

# NATTICE

de la naturaleza al diseño



Tesis que para obtener el grado de  
Maestra en Diseño Avanzado

PRESENTA:

Arq. Nayeli Martínez García

ASESOR:

Dr. Erika Elizabeth Pérez Múzquiz

SINODALES:

Dr. Axel Becerra Santacruz

Dr. Habid Becerra Santacruz

Dr. Salvador García Espinosa

Mtro. Oscar Israel Valle Díaz

Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo

Facultad De Arquitectura

División De Estudios De Posgrado

Maestría En Diseño Avanzado

Morelia, Michoacán. Diciembre 2020

*A ti, mi amigo, mi compañero de vida, un paso más juntos...*

# NATTICE

de la naturaleza al diseño

# NATTICE

de la naturaleza al diseño

Tesis que para obtener el grado de  
Maestra en Diseño Avanzado

PRESENTA:  
Arq. Nayeli Martínez García

ASESOR:  
Dr. Erika Elizabeth Pérez Múzquiz

SINODALES:  
Dr. Axel Becerra Santacruz  
Dr. Habid Becerra Santacruz  
Dr. Salvador García Espinosa  
Mtro. Oscar Israel Valle Díaz

Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo  
Facultad De Arquitectura  
División De Estudios De Posgrado  
Maestría En Diseño Avanzado  
Morelia, Michoacán. Diciembre 2020





“

**What are you my  
colleague architects and  
engineers doing?  
How do you use your  
super power given to  
you by the universe?  
Wake up, there's a new  
world to be created  
within our world**

”

FREDERICK J. KIERSLER, 2001

# RESUMEN

A lo largo de la historia el hombre siempre ha intentado mejorar su estancia de vida en este mundo, muy a menudo sirviéndose del diseño como medio para alcanzar dicho objetivo, por ello, muchos arquitectos nos esforzamos en investigar y experimentar formas, materiales o estructuras nuevas.

En este proyecto, se realizó una serie de exploraciones y experimentos a partir de procesos basados en la biomimética como principal elemento de inspiración de la naturaleza. Se llevó a cabo con éxito la aplicación de la geometrización como herramienta para las diversas propuestas, logrando cubrir las características requeridas para su aplicación y experimentación.

La utilización del diseño paramétrico, ha conseguido establecerse como una experiencia innovadora y enriquecedora del proyecto arquitectónico. Y en conjunto con la arquitectura viva y la experimentación puede abrirnos una gran cantidad de puertas hacia novedosas técnicas biológicas, digitales y/o sostenibles.

**Palabras clave:**

*Biomiméisis, diseño paramétrico, arquitectura viva, procesos, celosías naturales.*

# ABSTRACT

Throughout history, man has always tried to improve his life span in this world, very often using design as a means to achieve this goal, for this reason, many architects make an effort to investigate and experiment with new forms, materials or structures.

In this project, a series of explorations and experiments were carried out using processes based on biomimetics as the main element of inspiration from nature. The application of geometrization as a tool for the various proposals was successfully carried out, managing to cover the characteristics required for its application and experimentation.

The use of parametric design has managed to establish itself as an innovative and enriching experience of the architectural project. And in conjunction with living architecture and experimentation, it can open a large number of doors to new biological, digital and / or sustainable techniques.

**Keywords:**

*Biomimicry, parametric design, living architecture, processes, natural lattices.*

# ÍNDICE

<b>0. ROOTS   RAÍCES</b>	14
Introducción	16
Planteamiento del Problema	18
Justificación	20
Objetivos	22
Metodología	24
Estado del arte	30
Postura teórica	42
<b>1. STEM   TALLO</b>	52
Análisis Vegetal	54
Selección Vegetal	66
<b>2. LEAFS   HOJAS</b>	72
Biomiméisis	74
Diseño Paramétrico	88
Arquitectura Viva	94
<b>3. SEEDS   SEMILLAS</b>	100
Prototipo Experimental 1.0	104
Prototipo Experimental 2.0	106
Prototipo Experimental 2.1	108
Análisis de Resultados Prototipos	134
<b>4. FLOWER   FLOR</b>	136
Prototipo Final	138
Prototipado A Escala	144
<b>5. FRUIT   FRUTO</b>	148
Armado Producto Final	150
Análisis De Crecimiento	166
<b>6. HARVEST   COSECHA</b>	196
Análisis De Resultados General	198
Propuesta de Otros Usos	206
Presupuesto	208
Conclusiones	210
Bibliografía	216
Índice de Imágenes	220



F1.

# ROOTS



# INTRODUCCIÓN

La naturaleza, en su significado más general es, el conjunto de todos los organismos vivientes que conforman el universo físico que se ha dado de manera natural. Sin embargo, cuando se habla de la naturaleza, se afirma que es el principio regulador y ordenador de todas las cosas, ésta función que siempre la ha realizado al margen de la intervención humana.<sup>1</sup>

La vida en la Tierra tiene una presencia de más de 3,800 millones de años,<sup>2</sup> en los cuales ésta ha encontrado diversos caminos para sobrevivir y permanecer a pesar de los cambios en las condiciones de nuestro planeta. Estos cambios han generado infinidad de mecanismos, procesos (biológicos, evolutivos y ecológicos), materiales, patrones, conductas, etcétera, que aún seguimos descubriendo, interpretando y difundiendo. El estudio de las ciencias sobre la vida nos ha ofrecido un conocimiento y una oportunidad para entender el sistema de los seres vivos, además de la posibilidad de inspirarnos en la naturaleza y desarrollar nuevas tecnologías basadas en la aplicación cotidiana del uso y sabiduría que entraña el conocimiento de nuestro sistema natural.

1. Dr. J. Raisman & Ing. A. M. González. (2013). *Niveles de Organización*. Universidad Nacional del Nordeste. Recuperado de: <http://www.biologia.edu.ar/biodiversidad/niveles.htm>

2. H. Beraldi. (2010). *Estromatolitos*. Instituto de Geología, UNAM. Recuperado de: <http://www.geologia.unam.mx/contenido/estromatolitos>

La intervención del ser humano en la naturaleza ha generado grandes problemas, afectando gravemente la vida de los demás seres y a consecuencia, la nuestra también. La población mundial se ha multiplicado sin control en los últimos años,<sup>3</sup> por lo que para los preocupados por el tema, el reto hoy en día se basa en los principios del modelo sustentable haciendo que la sociedad comience a demandar espacios respetuosos con el entorno natural. El propósito de este trabajo es la investigación sobre posibles respuestas a la sustentabilidad en la arquitectura actual a través del diseño paramétrico y biomiméisis. Se trata de inspirarnos en las técnicas y procesos que se realizan determinados organismos y seres vivos, para aplicar en la arquitectura aquello que funciona en los sistemas naturales. La herramienta que nos llevará a la creación de estos modelos es el diseño paramétrico, el cual nos permitirá imitar de manera digital estos procesos. En el presente trabajo se diseñarán y crearán prototipos de posibles celosías naturales, de manera que puedan ser utilizadas en el entorno arquitectónico.

Es por ello que el proyecto lleva el nombre NATTICE, que es la combinación de palabras Natural Lattice, que se traduce como celosía natural.

3. D. Aladete. (2011). *La población mundial alcanza los 7.000 millones de habitantes*. El País. Recuperado de: [https://elpais.com/elpais/2011/10/31/actualidad/1320046668\\_850215.html](https://elpais.com/elpais/2011/10/31/actualidad/1320046668_850215.html)

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente existen en el mercado una gran variedad de celosías de todo tipo y materiales, tales como concreto, aluminio, madera, PVC, etc. Sin embargo, algunas de ellas requieren para su creación de procesos complejos que contaminan y generan más desechos, (de acuerdo con estimaciones de la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013, en la capital mexicana se generan diariamente 7,000 toneladas de residuos de la construcción)<sup>4</sup>, por otro lado, sus diseños se limitan a la estética y visibilidad en los espacios, sin embargo, no hay en el mercado alguna que sea natural y se adapte como tal a su entorno.

El problema a resolver nos lleva a la unión de tecnología+naturaleza. Por lo que con esta propuesta se pretende crear celosía natural basada en biomímesis y diseño paramétrico, que a largo plazo pueda sustituir a dichas celosías industrializadas, por lo que se pretende crear una primera etapa en el diseño de este tipo de productos, promoviendo así diseños eficientes, sostenibles y sofisticados.

4. C. Martínez, (2017), *¿A dónde van los residuos de la construcción y la demolición?*. UNAM. Recuperado de: <http://ciencia.unam.mx/leer/666/-a-donde-van-los-residuos-de-la-construccion-y-la-demolicion->



# JUSTIFICACIÓN

Actualmente, en nuestro planeta estamos en una situación alarmante con la contaminación y las emisiones de CO<sup>2</sup> son uno de los problemas principales puesto que podrían desencadenar un desajuste en el ciclo del carbono y consecuencias devastadoras. El factor humano ha elevado la concentración de CO<sup>2</sup> en la atmósfera en los últimos siglos de forma acelerada y este aumento es el principal agente causal del cambio climático. Por primera vez desde que los humanos pisaron la Tierra, de las 278 ppm (partes por millón) de dióxido de carbono que hay en el aire, se ha pasado a 400ppm. El ciclo del carbono es una especie de círculo virtuoso en el que sus diferentes agentes, la atmósfera, los océanos, la biosfera (seres vivos) o la litosfera emiten y retiran carbono. Ese intercambio ha permanecido más o menos inmutable durante milenios.<sup>5</sup>

Sin embargo, a partir de la Revolución Industrial alimentada por los combustibles fósiles, se alteró la ecuación: un nuevo agente emitía una cantidad extra de carbono, en especial en forma de CO<sup>2</sup>, y reducía la capacidad de otros de capturarlo al alterar el medio.<sup>6</sup>

5. M. Yepes-Mayorga. (2012). *Cambio Climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra*. SciELO. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-37092012000100009&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092012000100009&lang=es)

6. G. L. Foster, D. L. Royer & D. J. Lunt. (2017). *Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years*. Nature Communications Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/ncomms14845>

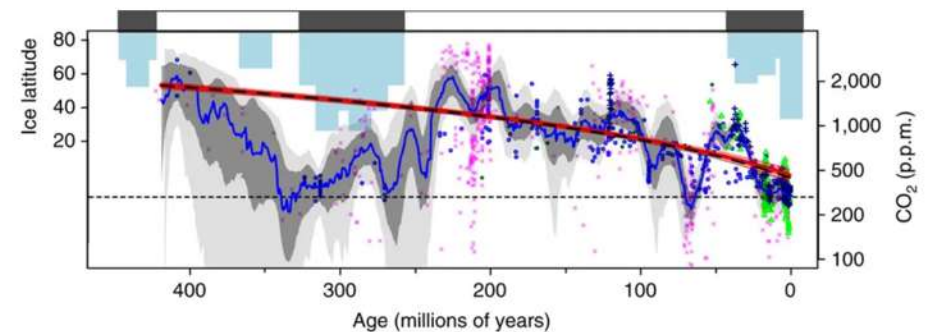
También tenemos que tomar en cuenta que la construcción es uno de los sectores que más contaminan, produce enormes efectos negativos en el medioambiente ya sea directa o indirectamente, ya que es el responsable de consumir el 50% de los recursos naturales, el 40% de la energía y del 50% del total de los residuos generados,<sup>7</sup> tenemos la obligación como arquitectos de buscar y fomentar nuevas formas de aplicar la arquitectura, también la responsabilidad social de diseñar edificaciones con mejoras no solo para los habitantes, sino para el cuidado de nuestro planeta.

7. A. Enshassi, B. Kochendoerfer, E. Rizq. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. SciELO Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732014000300002](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732014000300002)

F5. Temporal Evolution of Climate and Atmospheric CO<sub>2</sub>. Foster, G. L., Royer, D. L., Lunt, D. J. (2017). 10 Marzo, 2020. Nature Communications Sitio web: <https://www.nature.com/articles/ncomms14845>

## Temporal evolution of climate and atmospheric CO<sub>2</sub>.

From: *Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years*



# OBJETIVOS

## OBJETIVO PRINCIPAL

Estudiar y analizar a la naturaleza como fuente de inspiración en el diseño, generando una celosía natural que promueva la unión de:

**diseño + tecnología + naturaleza,**

como resultado de la búsqueda de una arquitectura sostenible.



## OBJETIVOS PARTICULARES

Interpretar a la naturaleza como metodología del diseño.

Explorar y experimentar procesos de diseño de paramétrico basado en la biomimética.

Observar y seleccionar plantas guía que puedan utilizarse en la aplicación de celosías naturales.

Diseñar de anclajes y soportes para la estructura biomimética de las celosías naturales.

# METODOLOGÍA

Esta investigación es de carácter mixto, debido a que comprende un ámbito descriptivo, de diseño y otro experimental, donde se buscan las características físicas y adaptativas de ciertas plantas para poder desarrollar diseños y prototipos, con los cuales se experimentarán y observarán para poder definir cuáles y qué diseños son los más positivos de replicar para implementar su uso en la arquitectura.

En términos generales se hará un análisis comparativo entre los resultados obtenidos, concluyendo en el diseño de módulos particulares para su uso estético y funcional. Pero para esto, tomaré como punto de partida a Jordi Llovet, llamada Método Textual/Contextual, que se fundamenta en la Teoría de los Objetos, donde dice que en esta metodología se consideran tanto el texto como el contexto del diseño. Destaca la posibilidad de no reducir las capacidades del diseñador a un método especial y se considera que un diseño posee dos tipos de elementos:

## **Textuales:**

Aquellos imprescindibles, necesarios y suficientes para que un objeto tenga entidad como tal.

## **Contextuales:**

Que derivan del conjunto de hechos, datos y situaciones que rodean al objeto.<sup>8</sup>

## **Textual: CELOSÍA**

Elemento arquitectónico decorativo que impide ser visto pero permite ver y deja penetrar la luz y el aire. Su aspecto habitual es el de un enrejado de finos listones de madera, pero puede ser de otros materiales como piedra, madera sintética, plástico o metal. También se consideran como celosías los dibujos en piedra u otros materiales de obra que cierran parcialmente una ventana o hueco similar.

## **Contextuales: VARIABLES A CONSIDERAR**

- Adaptabilidad
- Crecimiento
- Floración
- Tiempo de vida

8. J. Llovet, (1979), *Ideología y metodología del diseño, una introducción crítica a la teoría proyectual*. Barcelona. Ediciones Gustavo Gili. Recuperado de: <https://dle.rae.es/celos%C3%ADa>

La experimentación de este proyecto se divide en dos fases: la de diseño y la de la función, por lo que habrá dos tipos de experimentación y análisis.

En la primera fase de diseño se analizarán y experimentarán con las formas para la creación del prototipo y sus módulos, teniendo como principal objetivo el diseño del nodo de anclaje, del cuál se estudiará y experimentará con su morfología para encontrar la mejor forma de reproducción en impresión 3d, se analizarán tiempos de impresión, materiales, estabilidad y rigidez por medio digital de un software.

Por otro lado, en la fase de la función, con el objetivo de presentar y analizar los resultados obtenidos en la experimentación general de este proyecto, donde ya armado en su totalidad con las piezas definidas de la anterior experimentación de la fase de diseño.

Se aplicará el método de tipo inductivo-deductivo al pretender mediante la observación y representación mediante una tabla gráfica se tomarán en consideración las variables de adaptabilidad, crecimiento, cobertura, floración y tiempo de vida, donde cada una de ellas se calificará dependiendo su desempeño con los calificativos excelente, bueno, regular, malo y pésimo. Teniendo en dicho análisis, cada uno de los tallos de planta, como indicadores generales del estado de experimento de la planta guía con la estructura.

Al final se hará una comparativa de dichos resultados y mediante su valoración, se concluirá y definirá el estado de la experimentación de dicho proyecto, exponiendo de manera detallada los pros y contras, así como su viabilidad en el entorno arquitectónico.

# DIAGRAMA METODOLÓGICO

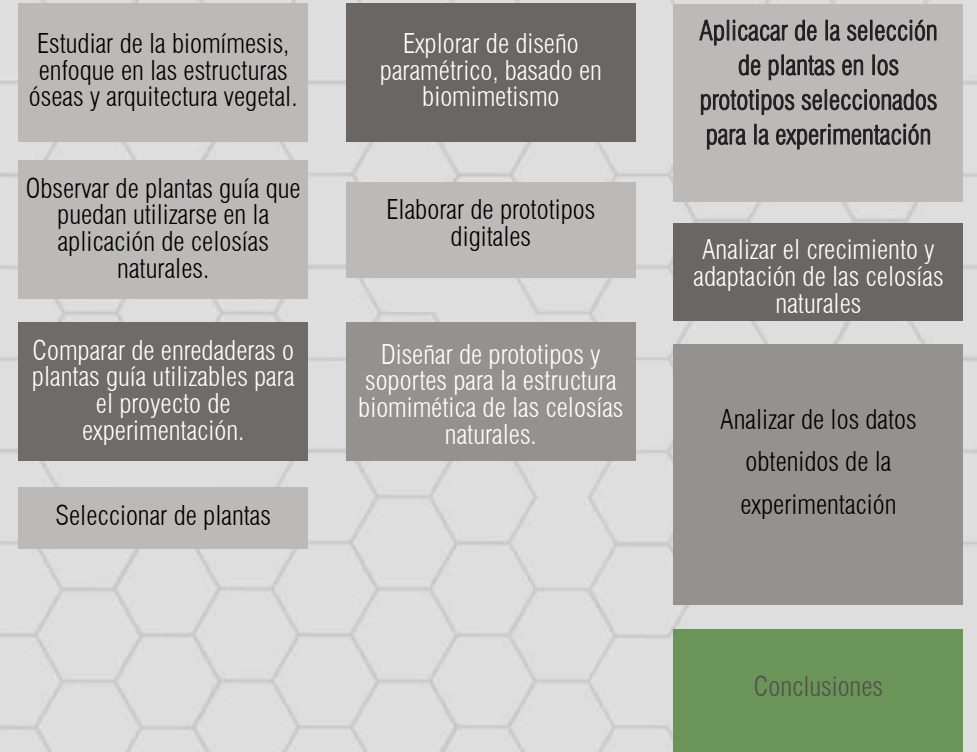


F7. Izquierda, Diagrama Metodológico, N. Martínez, (2020)  
 F8. Derecha, Programa de Proyecto, N. Martínez, (2020).

# PROGRAMA DEL PROYECTO

## NATTICE de la naturaleza al diseño

Estudiar y analizar a la naturaleza como fuente de inspiración en el diseño, generando una celosía natural que promueva la unión de: **diseño + tecnología + naturaleza**, como resultado de la búsqueda de una arquitectura sostenible.



# ESTADO DEL ARTE

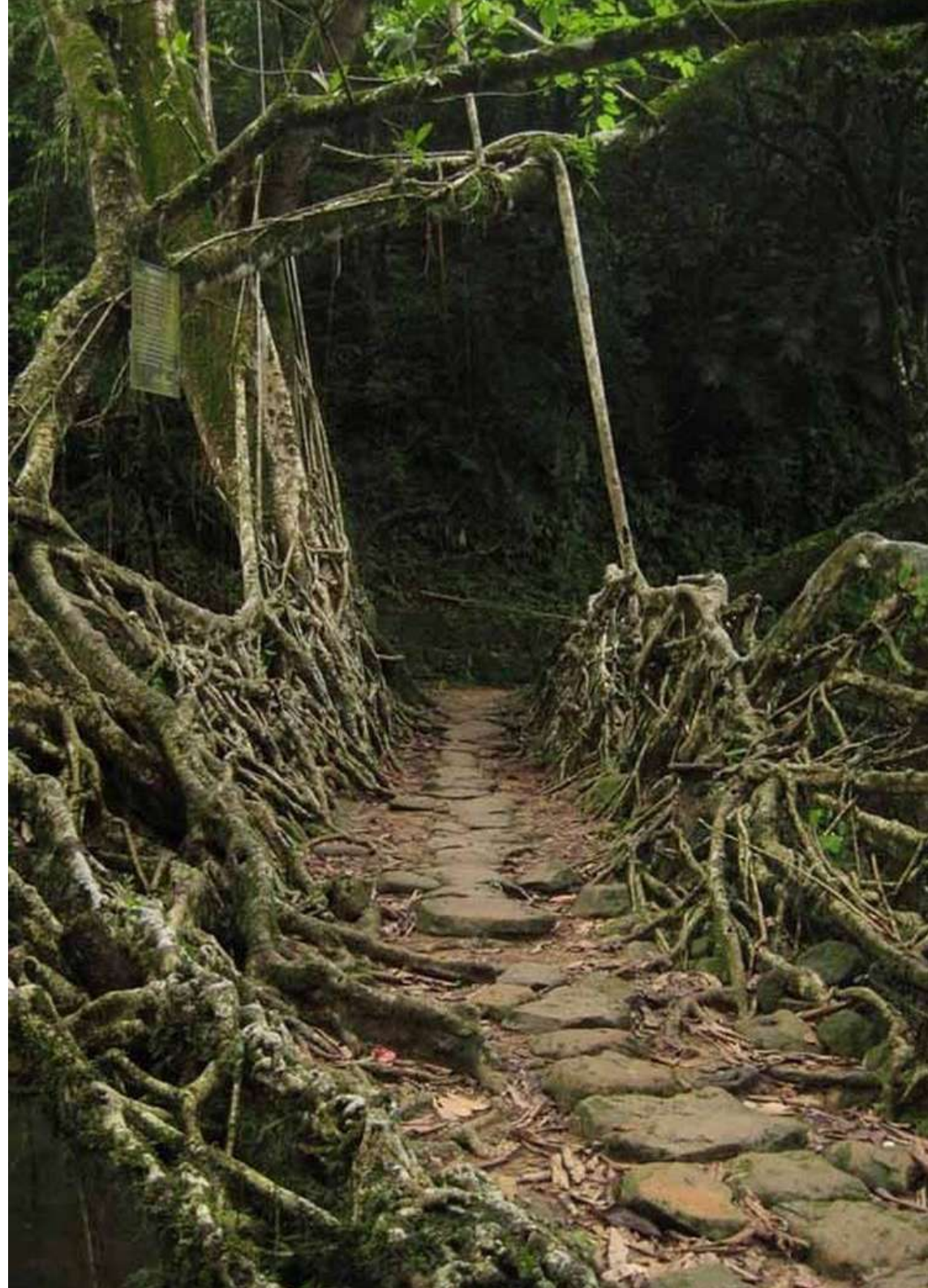
## PUENTES DE MEGHALAYA

La arquitectura vegetal se ha practicado durante cientos de años, como demuestran los puentes vivos de Cherrapunjee en Meghalaya, India. Son una serie de puentes suspendido hechos con las raíces secundarias de numerosos arboles de la especie *Ficus Elástica*, fueron construidos por los War-Khasis, una tribu de Meghalaya que se dio cuenta que estos árboles producían una serie de raíces secundarias que se extendían a lo largo de las riberas de los ríos.

Estos puentes son extremadamente fuertes y como están vivos, siguen creciendo y fortaleciéndose con el tiempo. Algunos de los más antiguos pueden tener más de 500 y son capaces de soportar el peso de 50 personas o más a la vez.<sup>9</sup>

9. K. Hunn, (2019), *India's Meghalaya Living Root Bridges*, CNN.

F9. Double Living Root Bridge, Padu Village Meghalaya. Octubre 2015  
Autor: AnserImrogers



## JAMIE NORTH

El trabajo de Jamie North opera en la intersección de lo natural y lo hecho por el hombre. En sus esculturas de hormigón fundido, las diferentes especies de plantas se emplean para buscar líneas de crecimiento natural y explorar el paisaje de la obra. Con el tiempo, las plantas seleccionadas se enredan con el concreto inorgánico, creando una forma escultórica en constante evolución y vida.

