03/arquidromo-digfabmt-1-6.jpg>

“Los fundadores del estudio mexicano Arquidromo, Andrés Martínez y Alberto Frías, junto a 9 estudiantes más de la Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño del Tecnológico de Monterrey (ITESM) Campus Monterrey construyeron DIGFABMTY 1.0, un pabellón paramétrico que

permitió explorar las diferentes técnicas de fabricación digital que actualmente permiten la realización de proyectos de gran complejidad como último ejercicio del semestre de la clase Tecnologías Avanzadas de la Arquitectura.



Imagen: C1 – 14 Pabellón Paramétrico

Fuente: <http://www.catalogodiseno.com/wp-content/uploads/2015/03/arquidromo-digfabmty-1-6.jpg>

El proyecto empezó con el diseño del algoritmo por parte de uno de los estudiantes que consiste en un componente piramidal que se adapta a una superficie en forma de bóveda. La altura de dicho componente es alterada a lo largo de ella donde además se incorporan perforaciones triangulares generando así una gran diferenciación en su morfología”. (Cruz , 2015)

1.3.3. Pabellón Madrid civil court of justice

Nombre: Pabellón Madrid Civil Court of Justice

Ubicación: Madrid (2007)

Área: 74.448 m²

Arquitecto: Zaha Hadid

El cambio paneles metálicos y una estructura que parece flotar por encima de la ayuda de planta crear la apariencia inimitable de la Corte Civil de Madrid diseñado por Zaha Hadid. Una vez más audaz en la forma y dinámica en su naturaleza, la estructura está cargado con un montón de características verdes también. A partir de las células fotovoltaicas integradas a la ventilación natural y la regulación de la temperatura, la piel metálica externa del edificio ayuda en más de un sentido.

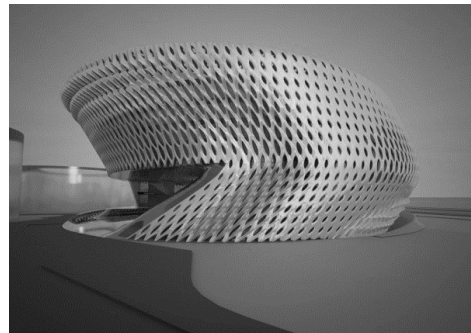
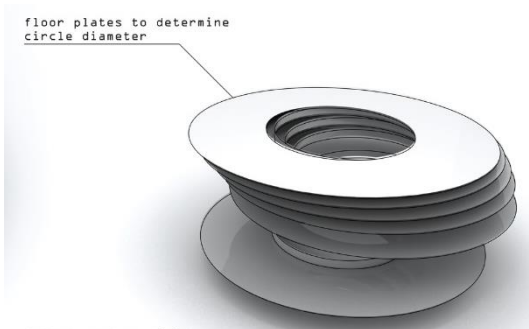
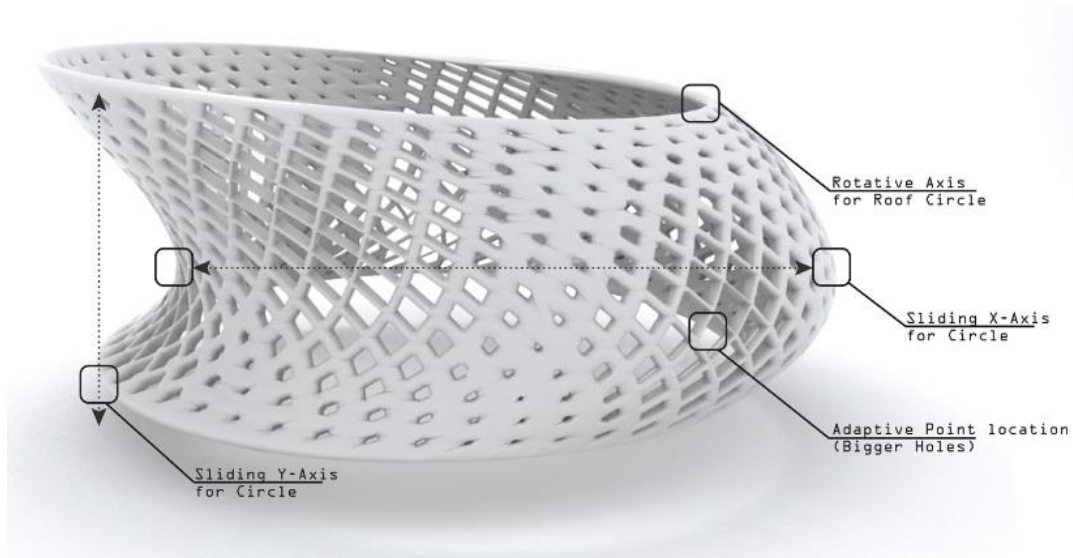


Imagen: C1 – 15 Pabellón Madrid Civil Court of Justice

Fuente: <http://www.catalogodiseno.com/wp-content/uploads/2015/03/arquidromo-digfabmty-catalogodiseno-7.jpg>

Suaves y dinámicos vueltas tectónicas establecen los nuevos tribunales civiles de justicia como un punto de inflexión para un plan maestro urbano - desplazamientos horizontales en la masa generan "elasticidad", que atrae a turistas a una estructura que "flota" por encima del suelo llano - desplazando los paneles metálicos animan la fachada - un atrio en espiral dentro de rizados alrededor de un patio público.

CAPÍTULO II

MATERIAL PLÁSTICO PARA ENVOLVENTES

2.1. Los Plásticos

La naturaleza desde sus inicios contó con materiales que lograban hacer mucho más fácil la vida del hombre al lograr conseguir sus herramientas, sus distintas formas de vida y sus diferentes objetos de su vida cotidiana, el hombre con el afán de seguir en una búsqueda se dieron cuenta que en la naturaleza existen muchos materiales uno de estos con el ámbar², el hacha natural, la goma laca y la gutapercha son los precursores de los polímeros que al ser procesados se obtendrán plásticos de distintas formas y tipos.

El término polímero se acuñó para designar muchas unidades monoméricas. El término “unidad monomérica” se refiere a la unidad que se repite en una cadena de un polímero, mientras “monómero” se usa en el contexto de una molécula que consiste en una sola unidad monomérica.



Imagen: C2 – 01 Jhon Westey Inventor del primer plástico sintético
Fuente:<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hyatt.htm>

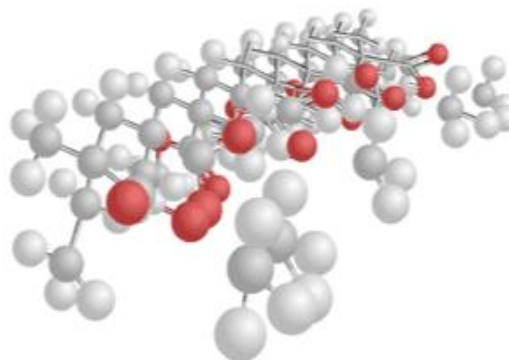


Imagen: C2 – 02 Moléculas de monómeros
Fuente:<http://plasticosiesharia.blogspot.com/2013/01/polimeros-termo-plasticostermo-estables.html>

Los polímeros se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros (grupos funcionales) que forman enormes cadenas de las formas más diversas.

2.1.1. Concepto del plástico

La palabra polímero procede del griego: poly (muchos) y meros-reducido a mer (parte)La mayor parte de los polímeros están formados por estructuras de carbón y por tanto se consideran compuestos orgánicos e inorgánicos siendo una diversidad dentro del mercado, de la construcción, de la industria considerándolo un material resistente para envolverte.

² El ámbar sustancia que producen los árboles, la resina como una protección contra enfermedades e infestaciones de insectos, cuando la corteza de un árbol es herida debido a rotura o a un ataque por escarabajos de madera u otros insectos, bacterias u hongos. Extraído el 17 de diciembre 2015 de <https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81mbar>

Resulta oportuno que los polímeros están presentes en muchos de nuestros objetos de casa, oficina, medios de trabajo, son considerados como objetos muchos más resistentes que los materiales como el vidrio, el papel, los textiles. (Dietrich, 2005)

3.1.2. Importancia del plástico



Imagen: C2 – 03 Watercube
Fuente: http://randomwallpapers.net/water-cube-nature_w115146



Imagen: C2 – 04 Watercube
Fuente: <http://www.l-a-v-a.net/projects/beijing-watercube/>

- Reemplazan a materiales tradicionales como madera, aluminio acero y vidrio.
- Materiales versátiles (Propiedades ↔ síntesis-procesado).
- Las materias primas y el procesado tienen un costo efectivo bajo y en principio se pueden reciclar.
- Variedad de aplicaciones:
 - Embalaje, material estructural, textiles, adhesivos, pinturas.
 - Electrónica (aislantes, conductores y electroluminiscentes).
 - Arquitectura (instalaciones sanitarias, mobiliario, envolventes edificios).

2.1.3. Clasificación de plásticos

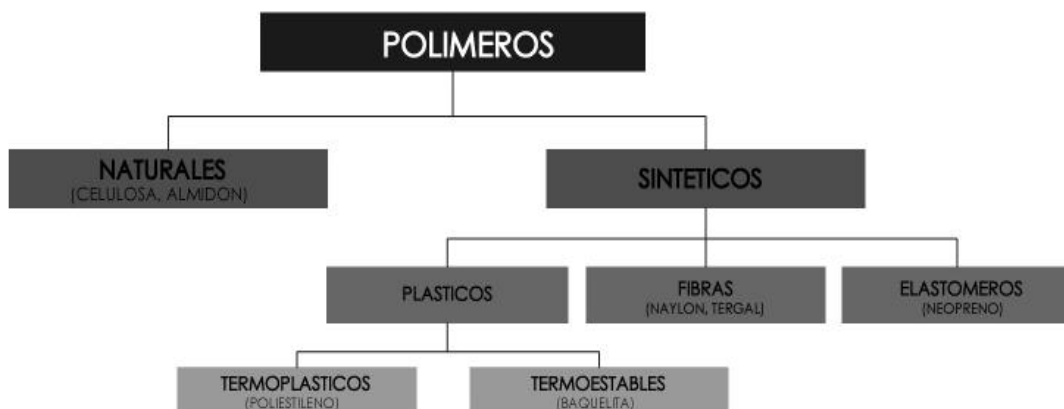


Imagen: C2 – 05 Clasificación de Polímeros
Fuente: El autor

2.1.3.1. Según su origen

Los polímeros son un grupo importante dentro del campo de los materiales y al ser estudiados cada uno de estos han permitido realizar una clasificación de acuerdo a lugar de su procedencia en naturales y sintéticos.

Tal como se observa la madre naturaleza era la única y exclusiva fuente de materiales con que el hombre contaba para la realización de sus herramientas, útiles y objetos de uso cotidiano. Las propiedades que ofrecían las piedras, las maderas o los metales no satisfacían todas las demandas existentes así que, el hombre en su innato afán de investigación y búsqueda comenzó a aplicar sustancias que suplieran estas carencias; se manipulan los polímeros naturales: el ámbar, el hasta natural, la goma laca y la gutapercha son los precursores de los polímeros actuales.



Imagen: C2 – 06 Planta euforbiáceas

Fuente: <http://www.gruporq.com/?product=caucho-natural>

En efecto la gama de materiales son muchos ejemplo de estos tenemos: el nylon, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC) y el polietileno. Permiten aplicarlos en construcción, embalaje, industria automotriz, aeronáutica, electrónica, agricultura o medicina.

Significa entonces que los polímeros sintéticos, son aquellos los que se analiza prioritariamente: su estructura interna, comportamiento mecánico, durabilidad, y las modificaciones de sus propiedades debido a la adición de cargas y los procesos de transformación, se seleccionan aquellos que entran a formar parte del material compuesto.

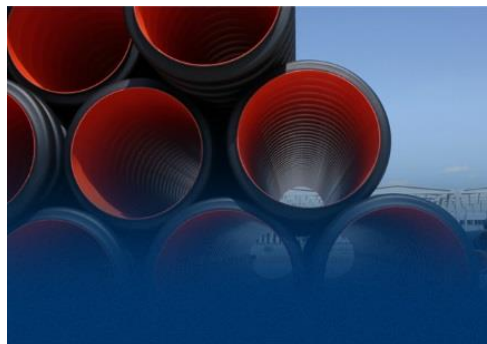


Imagen: C2 – 20 Tubería de plástico

Fuente: http://www.promaplast.com/home/industria.asp?cve_industria=11

Precisando una vez más el uso del material plástico en un inicio se fabricaron carcasas de teléfonos y de radios, artículos de escritorio, ceniceros, etc. La creciente demanda por parte de una sociedad cada vez más consumista sigue estimulando la producción masiva de objetos de plástico. Más avances se suceden, otro momento clave en la historia de los plásticos tuvo lugar en 1915 cuando se descubre la formación de polímeros por el encadenamiento molecular de dos o más monómeros de diferente naturaleza, lo que recibió el nombre de copolimerización. Esto supuso la creación de una mayor variedad de plásticos que se adecuarían a una cada vez más amplia gama de fines. (Callister, 1998).

2.1.3.2. Según su composición

Los monómeros son los que dan las características y por ende existe una clasificación en ella constan los siguientes:

- Fotopolímeros
- Heteropolímeros

2.1.3.3. Según su estructura

- Lineales
- Ramificados

2.1.3.4. Según su comportamiento ante el calor

Cabe agregar que los polímeros son un material que por sus características no es resistente al fuego, pero si a las lluvias, a frío y al calor, los encontramos cada vez más en nuestro mundo aunque no los consideremos tan importantes en ciertos aspectos, los mismos que presentan una clasificación en tres grandes grupos:

- a. Termoplásticos

Termoplástico + presión + calor = cambio de forma

Este tipo de material se ablandan al calentarse (a veces se funden) y se endurecen al enfriarse (estos procesos son totalmente reversibles y pueden repetirse). Los mismos normalmente se fabrican con aplicación simultánea de calor y de presión. A nivel molecular, a medida que la temperatura aumenta, la fuerza de los enlaces secundarios se debilita (porque la movilidad molecular aumenta) y esto facilita el movimiento relativo de las cadenas adyacentes al aplicar un esfuerzo. La degradación irreversible se produce cuando la temperatura de un termoplástico fundido se eleva hasta el punto que las vibraciones moleculares son tan violentas que pueden romper los enlaces covalentes (Callister, 1998)

b. Termoestables

(Termoestable + catalizador) + presión + calor = misma

Estos polímeros termoestables se endurecen al calentarse y no se ablandan al continuar calentando. Al iniciar el tratamiento térmico se origina entre cruzamiento covalente entre cadenas moleculares contiguas. Estos enlaces dificultan los movimientos de vibración y de rotación de las cadenas a elevadas temperaturas. Generalmente el entrecruzamiento es extenso: del 10 al 50% de las unidades monoméricas de las cadenas estén entrecruzadas. Solo el calentamiento a temperaturas excesivamente altas causa rotura de estos enlaces entrecruzados y degradación del polímero. Los polímeros termoestables generalmente son más duros, más resistentes y más frágiles que los termoplásticos y tienen mejor estabilidad dimensional. La mayoría de los polímeros entrecruzados y reticulados, como el caucho vulcanizado, los epoxi y las resinas fenólicas y de poliéster, son termoestables. (Callister, 1998)

c. Elastómeros

Elastómero + calor + elongación = misma forma

Una de las propiedades más fascinantes de los materiales elastoméricos es la elasticidad. Es decir, tienen la posibilidad de experimentar grandes deformaciones y de recuperar elásticamente su forma primitiva. Probablemente este comportamiento se observó por primera vez en los cauchos naturales; sin embargo, en los últimos años se sintetizaron gran número de elastómeros con gran variedad de propiedades. El módulo de elasticidad de estos materiales es muy pequeño y varía con la deformación, ya que la gráfica esfuerzo-deformación no es lineal.

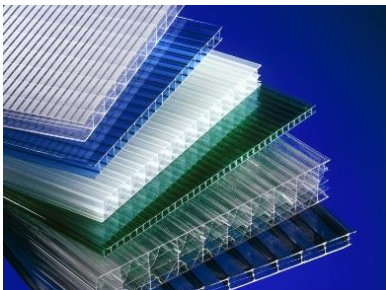


Imagen: C2 – 24 Productos Termoplásticos
Fuente:<http://www.archiproducts.com/>



Imagen: C2 – 24 Productos Termoestables
Fuente:http://infoelitecnologia.blogspot.com/2013_12_01_archive.h



Imagen: C2 – 25 Elastómeros
Fuente:<http://1998andres.blogspot.com/2013/05/plasticos-el-termino-plastico-en-su.html>

El trabajo con materiales plásticos PVC extruido espumado presenta características termoplásticas que se caracteriza por su alta resistencia química, ligereza, por ser auto extingible, rígido y fácil de manipular. Se utiliza básicamente para confeccionar rótulos, paneles, y como recubrimiento aislante en edificios. Las planchas de PVC extruido se espuman químicamente y poseen una estructura celular cerrada homogénea y lisa que reduce la absorción de agua. Esta característica las hace idóneas para utilizarlas tanto en el exterior como en el interior, especialmente en sectores como la publicidad, la construcción y la industria.