El uso de materiales industriales desdibuja aún más la disyunción entre lo natural y lo antropogénico. Los bordes irregulares de las formas poéticamente erosionadas del North exponen una variedad de agregados como cenizas de carbón y escorias de acero, que, a pesar de tener la apariencia de roca volcánica, son subproductos de la industria. Esta reutilización redentora de los desechos generados por la actividad humana se encuentra junto con el proceso regenerativo más definitivo: la sucesión de la naturaleza.<sup>10</sup>

10. J. North, (2020). *Jamie North Studio*. Jamie North. Recuperado de: [www.jamienorth.com](http://www.jamienorth.com)

F10. *The Future is Already Here - It's Just Not Evenly Distributed*. 2016, Sarah Cottier Gallery



## ICD/ITKE

Arquitectos, ingenieros Y biólogos de la Universidad de Stuttgart y la Universidad de Tubinga aplicaron un proceso combinado de diseño computacional y construcción robotizada que se ha materializado en este pabellón temporal ICD/ITKE en *Stuttgart*. La estructura efímera tiene su razón de ser en los principios de biomímesis, y su punto de partida fue una investigación sobre la estructura de los exoesqueletos de los artrópodos, concretamente el de la langosta.

En total, el pabellón muestra cómo la síntesis computacional de principios estructurales biológicos y los complejos reciprocidades entre el material, la forma y la fabricación robótica puede conducir a la generación de métodos innovadores de construcción compuestos de fibra. Al mismo tiempo, el enfoque de investigación multidisciplinario no sólo da lugar a construcciones ligeras eficientes performativas y materiales, sino que también explora nuevas cualidades espaciales y amplía las posibilidades tectónicas de la arquitectura.<sup>11</sup>

11. Metalocus. (2016). *Pabellón De Fibra De Carbono Según El Caparazón Del Escarabajo*. Metalocus. Recuperado de: <https://www.metalocus.es/es/noticias/pabellon-de-fibra-de-carbono-segun-el-caparazon-del-escarabajo>

F11. ICD/ITKE, ICD/ITKE University of Stuttgart, 2014



## PABELLON DE FILAMENTOS, STUTTGART

Este Pabellón está compuesto de 40 componentes idénticos de hexágonos que fueron fabricados robóticamente a partir de una combinación de fibra de vidrio transparente y de fibra de carbono negra. El Pabellón fue diseñado y producido por el arquitecto e investigador Achim Menges, en colaboración con el ingeniero en estructuras Jan Knippers, el arquitecto Moritz Dörstelmann y el ingeniero en clima Thomas Auer. El equipo de la Universidad de Stuttgart investiga actualmente la biomimética en el diseño y erigió el Pabellón en el patio del Victoria & Albert Museum como parte de una temporada de eventos de ingeniería.

El diseño se basa en la estructura fibrosa de las alas delanteras de un escarabajo denominados élitros. La escala de cada elementos es determinado no por los límites del material, sino por las estrechas puertas del edificio del V&A Museum.<sup>12</sup>

12. Revista Código. (2016). *El Pabellón de Filamentos de Élitro en V&A Museum. Biomimética en diseño robótico*. Código. Recuperado de: <https://revistacodigo.com/arquitectura/pabellon-de-filamentos-de-elitro/>

F12. Achim Menges, Jan Knippers, Moritz Dörstelmann & Thomas Auer. Universidad de Stuttgart, Pabellón de Filamentos de Élitro (2016), V&A Museum



## JANINE BENYUS

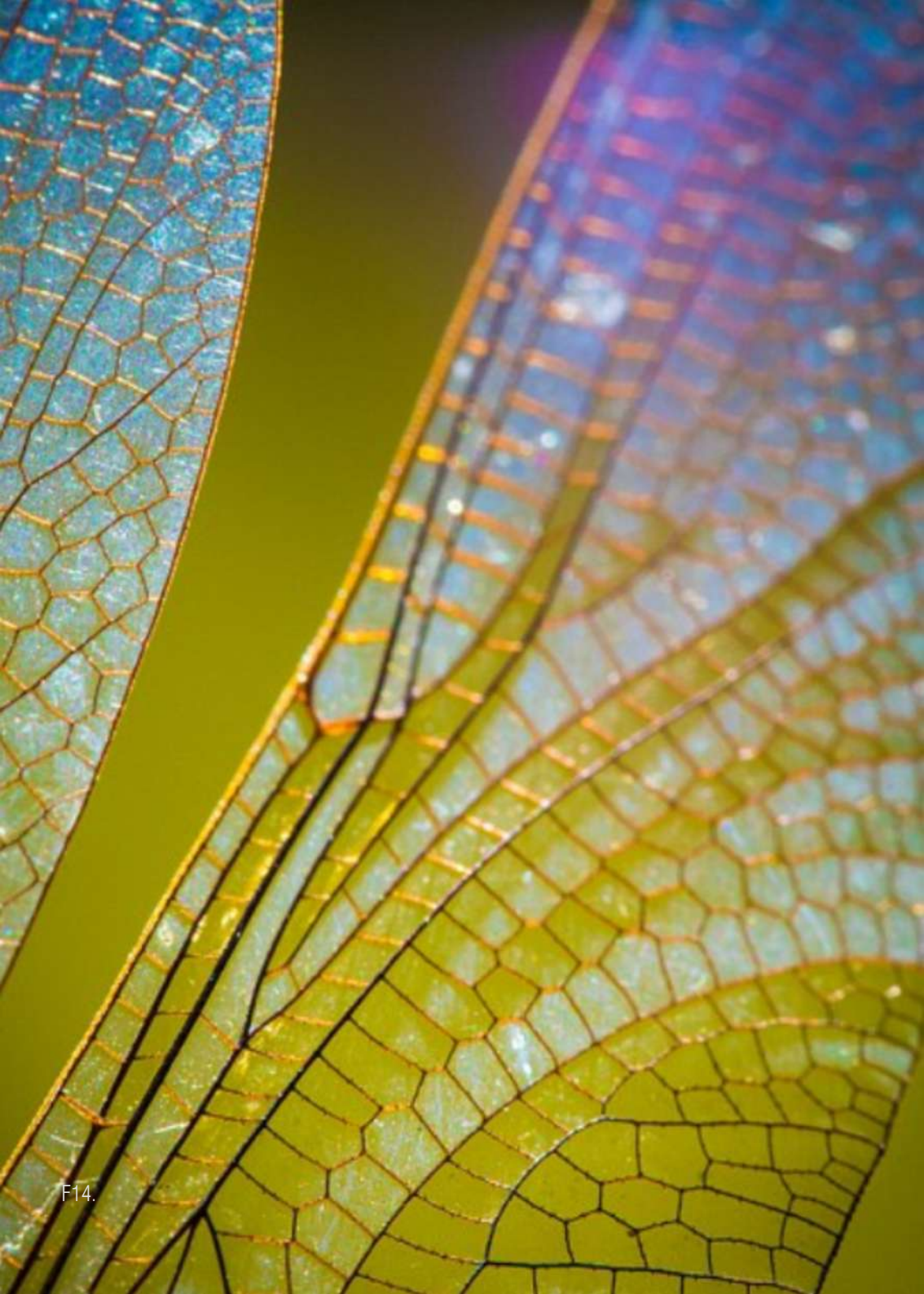
Cofundadora del Instituto de Biomimética, es bióloga, autora, consultora de innovación y auto proclamada "nerd de la naturaleza". Escribió en 1997 el libro *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, donde detalla cómo la ciencia está estudiando las mejores ideas de la naturaleza para resolver nuestros problemas más difíciles del siglo XXI y donde se popularizó el término Biomimética.

En 1998, Janine cofundó la primera consultora bioinspirada del mundo, Biomimicry 3.8 (anteriormente el Biomimicry Guild), llevando diseños sostenibles de la naturaleza a más de 250 clientes. En 2006, cofundó el Biomimicry Institute, una organización sin fines de lucro dedicada a hacer de la biología una parte natural del proceso de diseño. El Instituto alberga desafíos anuales de diseño de biomimética global sobre problemas de sostenibilidad masivos, movilizando a decenas de miles de estudiantes y profesionales a través de la Red de Biomimética Global para resolver esos desafíos.<sup>13</sup>

13. J. Benyus, (1997). *Biomimicry*. Biomimicry Institute. Recuperado de: <https://biomimicry.org/janine-benyus/>

F13. Janine Benyus, Fortune Magazine  
San Rafael, California.  
Autor: Brian Smale





“

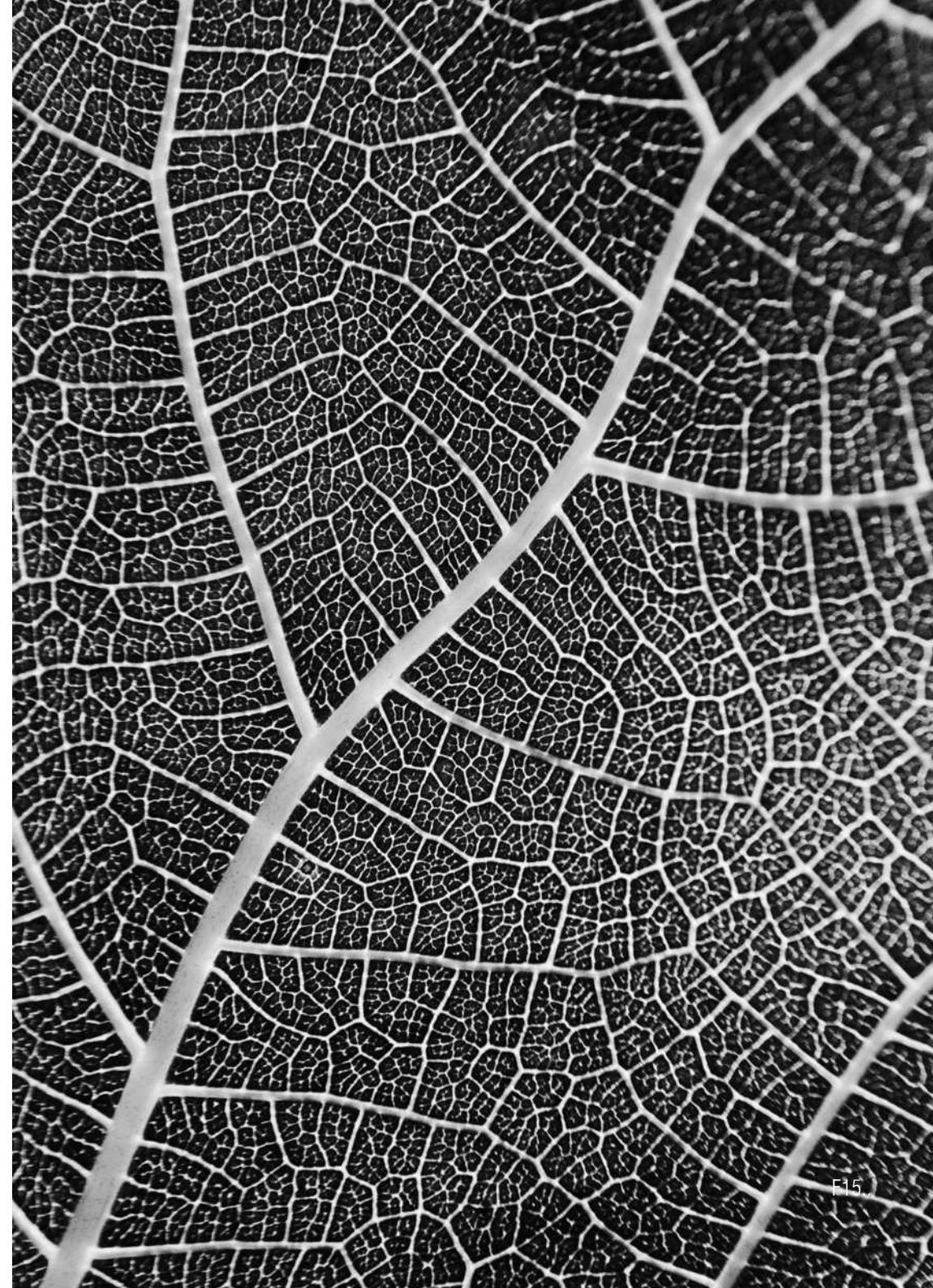
*We're awake now,  
and the question is  
how do we stay  
awake to the  
living world?  
How do we make the  
act of asking  
nature's advice a  
normal part of  
everyday inventing?*

”

JANINE BENYUS

# POSTURA TEÓRICA

Para el desarrollo de los objetivos propuestos y verificación de la postura que fundamenta esta investigación se basa en tres principios: Cambio Climático, Desarrollo Sustentable y Arquitectura Viva/ Biomámesis, los cuales proporcionaran una idea más clara acerca de esta investigación. Se comentarán los conceptos básicos, complementarios y específicos de cada uno, que ayudarán a la interpretación del mismo. El valor de unión entre estos tres, es la punto clave de este proyecto, ya que el ámbito de exploración en el diseño es sumamente importante.



## CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es la variación global del clima en la Tierra, estos cambios suceden debido a causas naturales como también a la acción del hombre, siendo ésta la que provoca un mayor impacto negativo. Con predicciones de falta de agua potable, alteraciones en la condición para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor, debemos estar atentos y alertas para el futuro y así mismo, buscar nuevas maneras de cohabitar. Un análisis consolidado, realizado por la Organización Mundial de la Meteorología (OMM), revela que la temperatura media mundial de 2017 superó en 1.1°C a la de la era preindustrial. Los tres últimos años fueron los más calurosos desde que se tienen registros. Debido a esto, los cambios en el clima han sido tan relevantes, que cada año se registran nuevos récords de temperaturas, precipitaciones mínimas y máximas a nivel mundial y local. La OMM ha advertido que esto es un claro signo de las consecuencias del cambio climático, producido por los gases de efecto invernadero.<sup>14</sup>

14. C. Conde, (2006). *México y el cambio climático global*. México D.F., Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Pp. 28

Esto ha obligado al hombre a comenzar a pensar en utilizar diferentes maneras de habitar el espacio sin dañar el medio ambiente, con ello han surgido diferentes maneras de solucionar este problema, ya sea mediante la aplicación de estrategias de diseño bioclimático, sustentabilidad ambiental o ecoturismo.

De acuerdo con los estudios mas recientes elaborados para México, en el país ya se pueden observar los siguientes cambios: El país se ha vuelto más cálido desde la década de 1960, las temperaturas promedio a nivel nacional aumentaron 0.85° C y las temperaturas invernales 1.3°C, se ha reducido la cantidad de días más frescos desde los años sesenta del siglo pasado y hay más noches cálidas y la precipitación ha disminuido en la porción sureste desde hace medio siglo.<sup>15</sup>

Sin embargo, tenemos cientos de tecnologías y prácticas que pueden servir para disminuir las emisiones y temperaturas a través de un manejo eficaz de la energía en las edificaciones, los transportes y la industria manufacturera. Es urgente hacer conciencia en todos nosotros para empezar a hacer pequeños cambios en nuestro estilo de vida, desde nuestra vida cotidiana hasta buscar una nueva manera de construir.

15. Ibidem

## DESARROLLO SUSTENTABLE

Anudado a lo anterior, surge el desarrollo sustentable, que es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de gasto que determinan la calidad de vida. El desarrollo sustentable involucra pasar de un desarrollo pensado en términos cuantitativos basado en el crecimiento económico a uno de tipo cualitativo, donde se fundan estrechas vinculaciones entre aspectos económicos, sociales y ambientales, en un renovado marco institucional democrático y participativo, capaz de aprovechar las oportunidades que supone prosperar paralelamente en estos tres ámbitos, sin que el avance de uno signifique ir estropeando otro.<sup>16</sup>

16. UNESCO. (2019). *Desarrollo sustentable y cambio ambiental*. UNESCO. Recuperado de: <https://es.unesco.org/indigenous-peoples/sustainable-development>

La sustentabilidad hace referencia al equilibrio existente entre una especie con los recursos del entorno al cual pertenece. Según el informe Brundtland, realizado en 1987 por distintas naciones para la ONU es “la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones” por otra parte, también menciona que “la sustentabilidad es el desarrollo que brinda servicios ambientales, sociales y económicos básicos a todas las viviendas de una comunidad sin amenazar la viabilidad de los sistemas naturales, construidos y sociales de los que depende el suministro de tales sistemas”. Es decir, el desarrollo sustentable está definido por tres pilares que se retroalimentan: el social, el económico y el ambiental.

Es por esto, que este concepto es de suma importancia dentro de esta investigación, una de las piezas clave de la creación de este proyecto, es la de buscar nuevas maneras de construir, promover que podemos vivir sin que otros tengan que sobrevivir. Construir con materiales naturales que no afecten el mismo entorno, pensar y desarrollar de manera sostenible.

## ARQUITECTURA VIVA

La definición de arquitectura viva, vegetal, o arquitectura verde, consiste en la realización de estructuras vegetales que son modificadas por el ser humano dándoles forma a lo largo del tiempo mediante guías e injertos para conseguir estructuras arquitectónicas definidas o particulares, por lo que la arquitectura viva está en constante cambio.

Mezclar arquitectura y vegetación, tanto en jardines verticales, cubiertas verdes o en arquitectura vegetal, posee numerosas ventajas, como: ahorro energético, absorción de CO<sub>2</sub> y contaminación, integración en el paisaje o autoreparación. Razones por las que, en los últimos años, la creación de este tipo de elementos ha proliferado a lo largo del mundo. No hay que confundir la arquitectura viva con fachadas verdes o edificios que estén contruidos mediante los sistemas tradicionales. En este tipo de proyectos con árboles y plantas, la diferencia más importante con otras construcciones hechas en madera, es que no es madera muerta talada, sino que está viva.

Es por ello que es la arquitectura viva es parte de los pilares principales de este proyecto, tenemos que pensar en nuevas maneras de construir y hacer nuestra vida más natural y en contacto directo con la naturaleza, es sumamente interesante pensar en una vivienda que este viva y convivir con ella, ver sus cambios y evolución.

La propuesta se basa en introducir arquitectura viva a nuestra vivienda actual, basada en el diseño paramétrico junto con la biomímesis, cuya inspiración principal es la naturaleza. Ya que es nuestra principal herramienta y fuente de inspiración máxima. Es por ello que se pretende cambiar el modo de construir o intervenir una edificación, en lugar de instalar celosías de materiales inertes, pudiéramos hacerlos con materiales vivos, que crezcan y cambien ante nuestros ojos, teniendo la oportunidad de guiarlas hacia formas y diseños específicos que nos den variedad a lo largo del tiempo. La forma de hacer arquitectura tiene que cambiar, el cambio climático es un factor que no debemos olvidar, por lo que de la mano con el desarrollo sustentable y la aplicación de arquitectura viva debemos regresar a lo natural, a construir de forma que no afecte nuestro ambiente, sino al contrario que lo fortalezca y seamos parte de un todo. *Vivir dentro de una arquitectura viva.*





**STEM**



# ANÁLISIS VEGETAL

En esta sección nos enfocaremos en el análisis vegetal, particularmente enredaderas, este tipo de planta es el ideal para nuestro experimento, debido a que son el resultado de una larga evolución, ya que con el paso de los años se ha adaptado a condiciones muy complejas y ha conseguido desarrollar nuevas técnicas de supervivencia, principalmente destacan por presentar una variedad respecto a su forma de crecer, lo que permite que puedan trepar y en algunos adaptarse a estructuras.



# PLANTAS ENREDADERAS

Es frecuente hablar de las plantas como organismos inmóviles que, a diferencia de los animales, no pueden cambiar de ubicación para conseguir agua o alimentos o para huir tanto de depredadores como de condiciones ambientales estresantes. Las plantas, como los animales y otros organismos, deben adaptarse a sus entornos en constante cambio. Si bien los animales pueden trasladarse de un lugar a otro cuando las condiciones ambientales se vuelven desfavorables, las plantas no pueden hacer lo mismo. Al ser sésiles (incapaces de moverse), las plantas deben encontrar otras formas de manejar condiciones ambientales desfavorables.

Los tropismos de las plantas son mecanismos por los cuales las plantas se adaptan a los cambios ambientales. Un tropismo es un crecimiento hacia o desde un estímulo. Los estímulos comunes que influyen en el crecimiento de las plantas incluyen la luz, la gravedad, el agua y el tacto. La capacidad de ejecutar determinados movimientos es una característica de las plantas que les permite realizar funciones como la absorción de agua y nutrientes y optimizar su exposición a la luz.<sup>17</sup>

Estos movimientos incluyen los tropismos o crecimientos dirigidos hacia un estímulo externo - fototropismo, crecimiento hacia la luz, tigmotropismo, movimiento al contacto físico con un objeto sólido, así como el geotropismo o crecimiento en dirección a la fuerza de la gravedad—.



17. A. Sotelo. (2015). *El Movimiento de las Plantas*. FaCENA-UNNE. Recuperado de: [http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Guia\\_de\\_estudio-Movimientodelaplantas.pdf](http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Guia_de_estudio-Movimientodelaplantas.pdf)

F19. Planta con Fototropismo. A. Desconocido, (S/F), Marzo 23, 2020.

Por otro lado, los órganos de las plantas tienen la capacidad de efectuar un movimiento oscilatorio en espiral que denominamos *circumnutación*. Gracias a la capacidad de girar alrededor de un eje central durante su crecimiento, las plantas pueden alcanzar lugares con condiciones ambientales más favorables, como, por ejemplo, sitios que disponen de una mejor exposición a la luz. La amplitud, el período y la forma de la *circumnutación* dependen de la especie vegetal y de su estado de desarrollo. Las plantas trepadoras son capaces de agarrarse a diversos soportes simplemente enrollándose alrededor de un tutor o mediante el uso de ganchillos o se agarran mediante zarcillos o valiéndose de los propios pecíolos de las hojas o de raíces adventicias.

Las enredaderas se caracterizan por presentar un tallo largo y voluble. Éste tiene la misión principal de “enredarse” y trepar por diferentes superficies, ya sean postes, paredes o pérgolas. En definitiva, son plantas que necesitan una guía para trepar. Para ello evolucionaron órganos de fijación o mecanismos de ascenso como zarcillos, ganchos, raíces adventicias que funcionan como *pads* adhesivos, etc. o es ella misma la que se enrosca alrededor del soporte.<sup>18</sup>

18. J. Pio-Beltrán, (2009). *El misterio del movimiento de las plantas, Darwin y la circunnutación de las trepadoras*. *Metode*. Recuperado de: <https://metode.es/revistas-metode/monograficos/el-misterio-del-movimiento-de-las-plantas.html>

F20. Planta con zarcillos y tigmotropismo, A. Desconocido, (S/F), Marzo 23, 2020.

Por otro lado, no están diseñadas para trepar por sí solas, de ahí que se valgan de diferentes soportes para alcanzar grandes alturas, no son capaces de mantenerse erguidas si no cuentan con una guía para encaramarse. Normalmente, estas guías suelen ser otra planta, una roca, pared o cualquier objeto del que se puedan sostener. Sin embargo, también existen especies que no necesitan superficies para trepar.



Las enredaderas se pueden clasificar según diferentes factores. Por ejemplo, pueden ser de crecimiento lento o rápido, se le pueden caer las hojas o no (caducas o perennes), pueden tener o no flores y el tallo puede ser herbáceo (delgado) o leñoso (ejes perennes con una corteza dura). Existen numerosas variedades, pero, todas tienen en común una cosa: desarrollan diferentes órganos para adherirse a las superficies.<sup>19</sup>

Las plantas guías son comúnmente de rápido a muy rápido crecimiento. Una de las características principales es que las enredaderas son capaces de cubrir gran cantidad de espacio que se encuentre a su alrededor, su floración requiere muy poco espacio y se puede usar con fines ornamentales. Pueden ser clasificadas según varios criterios, aunque la división tradicional hace foco en las características de sus tallos, agrupándolas en herbáceas, leñosas y zarcillos.<sup>20</sup>

19. Cabanillas, P.A., & Hurrel, J. A. (2010). *Plantas trepadoras: tipo biológico y clasificación*. Revista Ciencias Morfológicas. Recuperado de: <https://revistas.unlp.edu.ar/Morfol/article/view/895>

20. C. Darwin, (1865 edición 2010). *Los movimientos y hábitos de las plantas trepadoras*. México, D.F. Biblioteca Darwiniana.