2.2. El plástico en la envolvente

2.2.1. Plástico PVC

Teniendo presente que materiales encontramos en la industria gráfica y de producción de uso masivo hemos analizado el poli cloruro de vinilo o PVC, este es un polímero termoestable que por sus características y propiedades materiales se lo considera para la producción de muchos objetos presentes en el hogar en la oficina etc. Nuestro enfoque y la búsqueda nos ha permitido encontrar en el plástico PVC las características propias para poder efectuar una arquitectura ligera aplicada en espacios públicos y abiertos con fines de exposición.

Este plástico se lo obtiene con un color natural blanco es un polímero por adición y una resina que resulta de polimerización del cloruro de vinilo o cloroetano, y se lo produce mediante cuatro procesos: Suspensión, emulsión, masa y solución, este plástico se comienza a reblandecer a la altura de 80 °C y su descomposición lo realiza a la altura de 140 °C, además el PVC es dúctil y tenaz, presenta estabilidad dimensional y resistencia ambiental.

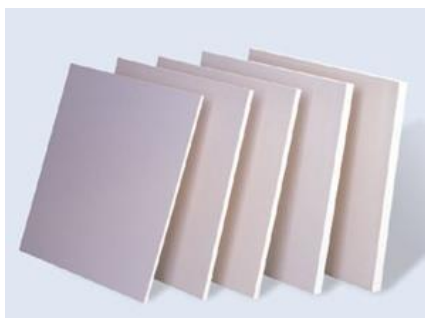


Imagen: C3 - 26 PVC Espumado
Fuente: <http://www.rotulosaljarafe.es/ci/rotcartel.html>

2.2.2. Manipulación del material

Por las consideraciones anteriores estos materiales sintéticos han venido siendo óptimos para pieles arquitectónicas por su ligereza de instalación y por su economía, además nos permiten

cubrir distintas formas y diseños, adaptándose fácilmente como un sistema constructivo diferente para cubrir exteriores e interiores.

Resulta oportuno aplicar el plástico en la arquitectura, plantear la utilización del plástico PVC que ha venido dando excelentes resultados en la arquitectura ligera o efímera, el material que se viene manipulando presenta un color blanco con recubrimiento de plástico y con espesores que van desde los 2mm hasta los 8mm, se inició con la manipulación de planchas de 2mm optimizando al máximo el material pues el mismo nos sirvió para la realización de pruebas de durabilidad y exposición ante agentes atmosféricos(sol y lluvia) obteniendo excelentes resultados.

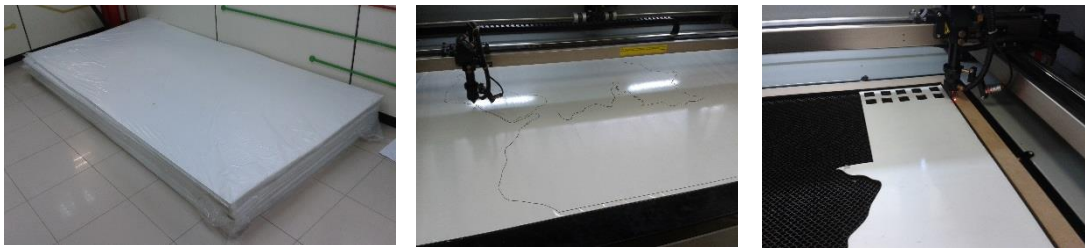


Imagen: C2 – 27 Planchas pvc Fab-Lab UTPL
Fuente: El autor

3.2.3. Usos

Por las condiciones anteriores, existen productos que presentan componentes de policloruro de vinilo (PVC) y que se encuentran presente en la construcción, revestimientos, ventanas, terrazas, valla y además en tuberías para fontanería, cada uno de estos objetos presentan una protección de vinilo, con el fin de proteger de los rayos ultravioletas (UV), y proporcionar durabilidad y un aspecto original en la vida útil de cada producto.

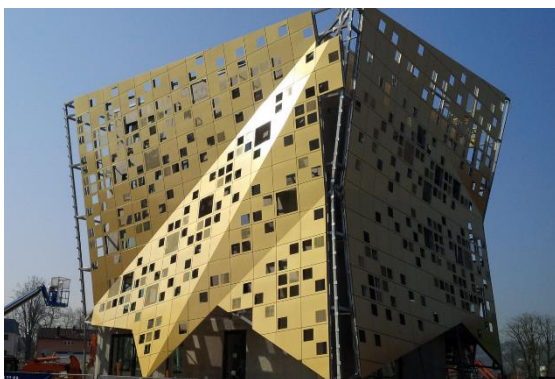


Imagen: C2 – 28 Propuesta de fachada en software Dlubal
Fuente:<https://www.dlubal.com/blog/category/dlubal-structures-de-clients/>



Imagen: C2 – 29 Fachada modular PVC
Fuente: PVC architectural fabric / solar protection / for facades
3

2.2.4. Características

- Maleabilidad: permite la obtención, por compresión de delgadas láminas de material.
- Ductilidad: permite la obtención por tracción de hilos o cables.
- Resistencia mecánica: Capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse.
- Aislante acústico: material que atenúa las ondas sonoras.
- Aislante térmico: establece una barrera al paso del calor entre dos medios. que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura.
- Baja densidad: baja masa contenida en un determinado volumen.
- Impermeabilidad: capacidad para que atraviese fácilmente el fluido. (Turmero, 2014).

Tabla 5 Dimensiones de plancha de PVC

Medidas disponibles en color blanco	
Anchos y largos	Espesores
1.22 X 2.44 mts.	1 mm.
1.22 X 3.05 mts.	2 mm.
1.52 X 3.05 mts.	3 mm.
1 x 2.44 mts.	4 mm.
2 x 3.05 mts.	5 mm.
	6 mm.
	10 mm.
	13 mm.
	19 mm.
Medidas disponibles en color negro	
Anchos y largos	Espesores
1.22 X 2.44 mts.	3 mm.
1.52 X 3.05 mts.	13 mm.

Imagen: Dimensiones de PVC

Fuente: El autor

2.3. Otros materiales plásticos

2.3.1. Lona Vinílica

Siguiendo la línea plástica como material resistente ante los agentes climáticos esta la lona es ideal para grandes superficies en exterior considerada también como tela mesh, consiste en un tramado de poliéster revestido en PVC, ideal para revestimiento de andamiajes, fachadas de edificios, banners en exteriores viene en varias presentaciones y colores.



Imagen: C3 – 30 Cubierta con lona vinilica

Fuente: http://www.sergeferrari.com/wp-content/uploads/2013/07/ES_SergeFerrari_BookArchi2.pdf



Imagen: C3 – 31 Cubierta con lona vinílica

Fuente: <http://www.estructurasycarpas.com/membrana-arquitectonica.php>

Características:

- Funcionan perfectamente en tenso estructuras con gran flexibilidad por su construcción y ensamblaje
- En cuanto al impacto visual este es mínimo por ser una estructura delgada y muy escultórica
- En relación a los costos resulta completamente económico y de fácil acceso con respecto a materiales como el hormigón el metal etc.
- La flexibilidad permite que sea armada y desarmada dentro de un tiempo razonable en comparación a otro material. (Plasticbages, 2011)..

2.3.2. Plástico Vidriado

Desde la aparición del plástico reforzado en la década de 1940, éste ha adquirido prestigio por sus cualidades excepcionales, el término "plástico reforzado" resulta de la combinación de una resina termo-fija con un material de refuerzo y el laminado resultante de esta mezcla tiene propiedades de ambos productos, tales como una magnífica resistencia a la corrosión, a la intemperie; y tiene una gran resistencia mecánica considerando su bajo peso en

comparación con los metales, así como a la madera y a los termo-plásticos; materiales a los que ha desplazado en la fabricación de tanques.



Imagen: C2 – 30 Plástico vidriado

Fuente: <https://cortiglass.wordpress.com/>

2.3.3. Filamento (impresión 3d)

Las distintas gamas de materiales permiten mayor desarrollo y aplicaciones en el campo tecnológico, el acrilonitrilo butadieno estireno es uno de los termoplásticos más usados en la impresión 3D, no es biodegradable, pero es muy tenaz, duro y rígido, con resistencia química y la abrasión, pero que sufre con la exposición a rayos UV su desventaja que se disuelve fácilmente en acetona y su densidad es de 1,05 g/cm³, y su temperatura de cabezal de unos 240°C y de bandeja de 110°C. (Plasticgbages, 2011)



Imagen: C2 – 31 Colores en filamento

Fuente: http://merida.locanto.com.mx/ID_388001359/Filamento-para-Impresora-3D-ABS-PLA-HIPS-PETG-FLEX.html

Los plásticos resultas ser una buena opción al momento de la elección de materiales sus derivados son una extensa gama de combinaciones dando como resultado nuevos y mejores compsites, durante este capítulo hemos analizado el material y sus distintas maneras de trabajar en la envolvente, las cubiertas dando excelentes resultados como material para soportar los agentes climáticos.

CAPITULO III
HERRAMIENTAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

3.1. Fabricación digital

Según la línea de tiempo nos data en el año 1997 es el museo Guggenheim de Bilbao construido por el experimentado arquitecto Frank Gehry, fue el inicio de una fabricación digital que con los años iba a superar los límites establecidos dentro de la arquitectura. La limitación de capital para su construcción hizo que se opte por buscar un software de diseño digital que permitiese su complejidad geométrica se vuelva descriptible y producible para así poder asegurar su fabricación y ensamble con exactitud. (Cartuche & Jorge, 2015)

3.1.1. Análisis de Software

Cada una de las herramientas digitales aportan en solucionar el diseño, han servido de ayuda desde hace mucho atrás, cada uno de estos tiene un objetivo específico lograr solucionar formas complejas y construidas y plasmadas en pequeños elementos llamados prototipos.

3.2.2. El Software Dibujo - Diseño

La facilidad que nos brinda el software con la elaboración de diseños y manejo de programas hacen que nuestra forma de trabajar sea mucho más eficiente e interesante, en el mercado se encuentran un sinnúmero de programas al alcance de todos como:

Tabla 6 Clasificación de Software

Dibujo 2d	Modelado 3d	Avanzados
Software Paint	Software 3d Estudio MAX	Rhinoceros + Grasshopper
Software Autocad	Software Allplan	Maya
Software Piranesi	Software Lightwave	Catia
Software Geonext	Software VectorWorks	Generative Components
	Software punch Architectural	Digital Project
	Software Google SketchUp	Cinema 4d
	Software Floor Planner	
	Software OnyxTree	
	Software OnyxTree	

Imagen: Clasificación de Software

Fuente: El autor

Al trabajar con programas estos nos permiten el ahorro de tiempo, permiten realizar números diseños a partir de elementos en dos dimensiones y transformarlos en tres dimensiones, con el fin de estar cada vez más cerca de la realidad.

Cada uno de los programas requiere conocimientos previos antes de su uso con el fin de encontrar y dar forma a lo que se quiere lograr, tomando en cuenta que no todos son iguales aunque si intentan el mismo objetivo facilitar el diseño de los elementos, mientras mayor número de software se conozca se optara por trabajar con aquel que presente mejor características en rapidez y eficiencia.

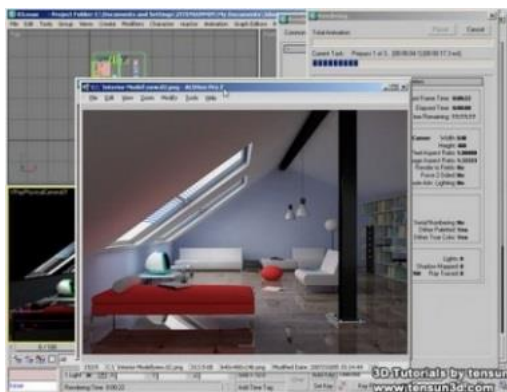


Imagen: C3 – 01 Software Autocad
Fuente: <http://www.arkigrafico.com/los-10-programas-de-cad-mas-usados-en-el-campo-de-la-construccion/#>

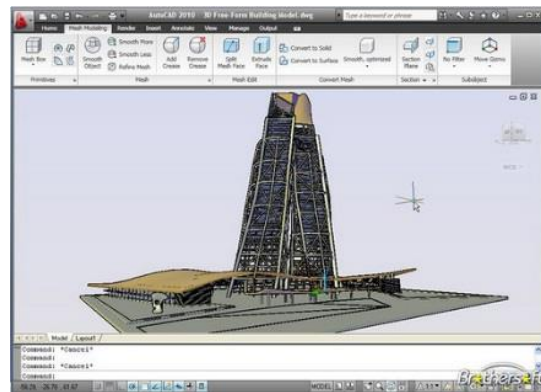


Imagen: C3 – 02 Software Autocad
Fuente: <http://www.arkigrafico.com/los-10-programas-de-cad-mas-usados-en-el-campo-de-la-construccion/#>

3.1.3. El Software Rhinoceros

Una de las herramientas con mayor dinamismo y rapidez para el modelado de objetos en 3 dimensiones, es el software Rhinoceros que permite realizar, distintos diseños y formas orgánicas complejas. Es innumerable las formas y modelados que se puede realizar con este software, es viene a ser uno de los más completos con distintas compatibilidades para el desarrollo del diseño. (Valdivieso, 2014)



Imagen: C3 – 03 Software Rhinoceros
Fuente: <https://www.rhino3d.com/es/>

3.1.3.1. Grasshopper

Uno de los lenguajes eficientes en programación visual es el plug-in grasshopper utilizado como un complemento para el software Rhinoceros 3d, permitiendo logras componentes mucho más complejos en la programación de algoritmos generativos siendo base dentro de la fabricación digital. (Calva Celi, 2015)



Imagen: C3 – 04 Logo Grasshopper
Fuente: <http://www.grasshopper3d.com/profiles/blogs/the-power-of-open-source-in-design-blessing-or-curse>

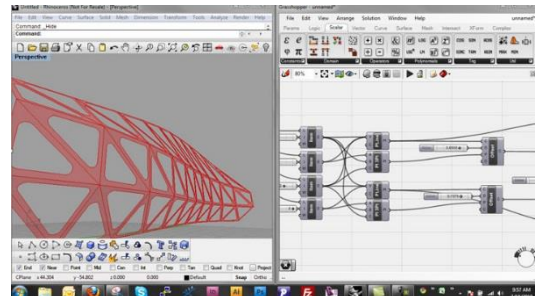


Imagen: C3 – 05 Plug-in Grasshopper
Fuente: <http://pixhder.com/grasshopper+parametric+truss>

PanelingTools;- Esta herramienta paramétrica nos ha permitido crear y manipular rejillas rectangulares, a tractores y puntos morfológicos y la creación de patrones generativos y componentes paramétricos.

El objetivo principal de esta herramienta es la aplicación de conceptos de panelado y racionalización de geometría compleja con el fin de hacer más fácil el trabajo de diseñadores y constructores.

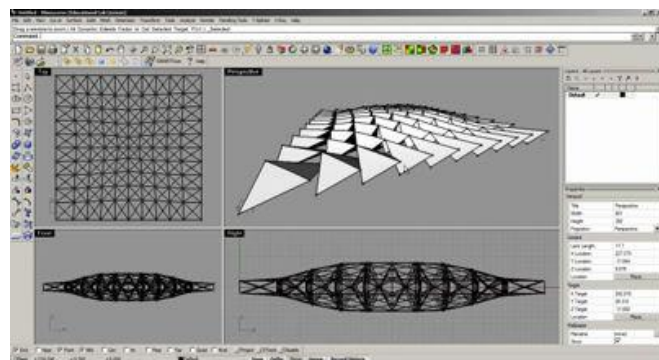


Imagen: C3 – 06 Herramienta Paneling Tools
Fuente: <http://designreform.net/news/2012/03/13/paneling-tools-rhino-5-grasshopper>

LunchBox;- Este plug-in permite generar componentes para la geometría generativa, creando superficies tales como redes, diamantes, triángulos, estructuras y armaduras espaciales además permite racionalizar curvas y superficies inversas

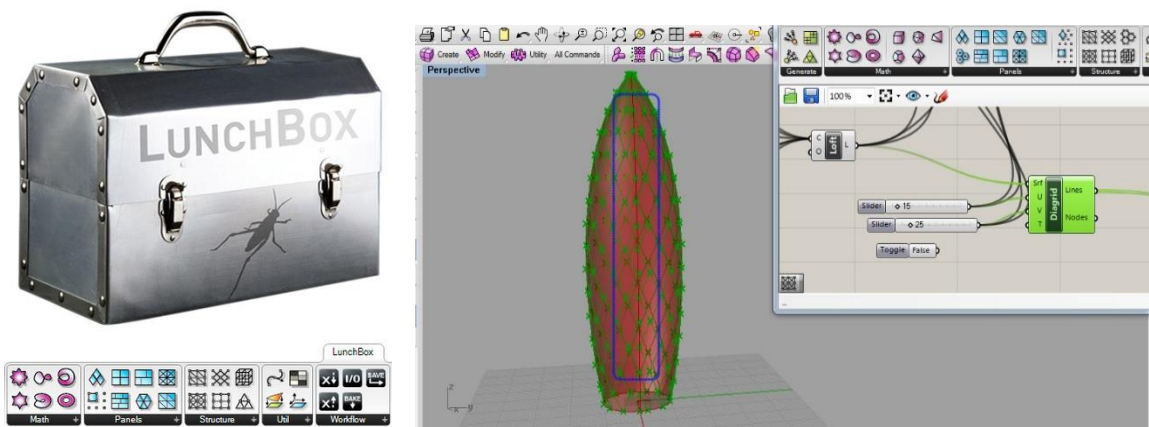


Imagen: C3 – 0 7 Herramienta LunchBox

Fuente: <http://www.grasshopper3d.com/group/lunchbox?groupUrl=lunchbox&id=2985220%3AGroup%3A536114&page=3>

MeshEdith,- Este plug-in es un conjunto de componentes que amplían la capacidad del saltamontes para trabajar con mallas haciendo mucho más fácil la visualización de nuevas envolventes paramétricas.