F21. Movimiento Tigmotropismo y Circumnutación, A. Desconocido, (S/F). Marzo 23, 2020.



## HERBÁCEAS

Las enredaderas herbáceas generan sus mismos tallos que son bastante delgados, estos tallos volubles, son los que mayormente conocemos, ya que son esas que se enrollan alrededor de cualquier soporte que dispongan cerca de ellas.<sup>21</sup>

21. Ibidem

F22. Planta trepadora herbácea, A.  
Desconocido, (S/F). Marzo 30, 2020.



## LEÑOSAS

Con respecto a las leñosas, se caracterizan de manera específica por sus ejes perennes, corteza dura y por encontrarlas en algunas zonas selváticas del mundo.<sup>22</sup>

22. Ibidem

F23. Planta trepadora leñosa, A.  
Desconocido, (S/F). Marzo 30, 2020.



## ZARCILLOS

Por último, se encuentra una manera de trepar muy peculiar en estas plantas, es el de zarcillos o resortes. Un zarcillo caulinar es una rama larga, delgada, que se enrosca alrededor de un soporte después del contacto, Estos buscan una superficie para sostenerse y así seguir creciendo, la más representativa de este tipo de crecimiento es el que observamos en la planta de guisantes o pasiflora.

F24. Planta trepadora con zarcillos, A. Desconocido, (S/F). Marzo 30, 2020.



F25. Planta trepadora con zarcillos, A. Desconocido, (S/F). Marzo 30, 2020.

# SELECCIÓN VEGETAL

Después de estudiar los tipos de enredaderas, donde nos enfocamos en las características de cada una, las cuales se mencionaron en el apartado anterior, se procedió a visitar varios viveros para ver los tipos disponibles en la región. En una primera visita se adquirió un Cissus y una Pasiflora, se eligieron estas especies por su rápido crecimiento, sin embargo, después de un tiempo analizando su comportamiento, se descartaron para el experimento debido a que el Cissus a pesar de que puede enrollarse en un tutor, tiende más a pegarse a superficies planas por medio de sus ventosas. Por otro lado, la Pasiflora que crece mediante zarcillos, sus hojas y ramas son de gran tamaño y no siguen específicamente un tutor, sino que se expanden sin control, por lo que ambas no fueron viables y continuamos con la búsqueda e investigación vegetal.



F26. Izquierda. Enredadera Cissus, N. Martínez, Abril 1, 2020.

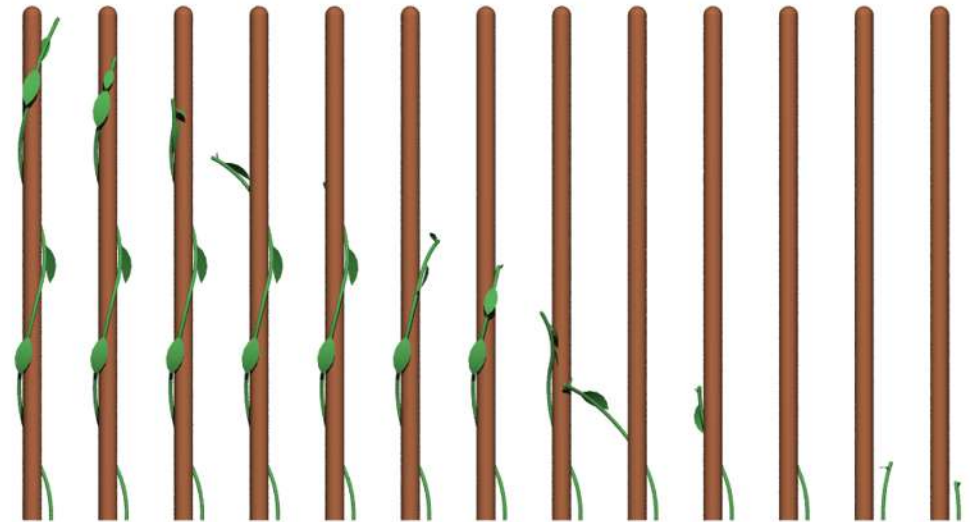


F27. Derecha. Enredadera Pasiflora, N. Martínez, Abril 1, 2020.

En las visitas posteriores a otros viveros se enfocó la búsqueda en enredaderas exclusivamente de crecimiento con circumnutación, este movimiento por el cual se van enrollando en un tutor.

Después de observar gran variedad se eligieron dos especies: la Dipladema y el Jazmín de Madagascar, ya que estas tienen la característica antes mencionada, también llamada Twining en inglés, ya que usan su propio tallo para enredarse y crecer, además de ser de rápido crecimiento y buena adaptación al clima local.

F28. Crecimiento de planta trepadora con movimiento de circumnutación, A. Desconocido, (S/F) Abril 5, 2020.



## DIPLADEMIA O MANDEVILLA

*Dipladenia sanderi*

Una vid tropical que comúnmente se cultiva como planta de interior en regiones templadas. Son plantas enredaderas de crecimiento rápido y flexibles tallos que llegan a medir 4-5 metros de longitud aunque en maceta suelen mantenerse en 1-1.5 metros. Necesitan de mucha agua en verano, además de tutores o soportes para poder trepar. En interiores necesitan luz indirecta brillante, temperatura ambiente promedio y alta humedad. El suelo debe permanecer húmedo, pero no empapado.

### TAXONOMÍA

Género: *Mandevilla*

Especies: Sanderi

Familia: Apocynaceae

Ciclo vital: Leñoso

País o región de origen: Brasil

Valor: Cuando se plantan al aire libre, las vistosas flores tubulares atraen colibríes y mariposas.

Método de escalada: Twining

Dimensiones: Altura: 90cm - 400 cm<sup>23</sup>

23. Mandevilla Sanderi, NC State University, Recuperado de: <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/mandevilla-sanderi/>

F29. Planta Dipladema, A. Desconocido, (S/F), Abril 5, 2020.



## JAZMIN DE MADAGASCAR O FLOR DE NOVIA

*Stephantis floribunda*

Enredadera de hoja perenne que se cultiva comúnmente como planta de interior. Es un escalador que puede crecer hasta más de 6 metros con hojas ovales brillantes y racimos de flores tubulares blancas e intensamente fragantes. Es un escalador vigoroso que crece mejor en condiciones soleadas, tropicales o en el interior. Durante la temporada de crecimiento de verano, esta vid requiere pleno sol, abundante agua, alta humedad y un fertilizante equilibrado. La enredadera deberá enredarse debido al hábito de crecimiento vigoroso.

### TAXONOMÍA

Género: *Jasminum*

Especies: *Stephanense*

Familia: Oleáceas

Ciclo vital: Perenne

País o región de origen: Francia

Valor: Flores atractivas y con fragancia.

Método de escalada: Twining

Dimensiones: Altura: 120cm - 600 cm <sup>24</sup>

24. Mandevilla Sanderi, NC State University, Recuperado de: <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/stephanotis-floribunda/>

F30. Planta Jazmín de Madagascar, A. Desconocido, (S/F), Abril 5, 2020.



# LEAFS



# BIOMÍMESIS

Biomímesis, es la ciencia que emula las mejores ideas de la naturaleza para resolver problemas humanos creando nuevas tecnologías. El término proviene del griego *bio*, que significa vida, y *mimesis*, que quiere decir imitar.<sup>25</sup> La arquitectura biomimética es una filosofía contemporánea que busca soluciones para la sostenibilidad de la naturaleza, no mediante la reproducción de las formas naturales, sino mediante la comprensión de las reglas que rigen esas formas. Es parte de un movimiento más grande conocido como biomimetismo, que es el examen de la naturaleza, sus modelos, sistemas y procesos con el propósito de obtener inspiración para resolver problemas creados por el hombre.

La arquitectura ha tomado desde hace tiempo a la naturaleza como fuente de inspiración. El biomimetismo, como inspiración en el diseño, se originó posiblemente con el comienzo de ambientes creados por el hombre y permanece presente en la actualidad. De hecho, cada vez se observan más proyectos basados en esta filosofía, ya que estudian y mimetizan procesos naturales para aplicarlos en proyectos particulares.

25. Hisour. (2018). *Arquitectura Biomimética*. Hisour. Recuperado de: <https://www.hisour.com/es/biomimetic-architecture-28827/>

Si nos ponemos a analizar esta manera de proyectar, encontramos que el principal fundamento es que la naturaleza es el único modelo que vive, sobrevive y que perdura por millones de años...

La biomímesis no es solo copiar, más bien es la interpretación y estudio de un proceso. Es el resultado de la observación, análisis y comprensión de los procesos naturales y la manera de resolverlos. La inspiración no viene de la forma, sino del proceso que lleva cada ser vivo para llegar a esa solución. Recordemos que la naturaleza no construye o diseña por capricho, al contrario, siempre hay una necesidad, obteniendo con sus formas el máximo rendimiento energético con el menor esfuerzo posible. Es por ello que su experiencia de millones de años supera abruptamente a la del ser humano.

*La naturaleza es el máximo modelo a seguir, ya que nos demuestra su eficiencia constantemente.*



F32. Esqueleto y piel de erizo de tierra, Cmglee, Horniman Museum, Abril 20, 2020.

## LA NATURALEZA COMO FUENTE DE INSPIRACIÓN EN EL DISEÑO

La naturaleza es un principio creador y organizador de todo lo que existe, es un conjunto de cosas que se encuentran en el mundo en las que el ser humano no interfiere, pero a las que, a su vez, pertenece. Yahyasi menciona que “si consideramos cualquier otra forma de vida, encontraremos la misma verdad. Cada creatura exhibe una planeación muy bien pensada, al tal punto que, si seguimos investigando, descubriremos que también nosotros somos parte de ese diseño”.<sup>26</sup>

Por lo tanto, el diseño es una de las actividades más importantes de la naturaleza porque significa la estructuración de todos los elementos presentes en ella. La naturaleza crea diseño: establece formas, define texturas, añade colores, forma estructuras e inclusive comunica una idea con la que cumple un objetivo.

26. H. Yahyasi, *Diseño en la naturaleza*, (2007), Recuperado de: [https://www.islamweb.net/esp/espanol\\_books/el disenoenlanaturaleza.pdf](https://www.islamweb.net/esp/espanol_books/el disenoenlanaturaleza.pdf)

Janine Benyus explica en su libro «*Biomimicry: innovación inspirada por la naturaleza*» lo que es para ella la palabra biomímesis:

- **La naturaleza como modelo:** estudio de los modelos de la naturaleza para imitar o inspirarse a la hora de resolver problemas humanos. Por ejemplo, la cédula fotovoltaica está inspirada en una hoja.
- **La naturaleza como medida:** el estándar ecológico para juzgar la “corrección” de nuestras innovaciones. Después de 3800 millones de años de evolución, la naturaleza ha descubierto lo que funciona, lo que es apropiado y lo que perdura.
- **La naturaleza como mentor:** La biomímesis es una nueva manera de contemplar y valorar la naturaleza. Inicia una era basada no en lo que podemos extraer del mundo natural, sino en lo que éste puede enseñarnos.



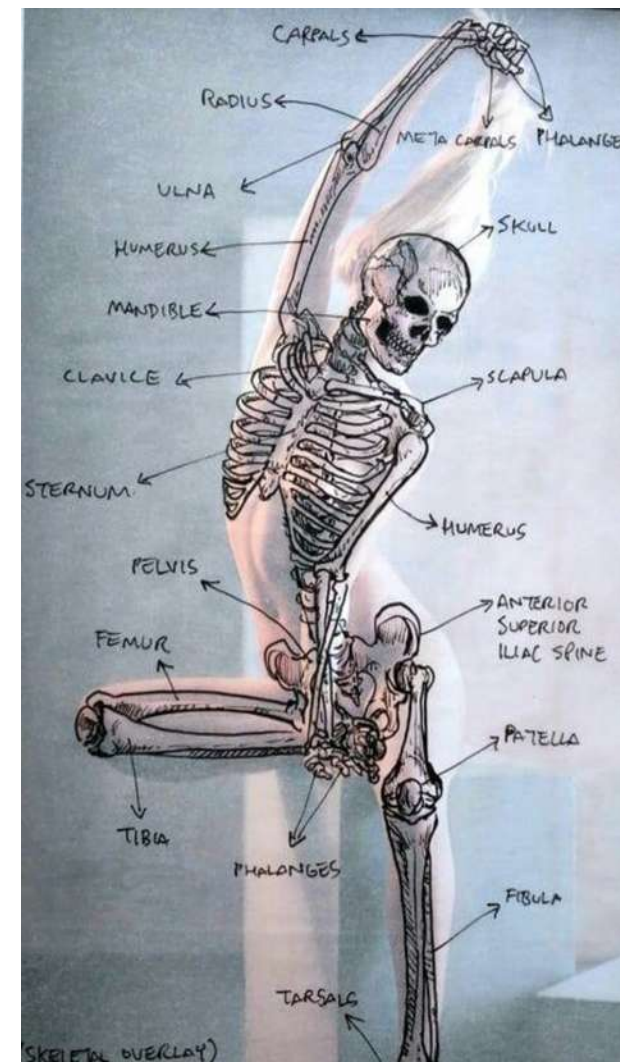
F33. Arquitectura Biomimética  
Complejo Johnson Wax (1936, F.L.  
Wright), A. Desconocido, Diciembre  
2020.

## BIOINSPIRACIÓN

El cuerpo humano, al igual que todos los vertebrados, se compone de varios elementos que al juntarse y funcionar se crea un solo y aprenden a no funcionar el uno sin el otro. En la naturaleza en general, vemos que esta conjunción de partes conlleva a la aparición de propiedades emergentes que los componentes por separado no presentaban; por ejemplo: dos huesos y un musculo juntos pueden cumplir la función de una palanca, algo que por separado no pueden hacer. Lo mismo se puede aplicar a los objetos de diseño, por ejemplo: la cabeza de un martillo y su mango por separado poco pueden hacer para clavar un clavo, pero si se les une de una determinada manera, emerge la función del martillo como tal.

La estructura es la manera en la que los componentes de un todo se interrelacionan y la función es la operación de distintos componentes individuales como parte de la estructura y de cuya conformación depende.

De esta misma manera funciona **NATTICE**.



F34. Ilustración de esqueleto sobre fotografía, A. Desconocido, (S/F), Abril 20, 2020.

## ESQUELETO | ESTRUCTURA

En biología, el sistema esquelético o esqueleto es el sistema biológico que proporciona soporte, apoyo y protección a los tejidos blandos y músculos en los organismos vivos. Éste tiene funciones de locomoción, sostén y protección. Los vertebrados presentan un esqueleto interno o endoesqueleto, constituido por huesos, que se unen entre sí por las articulaciones y que se reparten en 5 grupos: Mamíferos, Aves, Peces, Reptiles, Anfibios

De estos seres vertebrados se dividen en tres tipos de esqueletos:

- Exoesqueleto o Esqueleto Externo
- Endoesqueleto o Esqueleto Interno
- Hidrostático o Esqueleto Fluido<sup>27</sup>

Siendo el endoesqueleto la base de inspiración para el diseño de los anclajes y articulaciones, además de la función principal como estructura, podemos comenzar a estudiar y explorar los metodos y formas para el desarrollo de este proyecto, todo esto se explica de manera más detallada en el proceso de diseño del proyecto experimental más adelante.

27. Segura, S. (2014). *Diccionario Etimológico de Medicina*. Bilbao: Universidad Dehusto.

F35. Ilustración del esqueleto femenino con el sistema linfático, Julio 20, 2020



## PIEL | CUBIERTA

La piel es la cubierta externa de los animales vertebrados y uno de sus órganos más importantes. Actúa como barrera protectora que aísla al organismo del medio que lo rodea, protegiéndolo y contribuyendo a mantener íntegras sus estructuras, funciona también como sistema de comunicación con el entorno y es uno de los principales órganos sensoriales, contiene terminaciones nerviosas que actúan como receptores de tacto, presión, dolor y temperatura.<sup>28</sup>

De la misma manera funciona NATTICE, teniendo como base una estructura que funcionará como el esqueleto y teniendo una cubierta que proteja y ayude con los agentes externos, buscando así una alternativa para la creación de celosías naturales.

28. Lópex-Gallardo, B. Iglesias. (2007). *Bases de Fisiología*. S/I: S/I.

F36. Macro piel humana, Autor desconocido, (S/F), Octubre 13, 2020.



## PATRONES | FORMAS

En la naturaleza podemos encontrar diversas formas geométricas, de las cuáles las que más abundan son las circulares y esféricas, sin embargo existen otras aparentemente no tan comunes como los hexágonos, pero que nos sorprendería en la variedad en las cuales los podemos encontrar.

Probablemente el primer ejemplo en el que pensamos es el de los panales de miel construidos por las abejas. Pero también podemos encontrar hexágonos en el caparazón de una tortuga, en la piel de una serpiente, en las grietas de las rocas, en los copos de nieve, en las marcas del salar, en las burbujas de jabón, etc.<sup>29</sup>



29. M. Torrens-Bermejo. (2013). *Selección de las formas matemáticas en la naturaleza y su emergencia en la arquitectura*. Universidad de Salamanca. Recuperado de: file:///Users/insekt/Downloads/TFM\_MercedesTorrens\_Seleccionformasmaticas.pdfF34. Estructura Anatómica Libélula, Forrest L Mitchell, (S/F).

F37. Formas geométricas en la naturaleza, Autor desconocido, (S/F), Octubre 13, 2020.

En el mundo vivo también se suceden multitud de ejemplos en los que el crecimiento de las construcciones animales se realiza por agregados de estructuras modulares mediante la repetición de un mismo elemento. Uno de ellos lo constituyen los panales de las abejas y otros himenópteros,<sup>30</sup> que pretendiendo aprovechar el espacio con el menor gasto de material, construyen celdas en sus nidos donde depositarán sus huevos o almacenarán el alimento. Por ejemplo, las avispas construyen sus panales mediante cilindros apretados mezclando celulosa de vegetales con sus secreciones salivales. Las abejas de la miel hacen crecer sus panales agregando cera con la que forman celdas hexagonales consiguiendo aprovechar al máximo el espacio.

Si nos fijamos bien, nos daremos cuenta de que el hexágono es muy utilizado también en nuestro día a día; por ejemplo, los tornillos de mayor resistencia son hexagonales, ya que son capaces de resistir grandes fuerzas y tensiones, lo podemos encontrar en la industria del automóvil, en aviación o en maquinaria industrial.



30. Los himenópteros (abejas, avispas y hormigas) son insectos caracterizados por tener dos pares de alas membranosas y el ovopositor modificado en forma de un aguijón que les sirve para inyectar veneno con fines defensivos. <https://www.seaic.org/pacientes/conozcasus-causas/himenopteros>

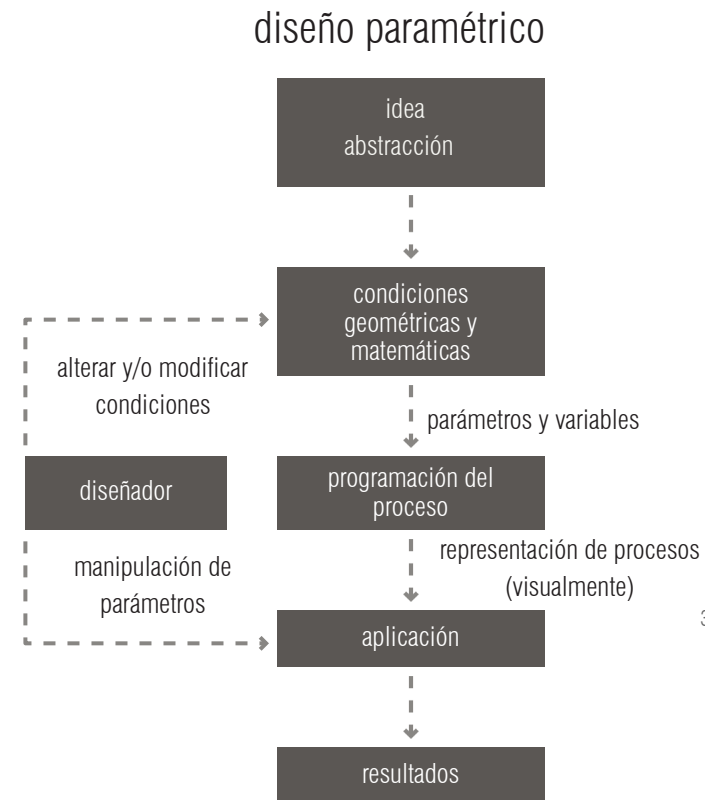
F38. Panal de avisapas, Autor desconocido, (S/F), Octubre 13, 2020.

# DISEÑO PARAMÉTRICO

El diseño paramétrico es la abstracción de una idea o concepto relacionado con los procesos geométricos y matemáticos, que nos permiten manipular con mayor precisión nuestro diseño para llegar a resultados óptimos y se basa en los siguientes puntos:

- Diseñar un proceso y no un resultado concreto: Al diseñar un proceso desarrollamos una colección de relaciones matemáticas y geométricas creando procesos y sistemas (algoritmos), los cuales nos permiten explorar más de un resultado.
- Posibilidad de relacionar variables/parámetros: Teniendo un proceso de diseño y no una forma preestablecida se pueden manipular sus variables y propiedades, las cuales podemos modificar en tiempo real y así comparar resultados, con la finalidad de tener un resultado más eficiente.
- Resultados paramétricos y/o responsivo a condiciones establecidas previamente: A partir del diseño paramétrico se puede generar diseños inteligentes y/o responsivos estableciendo un criterio de diseño (exploración de formas), permitiendo adaptarse a cualquier situación, etc.

Una de las mayores ventajas del diseño paramétrico es la simbiosis entre disciplinas, la cual nos permite integrar criterios estructurales, sociales, simulaciones de flujo, etc. Con la finalidad de que el modelo tridimensional no sea solo una maqueta virtual sino una herramienta capaz de darnos resultados e información para lograr diseños más aterrizados que proponen resultados contundentes.<sup>31</sup>



31. Molinare A.. (2011). *¿Qué es el diseño paramétrico?*. Arch Daily Recuperado de: [https://www.archdaily.mx/mx/02-118243/%25c2%25bfque-es-el-diseño-paramétrico?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.mx/mx/02-118243/%25c2%25bfque-es-el-diseño-paramétrico?ad_medium=gallery)

F39. Diagrama Proceso de Diseño Paramétrico, A. Desconocido, Septiembre 12, 2020.