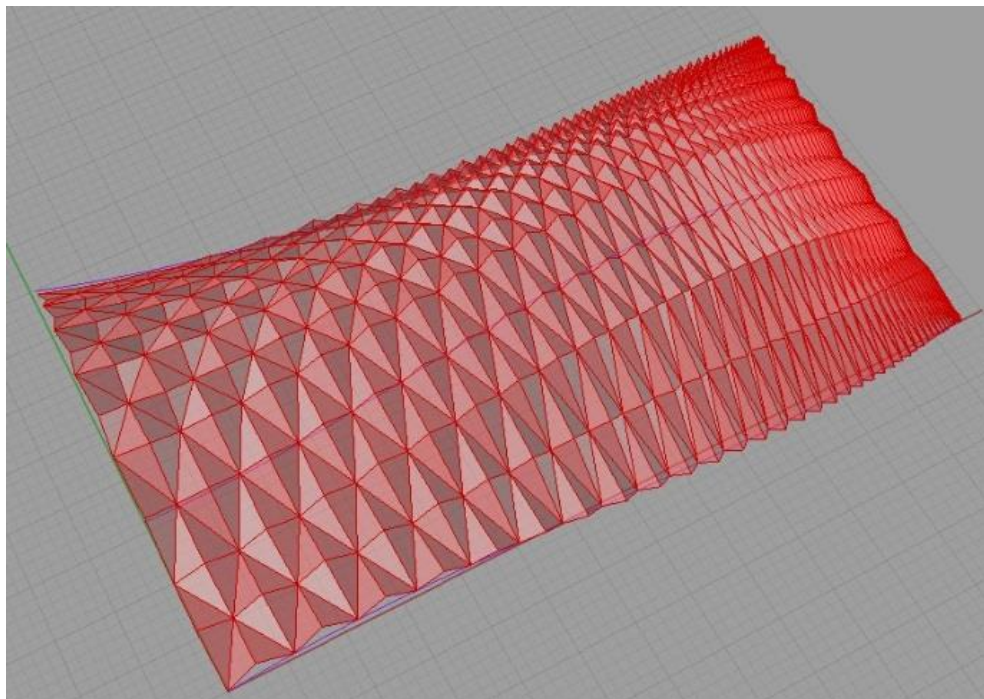


Imagen: C4 – 08 Envolvente realizado con herramienta MeshEdith

Fuente: <http://www.grasshopper3d.com/group/lunchbox?groupUrl=lunchbox&id=2985220%3AGroup%3A536114&page=3>




3.2. Manejo maquinaria CNC

3.2.1. Tipos

Tabla 7 Clasificación de maquinaria CNC

Tipos	Descripción	Descripción Grafica
<p>Corte laser</p>	<p>Su funcionamiento lo realiza a través del sistema laser, el CO2 es comprimido en un ambiente activo frente a un sistema de dos espejos conocido mejor como resonador óptico, la misma energía es suministrada en una descarga eléctrica que excita al medio y provoca la emisión espontánea de luz.</p>	 <p>Imagen: C4 – 09 Cortadora laser Fuente: Gordillo Pablo (2015) Fab Lab UTPL.</p>
<p>Plotter de Corte CNC</p>	<p>Es una máquina con valores de rotulación en vinil altos en el mundo de la publicidad, permite cortar adhesivos, reflectivos, bond etc. Cuenta con un cabezal que se dirige en un solo sentido al desplazarse permitiendo un corte exacto en materiales finos.</p>	 <p>Imagen: C4 – 10 Plotter de corte CNC Fuente: http://www.hflaser.com/Spanish/Vinyl-Cutter.html</p>
<p>Cortadora plasma</p>	<p>Una máquina que trabaja a altas temperaturas por encima de los 30.000° C llevando el gas hasta el cuarto estado de la materia, el plasma se refiere al estado en los cuales se descomponen los electrones del átomo y el gas ioniza.</p>	 <p>Imagen: C4 – 11 Corte Plasma Fuente: video; https://www.youtube.com/watch?v=rJyJVSUuWho</p>

<p>Cortadora Foam</p>	<p>Es un tipo especial de maquina CNC que está formada por un hilo de nicrom caliente que se mueve entre dos ejes X Y paralelos, es utilizado especialmente en aeromodelismo, en grandes rotulaciones y decorados.</p>	 <p>Imagen: C4 – 12 Cortadora Foam Fuente:http://blog.bricogeek.com/noticias/diy/cortadora-de-foam-casera/</p>
<p>Router CNC</p>	<p>Es el modelo más recorrido entre las fresadoras caseras o cuando las distancias son grandes. Las estructuras se equilibran entre el compromiso de la ligereza y la robustez, son adecuadas para movimientos rápidos, grabado o mecanizado de piezas relativamente blandas.</p>	 <p>Imagen: C4 – 13 Router CNC Fuente:http://www.multicam.com/routers.html</p>
<p>Fresadora 3 ejes</p>	<p>Resultan ser las más habituales entre las comerciales, tienen una estructura robusta adecuada para mecanizar elementos duros que requieren de esfuerzos y precisión</p>	 <p>Imagen: C4 – 14 Fresadora 3 ejes Fuente:http://tallerdedalo.es/web/node/15</p>

<p>Torno y Torno fresadora</p>	<p>Para las piezas de rotación, la máquina adecuada es el torno, una combinación que suele darse es la de un cabezal de fresadora sobre el eje del torno que permite mecanizados de chaveteros y pequeñas figuras.</p>	 <p>Imagen: C4 – 15 Torno Fresadora Fuente: http://www.tecnijoy.net/product_info.php?products_id=1285</p>
<p>Corte Water Jet</p>	<p>Esta máquina funciona a base de agua impulsada con presión a una velocidad de 4000 bares , logrando cortes de precisión los costos de esta máquina son demasiados costosos por esta razón su comercialización se realiza lentamente.</p>	 <p>Imagen: C4 – 16 Cortadora Waterjet Fuente: http://www.pacruz.com/es/maquina_general.php?maquina=40&categoria=2</p>
<p>Impresora 3D</p>	<p>Esta máquina permite producir objetos en 3 dimensiones creados a base de ordenador ejecutado por medio de un software, no existe objetos imposibles de crear con esta herramienta que trabaja con metales, nylon y con algunos materiales más. Este filamento plástico permite mediante capas sucesivas lograr realizar el objeto modelado.</p>	 <p>Imagen: C4 – 17 Impresora 3D Fab- Lab UTPL Fuente: Gordillo Pablo (2016) Fab Lab UTPL</p>

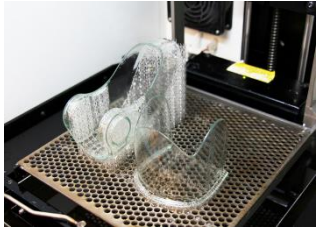
<p>Estereolitografía</p>	<p>Viene a ser parte de las múltiples impresoras que permiten crear objetos con capas muy delgadas, las mismas que se componen de una resina fotosensible la cual se sensibiliza(endurece) mediante una emisión de un haz que puede provenir de un láser o de un proyector.</p>	 <p>Imagen: C4 – 18 Impresora Estereolitografía Fuente: http://www.undoprototipos.com/portfolio/tecnologia-sla-estereolitografia/</p>
---------------------------------	---	---

Imagen: Clasificación de maquinaria CNC

Fuente: El autor

3.3.2. Cortadora laser CNC

Gracias a la tecnología de hoy en día contamos con varias herramientas y maquinaria que facilita el trabajo de corte, estas herramientas son controladas por un software que permite realizar cortes con precisión a la medida que se requiera, este laser es una ampliación de luz que se da por estímulo de una emisión de radiación simulada más conocida como "*Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation.*" (Allen, 2013)

Su funcionamiento lo realiza a través del sistema laser, el CO2 es comprimido en un ambiente activo frente a un sistema de dos espejos conocido mejor como resonador óptico, la misma energía es suministrada en una descarga eléctrica que exista al medio y provoca la emisión espontánea de luz, este rayo debe ir directo del resonador a la pieza de trabajo con una pérdida mínima de poder y torsión, esta perforación permite realizar trabajos en distintos materiales en los que se trabaje como: cartón, balsa, plástico pvc, mdf, madera y materiales parecidos que se pueda cortar con distintos fines.

3.3.3. Componentes

- Cortadora
- Espejos reflector
- Rayo láser
- Cabezal - boquilla
- Cama panal de abeja(lamas de mesa)
- Compresor
- Extractor de aire
- Gases de corte

- Carro transversal
- Cámara de extracción

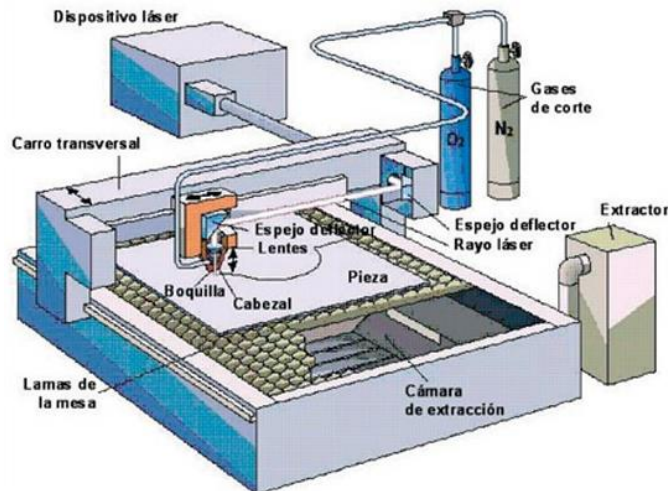


Imagen: C4 – 19 Componentes de Cortadora laser
Fuente: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/12110-Tecnologias-de-corte-de-chapa.html>

3.3.4. Funcionamiento

- La cortadora láser recibe la información del diseño elaborado en programas vectoriales por capas o layers
- Esta máquina opera con espejos en los cuáles se refleja el rayo láser hasta llegar al cabezal que corta la pieza
- La cortadora láser de oficina tiene 3 funciones: corte, desbaste y grabado (Las industriales sólo permiten cortar)
- Estas funciones se desarrollan una a una mediante el proceso por capas
- El tiempo del proceso de corte, dependerá de las funciones elegidas y valores estimados desde el ordenador, dependiendo el material y la complejidad de la pieza
- Finalmente, las piezas pueden ser ensambladas o plegadas para lograr un volumen tridimensional

3.3.5. Ventajas y desventajas

Es un corte CAD CAM de precisión (sin intervención humana y con archivos digitales)

- El corte por láser es limpio, rápido y de gran valor cualitativo
- El corte por láser es especialmente sencillo, flexible y de bajo costo
- No requiere fabricación de matricera
- El aprovechamiento de material es óptimo

- No existe desgarramiento de material como en el punzonado
- Se puede cortar una gran variedad de materiales independientemente de la dureza
- Supera a los sistemas convencionales de corte en cuestiones de velocidad, rendimiento y productividad
- El grabado que realiza es permanente pues se realiza en el propio material (marcaje y rotulación)
- La cortadora láser puede trabajar tanto en piezas pequeñas como en objetos de grandes dimensiones
- Se logran altas velocidades de corte (Fabricame.com, 2014)

La gran desventaja que presenta el corte láser frente a otros procedimientos reside principalmente en el espesor máximo que se puede cortar, existen máquinas con capacidad de corte de hasta 12mm de espesor, la maquina con la que se cuenta es una máquina con un corte de hasta 8mm de espesor. Mientras tanto en otros procedimientos como el oxicorte, corte por plasma, electroerosión o corte por chorro de agua permiten cortar espesores mayores que el láser.

CAPÍTULO IV
EXPERIMENTACIÓN

4. Manipulación y Experimentación

Una parte importante dentro de la investigación es el campo práctico constructivo, para lograr un amplio conocimiento acerca del manejo de software (Rhinceros y Grasshopper) y la utilización de material plástico para el desarrollo de las envolventes planteadas. Durante el presente capítulo existe además parte importante para lograr los objetivos planteados, el primero lograr un cambio en la utilización de carpas por pabellones con envolventes arquitectónicas distintas, el segundo el manejo de materiales plásticos PVC y el tercero incentivar el manejo de herramientas digitales que optimizan tiempo recursos y mano de obra.

4.1. Ejercicios de corte

El trabajo con maquinaria CNC ha permitido eficiencia al momento del armado, pues se logra cortes perfectos y listos para ser doblados o ensamblados. El plegado cumple un orden para su corte, se debe visualizar previamente que caras se doblan y a qué sentido, pues esto permite lograr una facilidad de plegado rápido, el plegado consta de tres partes la parte en la cual las caras se doblan hacia arriba y el monte aquel que las caras se doblan hacia abajo y por último el corte total que también se debe diferenciar fácilmente, este proceso se lo realiza para cartón prensado evitando se desvinculen cada una de los pliegues de la unidad.

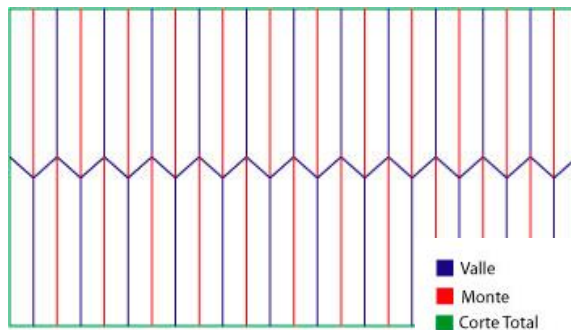


Imagen: C4 – 01 Corte en doblado

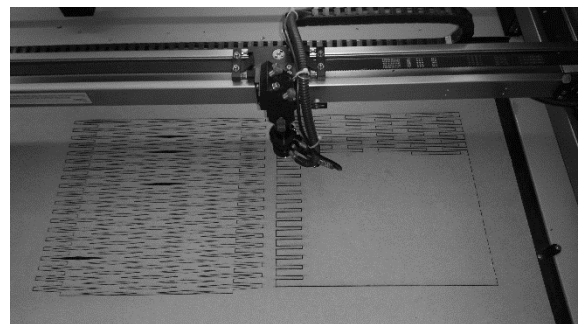


Imagen: C4 – 02 Corte de superficies plegables

Como ejercicios de ensayo se empieza con cortes sencillos que poco a poco mediante la práctica se vayan perfeccionando tomando en cuenta el material en el que se trabaje, que puede ir desde un milímetro hasta materiales rígidos con espesores de hasta ocho milímetros.

4.1.1. Cortes de Plegados Básicos (Cartón)

Teniendo en cuenta el concepto y función plegados realizamos nuestros primeros cortes que nos permitieron darnos cuenta la forma con la que funciona todo plegado.