Las técnicas paramétricas en el diseño arquitectónico establecen nuevas alternativas de desarrollo formal que permiten una explicitación e integración de distintos aspectos, por lo que representan una capacidad creativa con una elaboración técnica, en las cuales el rol arquitectónico se distingue por orientar la solución más que por generarla, definiendo condiciones y seleccionando resultados. Las técnicas paramétricas pueden colaborar en el diseño del proyecto arquitectónico en diferentes instancias:

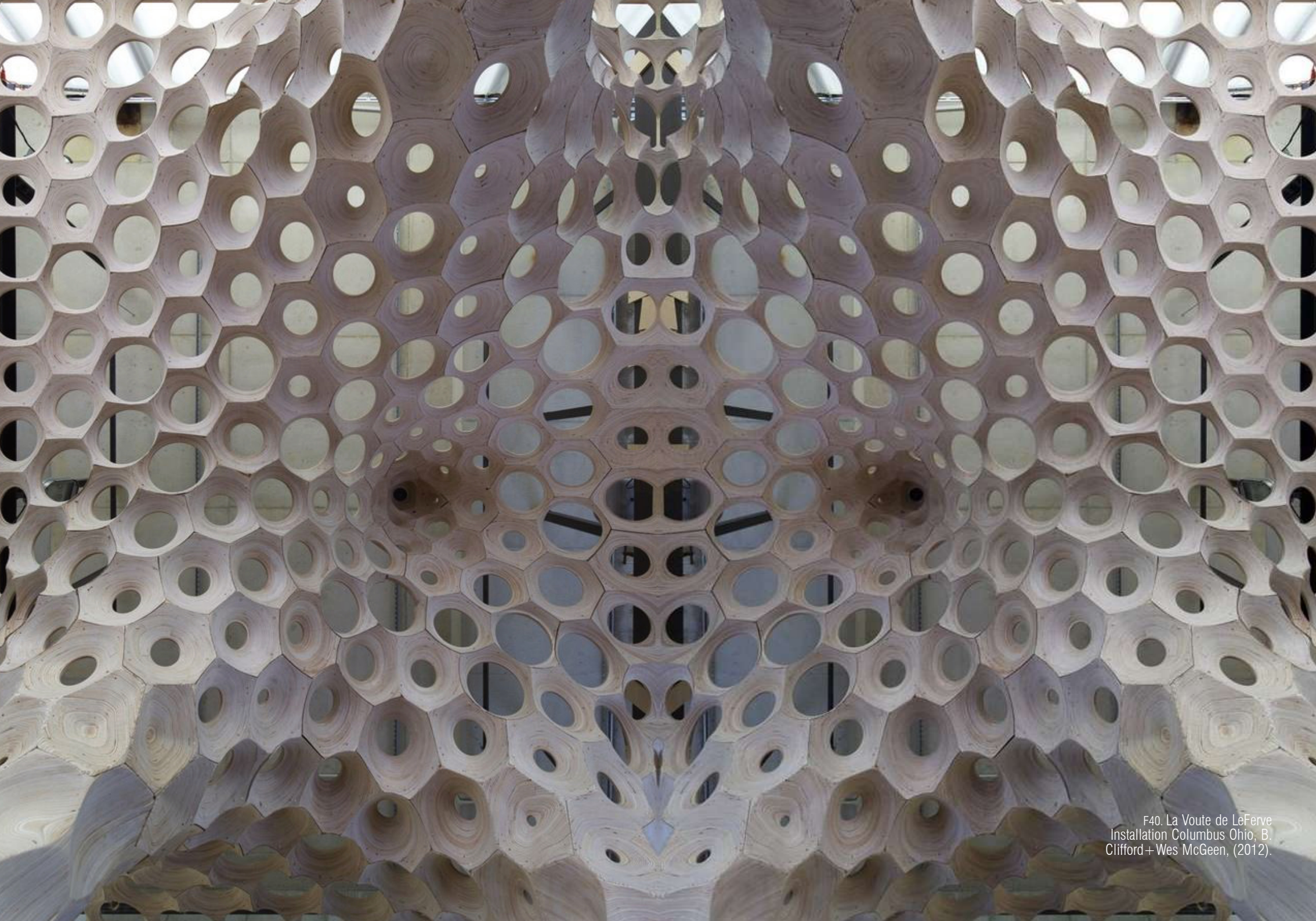
- a) en la definición de la forma a través de procesos generativos (dependientes de los antecedentes).
- b) para conciliar aspectos formales según criterios específicos.
- c) en una posracionalización en la que se refinan características formales de elementos específicos ya definidos en términos generales.

Frecuentemente estas actividades y datos se combinan y definen condiciones mientras se prepara o ejecuta el procedimiento, o lo ajustan según los resultados o nuevas posibilidades que se avizoran.

Los parámetros tienen la función de expresar rangos, límites y configuraciones específicas. Un mismo modelo paramétrico puede entregar diferentes resultados según varíen los parámetros que lo controlan y reconoce distintas escalas: ambientales (referidas al entorno de localización), globales (del volumen total del proyecto), locales (de elementos parciales) o de producción (de ejecución de algunos elementos). Pueden ser magnitudes geométricas generales o parciales, propiedades materiales intensivas (independientes de la forma) o extensivas (vinculadas a la dimensiones), o relaciones formales.

Los procedimientos paramétricos producen finalmente una forma o conjunto de formas que debe ser integrado en el proyecto arquitectónico. Rara vez constituyen el diseño final completo sino una figura relevante que debe ser incorporada y detallada constructivamente. Varios procedimientos generan secuencias en las que el arquitecto puede elegir alguna de las formas aplicando condiciones no previstas al comienzo, como aspectos expresivos, adaptación al lugar, factibilidad constructiva, etc.<sup>32</sup>

32. García Alvarado, Rodrigo & Lyon, Arturo. (2013). *Diseño paramétrico en Arquitectura; método, técnicas y aplicaciones*. ARQUISUR. 1. 10.14409/ar.v1i3.938.



F40. La Route de LeFerve  
Installation Columbus Ohio, B.  
Clifford+ Wes McGeen, (2012).

# ARQUITECTURA VIVA

Las plantas han estado presentes en la arquitectura desde su mismo origen. En el ámbito de la arquitectura la construcción vegetal tiene una amplia trayectoria desde el refuerzo con paja en el adobe, como el empleo de cubiertas vegetales en sitios nórdicos. Ahora todas estas técnicas se están recuperando y poniéndose al día para sacar partido de sus cualidades térmicas, facilidad de ejecución y su bajo impacto ambiental, por lo que su presencia en los proyectos de los últimos años ha crecido de manera exponencial.<sup>33</sup>

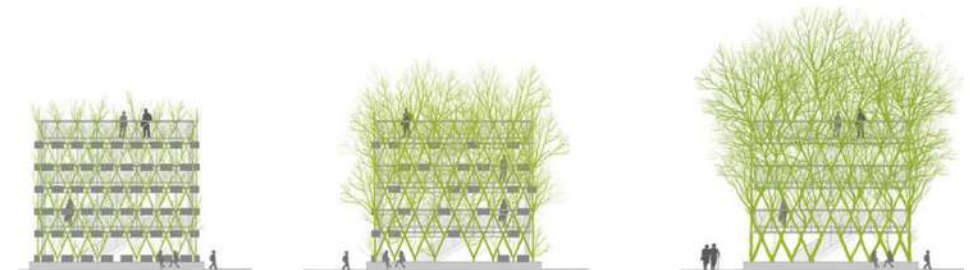
La integración de sistemas vegetales en Arquitectura puede ser empleada como instrumento para incrementar las superficies verdes en las ciudades, posibilitando el diseño de envolventes que promuevan el ahorro energético y respondan a condiciones medioambientales específicas. Ciertas ventajas a considerar derivan del proceso de evapotranspiración, a través del cual las plantas incrementan la humedad ambiental y regulan la temperatura, suponiendo en consecuencia una mejora del “microclima”.

33. M. García. (2018). *Arquitectura Vegetal*. España: Ediciones Asimétricas.

F41. Baubotanik, L. Schönle, (2016), Septiembre 23, 2020.

La creciente preocupación por el impacto ambiental y la sostenibilidad del proceso constructivo ha hecho que la presencia de materiales de origen vegetal sea cada vez más frecuente en la arquitectura contemporánea.

Más allá de la madera, las plantas se han utilizado también para asumir un papel estructural. Esta técnica ha inspirado al arquitecto alemán Ferdinand Ludwig a idear una nueva aproximación a la construcción vegetal que ha bautizado con el nombre de Baubotanik. Esta técnica pionera construbotánica, se basa en el empleo de árboles vivos como estructuras portantes y tiene como antecedente un elemento tradicional en los pueblos del sur de Alemania desde la Edad Media. Mediante la técnica botánica de la anastomosis, que consiste en la unión de varias plantas para formar un único organismo, Ferdinand desarrolló este proyecto.



En resumen, teniendo el concepto de cada uno de los elementos en los cuáles se basa este proyecto, que son: **biomímesis**, de donde tomaremos los métodos de observación y procesos de diseño de la naturaleza para aplicarlos en conjunto con las herramientas tecnológicas del **diseño paramétrico** mediante el uso de softwares especializados y aplicados para obtener como resultado un producto que refleje una **arquitectura viva**, una celosía natural que se adapte a su entorno, damos por sentado el porqué de esta tesis experimental.

diseño  
**biomímesis**  
 parám  
 trico  
**arquitectura viva**

NATTICE



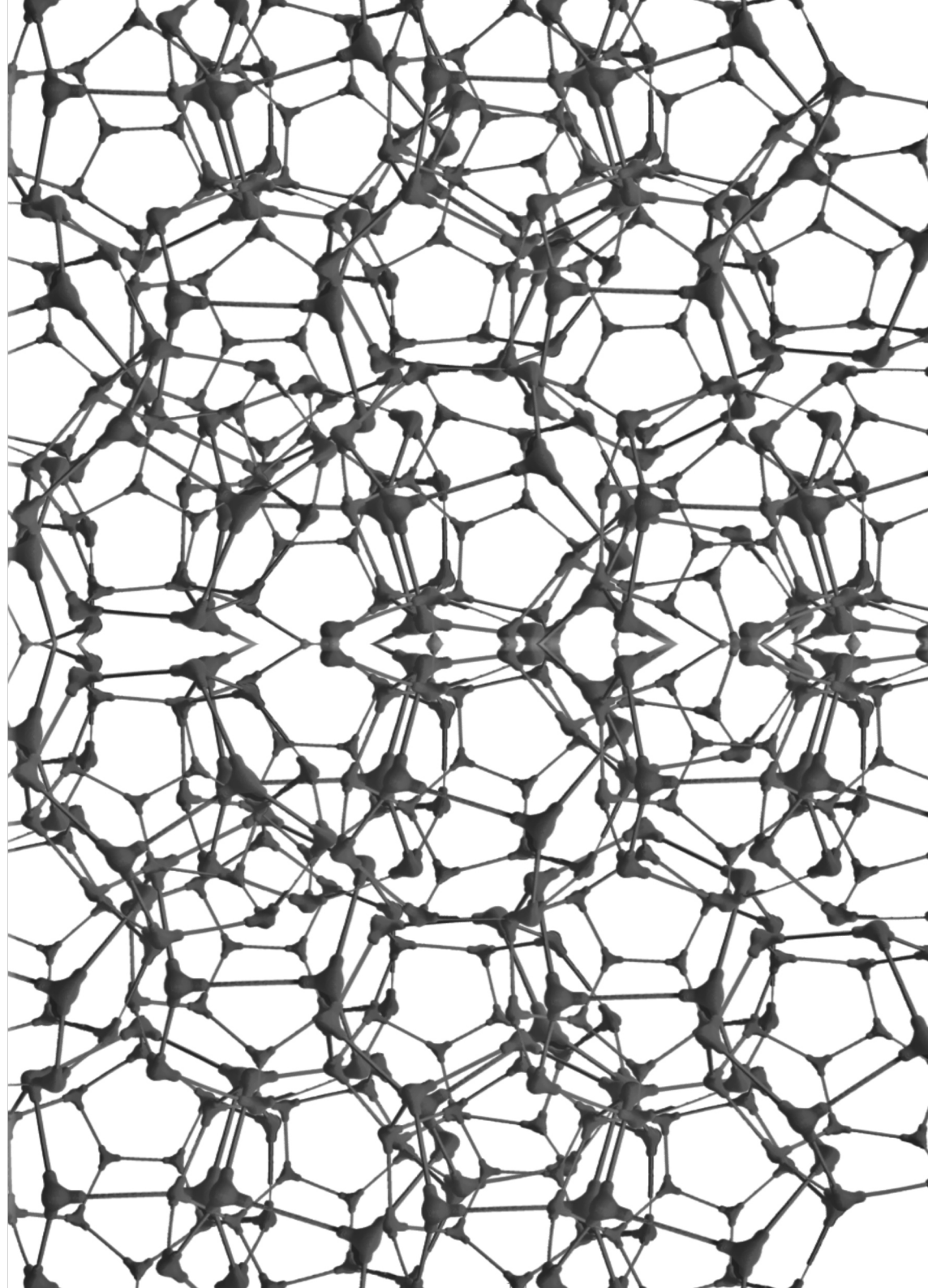
F42. Green Hotel, Da Nang, Vietnam,  
VTN Architects, Hiroyuki Oki  
(2015), Septiembre 23, 2020.

# SEMILLAS



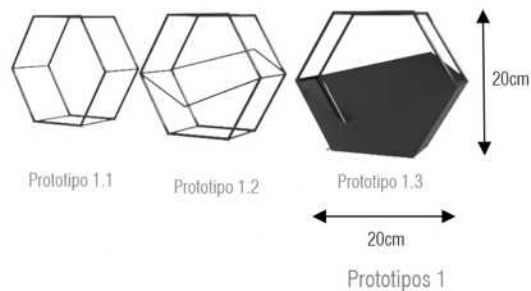
# PROTOTIPOS EXPERIMENTALES

La experimentación se basa en el conjunto de los conceptos antes mencionados que son la biomimética y lo paramétrico, trabajando a la par para generar prototipos de acuerdo a nuestras especificaciones. Partiendo de esta premisa comenzamos con la experimentación paramétrica, generando formas en programas especiales a ello, enfocándonos en el análisis de sujeción, ensamble y la estructura en sí. Mediante esto se pretende conocer el comportamiento de las formas en conjunto, a la par de la adaptación de la planta con la estructura como guía, buscando materializar la relación entre diseño + naturaleza.



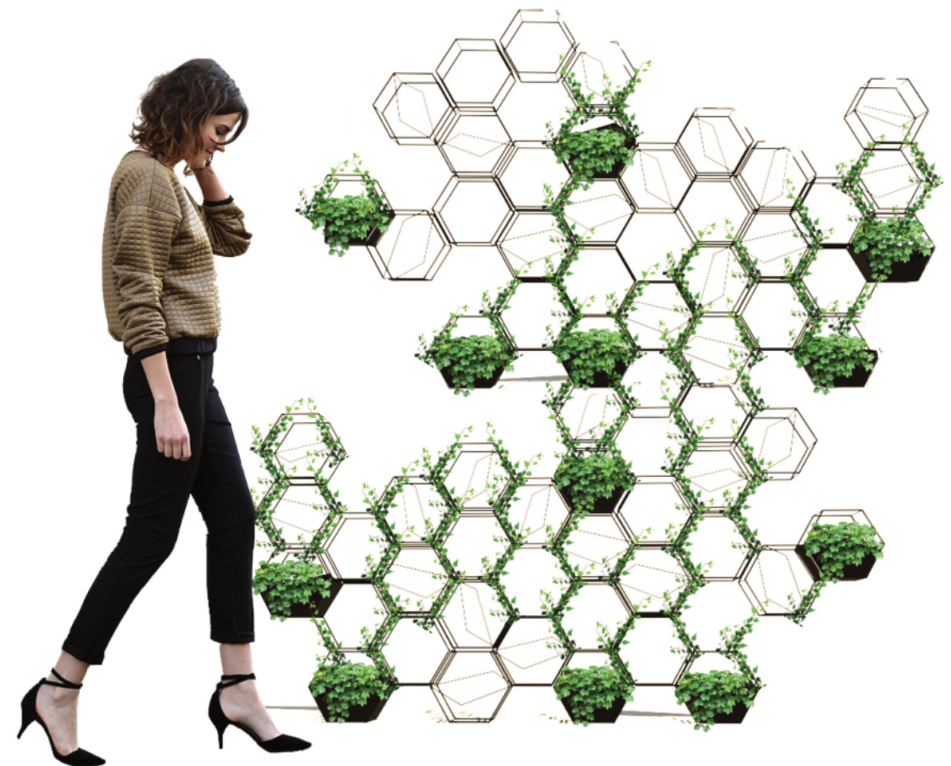
## EXPLORACIÓN 1.0

Comenzamos con la exploración en los programas digitales, tomando como base las formas hexagonales, cuya presencia la vemos en gran parte de la naturaleza. En esta primera exploración salen 3 variaciones, una sencilla con la estructura básica de la forma, una segunda versión con cortes asimétricos en ambos lados y la tercera con placas de estas intersecciones de la segunda figura, siendo esta la que cuenta con el espacio necesario que serviría como base para las plantas guía. Al interponer cada una de estas piezas de manera arbitraria se genera una estructura paramétrica dando un primer resultado de esta exploración.



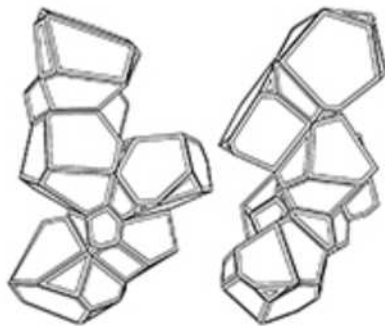
F45. Prototipos Exploración 1.0. N. Martínez, (2020), Marzo 15, 2020.

F46. Simulación Prototipo Exploración 1.0. N. Martínez, (2020), Marzo 15, 2020.



## EXPLORACIÓN 2.0

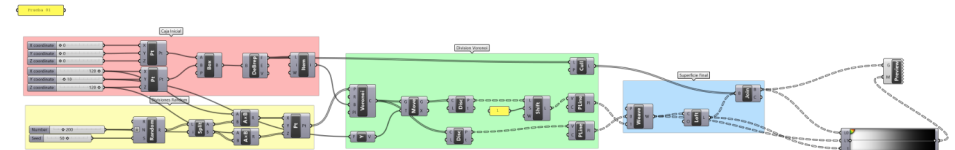
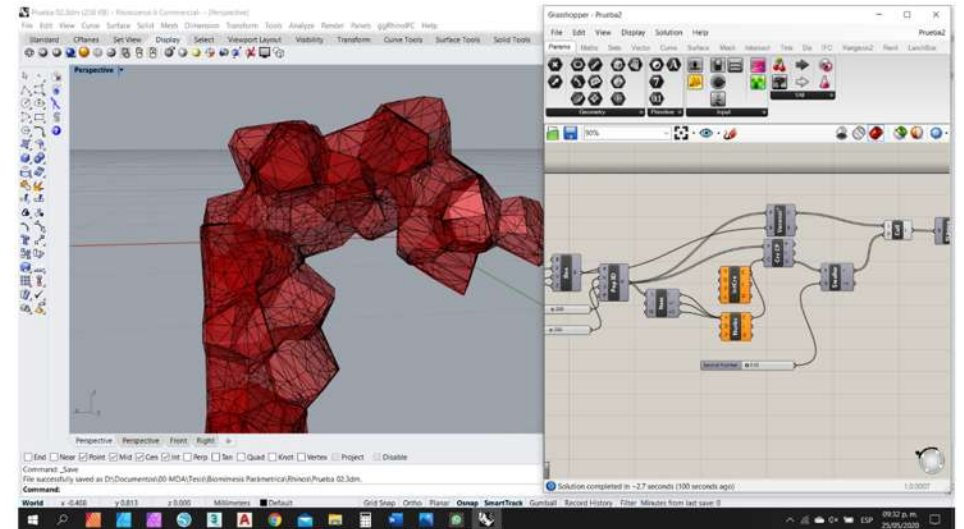
Siguiendo con la experimentación de formas y partiendo de la idea de crear bloques donde al irse uniendo entre si creen una estructura autónoma, de manera que pueda ir creciendo a la par con la planta guía, puede llegar a ser un solo elemento donde uno ayuda al otro, en base a eso tenemos como resultado este prototipo. En el programa digital Rhino<sup>MR</sup> y Grasshopper<sup>MR</sup> creamos una serie de polígonos de manera variable se van uniendo por alguna de sus caras, de manera que se crea una estructura basada en la unión de estos bloques.



F47. Simulación de geometría, (2020), Septiembre 28, 2020.

F48. Captura de pantalla Exploración 2.0, Software Rhino, N. Martínez, (2020) Septiembre 30, 2020.

F49. Definición de algoritmo para proliferación de prototipo, Script Grasshopper con Rhino, N. Martínez, (2020), Septiembre 30, 2020.



## EXPLORACIÓN 2.1

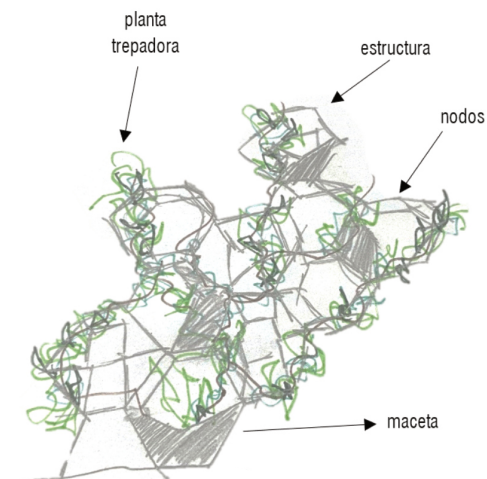
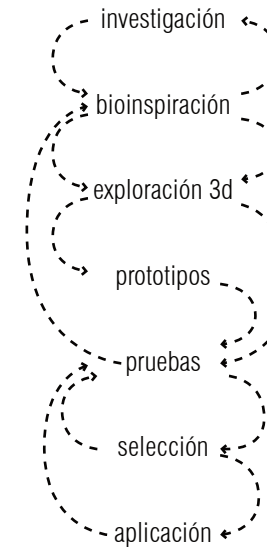
Partiendo de la exploración anterior y teniendo como base la creación de un cuerpo donde su estructura sea el soporte donde crecerá nuestra planta trepadora, comenzamos a definir formas, soportes y anclajes.

### Proceso De Diseño

Se comenzó tomando el modelo 3d que se realizó en el programa Rhino y Grasshoper en la exploración 2.0, basándonos en la idea de que elementos poligonales fluyan de manera paramétrica, creciendo y apoyándose entre sí para poder formar una estructura donde la planta trepadora pueda ir fluyendo de manera homóloga con la estructura, de manera que se crea un elemento vivo formado por un solo cuerpo el cual comprenderá de 4 elementos esenciales:

- BASE (soporte y nacimiento de la piel)
- ELEMENTOS ESTRUCTURALES (huesos)
- NODOS PARA ANCLAJE (articulaciones)
- PLANTA TREPADORA (piel)

### DIAGRAMA PROCESO DE DISEÑO



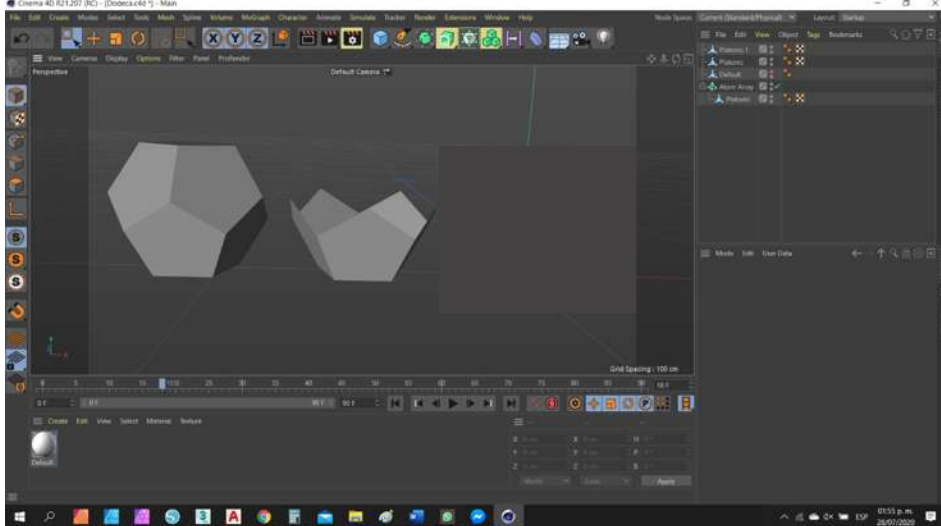
F50. Diagrama de Proceso de Diseño, N. Martínez, (2020), Octubre 3, 2020.