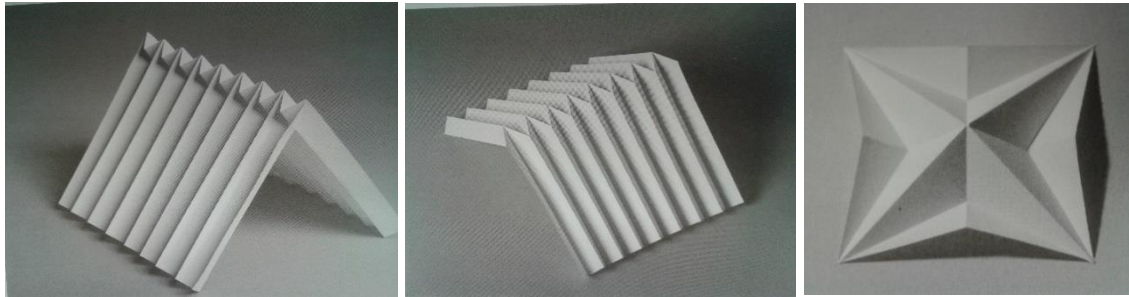


Imagen: C4 – 03 Plegados básicos

4.1.2. Cortes de Plegados geométricos (Cartón)

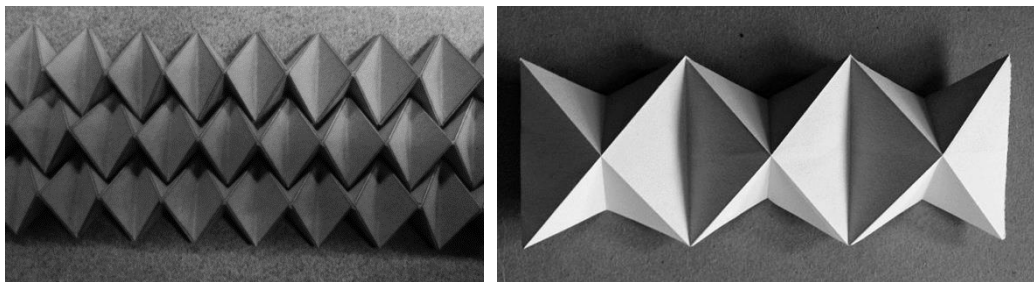


Imagen: C5 – 04 Plegados Geométricos

Durante el análisis de plegados me di cuenta el funcionamiento de cada uno, su dirección y sentido, si se intenta visualizar de mejor manera el plegado se debe realizar por lo menos tres pliegues eso permitirá que se visualice de mejor manera el diseño planteado.

4.2. Impresión 3d

El avance tecnológico permite cada vez que se realice piezas de menor tamaño y con gran funcionalidad, surge con la idea de convertir elementos o archivos de 2d a 3d.

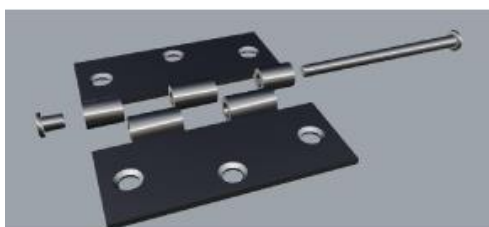
Su funcionamiento es:

1. Diseñar el plano del objeto que se quiere crear en software como Rhinoceros 3d, Autocad, SolidWorks, sketchup etc.
2. El archivo se exporta a otro programa con el que se cuente de acuerdo a la impresora (XYZWare) este prepara la impresión con el fin de regular parámetros como velocidad, calidad, esto dará como resultado que la impresión sea de mayor o menos calidad al igual que el tiempo estimado de duración.
3. La impresora toma el filamento, enrollado en un carretel ubicado en el extremo superior de la impresora, y lo va derriendiendo a una temperatura de entre 180° y 220 grados.

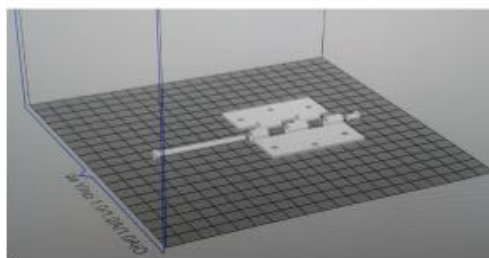
4. Con el plástico fundido, la máquina crea una capa; se eleva unas décimas de milímetro y pinta una nueva capa, continuando de forma sucesiva hasta finalizar la impresión del objeto de acuerdo con el plano inicial.
5. Se retira cuidadosamente el objeto una vez que el tiempo estimado lo requiera y la impresora lo designe (ya que esta permanece caliente por algunos minutos). Al cabo de un instante, la pieza se despegga y se elimina cualquier imperfección que pueda haber quedado de la impresión.

4.2.1. Impresión de bisagra

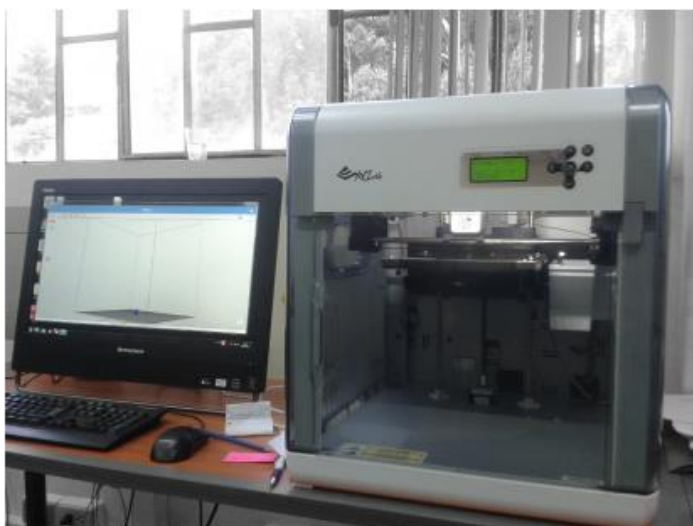
Durante el desarrollo de la envolvente plegable se optó por realizarlo con bisagras por sus características de ligereza y por estar dentro de la línea plástica siendo esta una de las opciones con las que se la puede construir a continuación el proceso de impresión:



Diseño Modelado 3d



Software XYZWare



Calentamiento de Plataforma

Imagen: C4 – 05 Análisis de Software y calentamiento de Plataforma Fab-Lab UTPL

La impresión efectuada demuestra la ayuda de herramientas para obtener y vincular sistemas que permitan lograr de mejor manera el plegado, por esta razón se realizó la impresión de una bisagra dividida en cuatro partes primero se imprimió la tapa o seguro del pasador, seguido el pasador y posteriormente las caras de la bisagra de esta manera se optimiza el filamento. Existen partes huecas en la bisagra donde se coloca los pernos aquí se programa una impresión a través de soportes permitiendo una impresión completa de sus partes.

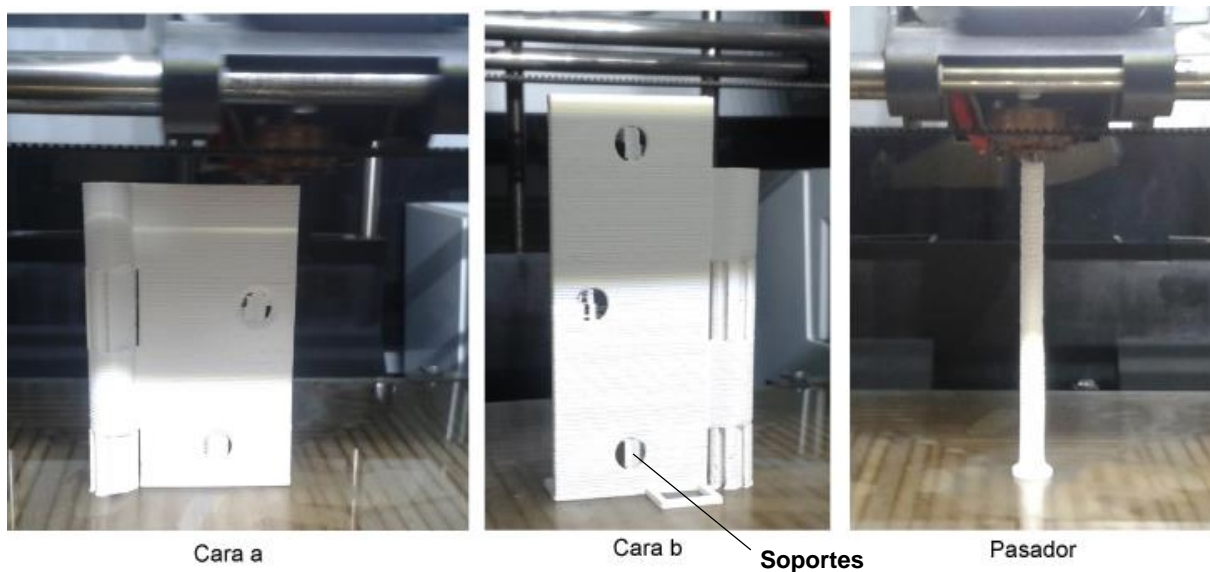


Imagen: C4 – 06 Impresión Bisagra Fab-Lab UTPL

El proceso para ver el objeto en tres dimensiones duro 4 horas con 24 minutos, esta línea de fabricación digital nos permite dar una visión completa de aquello que estamos diseñando. La bisagra es unos de los sistemas puestos a prueba para poder plegar los módulos, esta impresión se la realiza mediante filamento plástico que se derrite a altas temperaturas y es regado formando ligeras capas que van dan forma al objeto.

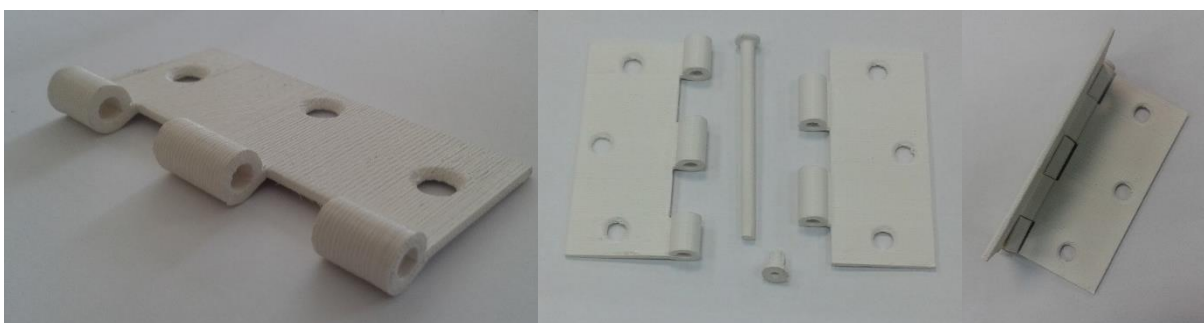


Imagen: C5 – 07 Bisagra impresa Fab-Lab UTPL

Tabla 8 Control de impresión

Impresión 3d de bisagra	Tiempo Estimado	Calidad de impresión	Filamento en (ml)
Cara a	1.28	30%	4.68
Cara b	2.05	30%	4.24
Pasador	0.38	30%	1.74
Tapa pasador	0.16	30%	0.17

Imagen: C4 – 02 Control de impresión

4.3. Experimentación constructiva

El material define el perfeccionamiento de cada prototipo, estimando los valores adecuados en el ordenador con el fin de que no se consuma al momento del corte, y se pueda doblar con facilidad.

4.3.1. Prototipo (cartón prensado)

Se plantea un módulo trabajado en pdf de esta manera nos damos cuenta como funciona el sistema de pliegue al aplicarlo a una estructura para finalmente terminan con diseño de envoltente plástica, este módulo se acopla a distintas formas y superficies en las que se pueda aplicar. El rombo ha sido la figura elegida por presentar características de estabilidad, rigidez y variedad de aplicaciones en envoltentes arquitectónicas.

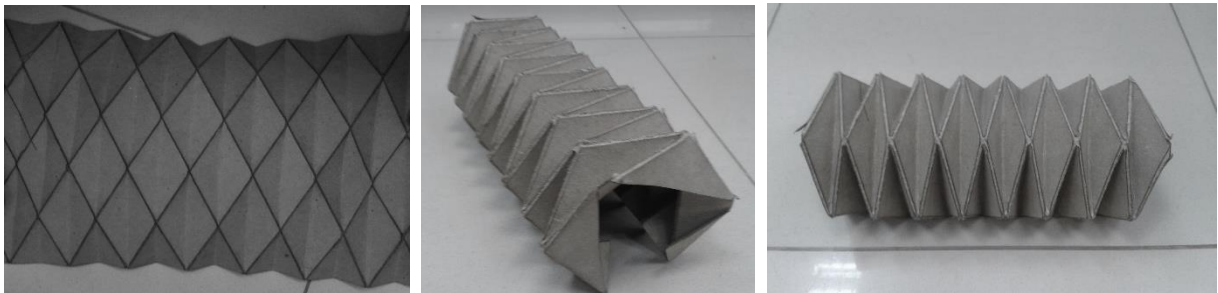


Imagen: C4 – 08 Prototipo en cartón prensado

4.3.2. Prototipos cartón

Durante el proceso de experimentación se optó por trabajar con la figura triangular, esta presenta características de doblado, y complementa el concepto de plegado. Al unir obtenemos una envoltente que se la puede plegar en sentido X Y al repetir esta figura formamos una superficie plana que se adapta a cualquier estructura únicamente se debe tener en cuenta con la escala que se desea trabajar.

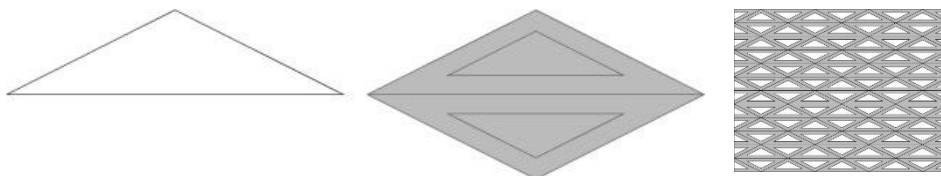


Imagen: C4 – 09 Módulo Obtenido

El material como el cartón que se utilizó por su facilidad de manipulación y por su bajo costo se cortó cada una de las piezas a una escala mayor para darnos cuenta cómo funcionan como superficie y como estructura.



Imagen: C4 - 10 Prototipo en cartón

4.4. Análisis de módulo en software Rhinoceros + Grasshopper

Los métodos digitales en la arquitectura desarrollan sistemas generativos, pasando de los tradicionales a sistemas complejos, donde se puede desarrollar multiplicidad de formas mediante el control de parámetros y obtener módulos que pueden ser luego construidos y representados mediante prototipos para visualizar la idea plasmada.

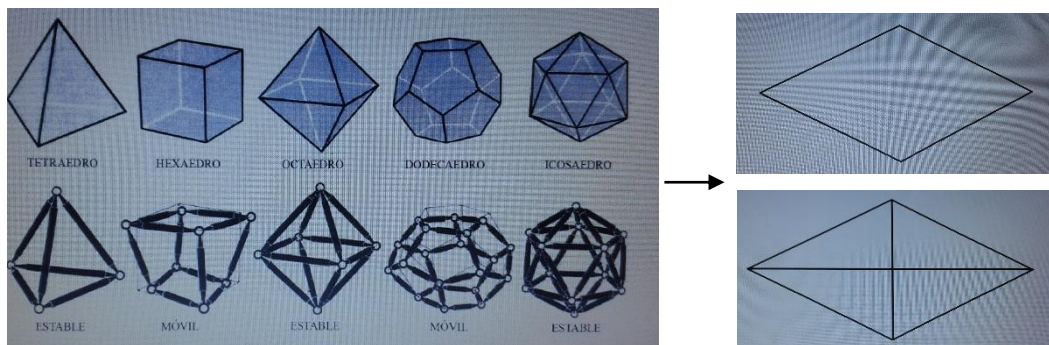


Imagen: C4 – 11 Elección de prototipo

4.4.1. Ensayo de modulación con software Rhinoceros

Con la ayuda de software Rhinoceros + Grasshopper conjuntamente con los plugging MesshEdit + Lounchbox logramos obtener un módulo partiendo de comandos básicos como la curva, el loft nos permite enlazar las curvas esto hará que luego nos permita realizar divisiones con el comando Slider number esto se verá reflejado ya en divisiones

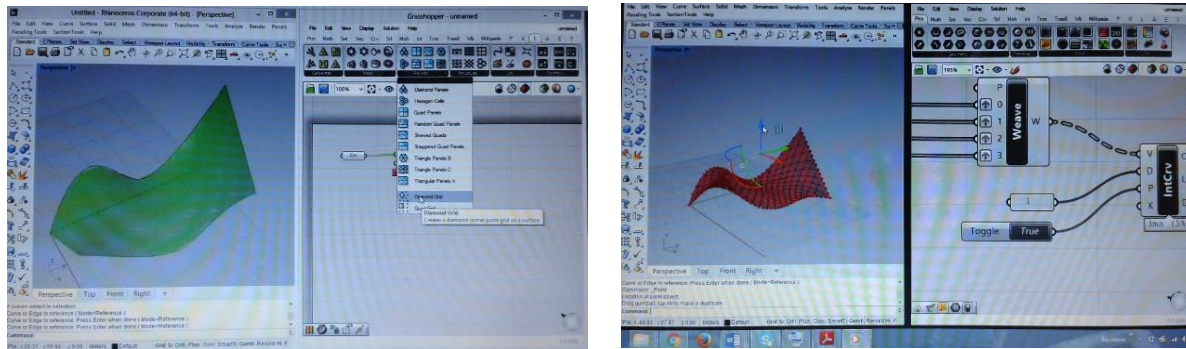


Imagen: C4 – 12 Proceso para construcción de módulo

Durante la experimentación se logró llegar a la conclusión de que figuras tenían mayor estabilidad por esta razón optamos por trabajar con el romboide para prototipo de envolvente. Una vez realizada las subdivisiones debemos proceder a dar enlazar los romboides que son las piezas fundamentales de la envolvente, de debe tener en cuenta los vértices que no se deben perder, luego de obtener los rombos

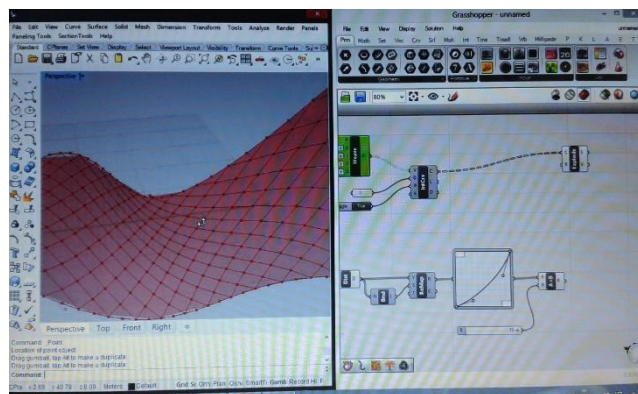


Imagen: C4 – 13 Experimentación en Rhinoceros + Grasshopper + LunchBox

La experimentación es la mejor forma de aprendizaje para lograr el objetivo propuesto, la ayuda de las herramientas digitales paramétricas es una buena alternativa para el aprendizaje de la profesión y la demanda académica que existe, el futuro está en las máquinas las impresoras, las cortadoras nos dan a entender que el trabajo se lo puede efectuar sin tener restricción a formas y materiales con los que se desee trabajar.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

5.1. Propuesta digital.

5.1.1. Desarrollo de propuesta en Rhinoceros y Grasshopper

El software Rhinoceros conjuntamente con Grasshopper nos permitieron lograr el modulo más eficiente y con mayor estabilidad, siendo la base dos triángulo obtusángulos según sus lados y escaleno según sus ángulos.