F51. Primer Sketch de Prototipo NATTICE, N. Martínez, (2019).

## Base

Se comenzó a definir y simplificar formas, en la exploración 2.0 se usan polígonos irregulares de distintos tamaños y proporciones, donde el programa los genera de manera aleatoria, pero para facilitar el proceso de producción y armado, entre menos pasos y piezas se tenga para armar un producto, menos serán los costos y tiempo de producción. Basándonos en el polígono regular a base de pentágonos, se sustrajo la parte de superior de manera que queda libre la parte inferior para la recepción de la planta guía, respetando la forma y quedando lista para recibir la estructura que se basa de igual manera en un dodecaedro.

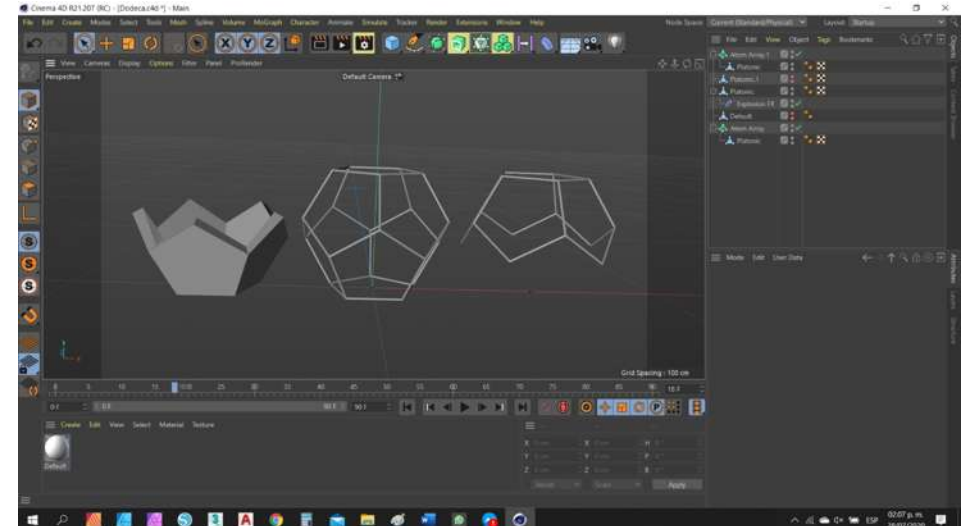
F52. Exploración de Diseño de Maceta. Software Cinema 4D, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.



## Estructura

Teniendo listo el elemento que servirá como base, pasamos a definir y resolver la estructura que se desprende de este módulo. En este caso será el mismo dodecaedro, en su estructura como tal a base de elementos cilíndricos que se unirán mediante los nodos de anclaje que veremos más adelante. Se extrae la parte inferior, contraria a la base de la maceta, para que esta se plante sobre ella y así se obtiene el módulo completo, sólido en la parte baja donde recibirá la planta guía y el superior donde comienza la estructura en la que se desenvolverá nuestra trepadora.

F53. Exploración de Diseño de Estructura. Software Cinema 4D, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.



## Nodos para Anclajes

Para el diseño de los anclajes de los segmentos de la estructura se comenzó por definir las características básicas de la pieza, que serían:

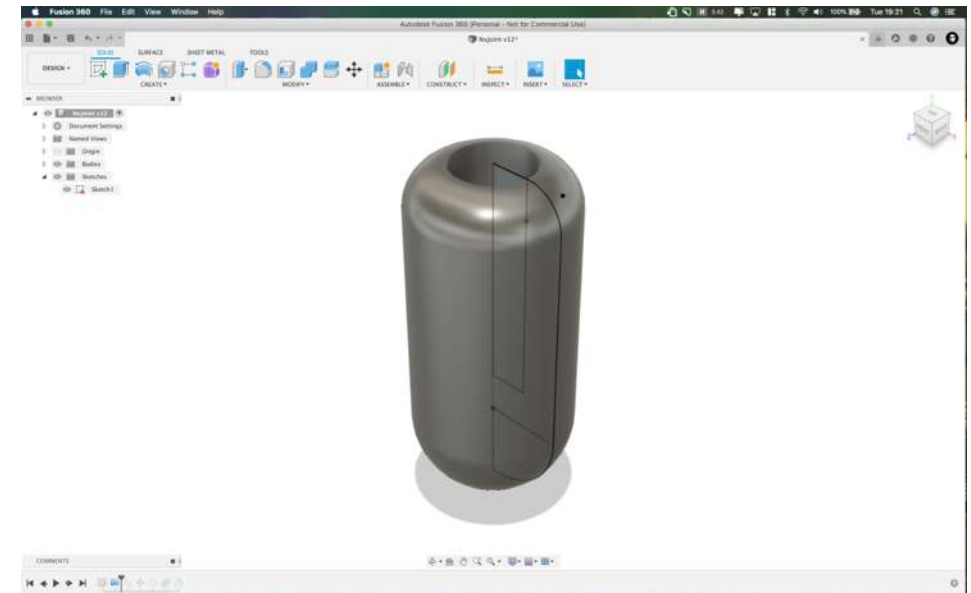
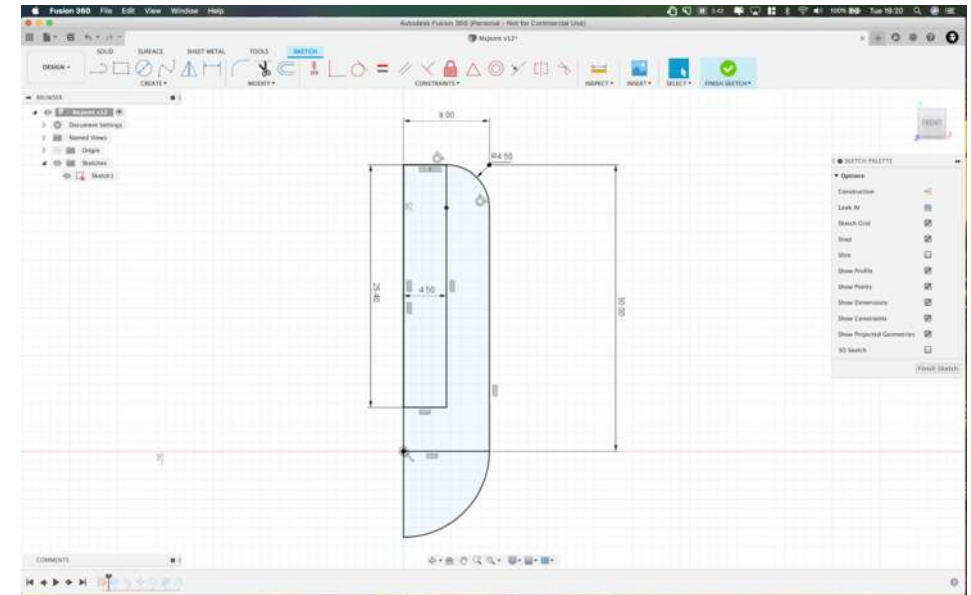
- Unir 4 segmentos al mismo tiempo
- Ligereza
- Resistencia
- Estética

Se prosiguió a realizar la pieza en el programa digital Fusion360, donde se diseña desde el perfil del mismo y donde se especifican los parámetros definidos a respetar.

Como se observa en la imagen F37, se diseñó en base a la función principal del nodo que es albergar y retener una pieza cilíndrica de un diámetro de 8mm, dejando el orificio de 9mm para tener 1mm de rebase, dando un radio de 4.5mm, de la misma manera se aplicó un chamfer para redondear los bordes y de manera que al abrazar la pieza fuera más resistente. Este fue uno de los procesos de diseño con más exploración, ya que esta pieza es la clave para que toda la estructura funcione.

F54. Exploración de Diseño de Nodo de Anclaje. Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020.

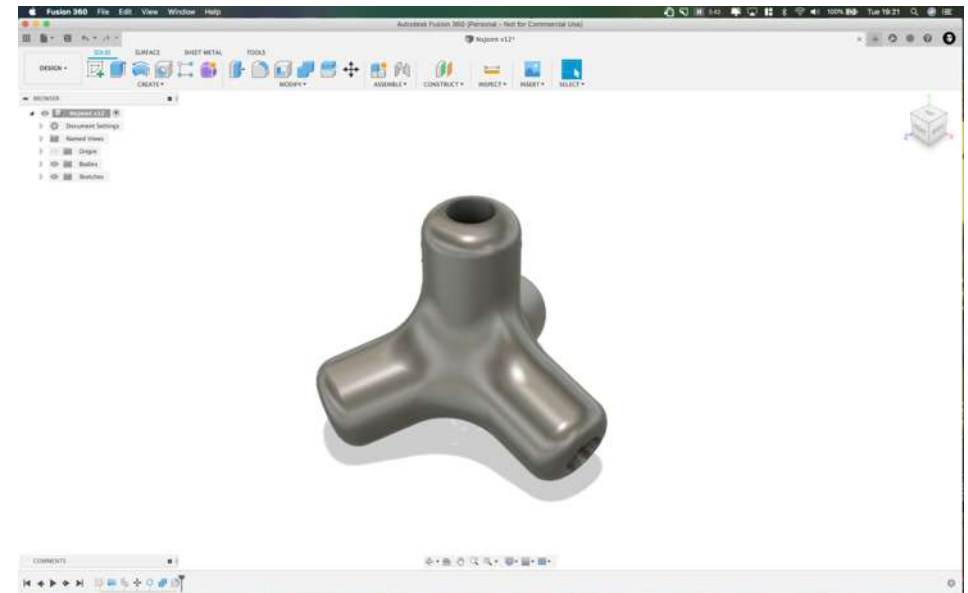
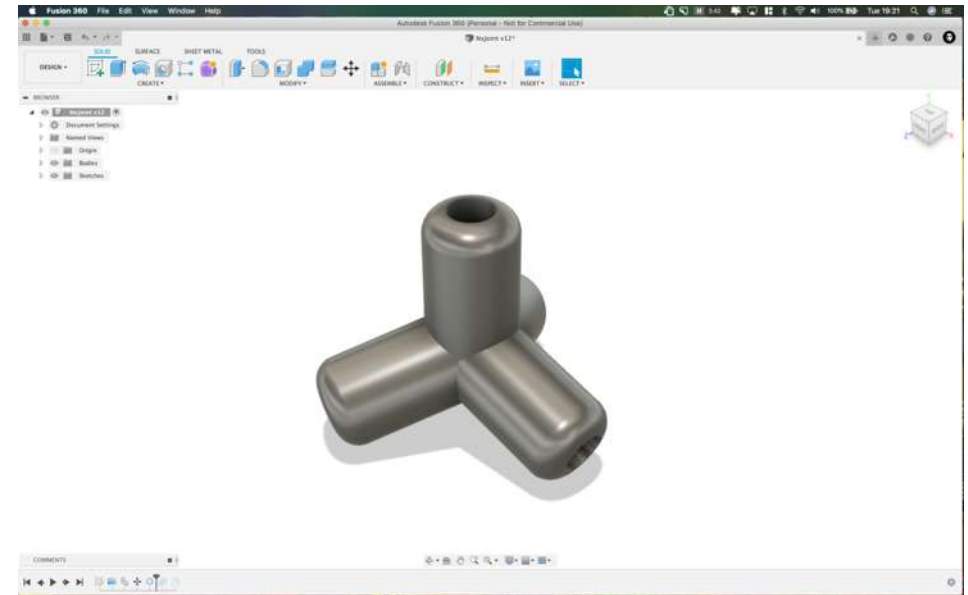
F55. Exploración de Diseño de Nodo de Anclaje. Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020.



F56. Segunda Exploración de Diseño de Nodo de Anclaje. Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Agosto 9, 2020.

F57. Tercera Exploración de Diseño de Nodo de Anclaje. Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Agosto 9, 2020.

Teniendo la primer parte del objeto, se prosigue a crear los otros segmentos que de igual manera servirán para albergar los elementos que en conjunto será la estructura. Al tener la forma lista, queda reforzar el diseño de la pieza, siendo específicamente donde está la intersección de los 4 elementos, por lo que hacemos chamfer de 14mm para que las uniones quedan de manera curva y se pueda repartir la fuerza y empuje que generarían los elementos a conectar.



Teniendo este modelo listo, se pasó a su impresión 3d para verlo y probarlo físicamente. Se imprimió en filamento PETG color negro, en este caso se sacó una pieza de prueba con 3 cavidades para checar tiempos de impresión y calibres. Al probar anclando los elementos cilíndricos de la estructura y forzarlos un poco, rápidamente colapso y se quebró una de sus cavidades, lo que refleja que el diseño de la pieza no es óptimo. Debido a esta falla se regresó al rediseño de la pieza para imprimirla y probar nuevamente. Se hicieron 5 exploraciones en total con distintos grosores, radios y morfología dándonos como resultado optimo la última pieza de las siguientes paginas (F42)

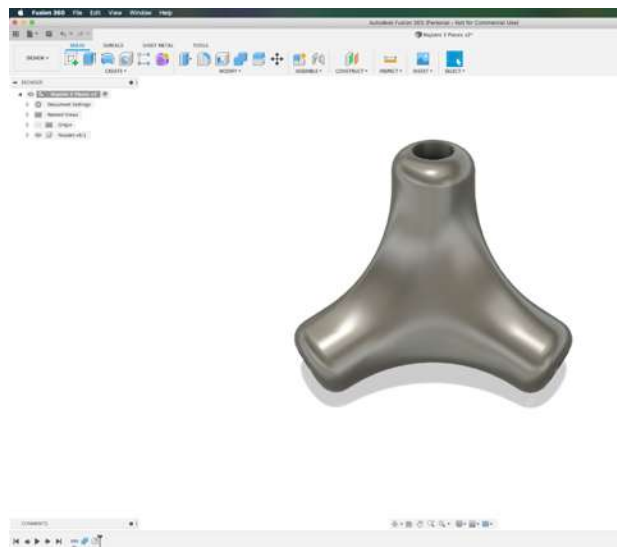
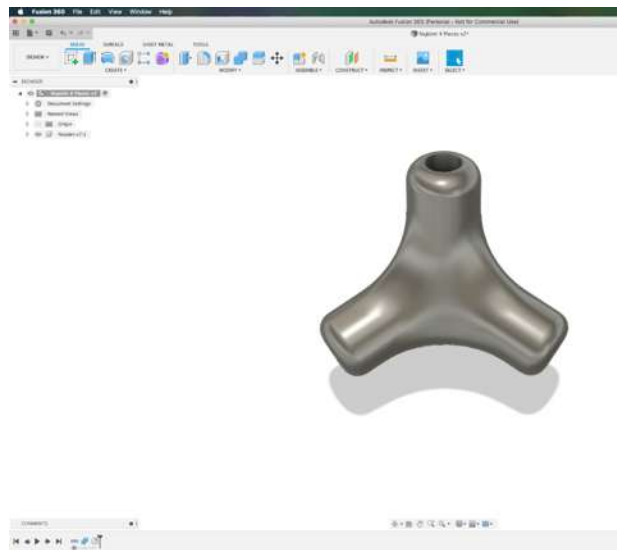


F58. Primer Pieza Impresa en 3d con filamento PETG en color negro con una boquilla de 0.4mm de diámetro, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.



F59. Primer Pieza Impresa en 3d colapsada, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.

F60. Primer Pieza Impresa en 3d colapsada, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.



F61. Cuarta Exploración Diseño de Nodo de Anclaje, Software Fusion 360 con cambios en la geometría aplicando Filled en los ángulos con un radio de 15mm, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.

F62. Quinta Exploración Diseño de Nodo de Anclaje, Software Fusion 360 con cambios en la geometría aplicando Filled en los ángulos con un radio de 20mm, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.

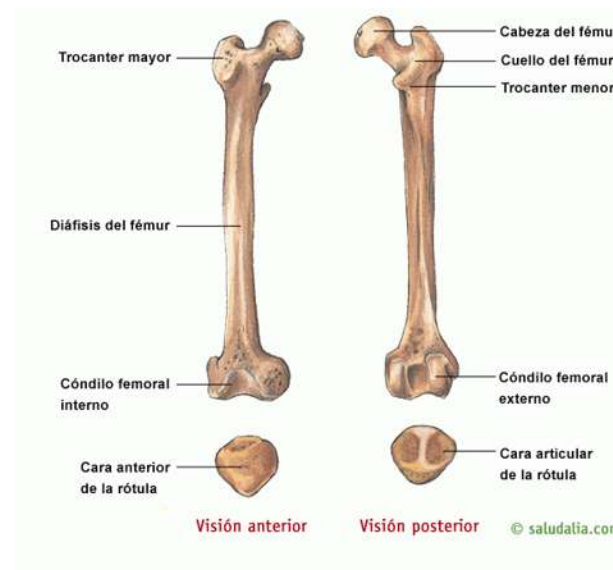
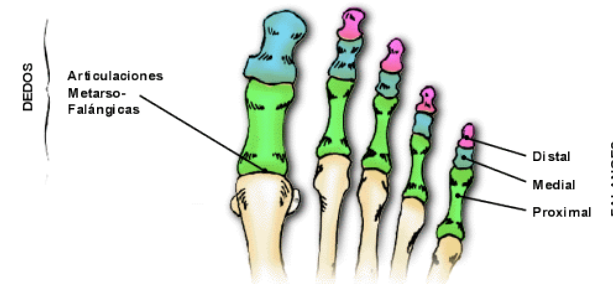


F63. Prototipo impreso en 3d con filamento PLA con filled en los ángulos con un radio de 15mm. N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.

F64. Prototipo impreso en 3d con filamento PLA con filled en los ángulos con un radio de 20mm. N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.

Con los nuevos modelos e impresiones, se pudo probar y comparar con diferentes materiales y formas, pero el resultado era muy similar. La pieza al forzarla y probarla se seguía sintiendo débil, por lo que se decidió intentar con otro programa digital paramétrico, ya que el que se estaba utilizando no pudimos mejorar más la pieza. Este otro programa llamado Code, tiene la característica de que funciona de manera matemática, esto significa que el modelo 3d se realiza mediante la aplicación de fórmulas y código de programación, haciendo que la pieza desde su formulación exprese si es resistente o no.

De esta manera se diseñó nuevamente la pieza desde cero, pero con el objetivo de que sea lo más redonda posible, ya que al igual que las articulaciones en los huesos donde se recibe o junta con otro, hace que esas secciones sean más robustas y redondeadas. Esto lo vemos claramente en la unión del fémur con rodillas y rótula o claramente también en la unión de los huesos de los dedos en las manos.



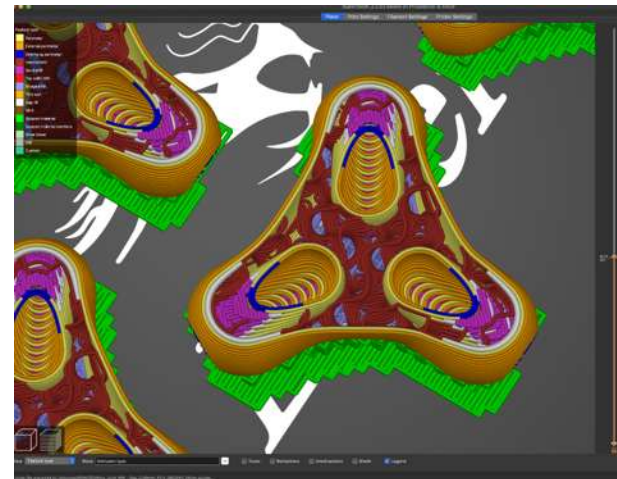
En esta exploración se consiguió realizar el modelo esperado, una pieza orgánica con bordes totalmente redondeados y que el programa mismo afirma de su firmeza y resistencia, (ver siguiente apartado de Análisis de Resultados) por lo que se prosiguió a realizar su impresión.

La pieza se imprimió de perfecta manera, con relleno tipo gyroide y aumentando el espesor de 4 a 6mm, se utilizó filamento PLA y al probarla insertando los elementos cilíndricos de la estructura fusión de manera perfecta.

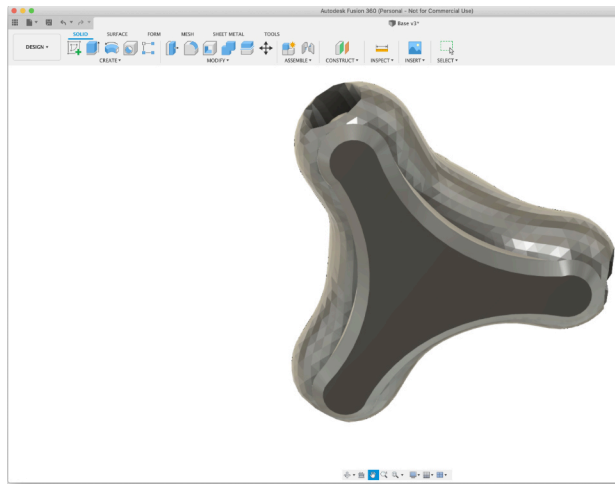
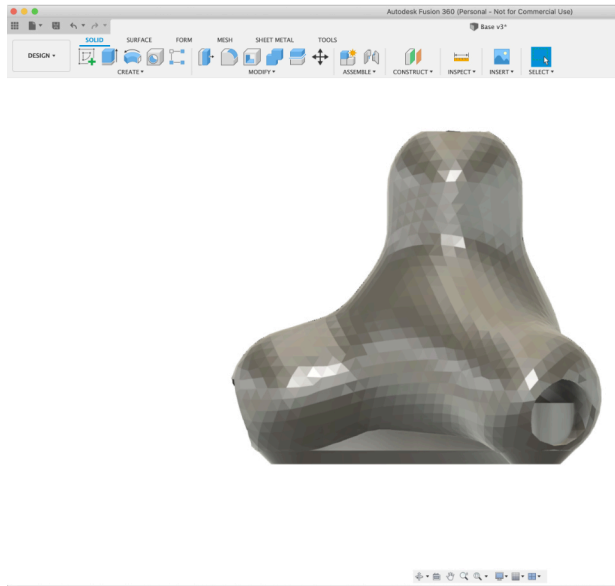


F66. Impresión 3d de la Quinta Exploración en filamento PLA naranja con una boquilla de 0.4mm de diámetro. N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020.

Sin embargo, apesar de que aparentemente la pieza se veía lista, se seguía notando un problema a la hora impresión y este era que debido a que su base es concava, el slider automáticamente creaba soportes en esta parte, lo que alargaba el tiempo de impresión y posterior a este, se tenían que retirar de manera manual, generando mas tiempo en mano de obra postproducción y por el lado estético que quedaban rebabas y los cortes del filamento al retirarlo. Debido a esto se requirió hacer una última exploración en la que se aplano la base de manera que no se necesitará la creación de dichos soportes, lo que generó disminución en el tiempo de impresión y al mismo tiempo disminución en el costo.



F67. Visualización de Slider de Impresión mostrando los soportes en color verde, (2020), N. Martínez, Julio 28, 2020.

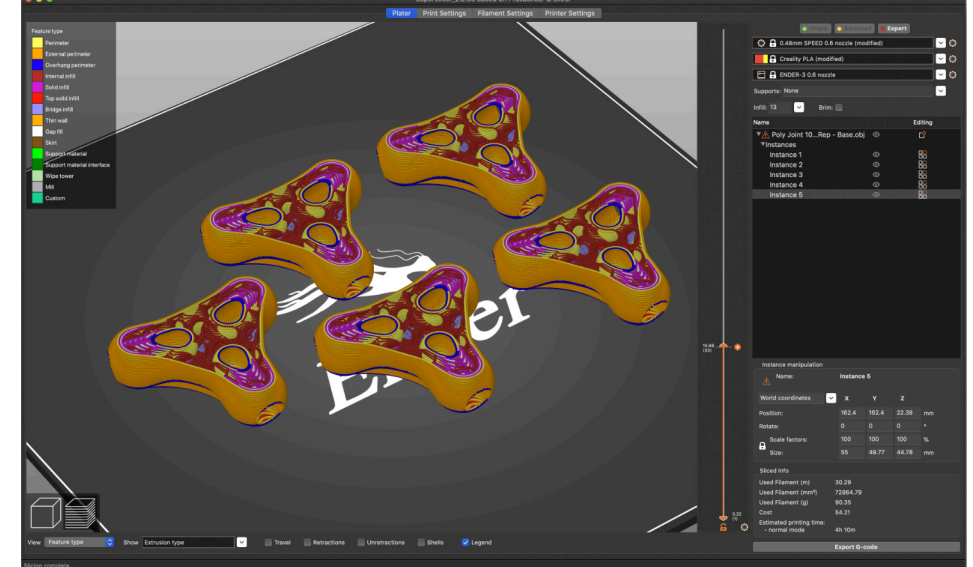
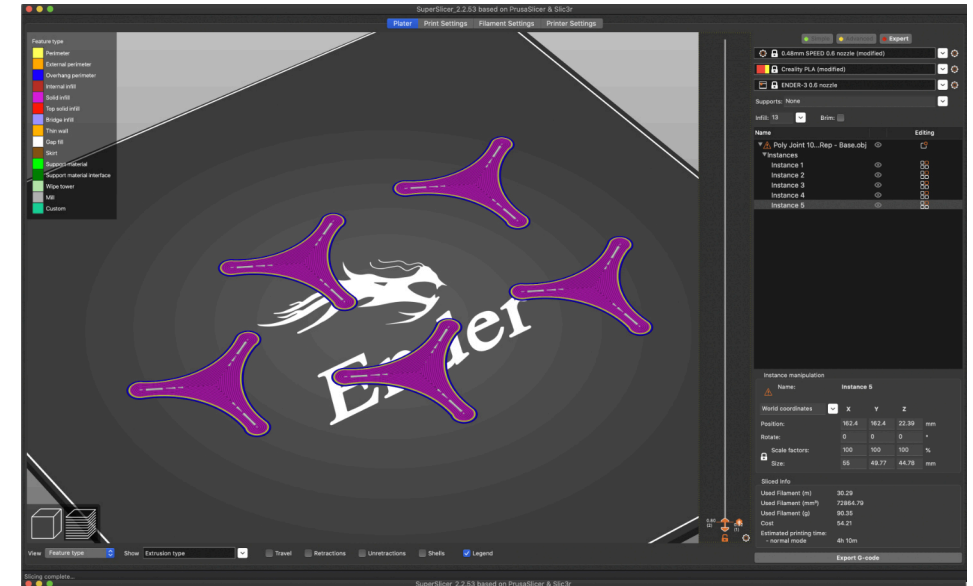


F68. Sexta Exploración Diseño de Nodo de Anclaje, Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020.

F69. Sexta Exploración Diseño de Nodo de Anclaje, Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020.

F70. Visualización de Slider de Impresión del Prototipo Final donde muestra base sin soportes, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020.

F71. Visualización de Slider de Impresión del Prototipo Final donde muestra base sin soportes, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020.



Otro punto importante a considerar es el tipo de impresión 3d. En las impresiones anteriores se eligió un sistema de impresión tipo malla reticular, pero como observamos en el primer resultado colapso al primer esfuerzo, de manera que se cambió a tipo giroide.

Un giroide es una estructura natural que se encuentra en las alas de las mariposas e incluso dentro de las membranas dentro de las células. En 2017, los investigadores del MIT descubrieron que cuando el grafeno se transformó en una estructura de giroide, tenía propiedades de resistencia excepcionales a bajas densidades. Sin embargo, luego descubrieron que el aspecto crucial de esto era en realidad la estructura del giroide en sí, y que otros materiales como el plástico podrían beneficiarse de esto.<sup>31</sup>

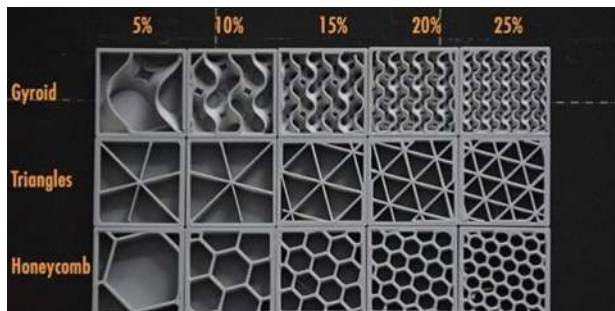
31. M. Harrison . (2018). Introducing Gyroid Infill. 01 octubre 2020, de Matt's Hub Sitio web: <https://mattshub.com/blogs/blog/gyroid-infill>

F72. Izquierda. Tipos de Relleno, A. Desconocido, (S/F), Octubre 28, 2020.

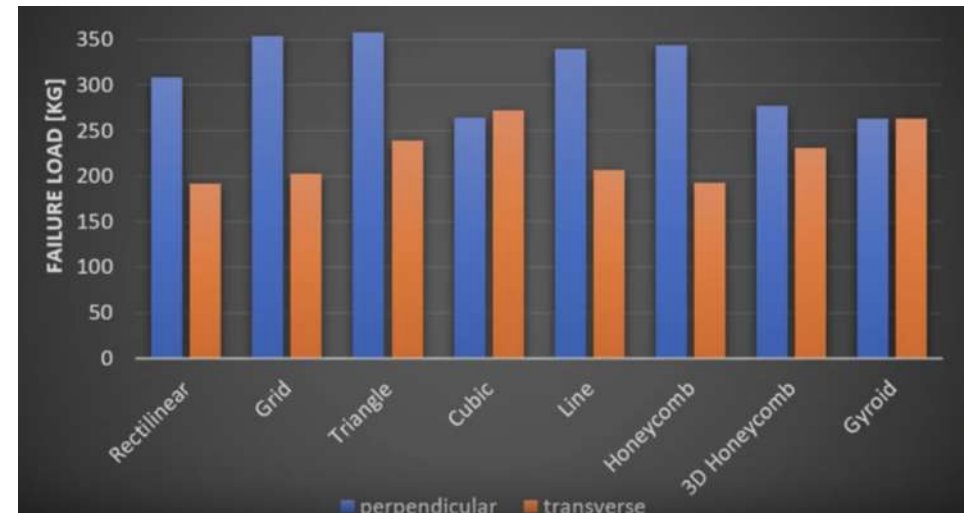
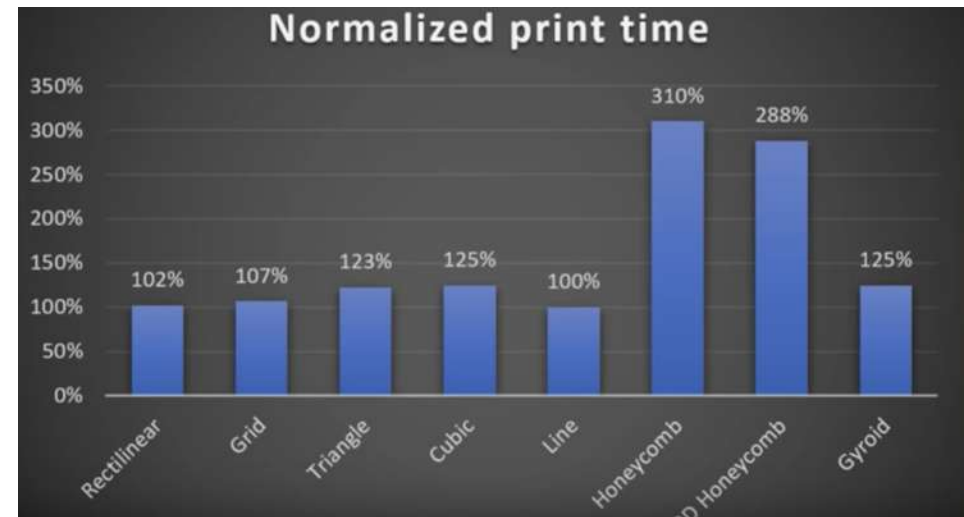
F73. Comparación de Tipos de Relleno en impresión 3d relativo al Peso, CNC Kitchen, (2020), Octubre 1, 2020.

F74. Tabla de resultados entre fuerza y peso en diferentes tipos de relleno en impresión 3d, CNC Kitchen, (2020) Octubre 1, 2020.

F75. Gráficas de tiempo de impresión y resistencia entre diferentes tipos de relleno en impresión 3d. CNC Kitchen, (2018), What are the advantages of gyroid infill?, 01 octubre 2020, CNC Kitchen Sitio web:<https://3dprinting.stackexchange.com/questions/7037/what-are-the-advantages-of-gyroid-infill>



	Details	Weight (g) ±0.01	% relative to gyroid	Load before breaking (g) ±50	% relative to gyroid
Gyroid	2 walls, 10% infill, 6 top and bottom layers.	6.53	-	9000	-
3D Honeycomb	Transparent PLA @ 225/65	7.10	108.7	8850	98.3
Rectilinear	Transparent PLA @ 225/65	6.63	101.5	7150	79.4



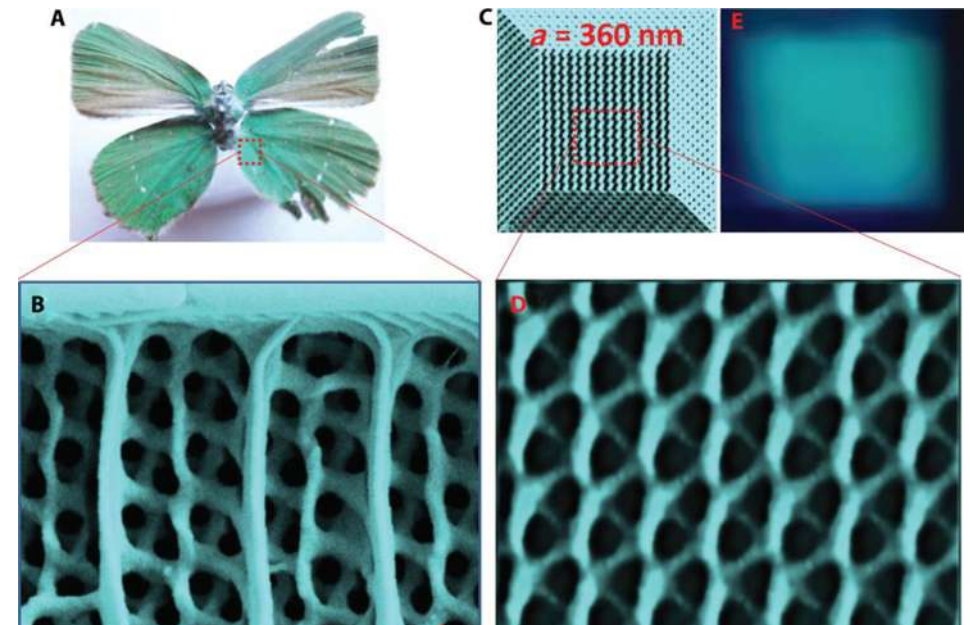
Los investigadores de la Universidad de Tecnología de Swinburne en Australia, Dirigida por el Dr. Zongsong Gan del Centro de Micro-Fotónica de Swinburne, Usando la forma de la mariposa como punto de partida en su descubrimiento y consecuente innovación, lo que descubrieron fue que si bien puede ser perfecto en su estado natural, funcionó mejor para sus propósitos cuando se redujo, y gracias al uso de dos litografía de super resolución, pudieron hacerlo. Respecto a esta técnica, los investigadores afirmaron que ofrece más flexibilidad en su estado artificial en términos de tamaño celular, fracción de llenado y control tanto de orientación como de terminación.

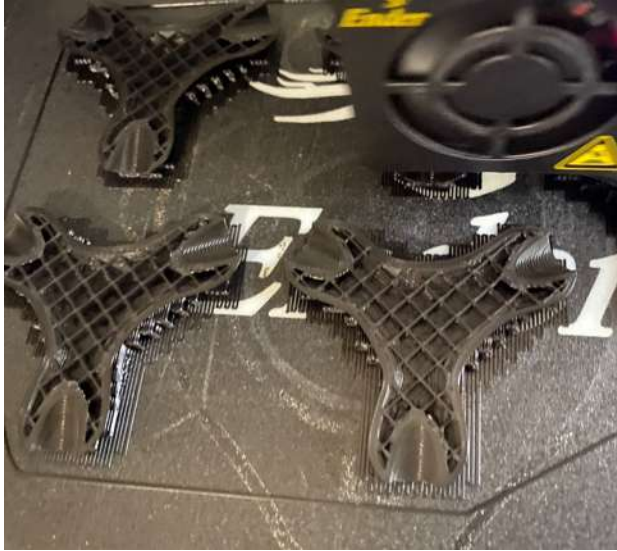
“Para replicar y superar por completo estas nanoestructuras 3D, necesitamos una técnica de fabricación 3D con una resolución de características de 100 nm y una separación de características de 300 nm”, afirman los investigadores. “Las técnicas de litografía de alta resolución, como la litografía por haz de electrones, pueden dar una resolución por debajo de 100 nm; sin embargo, no tiene capacidad 3D intrínseca.”

34. B. O'Neal. (2016). Butterfly Wings Inspire Aussie Scientists to 3D Print Stronger Structures for the Future of Electronics. 02 octubre 2020, de 3D PrintingScience & Technology Sitio web: <https://3dprint.com/138526/butterfly-wings-aussie-3d-print/>

F76. Comparación de las nanoestructuras de las alas de mariposa con nanoestructura giroide, Printing Science & Technology, (2020), Octubre 30, 2020.

Del estudio de investigación: Comparación de una estructura de giroide artificial con una natural. (A) Fotografía de la mariposa *C. rubi*. (B) Imagen SEM de las nanoestructuras encontradas dentro de las alas de las mariposas, con una periodicidad de alrededor de 350 nm. (C) Una nanoestructura de giroide artificial fabricada mediante litografía óptica de superresolución de dos haces con un tamaño de celda unitaria de 360 nm. (D) Zoom de la nanoestructura de giroide artificial. (E) Imagen de microscopía de reflexión de luz blanca de un giroide artificial. Su constante de celosía es 360 nm. El tamaño de la estructura es de aproximadamente  $20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ .<sup>34</sup>





F77. Impresión 3d de la Quinta Exploración con filamento PLA Negro con boquilla de 0.4mm de diámetro con relleno de rejilla, N. Martínez, (2002), Octubre 30, 2020.

F78. Impresión 3d de la Quinta Exploración con filamento PLA Negro con boquilla de 0.4mm de diámetro con relleno de rejilla, N. Martínez, (2002), Octubre 30, 2020.



F79. Impresión 3d de la Sexta Exploración con filamento PLA Negro con boquilla de 0.6mm de diámetro con relleno de Gyroide y Rejilla, N. Martínez, (2002), Noviembre 8, 2020.



F80. Impresión 3d de la Quinta Exploración con filamento PLA Negro con boquilla de 0.6mm de diámetro con relleno de Gyroide y Rejilla, N. Martínez, (2002), Noviembre 8, 2020.

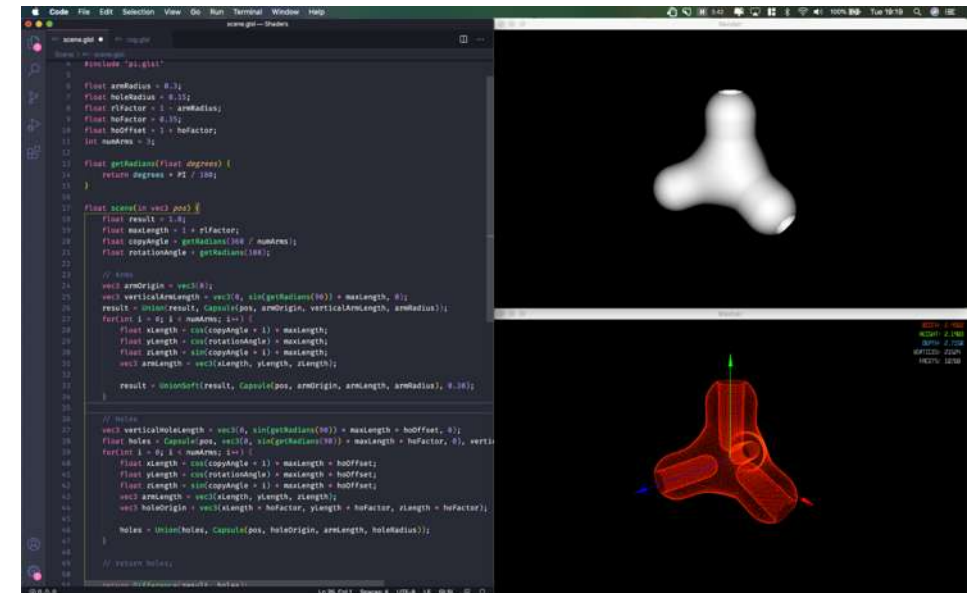


## ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PROTOTIPOS

Desde el inicio en el proceso de diseño los resultados fueron positivos, ya que se cumplía con el objetivo de crear una celosía vegetal, sin embargo, se siguió explorando con el diseño paramétrico, fue así que se desarrollo de manera más formal el prototipo 2.0, evolucionando al 2.1 donde encontramos resultados favorables. En este punto se analizó la materialidad y fabricación de pieza por pieza, enfocándonos en la principal que fue el diseño de los nodos de anclaje. Como se pudo observar su diseño y fabricación fue compleja, se utilizaron varios softwares especializados, además del tema de la fabricación de la misma, donde exploramos diferentes filamentos de impresión 3d, tipos de relleno y finalmente los resultados de cada una de estas piezas.

F82 Visualización de la última exploración de diseño para nodos de anclaje donde muestra su estabilidad y soporte. N. Martínez, (2020) Octubre 20, 2020.

El programa Code utilizado para desarrollar el ultimo prototipo, tiene la capacidad de expresar si la pieza diseñada es estable, firme y apta, esto mediante cálculos propios del software, mostrando en color verde si tiene alguna falla o parte débil o en color rojo si es firme y resiste, tal cual como lo observamos.



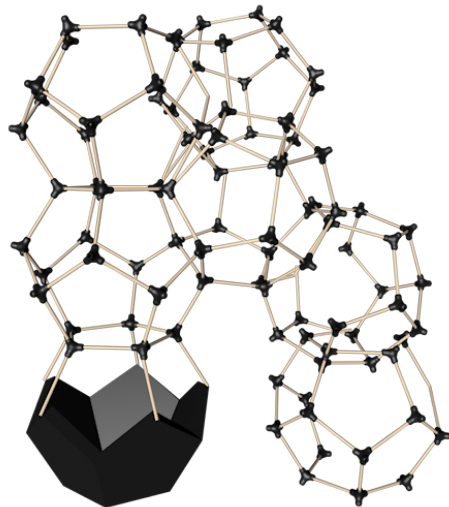


**FLOR**



# PROTOTIPO FINAL

Teniendo todos los prototipos individuales de cada elemento ya definidos, se continúa con la integración de cada uno para ver el resultado final del prototipo en conjunto. De esta manera se observa de manera clara el resultado a obtener en base a la experimentación de cada uno de estos. En la imagen se observa la visualización de un primer prototipo generado previo a las exploraciones definitivas, como podemos observar, el prototipo final se ve mucho más definido y claro en todos sus elementos.



F84. Visualización del prototipo final completo armado, N. Martínez, (2020), Octubre 30, 2020.

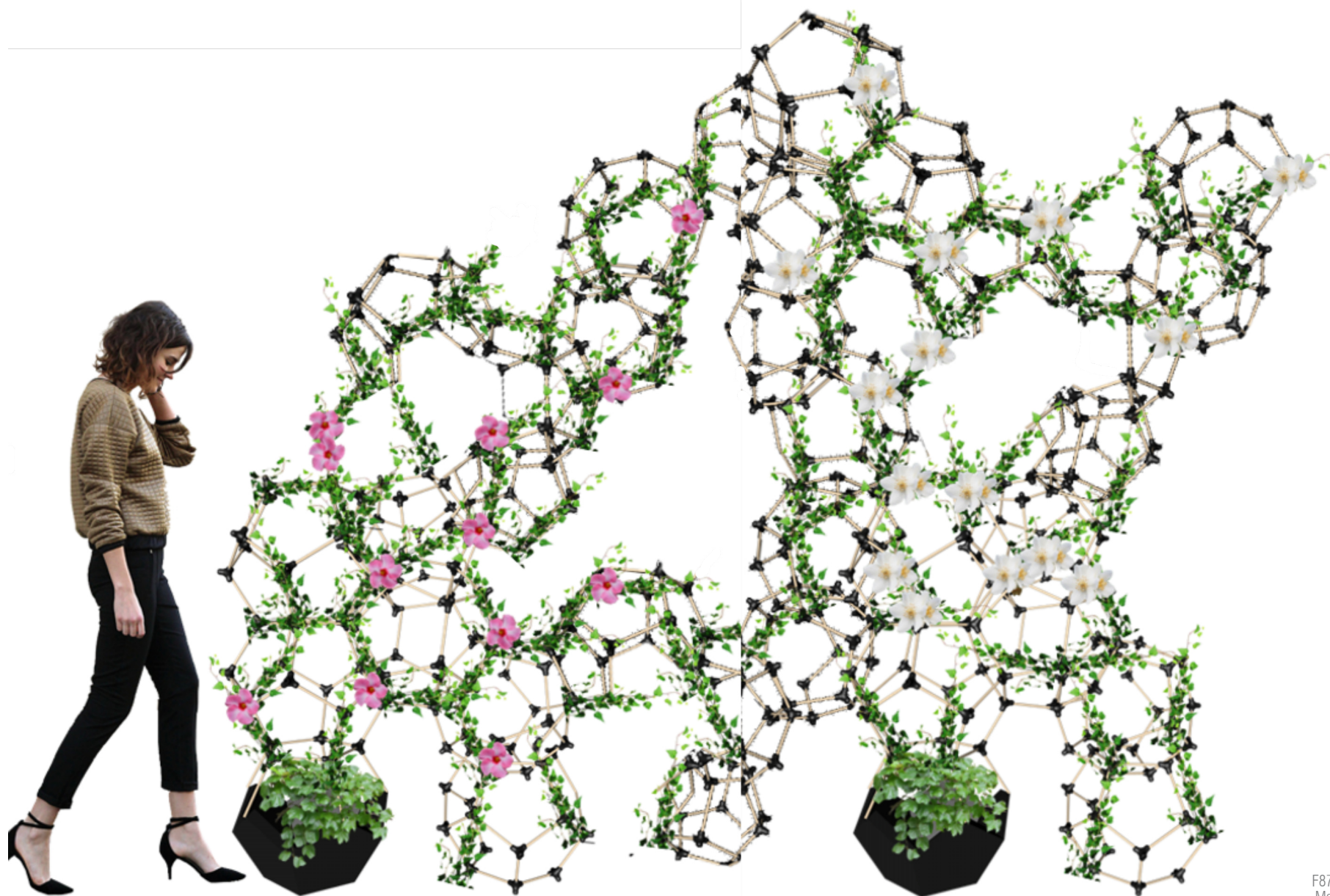
F85. Visualización Previa del Prototipo en General, N. Martínez, (2020), Abril 30, 2020.

Este prototipo creado en un principio, nos dio la pauta para observar las formas y el cómo se van uniendo unas con otras, donde buscando el equilibrio podemos crear una estructura autoportante. Es importante recalcar que este fue un primer acercamiento, partiendo de la exploración de formas con módulos sólidos y los estructurales.