Los plugin adicionales que se utilizaron con el fin de lograr un mayor número de plegado son el BunchBox, MeshEdith, PanelingTools, cada uno de estos con sus distintas características pero que al trabajar conjuntamente podemos lograr envolventes paramétricas con distintas formas, módulos y geometrías.

Componentes loft conjuntamente con divisiones

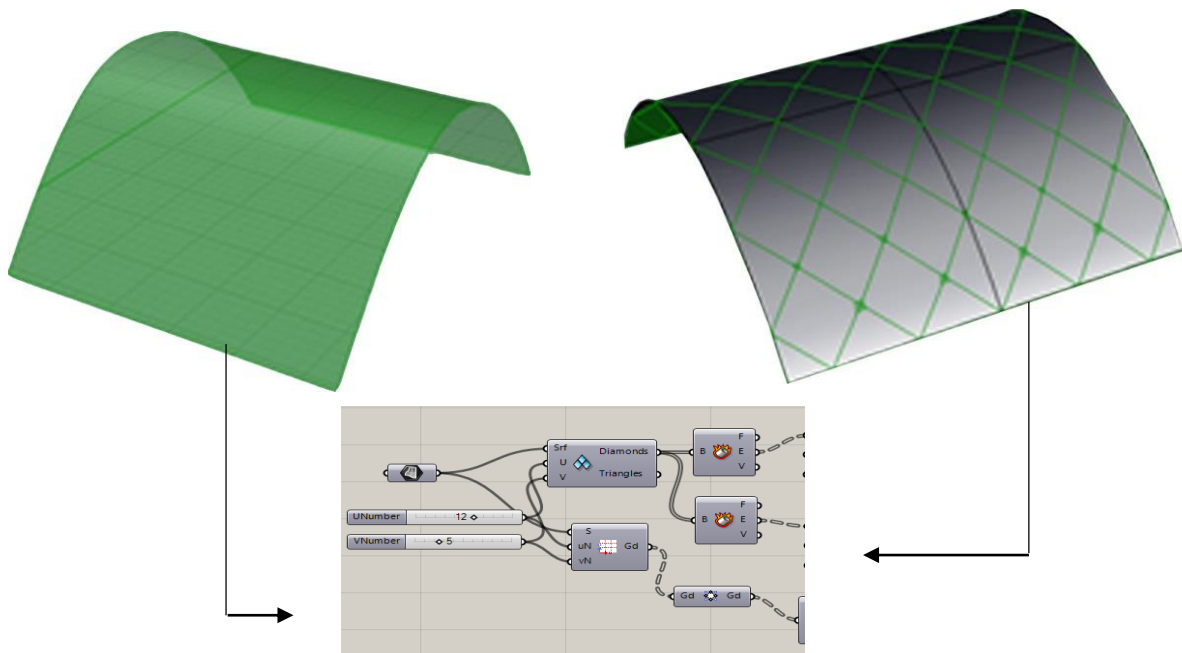


Imagen: C5 – 01 Divisiones en Rhinoceros + Grasshopper

Es aquí, donde se genera un sistema algorítmico en Grasshopper, mediante componentes básicos que contienen las cualidades y características de la envolvente, así como la geometría, que en este caso sería cada una de las divisiones para luego formar los módulos, estos se encargaran de dar la forma a la envolvente. Este sistema se puede modificar cuantas veces queramos ya sea sus dimensiones, número de piezas, altura, forma y con los módulos y geometrías que sean necesarios.

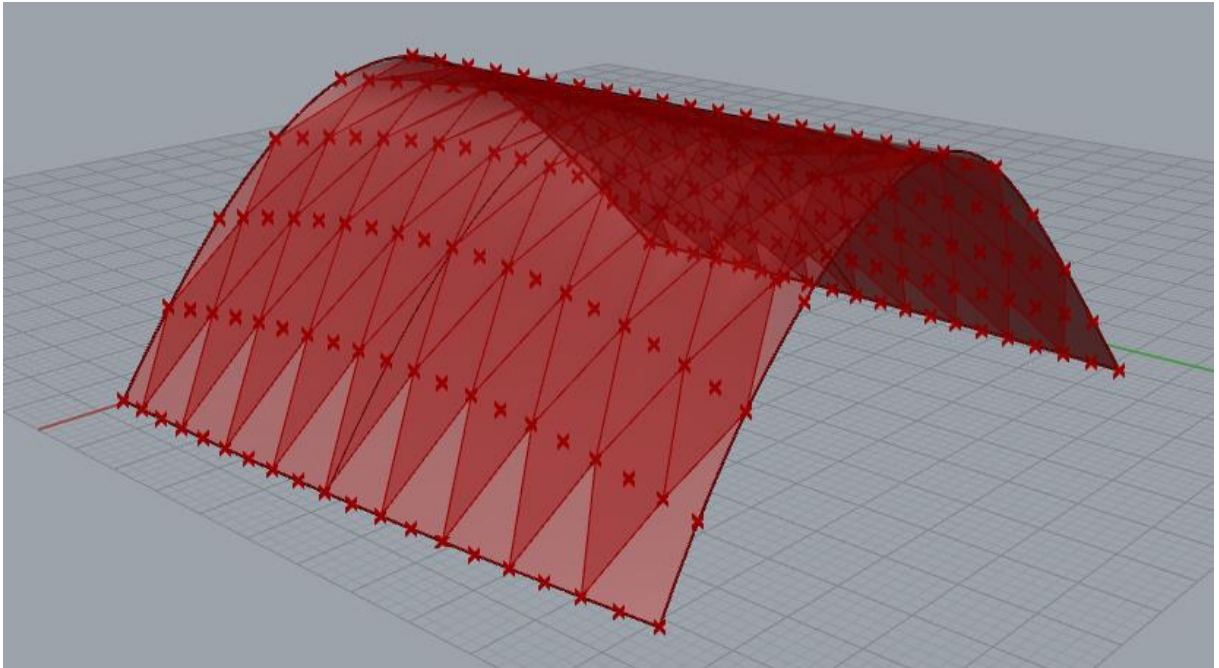


Imagen: C5 – 02 División de módulos en Rhinoceros + Grasshopper

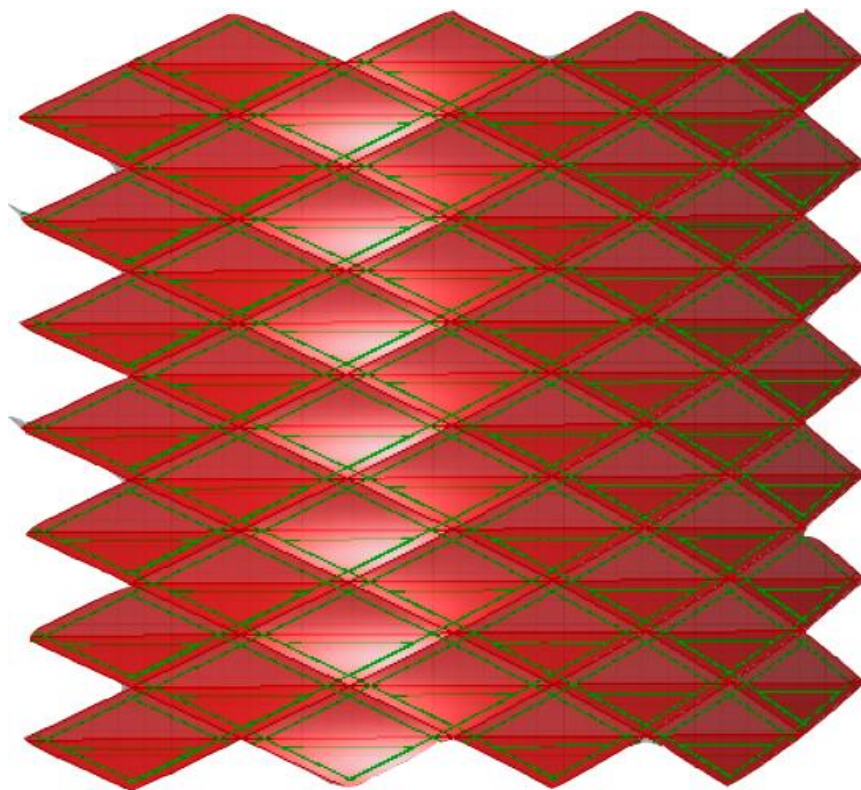


Imagen: C5 – 03 Vista en planta de envolvente

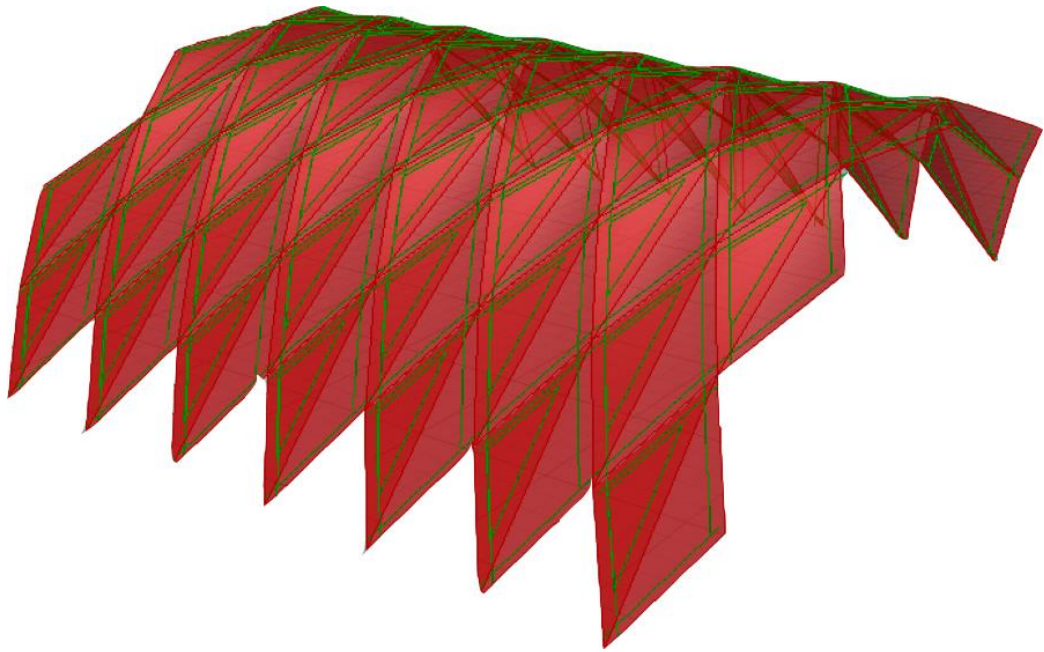


Imagen: C5 – 04 Perspectiva de envolvente

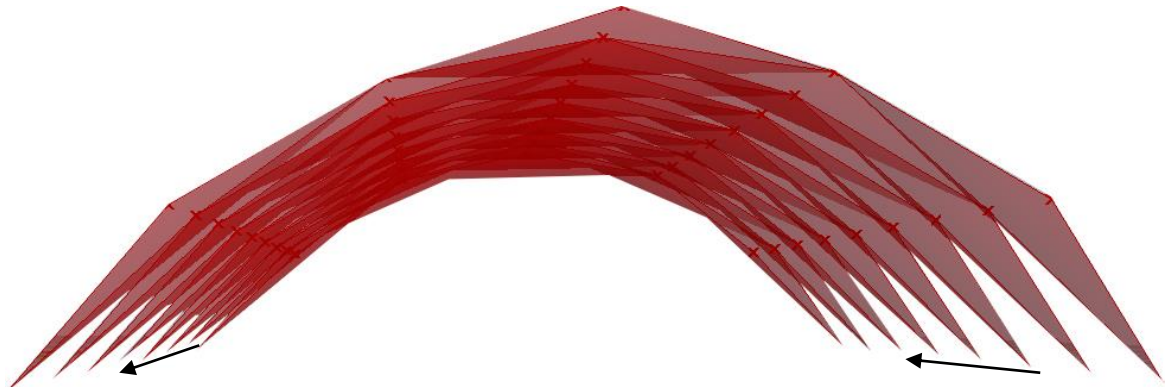


Imagen: C5 – 05 Envolvente plegable en Rhinoceros + Grasshopper

Aquí se puede visualizar claramente la geometría generada y controlada a partir del software, a través de este medio podemos realizar una variedad de tamaños y jugar con cantidades que pueden llegar a cubrir pequeños espacios como pabellones hasta llegar a grandes luces dependiendo del material que se emplee, es decir se sigue un proceso innovador donde se optimiza tiempo y recursos y sobre todo se familiariza con el manejo de software y los plug-in de acuerdo al diseño efectuado.

5.2.2. Diagrama metodológico

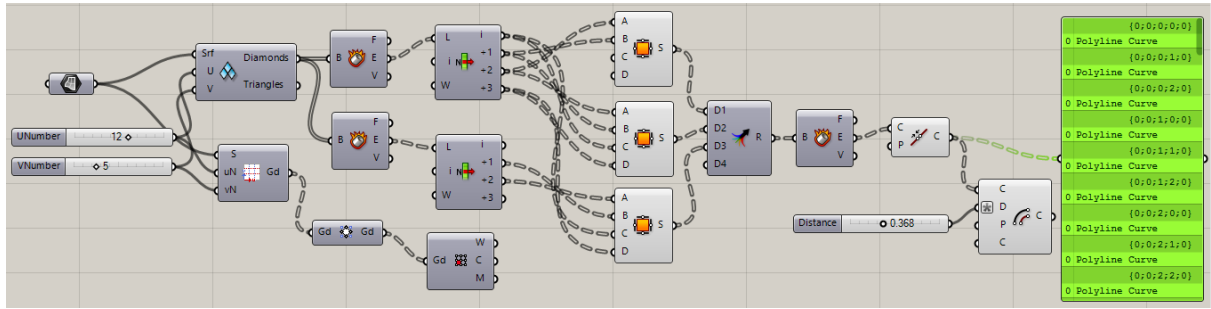
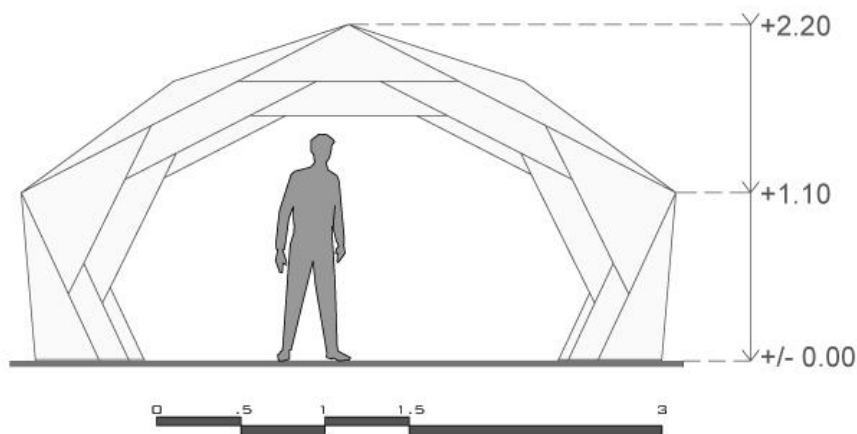