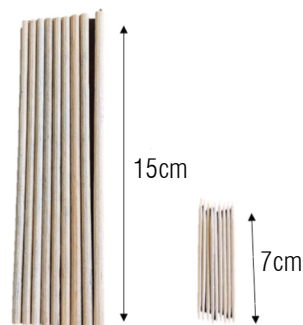
F86. Visualización Primer Prototipo,  
N. Martínez, (2020), Marzo 23, 2020.



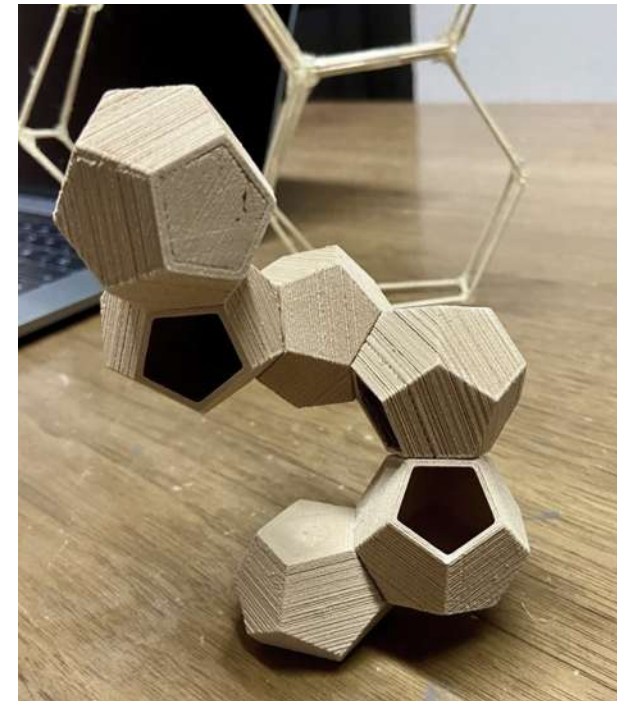
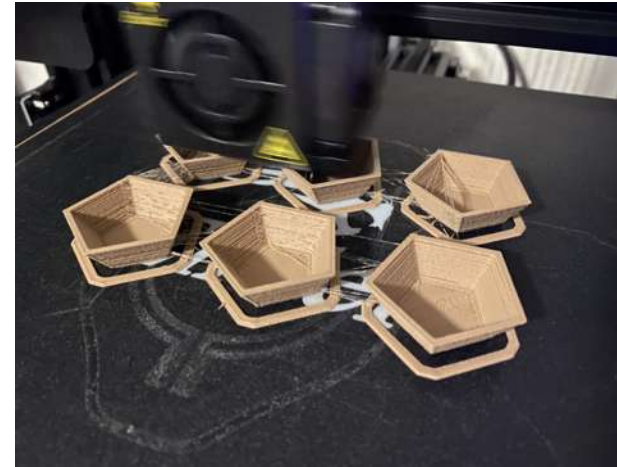
# PROTOTIPADO A ESCALA

Teniendo ya definidos todos los elementos esenciales, proseguimos hacia la impresión 3d, tomando como base los módulos de dodecaedro, esto para visualizar como puede ir desarrollándose el prototipo. En esta ocasión utilizamos un filamento con una composición de madera reciclada en un 30% y el otro 70% en PLA, sin embargo, solo se utilizó para pruebas, ya que a pesar de tener una apariencia total de madera no se podría utilizar en nuestro experimento debido a que no es resistente a la humedad ni al sol.

Por otro lado, se tomaron palillos de madera de cocina, como ejemplo a escala de los elementos cilíndricos que se aplicarían en escala real, la proporción es de 1:2



F88. Elementos cilíndricos de madera a escala, N. Martínez, (2020), Julio 29, 2020.



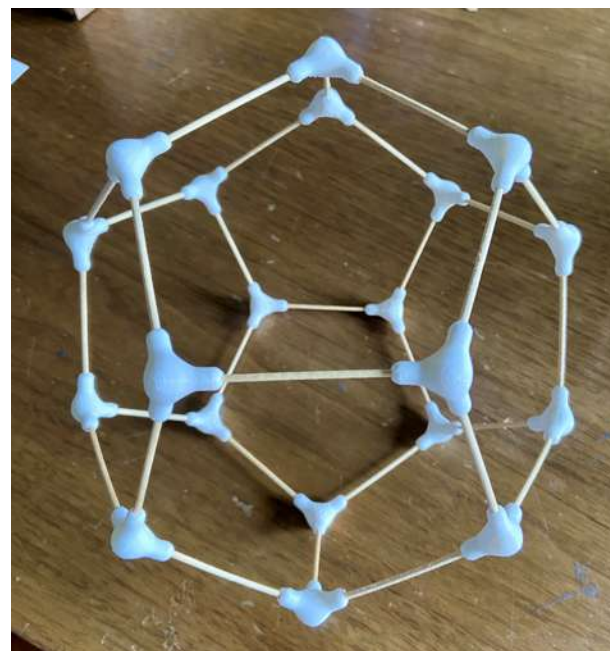
F89. Impresión de dodecaedros en filamento PLA con madera con boquilla de 0.4mm de diámetro, N. Martínez, (2020), Mayo 25, 2020.

F90. Prototipo a escala de la unión de módulos dodecaedros, N. Martínez, (2020), Mayo 25, 2020.

Se prosiguió con el armado en conjunto de los elementos de la estructura, utilizando los palillos de madera de 7cm, anclándolos a los nodos que se imprimieron a escala con filamento PLA color blanco.



F91. Prototipo armado a escala, N. Martínez, (2020), Julio 29, 2020.



F92. Prototipo armado a escala mostrando conexión con 3 elementos, N. Martínez, (2020), Julio 29, 2020.

F93. Prototipo armado a escala mostrando conexión con 3 elementos, N. Martínez, (2020), Julio 29, 2020.

# FRUTO



# ARMADO PRODUCTO FINAL

El proyecto, como se ha mencionado, consta de varios elementos y son:

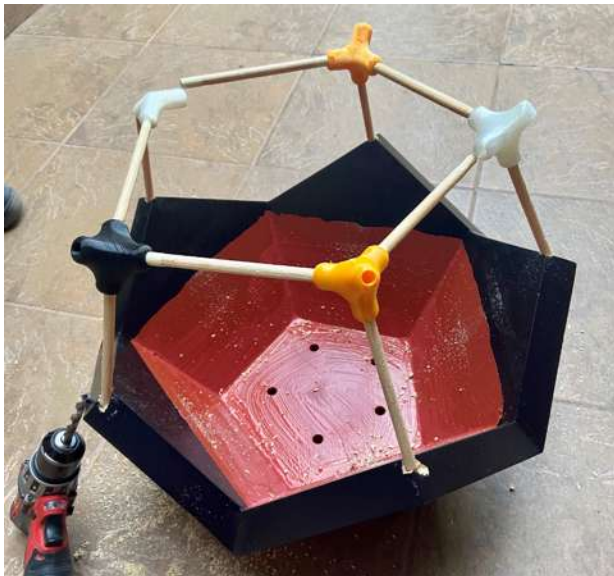
- Maceta
- Elementos Estructurales
- Nodos de Anclaje
- Planta Guía

Cada uno de ellos llevo un proceso y tiempo de producción, que de la misma manera para su armado en conjunto, por lo que se detallarán de manera individual enseguida.



## BASE

Comenzamos por la fabricación de la maceta que albergará a la planta trepadora, realizamos el croquis para el carpintero, las especificaciones fueron hacer una maceta de un polígono dodecaedro por mitad, con secciones de 18cm por cada lado del pentágono, con madera de pino requemada y tratada, acabado pintura negra mate especial para exteriores y con impermeabilizante rojo para mayor resistencia a la humedad. Su costo fue de \$1,650 incluyendo material y manos de obra. Se entrega en un periodo de 5 días.



F96. Maceta de madera con previo armado, N. Martínez, (2020), Julio 14, 2020.

Sin embargo, es importante recalcar que este elemento en una aplicación real puede o no puede ser necesario, debido que la planta podría plantarse directo en el suelo o jardinera ya hecha y de esta manera se ahorra el costo que esta genera, pero en caso de que sea necesario se busco otra opción más económica que sería una base genérica con el único requisito de tener un radio mínimo de 49cm, se consiguió una de estas características en una tienda departamental con un costo de \$650.



F97. Maceta de Fibra de Vidrio Genérica, A. Desconocido, (2020), Noviembre 3, 2020.

La planta seleccionada para plantar es la Dipladema, la cual se estudio y se propuso para la experimentación, se plantó directo en la maceta hexagonal, sobre una cama de tierra preparada para macetas y una sobrecama de abono orgánico especial para plantas con flor.

Se desenredó del tutor al que veía sujeto y después de armar la esqueleto del proyecto, se separó cada una de sus ramas para irlas sujetando a los respectivos elementos a los que se abrazarían para de ahí adaptarse y comenzar a crecer.

Posteriormente se le dio mantenimiento aplicando abono orgánico liquido para floración cada 2 meses.



## ESTRUCTURA

Se utilizaron palitos de madera de pino de 8mm de espesor y 15cm de largo, se compraron tiras de 2m de largo en maderería, que de igual manera se mandaron cortar con el carpintero con las dimensiones mencionadas. En total se compraron 16 tiras de las cuales salieron 112 palitos. Por cada módulo requerimos 15 – 20 piezas, dependiendo del armado y posición del módulos, por los que las 112 piezas nos alcanzarían para fabricar 8 módulos aproximadamente. El costo de estos elementos fue de \$250, incluyendo material y mano de obra. El costo unitario de cada elemento sería de \$2.23, que por 25 piezas que se necesitan su costo por modulo serian de \$55.75



F99. Elementos cilíndricos estructurales de 15cm Y 8mm de diámetro de espesor, N. Martínez, (2020), Julio 29, 2020.

## NODOS DE ANCLAJE

El proceso más importante y tardado fue la fabricación de los nodos para los anclajes de la estructura. En la primer etapa cada pieza requería de 2 horas 20 minutos de impresión, pero por lote de 5 piezas en total fueron 10 horas 30 minutos, disminuyendo por pieza 10 minutos, que en total seria 50 minutos de menor tiempo en producción. El costo por pieza de estos nodos fue de \$148, siendo que por modulo necesitamos por lo menos 20 piezas, tendrían un costo de \$2,960 por modulo. Esto mediante la impresión en tipo rejilla con un espesor de 4mm, debido al costo se hicieron mas exploraciones en la producción de este elemento.



F100. Nodos impresos en 3d, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020.

En la última exploración se cambio el tipo de relleno de impresión al igual que el diámetro de extrusión, teniendo una disminución importante en tiempo que es proporcional al costo de la impresión y el cuál es significativo, por lo que se prosiguió con la impresión de las piezas de esta manera.

	IMPRESION 4	IMPRESION 5	IMPRESION 6	RESULTADO
Diámetro Extrusión	0.4mm	0.6mm	0.6mm	
Tipo de relleno	Retícula	Gyroide	Mixta	
Porcentaje de relleno	20%	13%	13%	
Tiempo por pieza	2 hrs 20 min	1 hrs 6 min	54 min	62% más rápido
Tiempo por lote 5 pzas	10 hrs 30 min	5 hrs 3 min	4 hrs 9 min	60% más rápido
Costo Unitario	\$148	\$80	\$65	57% de ahorro

Cabe destacar que estando en búsqueda en la reducción de los costos de este elemento, el cual es el mas importante y costoso, se investigó sobre la manera de obtenerlo en mayor volumen por medio del proceso de inyección de plástico, sin embargo para poder llevarse a cabo de esta manera se requiere de gran cantidad de inversión, tanto en cantidad de piezas como en cuestión monetaria.

F101. Tabla Comparativa de las Últimas Impresiones en 3d de los nodos de anclaje, N. Martínez, (2020), Noviembre 5, 2020.

Se contactó con varias empresas dedicadas a este proceso, algunas contestaron que no podían, otras no contestaron y solo PlasticosCRT nos proporcionó costos aproximados, en los que destacan que el costo por pieza rondaría en \$1.10 USD, con corridas mínimas de 5,000 piezas, mas la inversión del molde de \$25,000 USD. Por lo que ese método de producción queda descartado por el momento a falta de inversión.



F102. Cotización de Plásticos CRT para inyección de plástico, N. Martínez, (2020), Octubre 10, 2020.

## ARMADO

La estructura se compone de dos piezas principales, las cuales son los nodos y los elementos cilíndricos, que se unen a presión en cada una de las cavidades del nodo de anclaje, formando en una estructura geodésica que servirá de apoyo para que la planta guía crezca alrededor de ella haciendo la analogía de la piel y los huesos.

Las piezas se unen de manera limpia, pero al pasar los días se observó que algunas piezas se botaban, debido a la lluvia o cambio en el clima, por lo que se aplicó cinta masking tape en las puntas de las uniones de manera que sirviera como adherencia entre los dos objetos, lo cual resultó positivo y reforzó la estructura notablemente.



F103. Armado de estructura del proyecto experimental, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.



F104. Elemento cilíndrico con cinta masking tape, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.

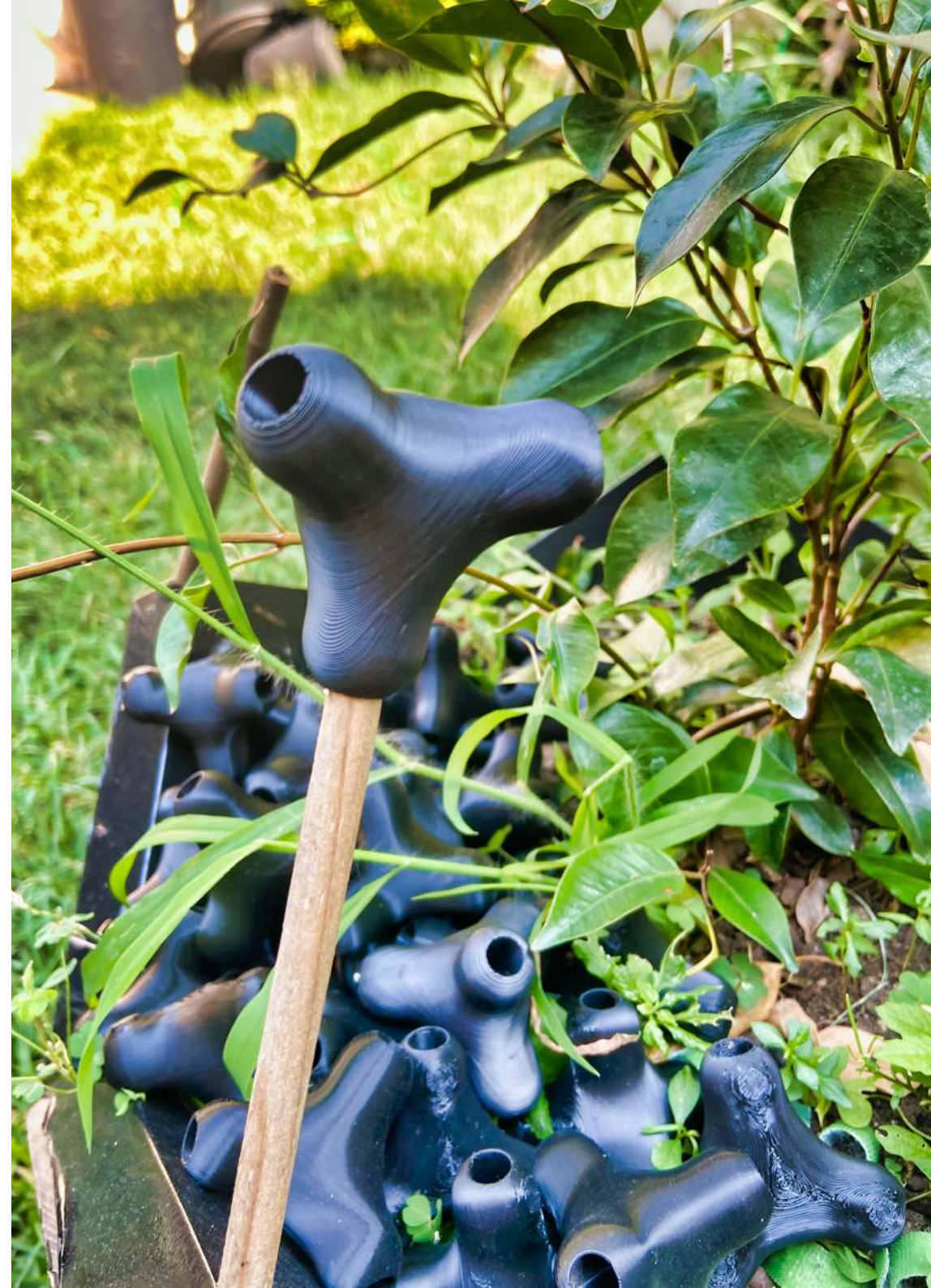
F105. Elemento cilíndrico con cinta masking tape unido al nodo de anclaje, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.

## PRODUCTO FINAL

Teniendo listos todos los elementos se prosigue a juntarlos y armarlos en conjunto, que sería la base, elementos cilíndricos estructurales, nodos de anclaje y por último nuestra planta trepadora. En este caso se planto la enredadera llamada Dipladenia, debido a que se encontraba en mejor condición para ser utilizada, la segunda enredadera el Jazmín de Madagascar se queda pendiente para la segunda exploración con la base genérica.

Ya armado, plantado y listo, empezamos a observar su crecimiento y comportamiento, además de analizar las variables que se habían mencionado en un principio, que son:

- Adaptabilidad
- Crecimiento
- Cobertura
- Floración
- Tiempo de vida





# ANÁLISIS DE CRECIMIENTO

Para llevar un control de las variables que mencionamos, se tomarán varios puntos de referencia para con ellos llevar una lectura clara de la experimentación. Constarán de 6 puntos los cuales se calificarán según su desempeño en las variables antes mencionadas como los calificativos: pésimo, malo, regular, bueno y excelente, esto mediante método de observación y apreciación.

**PR1**



**PR2**



**PR3**



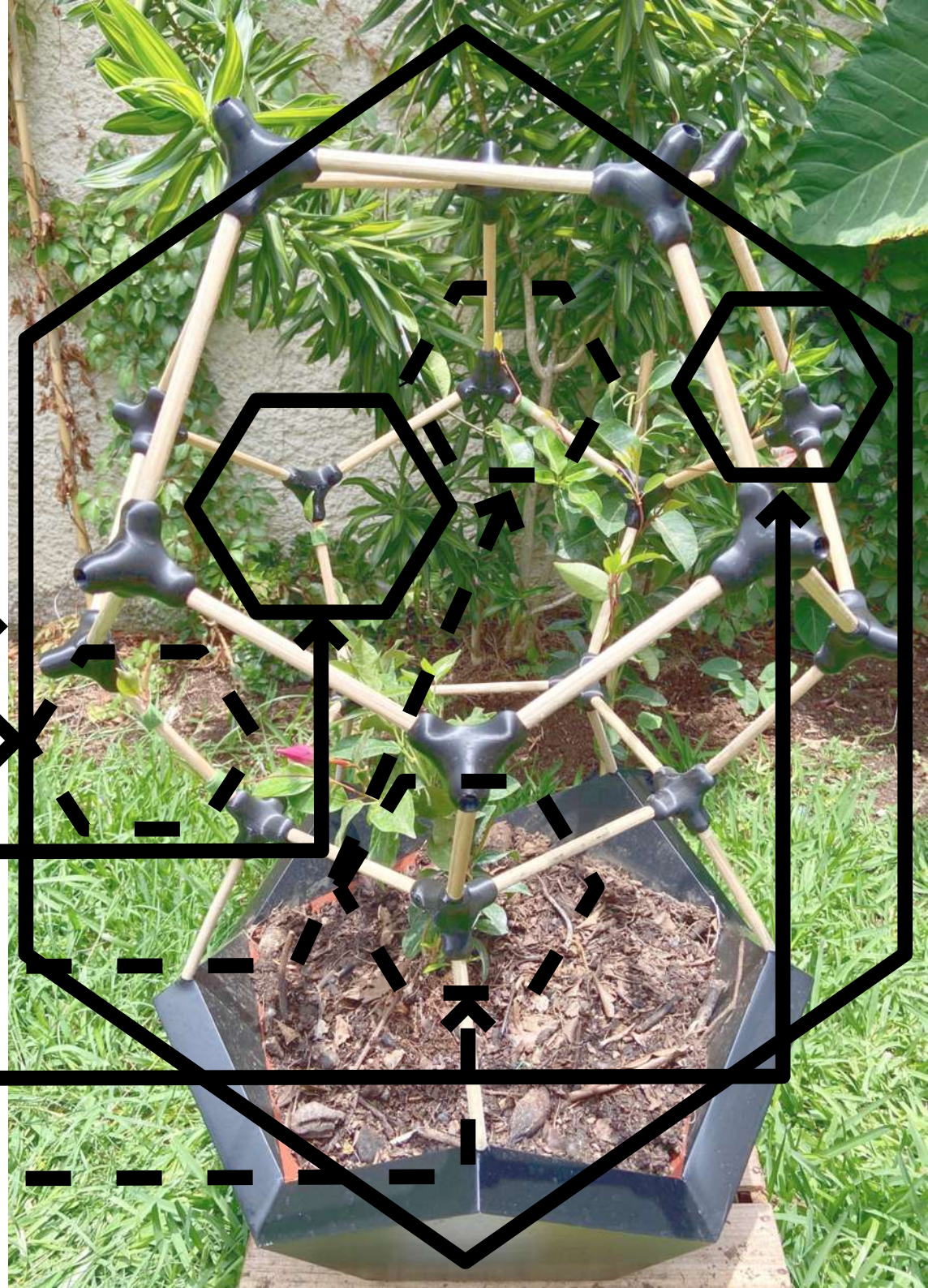
**PR4**



**PR5**



**PR6**



Se llevará a cabo un registro fotográfico alrededor de las 12:00pm, teniendo un registro diario la primer semana y después en días más espaciados. El experimento se ubica en un jardín con orientación noroeste, recibiendo los rayos del sol desde las 8:00am hasta aproximadamente las 3:00pm. La valoración se hará mediante el método de observación y apreciación, calificando en una gráfica el desempeño de cada una de las variables, las cuales se describen a continuación.

- **Adaptabilidad.** Se refiere a la acción de adaptarse, en este caso de la planta a su base y/o estructura.
- **Crecimiento.** Se refiere a la acción y efecto de crecer, en este caso se medirá en centímetros.
- **Cobertura.** Se refiere a la acción de la planta en cubrir la estructura tutor mediante la frondosidad de sus hojas.
- **Floración.** Se refiere a la acción de florecer, siendo este sinónimo de que la planta va bien.
- **Tiempo de vida.** Se refiere al tiempo que la planta o en este caso sus tallos vivan antes de secarse.



Los calificativos que se usarán son en base a la siguiente escala gráfica:

Excelente	Que la planta se encuentra en excelente condición, sus hojas son verdes, brillantes y no presenta ningún tipo de daño.
Bueno	Que la planta se encuentra en buena condición y casi no presenta algún tipo de daño.
Regular	Que la planta se encuentra en condición regular y puede llegar a presentar algún tipo de daño.
Malo	Que la planta se encuentra en mala condición y presenta daño como hojas amarillas.
Pésimo	Que la planta se encuentra en pésima condición y el daño que presenta es irreversible, la planta muere.

F110. Tabla Calificativa de Resultados, N. Martínez, (2020), Noviembre 5, 2020.

F109. Armado Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.



# PR1

La primer semana es sumamente importante, ya que es la etapa de adaptación de la planta con su base y/o estructura, en este caso se aprecia su adaptación perfecta al florecer a la semana de ser plantada.