Imagen: C5 – 06 Diagrama de envolvente final
Fuente: El autor

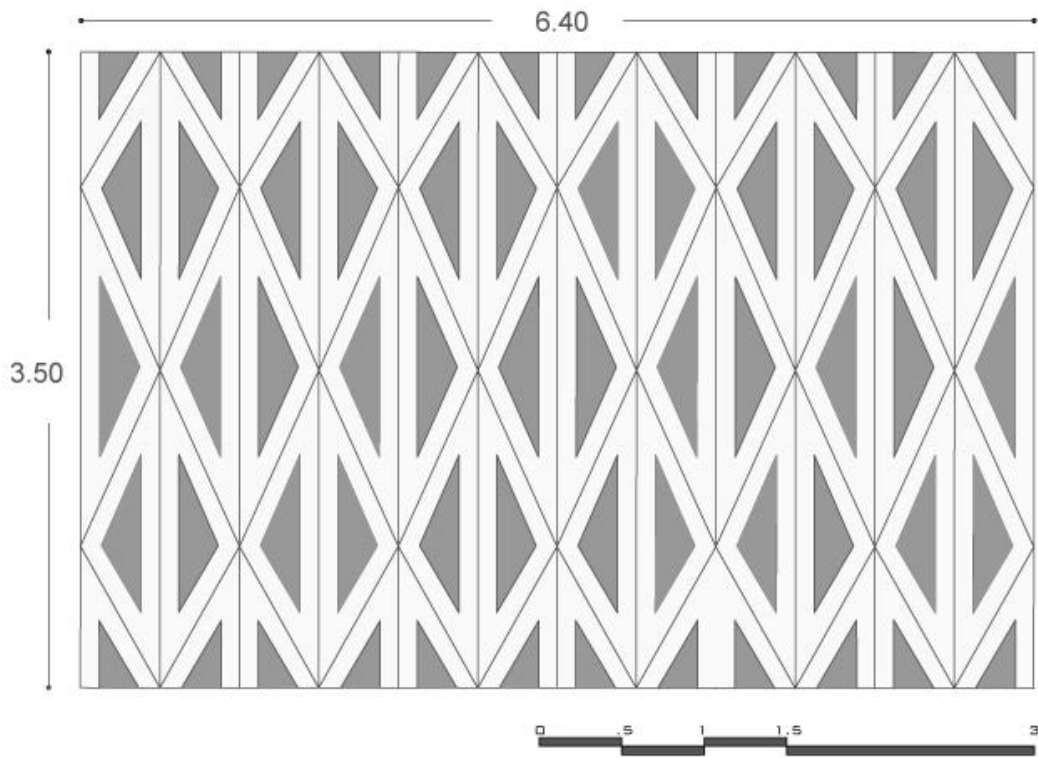
La propuesta a través del software y la ayuda de Grasshopper y sus herramientas como PanelingTools, WeaverBird, LunchBox, nos permitieron completar el algoritmo, nuestra perseverancia e insistencia por estudiar un sinnúmero de elementos, sirven de mucho para adquirir conocimientos básicos que generen exactitud y diseños creativos que permitan modificaciones.

5.2. Propuesta arquitectónica

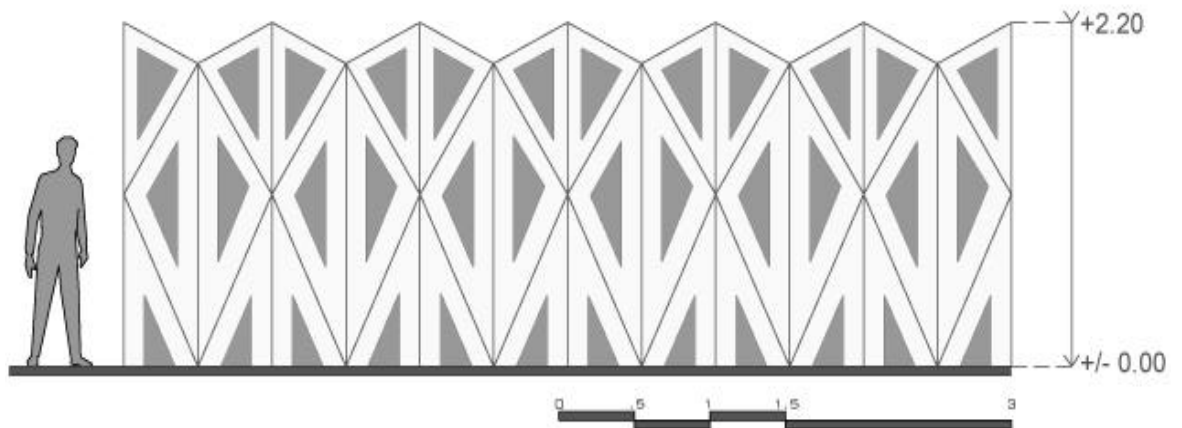
Uno de los objetivos propuestos al inicio del presente trabajo, hace referencia a la construcción de un prototipo a escala, cuya envolvente presente características plegables y el uso del plástico PVC. De esta manera se evidencia el trabajo conjunto de software, cortadora laser y material, del mismo modo el pabellón tiene un ancho de 3.5 de ancho, 2.20m de altura y una longitud de 6.40m.



VISTA FRONTAL

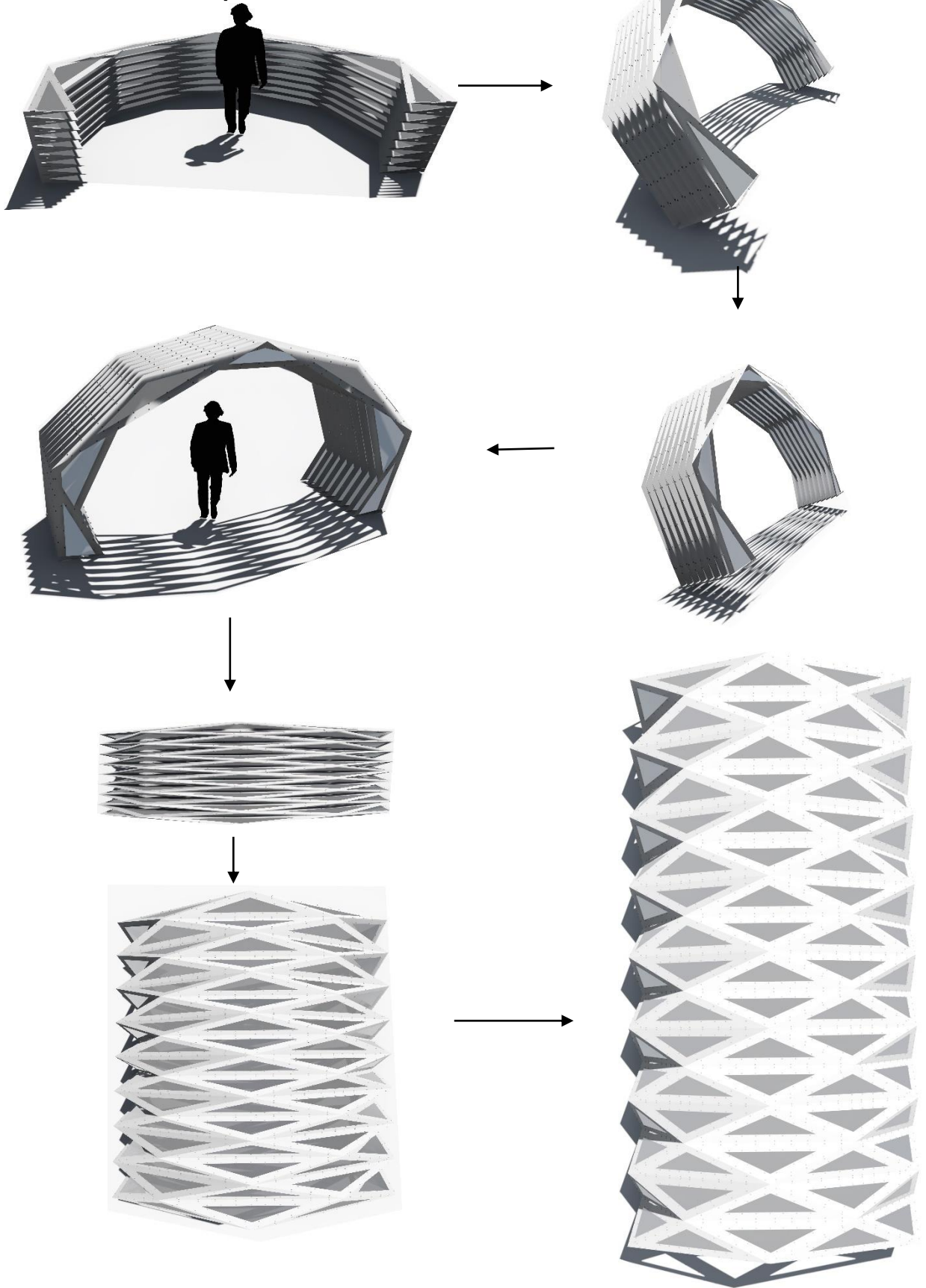


VISTA EN PLANTA

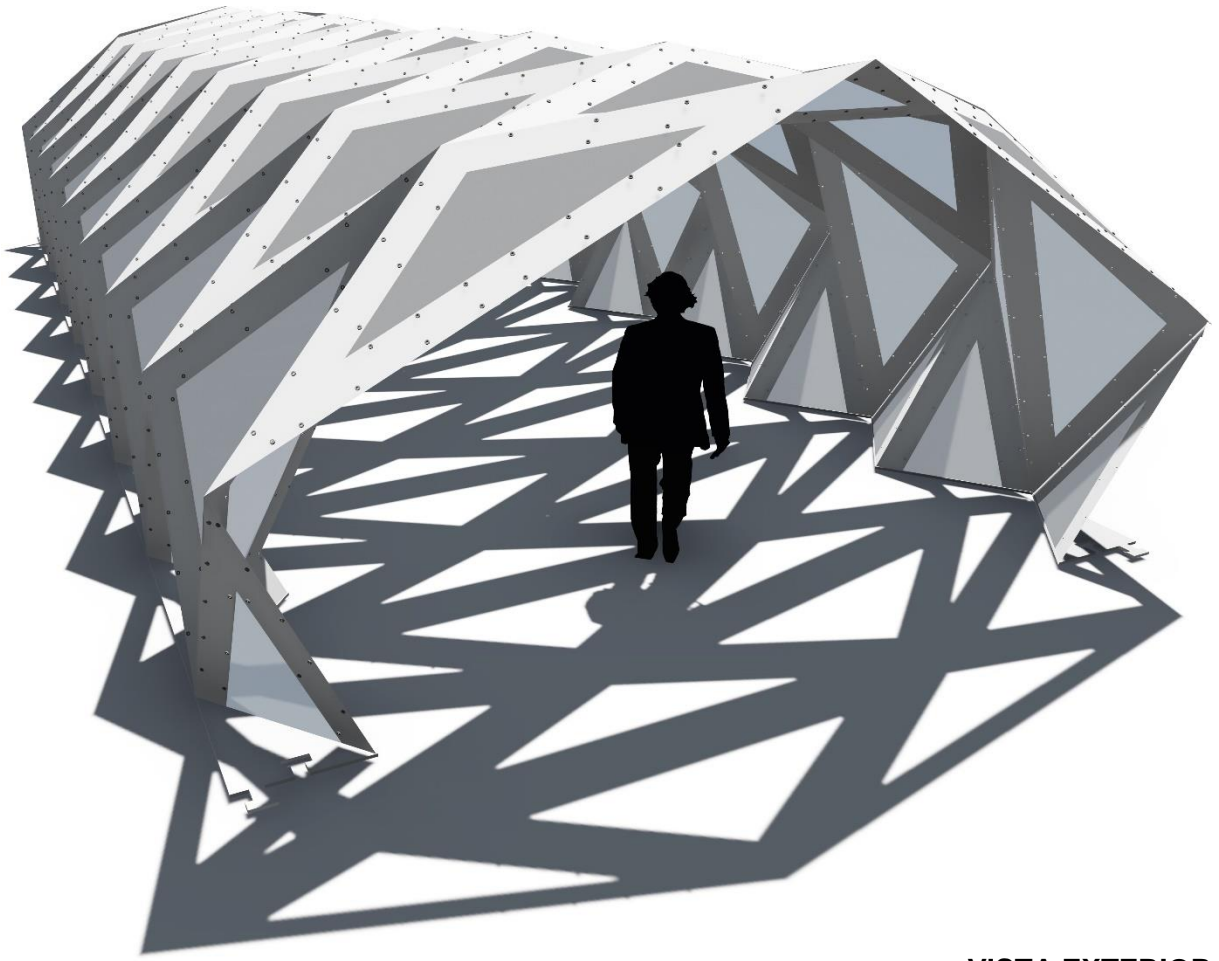


VISTA LATERAL

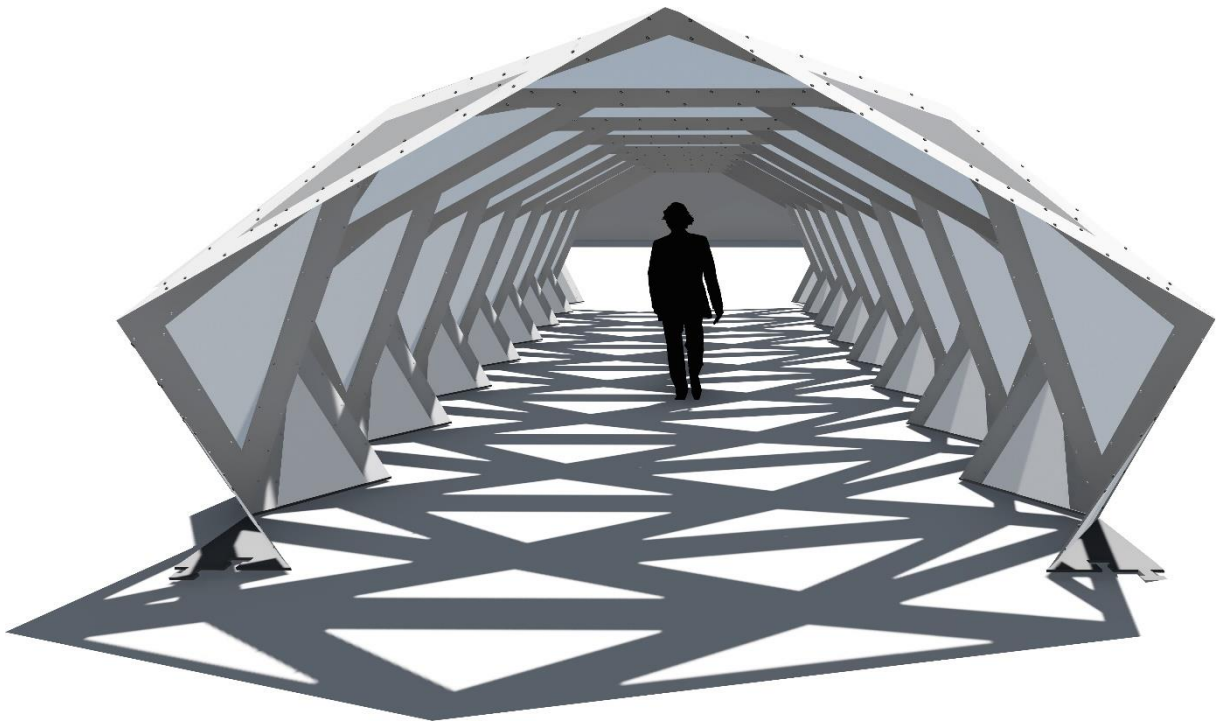
5.2.1. Armado de pabellón



PROCESO DE ARMADO



VISTA EXTERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA INTERIOR

El exponer en espacios públicos han permitido un desarrollo de la ciudad, y la búsqueda de socializar e intercambiar ideas, productos y darse a conocer culturalmente mediante eventos. Para ello se ha proyectado un elemento que se adapte al medio y brinde una protección durante un espacio corto de tiempo, los pabellones han servido como una alternativa rápida o emergente por su facilidad de montaje y transporte adaptándose a los espacios existentes dentro de la sociedad. Por esta razón se ha planteado una propuesta arquitectónica generada a partir de módulos que respondan y satisfagan los objetivos planteados en esta presente investigación.

5.2.2. Agrupación de módulos y plegado

El módulo es la pieza con la cual se formara la envolvente, permitiendo que existan distintas maneras de plegado, tomando en cuenta su forma geométrica, su estabilidad y equilibrio. Es decir presenta sus cuatro lados al formar el rombo generando menor y mayor número de módulos. Esta es la razón por la que se realizaron estudios de plegado tomando una agrupación de módulos para determinar sus distintas posibilidades de pliegue.

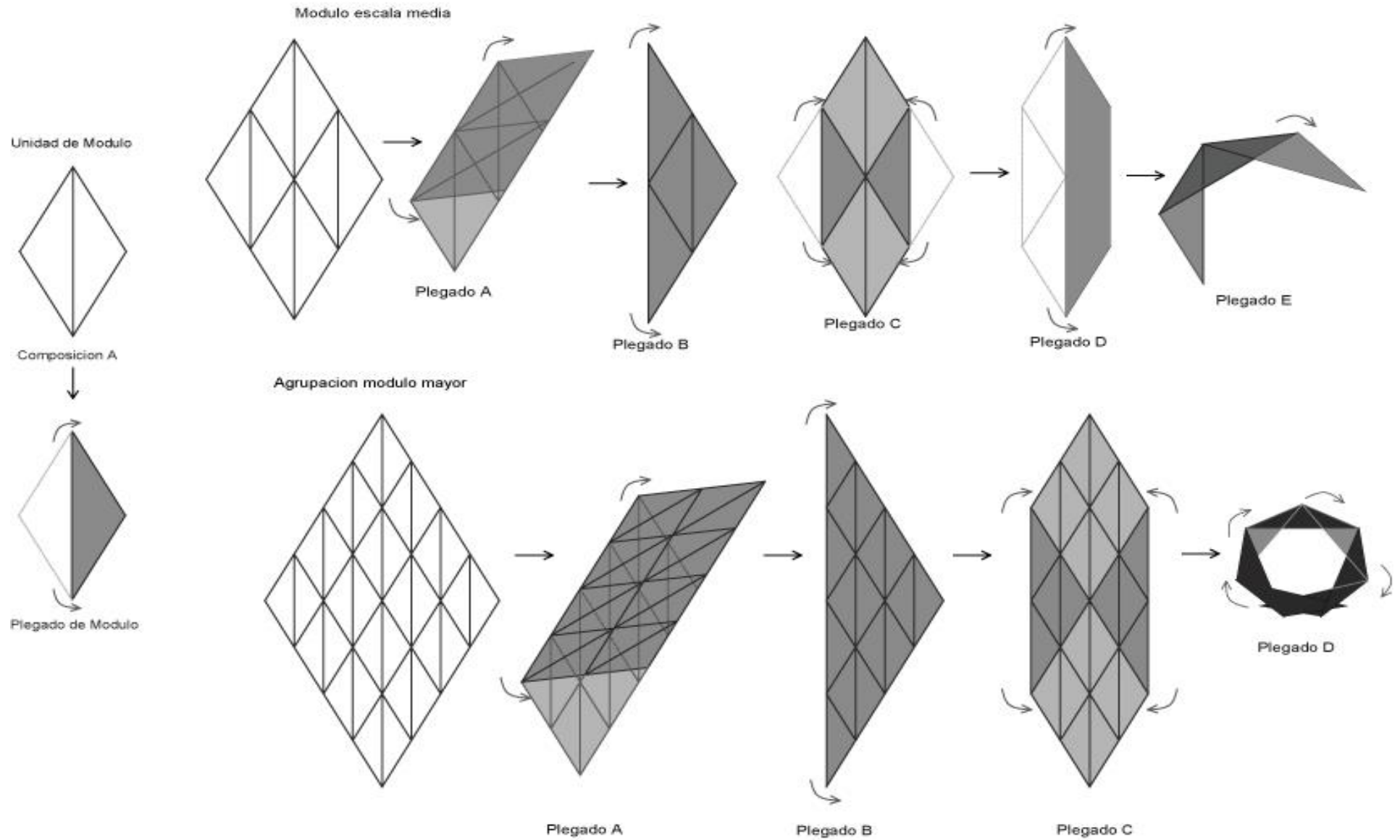


Imagen: C5 – 01 Formas de plegado de módulos

5.3. Propuesta constructiva

5.3.1. El material

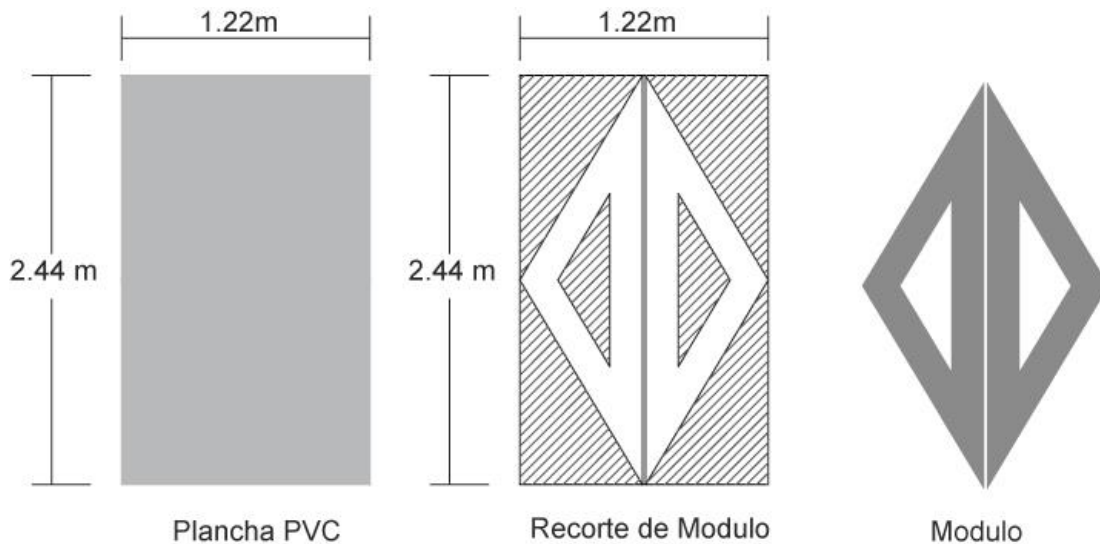


Imagen: C5 – 02 Modulaci3n con plancha PVC

Fuente: El autor

El material ha permitido desarrollar una arquitectura ef3mera, ligera y apta para satisfacer las necesidades de exposici3n planteados al inicio de la presente investigaci3n. El pl3stico ha presentado caracter3sticas completamente resistentes para exteriores, el espesor del material depende mucho del ambiente que se desea cubrir a mayor luz mayor espesor.

La estructura viene a ser la misma envolvente del pabell3n, proponemos realizarla de pl3stico PVC de 5mm con doble plancha en cada m3dulo y en su interior un reforzamiento en los v3rtices con lona semitranslucida la misma que proporciona claridad y a su vez sirve como canal para la circulaci3n de aguas lluvias. Es decir el material tipo s3ndwich permitir3 el soporte de cargas que ser3n transmitidas luego al suelo portante. Se eligi3 este material por su bajo costo y por sus atributos superiores a materiales tradicionales al igual que si variedad de colores.



Imagen: C5 – 03 Planchas PVC y lona semitranslucida Fab Lab UTPL

Tabla 8 Materiales utilizados para prototipo

Materiales	
Materiales plásticos	Planchas PVC
	Lona Semitranslucida
Materiales de sujeción	Remaches
	Bisagra
Herramientas menores	Remachadora
	Destornilladores
	Playo
	Cierra de mano
Maquinas CNC	Cortadora laser
	Plotter CNC
	Impresora 3d

5.3.2. Proceso de Corte

Siguiendo con el proceso una vez conseguidos los materiales se optó por utilizar la cortadora CNC que nos dará un corte exacto para luego continuar con el armado. El plástico PVC es un material ligero por lo que no exige mayor tiempo ni dificultad.

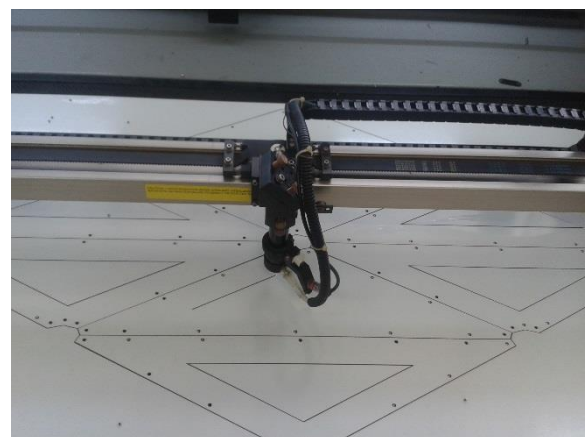


Imagen: C5 – 04 Corte de módulos

Una vez realizado el corte de los módulos precedemos al corte de la lona conjuntamente con los refuerzos para los vértices, estos refuerzos los cortamos en el plotter CNC logrando de esta manera mayor duración.

Los refuerzos en los vértices son fundamentales, pues por el uso suelen desgastarse, el refuerzo se lo considero del mismo material únicamente viene a resguardar los vértices que son donde se sufre mayor afectación. Este refuerzo presenta forma hexagonal protegiendo por completo todos los seis vértices.

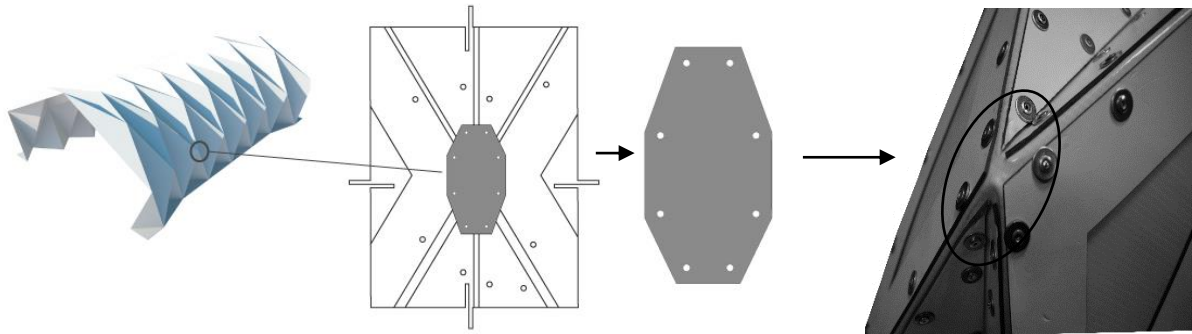


Imagen: C5 – 05 Refuerzo para vértices

5.3.3. El armado

En esta parte del armado para lograr rapidez y eficiencia se optó por colocar remaches reemplazando a los tornillos, obteniendo una completa seguridad. Para una mejor facilidad de plegado se realizaron dos procesos uno mediante bisagra y el segundo únicamente con lona semitranslucida resultando la mejor opción.

5.3.3.1. Pliegue de envoltente final (bisagra)

Este proceso se lo efectuó siguiendo el siguiente orden:

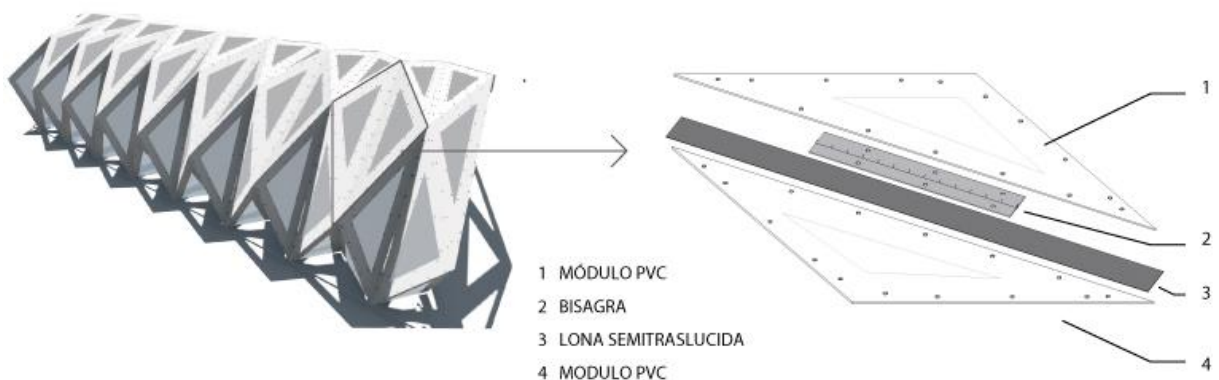


Imagen: C5 – 06 Unión de componentes “envoltente con bisagra”

Este proceso del remachado se lo utiliza mucho en la industria, aeronáutica, en la mecánica y actualmente en procesos constructivos por brindar seguridad y estabilidad al unir varios elementos. Por esta razón lo hemos utilizado para unir los elementos que conforman la envolvente.

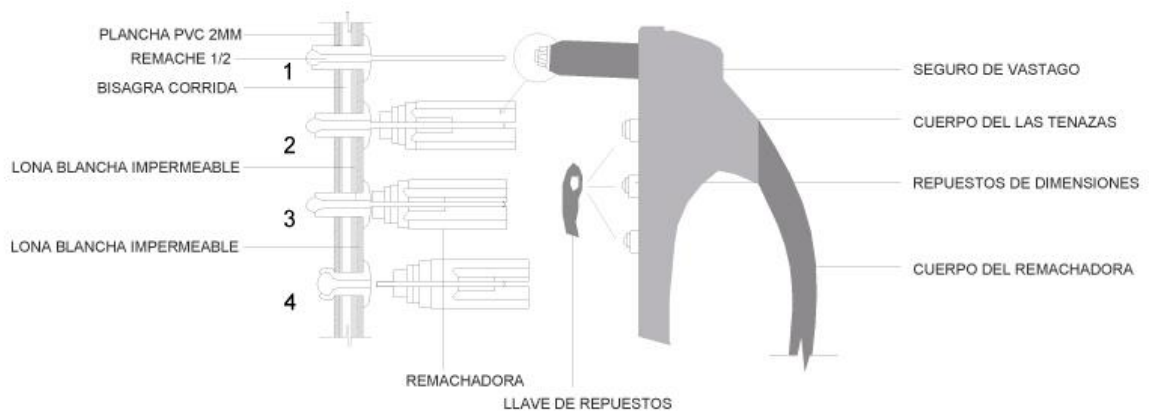


Imagen: C5 – 07 Detalle de remachado



Imagen: C5 – 08 Armado de envolvente con bisagras
Fuente: El autor

5.3.3.2. Pliegue de envolvente final (lona)

Posteriormente el segundo proceso manual y necesario, para cumplir con características de ligereza y fácil manipulación, es un proceso similar, la unión de cada uno de los elementos que lo conforman se lo asegura con remaches siendo este proceso seguro y rápido dentro del proyecto. Es decir deben encajar con precisión cada uno de los orificios, proceso que se lo realiza mediante la cortadora laser CNC para no tener problema alguno.

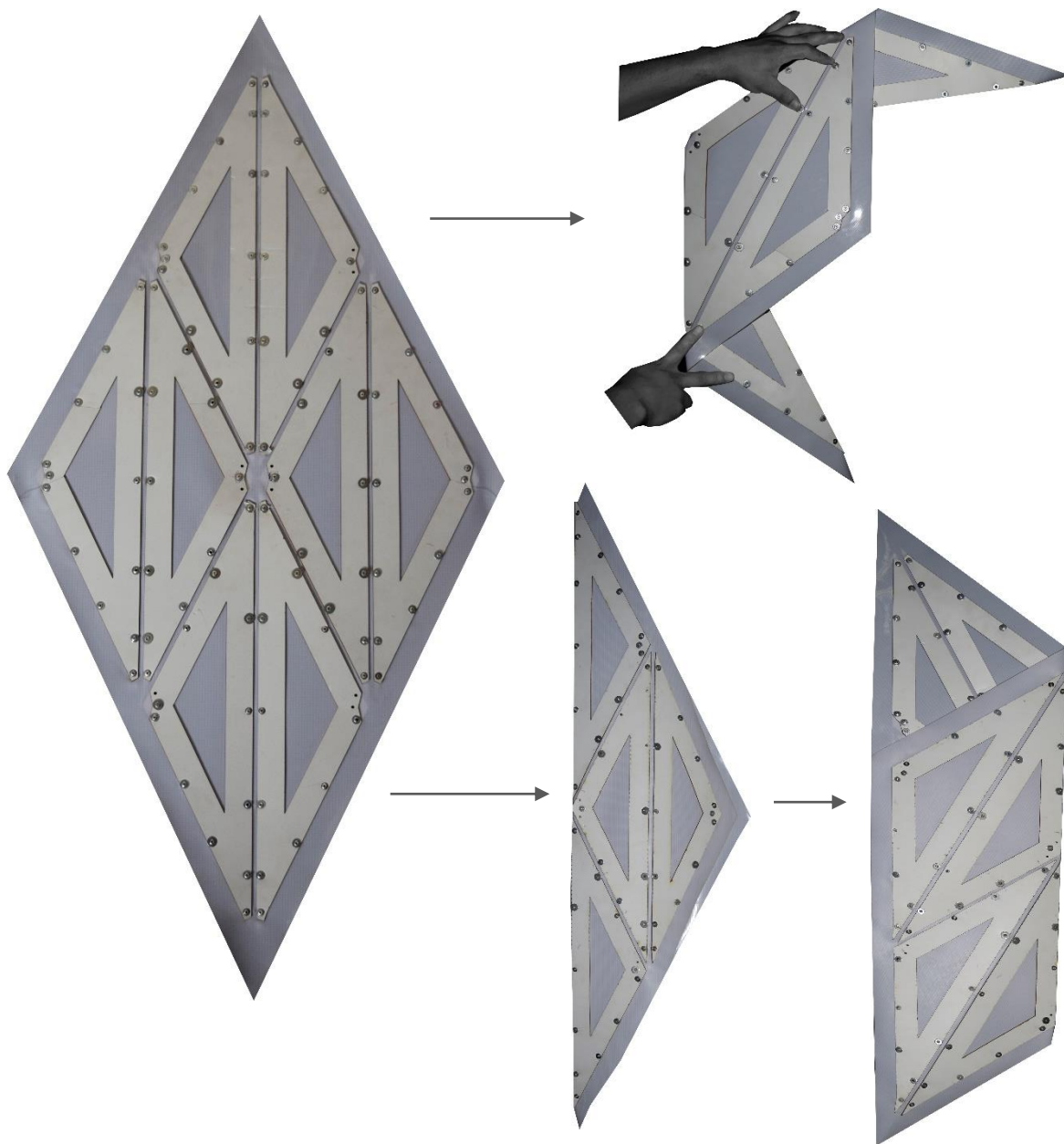
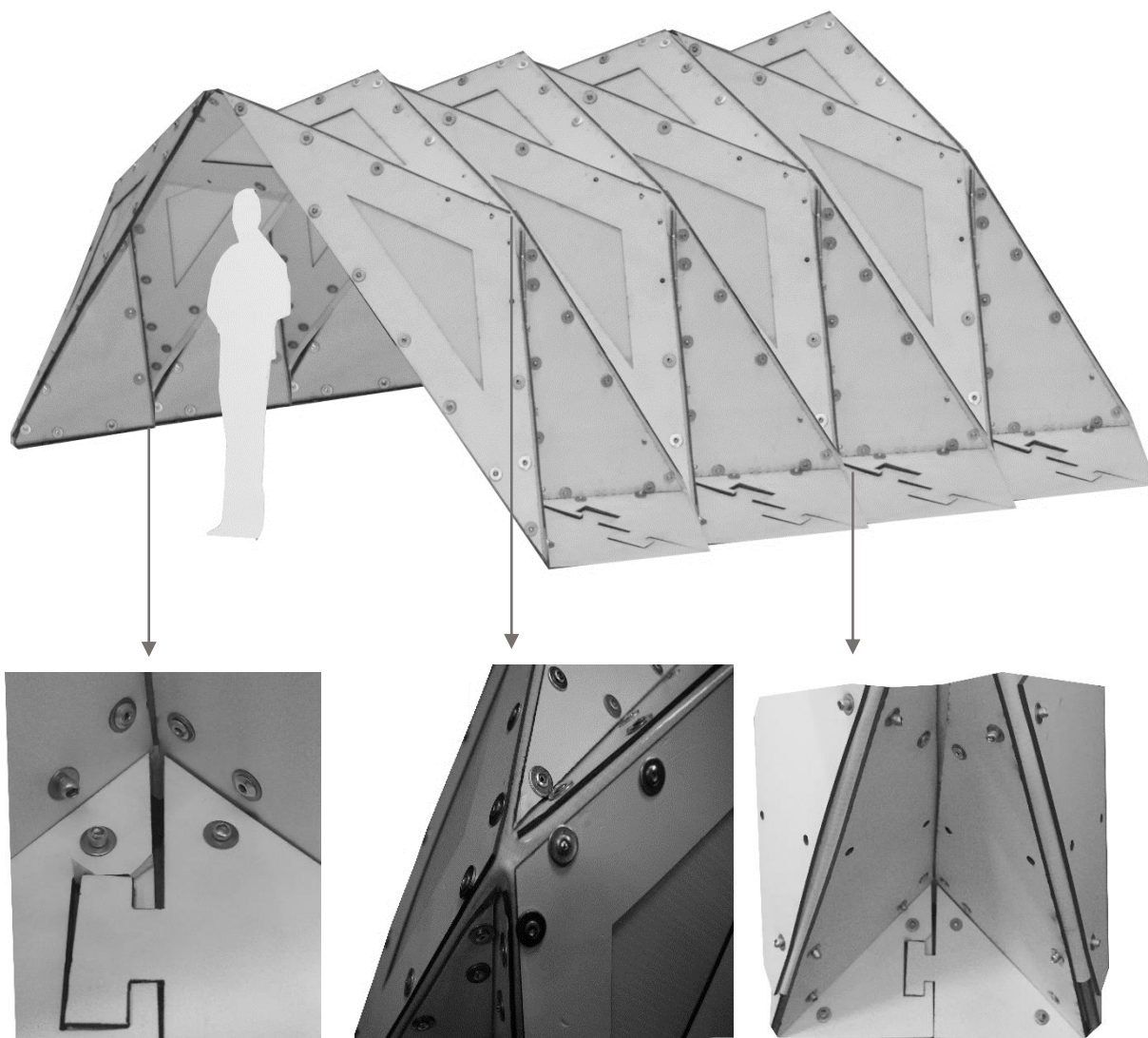
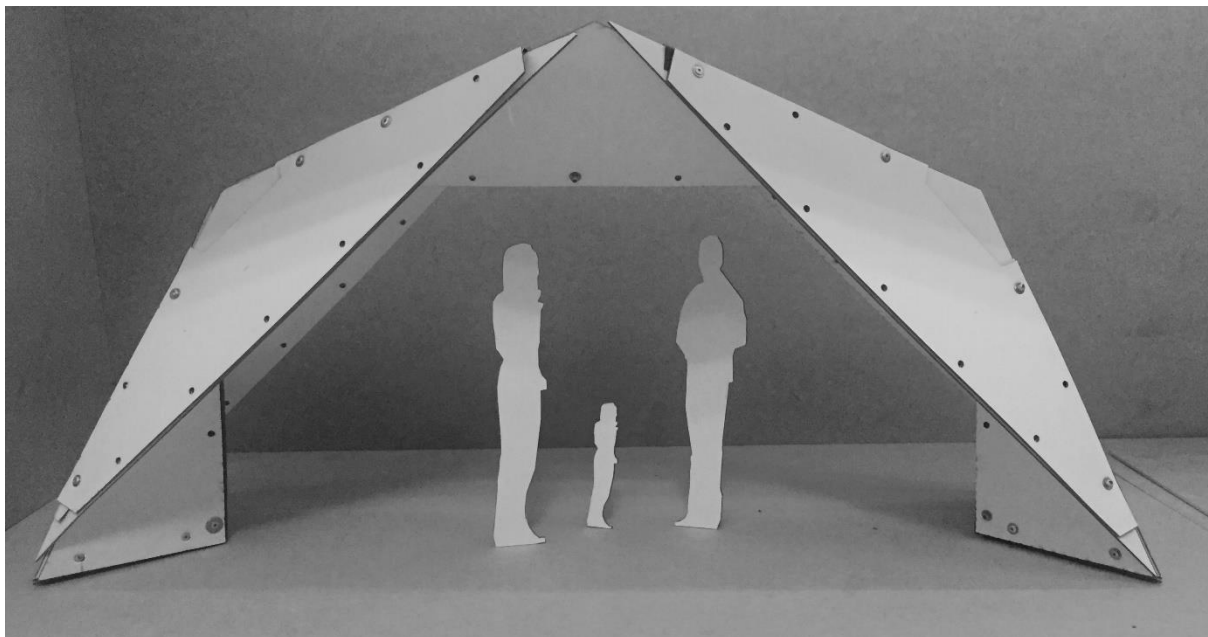


Imagen: C5 – 09 Envoltente mediante lona semitranslúcida y formas de plegado.

Esta envoltente planteada, desarrollada y construida a base de plástico PVC ha resultado liviana, ligera y fácil de manipular. Mediante sus distintas formas de plegar resulta además un ahorro de espacio al construir pabellones con fines de exposición.

5.4. Prototipo final pabellón



5.4.1. Presupuesto base para pabellón.

Tabla 9 Presupuesto referencial para pabellón

PRESUPUESTO BASE					
Tipos	Descripción	Características	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
Plásticos	planchas pvc 2.44 x 1.22	3mm espesor	28	11,07	309,96
	lona semitranslucida	longitud 2.00m	15	2,2	33
Materiales de sujeción	remaches	10mm	500	0,01	5
	placas metálicas	100 x 150mm	12	1,2	14,4
Herramientas menores	destornilladores	medianos	2	1,5	3
	playos	grandes	2	2,5	5
	cierra de mano	mediana	2	3,7	7,4
	caja de tornillos	mediana	1	15	15
	estilete industrial	pequeños	4	1,8	7,2
Maquinaria CNC	cortadora laser	alquiler(horas)	4	6	24
	plotter	alquiler(horas)	1	2	2
TOTAL					\$ 425,96

Fuente: El autor

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Frente a la hipótesis planteada: “La fabricación digital y el uso de materiales plásticos como el PVC permiten generar envolventes plegables ligeras e innovadoras”.

Durante el proceso de diseño utilizamos herramientas digitales como rhinoceros y grasshoper para generar los módulos de diseño que conforman la totalidad del pabellón, la versatilidad en la generación del sistema que confluye en el diseño permite que durante el proceso se puedan generar una multiplicidad de opciones a un solo problema planteado simplemente cambiando la forma inicial, una o varias variables al sistema creado.

Así mismo la utilización de herramientas digitales como: la cortadora laser CNC, la impresora 3d, plotter de vinilo permitió plasmar los prototipos en una escala mayor, logrando resolver los diferentes problemas que se puedan haber generado en la ejecución del prototipo digitalmente.

En comparación entre los prototipos desarrollados en la fase de experimentación podemos enunciar:

Prototipo	Material	Favorable	Desfavorable
Prototipo 1	Cartón	Ligereza Maleabilidad Bajo peso	Se destruye frente a las incidencias ante el tiempo. Desgaste y ruptura de vértices.
Prototipo 2	Mdf	Mayor estabilidad.	Falta de flexibilidad Peso excesivo Costos mayores Mayor tiempo de corte
Prototipo 3	Pvc	Ligereza, maleabilidad, durabilidad, flexibilidad,	Contaminante al momento de realizar cortes.

Por lo tanto las planchas de PVC o poli cloruro de vinilo presentan mejores características en relación al cartón y al mdf en: ligereza, maleabilidad, y sus aplicaciones en un espacio abierto.

Estos tres aspectos analizados en la ejecución del pabellón, hacen comprobar la hipótesis que la utilización de la fabricación digital conjuntamente con plásticos PVC permiten desarrollar pabellones con características de: flexibilidad, ligereza y sobre todo innovadoras.

CONCLUSIONES

- El uso de herramientas y software en la actualidad ha sido de gran ayuda, y una de las mejores alternativas al momento de diseñar. El software como rhinoceros 3d y si plugin grasshopper ha permitido que mediante algoritmos, conjuntamente con distintas herramientas del sistema, nos brinden la facilidad y solución al momento de plantearnos diseños complejos, que hoy en día son posibles realizarlos gracias a estas herramientas.
- La envolvente plegable genera una estructura estable, cuya resistencia depende mucho del espesor del plástico y el tipo de unión que se utiliza, en este caso empleamos remaches dando mucha mayor estabilidad en la sujeción de los elementos que lo conforman, además es un método simple, confiable y de bajo costo.
- Las formas que se pueden lograr mediante la fabricación digital son infinitas, todo depende de las configuraciones, control y manejo de parámetros, estos nos darán como resultado módulos, que podemos verlos desarrollados a través de prototipos. Por esta razón el prototipo desarrollado presenta una forma progresiva, que puede ir desarrollándose o alargándose de acuerdo al uso que se requiera.
- La envolvente desarrollada y aplicada en un pabellón para espacios públicos ha resultado una estructura liviana ligera y fácil de transportar, soporta protección para personas que expongan sus productos, evitando perjuicios que pueden ocasionar los agentes externos como sol, lluvias y vientos.
- El material plástico PVC trabajado resultó apto por sus características de impermeabilidad, durabilidad, estética y facilidad de manipulación. Esto permitió el desarrollo del pabellón efímero para lugares públicos con fines de exposición.

RECOMENDACIONES

- Es necesario adquirir conocimientos previos acerca del manejo de software y uso de herramientas menores (cierra de mano, playos, remachadora, destornilladores) para la construcción y ensayos de materiales, con esto se evitara el mal uso de los laboratorios, tiempo y recursos y así brindar resultados óptimos.
- Debemos implementar la fabricación digital dentro de la arquitectura para realizar diseños que presentan formas complejas, dando solución a muchos problemas que se pueden presentar al momento de diseñar.
- Es conveniente usar distintas herramientas digitales desde el inicio de la carrera con el fin de lograr que cada vez exista mejor y mayor manejo de programas, al igual que ensayos con materiales nuevos y efectivos que den confort, calidad y formalidad al momento de plantear un proyecto arquitectónico.
- Debe realizarse un estudio minucioso del material, sus componentes, características y usos para luego hacer pruebas de corte y grabado para no dañar el material y garantizar calidad en el proceso.
- Así mismo el trabajo conjunto entre estudiantes, docentes e investigadores que permitan intercambiar conocimientos y buscar las mejores soluciones encaminadas en el bienestar y adelanto de la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Acuña Vigil, P. (21 de 07 de 2012). *Hatun LLaqta*. Obtenido de El analisis formal del espacio urbano:
<http://www.urbanoperu.com/perullaqta/El-Analisis-Formal-del-Espacio-Urbano>

Allen, L. (2013). *essentials*. London: International Library.

De la sota, A. (2014). *Tectonica 1*. Barsezona: A.T.C. Ediciones.

Rodriguez, N. (3 de 12 de 2007). Tecnología y Construcción. Obtenido de La construcción ligera.
Inventiones en la arquitectura primogénita:
http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012007000300002&lng=es

Rodriguez , N. (25 de 12 de 2005). *Tesis Doctorales en Red*. Obtenido de Diseño de estructura Transformable por deformacion de una malla plana en su aplicacion a un refugio de rapido montaje.: <http://www.tdx.cat>

LIBROS

Basant, J. (1998). *Manual de Diseño Urbano*. Mexico: Trillas.

Besednjak Dietrich, A. (2005). *Materiales compuestos*. Barcelona: Quality Impres, S.L.

Borja, J. (12 de 05 de 2000). *Repositorio Online*. Obtenido de El Espacio Publico Ciudad y Ciudadania:
http://www.esdi-online.com/repositori/public/dossiers/DIDAC_wdw7ydy1.pdf

Callister, W. (1998). *Ciencia e Ingenieria de loa Materiales*. España: Reverte.

Camacho Cardona, M. (1998). *Diccionario de Arquitectura y Urbanismo*. Mexico: Trillas.

Lopes Villa, M. (2003). *Arquitectura e Historia*. Caracas: Miguel Angel Garcia e Hijo s.r.l.

PAGINAS WEB

Cruz , D. (13 de 01 de 2015). *Plataforma Arquitectura*. Obtenido de Estudiantes mexicanos fabrican pabellón paramétrico: DIGFABMTY 1.0: <http://www.archdaily.mx/mx/760111/digfabmty>

Fabricame.com. (27 de 07 de 2014). *Corte Laser*. Obtenido de Fabricame.com:
<http://fabricame.com/corte-laser/>

Garcia Santos, A. (1998). *Materiales de Construcción*. Recuperado el 24 de marzo de 2015, de informes de la Construcción:
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1550/2401>

Morfin, M. (11 de 09 de 2015). *Plataforma Arquitectura*. Obtenido de Pabellón Paramétrico DIGFABMTY2.0, proyecto experimental de estudiantes mexicanos: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773482/pabellon-parametrico-digfabmty-proyecto-experimental-de-estudiantes-mexicanos>

Plasticgbages. (4 de 04 de 2011). *caracteristicas tecnicas del pvc*. Obtenido de Fabricacion y comercializacion de plasticos: <https://martinmazzei.files.wordpress.com/2011/05/tipos-de-plc3a1sticos.pdf>

Rasmus, N. (18 de 03 de 2014). *Bellostes Judit*. Recuperado el 14 de 09 de 2015, de pliegues de cartón – chameleon cabin, paper pavilion: <http://blog.bellostes.com/?tag=pabellones-temporales>

Rodriguez , N. (25 de 12 de 2005). *Tesis Doctorales en Red*. Obtenido de Diseño de estructura Transformable por deformacion de una malla plana en su aplicacion a un refugio de rapido montaje.: <http://www.tdx.cat>

TESIS

Calva Celi, C. (2015). *Fabricacion Digital de superficies: Aplicaciones parametricas en la creacion de envolventes metalicas en la arquitectura contemporanea. Aplicacion: Canchas de Baloncesto de la UTPL*. Loja.

Cartuche, J., & Jorge, C. (25 de 05 de 2015). *UTPL*. Obtenido de dspaceutpl: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/12646>

Collahuazo Padines, Y. (2008). *Espacio y Conducta*. Loja: UTPL.

Pullaguari , K. (2004). *Espacio Publico: Propuesta para el mejoramiento de la imagen urbana de la ciudadela Heroes del Cenepa*. Loja: UTPL.

Turmero, P. (22 de 05 de 2014). *Monografias .com*. Obtenido de Definicion de los plasticos: <http://www.monografias.com/trabajos104/materiales-plasticos-moleculas/materiales-plasticos-moleculas.shtml>

Valdivieso, M. (2014). *Parametrismo Digital: proceso de diseño y construccion arquitectonica. Aplicacion: estudiantes de diseño de la Titulacion de arquitectura de la UTPL*. Loja.