Pasando este primer periodo, se puede observar un notorio crecimiento en las semanas posteriores, teniendo como punto final de comparación a revisar un periodo de 4.5 meses (140 días), siendo el día 8 de diciembre de 2020.

La estructura comienza a crecer adaptándose a la planta guía y viceversa, de igual manera se percibe el crecimiento de la plantas silvestres al mismo entorno que sirven como base para la planta principal y variedad al proyecto.

F111. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR1, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020.

F112. Superior Izquierda, PR1 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.

F108. Superior Derecha, PR1 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020.

F113. Posterior Izquierda, PR1 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020.

F114. Posterior Derecha, PR1 Día 107, N. Martínez, (2020), Diciembre 8, 2020.

VARIABLES	RESULTADOS
Adaptabilidad	Buena
Crecimiento	Bueno
Cobertura	Buena
Floración	Buena
Tiempo de vida	140 días



Día 1, 22 de julio de 2020



Día 8, 29 de julio de 2020



Día 60, 18 de septiembre de 2020



Día 140, 8 de diciembre de 2020

# PR2

Como comentábamos, la primer semana es la más importante, ya que es cuando la planta se adapta a su entorno inmediato, como referencia particular al Punto de Referencia 2, se aprecia su buena adaptación al florecer sin ningún problema y en perfectas condiciones.

Pasando el tiempo de floración que fue de 2 semanas aproximadamente, tiempo en que el botón abrió, floreció y se marchito, podemos observar que la rama de este punto sigue verde, pero sin crecimiento aparente hasta pasados 60 días, después de este tiempo se aprecia un evidente crecimiento, alcanzando en 30 días una altura de 45cm aproximadamente.

F115. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR2, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020.

F116. Superior Izquierda, PR2 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.

F117. Superior Derecha, PR2 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020.

F118. Posterior Izquierda, PR2 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020.

F119. Posterior Derecha, PR2 Día 107, N. Martínez, (2020), Diciembre 8, 2020.

VARIABLES	RESULTADOS
Adaptabilidad	Buena
Crecimiento	Bueno
Cobertura	Regular
Floración	Regular
Tiempo de vida	120 días



Día 1, 22 de julio de 2020



Día 8, 29 de julio de 2020



Día 60, 18 de septiembre de 2020



Día 140, 8 de diciembre de 2020

# PR3

El Punto de Referencia 3 ha sido el mas lento de todos, a simple vista no se aprecia ningún evolución, este punto queda prácticamente estancado sin percibir cambios aparentes después de pasados 90 días, incluso comienza a apreciar sequedad en su tallo.

F120. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR3, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020.

F121. Superior Izquierda, PR3 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.

F122. Superior Derecha, PR3 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020.

F123. Posterior Izquierda, PR3 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020.

F124. Posterior Derecha, PR3 Día 107, N. Martínez, (2020), Diciembre 8, 2020.

VARIABLES	RESULTADOS
Adaptabilidad	Regular
Crecimiento	Malo
Cobertura	Malo
Floración	Malo
Tiempo de vida	120 días



Día 1, 22 de julio de 2020



Día 8, 29 de julio de 2020



Día 60, 18 de septiembre de 2020



Día 140, 8 de diciembre de 2020

# PR4

Este punto de referencia se comporta de manera similar al anterior, ya que en las primeras semanas parece no haber crecimiento y así continúa hasta los 30 días donde se comienza a ver crecimiento, sin embargo en el lapso de 100 días tan solo crece aproximadamente 10cm.

F125. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR4, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020.

F126. Superior Izquierda, PR4 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.

F127. Superior Derecha, PR4 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020.

F128. Posterior Izquierda, PR4 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020.

F129. Posterior Derecha, PR4 Día 107, N. Martínez, (2020), Diciembre 8, 2020.

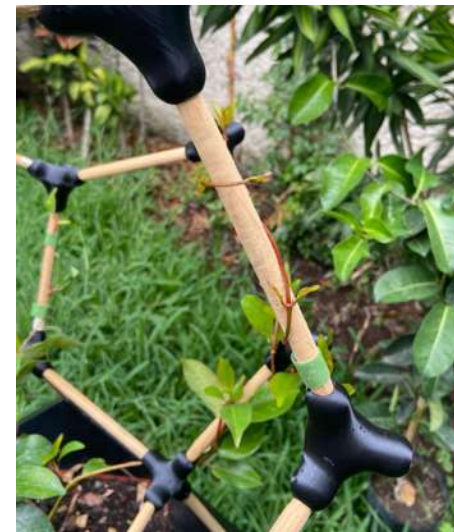
VARIABLES	RESULTADOS
Adaptabilidad	Regular
Crecimiento	Regular
Cobertura	Regular
Floración	Regular
Tiempo de vida	140 días



Día 1, 22 de julio de 2020



Día 8, 29 de julio de 2020



Día 60, 18 de septiembre de 2020



Día Día 140, 8 de diciembre de 2020

# PR5

Este Punto de Referencia sin duda fue el más representativo del experimento, debido a que desde la primer semana se observó su favorable adaptación y evolución y al terminó de este análisis es el mas abundante y visible.

Se apreció crecimiento de 2cm aproximadamente por día, por lo que para los primeros 8 días ya se observaba crecimiento de unos 15cm, a los 60 días 75cm y a los 120 días 90cm, además de los retoños que crecieron en su mismo tallo, dando mas extremidades que se adaptaban a la estructura, desarrollando nuevas vértices que a su vez generaron nuevas incrustaciones para un nuevo modulo continuo.

F130. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR5, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020.

F131. Superior Izquierda, PR5 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.

F132. Superior Derecha, PR5 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020.

F133. Posterior Izquierda, PR5 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020.

F134. Posterior Derecha, PR5 Día 107, N. Martínez, (2020), Diciembre 8, 2020.

VARIABLES	RESULTADOS
Adaptabilidad	Excelente
Crecimiento	Excelente
Cobertura	Buena
Floración	Buena
Tiempo de vida	140 días



Día 1, 22 de julio de 2020



Día 8, 29 de julio de 2020



Día 60, 18 de septiembre de 2020



Día 140, 8 de diciembre de 2020

# PR6

Este punto creció de manera lenta al principio, pero en cuanto pasaron los primeros 30 días, se observó su adaptación y con ello su evolución.

Se calcula un crecimiento de 35cm aproximadamente hasta el día 107 de su plantación.

F135. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR6, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020.

F136. Superior Izquierda, PR6 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020.

F137. Superior Derecha, PR6 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020.

F138. Posterior Izquierda, PR6 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020.

F139. Posterior Derecha, PR6 Día 107, N. Martínez, (2020), Diciembre 8, 2020.

VARIABLES	RESULTADOS
Adaptabilidad	Buena
Crecimiento	Bueno
Cobertura	Buena
Floración	Buena
Tiempo de vida	140 días



Día 1, 22 de julio de 2020



Día 8, 29 de julio de 2020



Día 60, 18 de septiembre de 2020



Día 140, 8 de diciembre de 2020



# PR NUEVOS

F140. Nuevos Retoños en Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020.

F141. Nuevos Retoños en Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020.

F142. Nuevos Retoños en Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020.

F143. Nuevos Retoños en Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Diciembre 8, 2020.

En el proceso de desarrollo de la planta, fueron creciendo nuevos tallos y ramas lo que permitió adjuntar nuevos elementos al proyecto, no se tomarán como puntos de referencia específicos, debido de que nacen de los ya establecidos, sin embargo se tomarán en cuenta para el siguiente registro fotográfico.

Se puede observar que la mayoría de estos tallos esta en perfectas condiciones, lucen frescos, verdes y la etapa de floración comienza a surgir, se alcanza a apreciar pequeños botones que nacen de estos tallos y que pronto seguirán su ciclo y florecerán.





# ARMADO EXTRA

Como parte de una segunda exploración con el armado del proyecto en conjunto y habiendo adquirido el módulo de la base genérica se prosiguió con la implementación de la planta trepadora Jazmín de Madagascar.

En este caso solo se llevará como ejemplo y no con un análisis riguroso debido a que tiene muy poco tiempo de haber sido plantada, esto debido al tiempo que se tomo para encontrar una dicha base genérica que se adaptará a las proporciones de nuestro proyecto, en este caso se requiere de un diametro mínimo de 49cm y una altura de 40cm.

Como se observó en el armado del producto final anterior, se requieren mínimo 3 meses para un estudio más completo. Sin embargo se plasma un reporte fotográfico del proceso.

F144. Superior Izquierda, Segundo Armado Proyecto Nattice, Sembrado, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020.

F145. Superior Derecha, Segundo Armado Proyecto Nattice, Inicia Armado, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020.

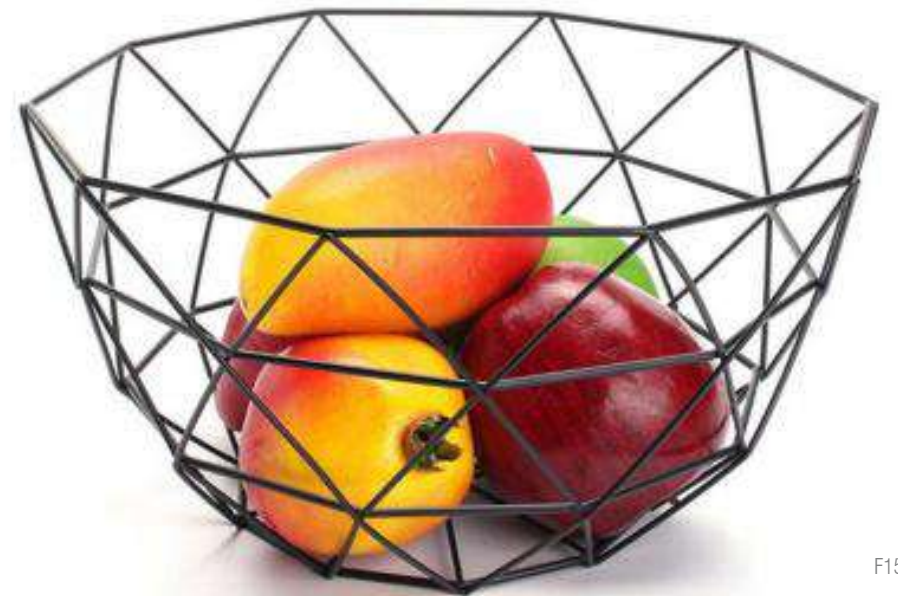
F146. Posterior Izquierda, Segundo Armado Proyecto Nattice, Armado en Proceso, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020.

F147. Posterior Derecha, Segundo Armado Proyecto Nattice, Armado, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020.









F154.

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis comienza desde el día 22 de julio de 2020, tomando dicha fecha como el día 1, ejecutando como método de observación la toma de fotografías de cada uno de los Puntos de Referencia (PR) aproximadamente a la misma hora (12:00pm), obteniendo así los primeros resultados. La evolución del crecimiento de la planta guía en conjunto con la estructura revelan resultados hasta varios días después de instalarse. En la primer semana pareciera no verse ningún movimiento excepto por el PR5, donde claramente se observa como el tallo se va apoderando del cuerpo cilíndrico, de manera que le sirve de apoyo para crecer tal como se esperaba. Este mismo punto es la principal referencia y donde se observa mayor evolución, ya que llegando al día 90 este punto en particular alcanza a crecer en este lapso más de 90cm aproximadamente, dando como resultado la instalación de un segundo modulo superior. De la misma manera, otros puntos empiezan demostrar crecimiento, como lo es el PR6 y de la misma manera el PR2 y PR5 muestran un crecimiento importante y quedan como los puntos más comparativos para análisis en el experimento.



Un punto importante en el proceso de crecimiento que no se había mencionado, es la ayuda que se le da a planta para que crezca sobre los elementos de la estructura, esto debido a que se observa, que si bien, la planta mediante su circunmutación crece alrededor de un tutor, no crece de manera tan organizada a él, por lo que se requirió el uso de cintas que ayudarán a adherir el tallo a la estructura de manera suave pero firme.

Esta cinta es un producto comercial de la marca VELCRO llamado ONE-WRAP, el cual es una correa auto sujetable de polietileno de baja densidad que envuelve, ata y asegura a la planta con la estructura, siendo ajustable y reutilizable. Dichas cintas se cambiaban o ajustaban cada 2 días aproximadamente, dependiendo del crecimiento de cada uno de los puntos, ya que, de no hacerlo, el tallo de la planta no se adhiere a la estructura como debería, destacando a este momento que es un punto importante, ya que estas ayudarán a que “la piel se adhiera al esqueleto”.

F156. Empaque Cinta Velcro One Wrap, A. Desconocido, (S/F), Septiembre 23, 2020.

F157. Cinta Velcro One Wrap, A. Desconocido, (S/F), Septiembre 23, 2020.

F158. Rama después de 2 días sin ajustar, N. Martínez, (2020), Octubre 23, 2020.

F159. Rama ajustada a estructura, N. Martínez, (2020), Octubre 23, 2020.



Teniendo la matriz del conteo de las tablas de cada uno de los Puntos de Referencia, se puede observar que hay una variedad de resultados en dichos puntos, por un lado llama la atención el PR3, el cual durante estos más de 100 días no ha mostrado crecimiento, pero por el contrario el PR5 se adaptó de manera excelente, al igual que su crecimiento satisfactoriamente evidente, alcanzando una distancia aproximada de mas de 100cms en un lapso de 3 meses, de la misma manera los puntos PR2 y PR6, mostraron resultados positivos.

TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS PR					
	Adaptabilidad	Crecimiento	Cobertura	Floración	Tiempo de vida
PR1	Buena	Bueno	Buena	Buena	120 días
PR2	Buena	Bueno	Regular	Regular	120 días
PR3	Regular	Malo	Malo	Malo	120 días
PR4	Regular	Regular	Regular	Regular	120 días
PR5	Excelente	Excelente	Buena	Buena	120 días
PR6	Buena	Bueno	Buena	Buena	120 días

F160. Tabla Comparativa de Resultados de PR, N. Martínez, (2020), Noviembre 6, 2020.

F161. Primer y Segundo Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 3, 2020.





# PROPUESTA DE OTROS USOS

Nattice se pensó y desarrollo con un objetivo en específico, la creación de una celosía vegetal viva, sin embargo, con la evolución del proyecto y el resultado del producto final se resalta la diversidad de uso en otros ámbitos de la arquitectura, entre estos: construcción de estructuras geodésicas, pabellones, cubiertas tipo tridilosa, esculturas e incluso estructuras de soporte para distintos fines particulares, todo dependiendo de la escala en la que se proyecte. En cada caso se analizaría sus aportaciones y manejo de ella, resaltando el resultado final que fue la creación de nodos para estructuras geodésicas.

En el caso de los usos de los domos geodésicos, éstos son de lo más variados. Desde estructuras temporales, como tiendas de espectáculos cerrados o planetarios desmontables, hasta viviendas, hoteles, edificios públicos o casetas de jardín para todo tipo de utilidades.

En el caso de estructuras a pequeña escala, podemos pensar en mobiliario como mesas, libreros y incluso juguetes.



# PRESUPUESTO

Así como en el proceso de diseño y producción hubo evolución, esta misma fue reflejada en el presupuesto, ya que el costo de producto final es de vital importancia para que sea viable.

Como se puede observar en la tabla a continuación hubo variación importante en el costo de los nodos el cual es el elemento más costoso.

	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	RESULTADO
<b>Módulo Básico</b>				
Maceta (1 pieza)	\$1,650.00	\$650.00	\$650.00	
Elementos cilíndricos (35 piezas)	\$78.05	\$78.05	\$78.05	
Nodos (25 piezas)	\$3,700.00	\$2,000.00	\$1,625.00	
Planta (1 pieza)	\$150.00	\$150.00	\$150.00	
<b>TOTAL</b>	\$5,428.05	\$2,878.05	\$2,503.05	53% más económico
<b>Módulo Extra</b>				
Elementos cilíndricos (25 piezas)	\$55.75	\$55.75	\$55.75	
Nodos (15 piezas)	\$2,960.00	\$1,200.99	\$975.00	
<b>TOTAL</b>	\$3,015.75	\$1,255.75	\$1,030.75	65% más económico
	<b>\$8,443.80</b>	<b>\$4,133.80</b>	<b>\$3,533.80</b>	<b>58% más económico</b>

F163. Tabla Comparativa de Costos del Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020.

En la tabla adjunta, el costo total redujo casi un 60% de la fase inicial, además de que el costo puede bajar más en el caso de que no se necesite una base y este proyecto se establezca desde una jardinera ya hecha.

Queda en consideración también el hecho de que se pueda reducir más el costo mediante el método de producción de inyección de plástico, sin embargo como se mencionó en el apartado correspondiente, requiere de una mayor cantidad de inversión al mismo tiempo de mayor número de piezas a producir. Por lo que de momento queda con estas características y especificaciones para su producción.

En el punto del presupuesto total de este proyecto se tiene como dato una inversión de más de \$15,000 hasta el momento, contando desde las piezas iniciales de experimentación, las que se han perdido por errores en el proceso de impresión, hasta las últimas ya definidas y en producción.

# CONCLUSIONES

A lo largo de la historia el hombre siempre ha intentado mejorar su estancia de vida en este mundo, muy a menudo sirviéndose del diseño como medio para alcanzar dicho objetivo, por ello, muchos arquitectos nos esforzamos en investigar y experimentar formas, materiales o estructuras nuevas.

El diseñador, por su propia naturaleza creativa, debe buscar diversos recursos que sean útiles en la generación de propuestas y romper con lo ya establecido. El diseño arquitectónico debe mantenerse en una constante innovación y ofrecer nuevas propuestas que ayuden al usuario a entenderse con el entorno. En este proyecto, se diseñó una serie de exploraciones y experimentos apartir de procesos basados en la biomimética como principal elemento de inspiración de la naturaleza. Se llevó a cabo con éxito la aplicación de la geometrización como herramienta para las diversas propuestas, de las cuales, una evolucionó, logrando cubrir las características requeridas para su aplicación y experimentación.

El proceso fue alentador y estimulante por confirmar la validez del apoyo en la naturaleza como un recurso para la geometrización que proporciona una estructura estética y funcional al diseño de producto, en este caso, aplicado al uso de una celosía natural.

Hoy en día nos encontramos ante una situación en la que se están produciendo numerosos cambios que invitan a cuestionarse diversas preguntas acerca de la arquitectura. ¿Cual será el futuro de la arquitectura? ¿Evolucionará la arquitectura paramétrica? ¿La naturaleza ayudará a la arquitectura o la arquitectura ayuda a la naturaleza? Y si es así, ¿En que dirección? ¿Con que nos sorprenderá nuevamente este nuevo proceso de pensamiento y de diseño?

La utilización del diseño paramétrico, ha conseguido establecerse como una experiencia innovadora y enriquecedora del proyecto arquitectónico. Y en conjunto con la arquitectura viva y la experimentación puede abrirnos una gran cantidad de puertas hacia novedosas técnicas biológicas, digitales y/o sostenibles.

Es por ello, que con base en los resultados obtenidos se puede observar el desarrollo positivo de esta tesis experimental, dando como fruto un proyecto de arquitectura viva donde la naturaleza y lo material se

fusionan entre sí, la una a la otra se ayudan para crecer y formar un mismo cuerpo, la analogía de la piel y huesos da vida, dando como resultado esta celosía vegetal, que nace de la fusión del diseño+tecnología+naturaleza, tal como era el objetivo principal.

Queda demostrado que se puede hacer uso naturaleza como elemento conector entre el diseño y la tecnología, donde podemos diseñar las condiciones en las que la naturaleza pueda adaptarse y de esta manera trabajar al unisono, por lo que se prueba la hipótesis inicial de que la combinación de estos 3 conceptos es totalmente viable, funcional y se obtiene el producto esperado con resultados positivos.

De la misma manera comprobamos que hay mucha información en la naturaleza, por lo que mediante la observación se puede avanzar y proponer nuevas respuestas a problemas en los distintos ambitos del diseño. Muchas veces creemos que tenemos que pelear con la naturaleza para obtener lo que deseamos sin ponernos a pensar que nos podemos valer de ella y obtener mejores y mayores beneficios.

Por otro lado, el costo general de dicho proyecto resultante hasta ahora sigue siendo alto, apesar de que se logró una reducción considerable al costo inicial, esto se debido a la impresión en 3d, desafortunadamente, como se comentó de manera previa la inversión para fabricar estas piezas es sumamente alta, ya que se necesita fabricar el molde en acero y otros factores, dando un aproximado de inversión de más de \$30,000 USD, por lo que se sigue con la inquietud de perfeccionar dicho proyecto, buscar nuevos métodos de producción y materiales, teniendo desde ahora la visión de una segunda etapa de análisis, ya que de igual manera, se recomienda esperar aproximadamente 6 meses más en lo que se cumple 1 año de la implementación, siendo el tiempo recomendado por los expertos en el que la planta alcanza la madurez suficiente y así mismo, teniendo un mayor crecimiento podemos dar paso a la medición y análisis de otras variables que nos ayudarán a comprobar de manera más directa la función de una celosía viva, las cuales son: Sensación Térmica, Incidencia Solar, Humedad y Absorción de CO2.

Sin embargo, para concluir se afirma que el proyecto experimental funciona y es totalmente viable, por lo que de manera independiente se seguirá en proceso de mejoramiento e investigación.



“

**La biomimesis habla de  
reconectar con la Tierra  
y recuperar la biofilia,  
el amor y la conexión  
con la naturaleza**

”

MANUEL QUIROZ

# BIBLIOGRAFÍA

1. Alive  
Advancements in Adaptive Architecture, Manuel Kretzer, Lugger Hovestadt  
Editorial Birkhauser  
Alemania 2014
2. Make Alive  
prototypes for responsive architectures  
Rodolphe el-Khoury, Christos Marcopoulos,  
Carol Moukheiber  
Oscar Riera Ojeda Publishers  
Hong Kong 2019
3. Biodiseño  
Biología y Diseño  
Janitzio Égido Villareal  
Designio Teoría y Práctica  
México 2019
4. Arquitectura Vegetal  
Estrategias Materiales  
Marta García Carbonero  
Ediciones Asimétricas  
España, 2019
5. Los movimientos y hábitos de las plantas trepadoras  
Charles Darwin  
Biblioteca Darwiniana  
México, 2010
6. El movimiento de las plantas: Tropismos y Nastias  
Ailin Angelina Sotelo  
FaCENA UNNE
7. Fundamentos de Fisiología Vegetal  
Azcón Bieto Mc Graw Hill Madrid
8. Rethinking Auxin Biosynthesis and Metabolism  
Jennifer Normanly, Janet Slovin, Jerry Cohen  
Sinauer
9. Proyecto EMECAM: Estudio español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. Revista Española de Salud Pública 1999;73:165-314.
10. Diseño en la naturaleza  
Harun Yahyasi  
2007

11. Selección de las formas matemáticas en la naturaleza y su emergencia en la arquitectura.

Mercedes Torrens-Bermejo

Universidad de Salamanca

Departamento de Historia del Arte - Bellas Artes

Máster Universitario en Estudios Avanzados en

Historia del Arte

2013

12. Las mil caras de la belleza geométrica. Los poliedros.

Alsina, C.

Barcelona

RBA Coleccionables.

2010

13. Sobre el crecimiento de la forma

Thomson, D. A.

Madrid: Akal

2011

14. Los orígenes de la forma

Williams, C.

Barcelona: Gustavo Gili

1984

## RECURSOS WEB

- [www.biologia.edu](http://www.biologia.edu)
- [www.geologia.unam.mx](http://www.geologia.unam.mx)
- <http://ciencia.unam.mx>
- [www.scielo.org](http://www.scielo.org)
- [www.nature.com](http://www.nature.com)
- <https://biomimicry.org>
- [www.archdaily.mx](http://www.archdaily.mx)
- [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)
- [www.simbiotia.com](http://www.simbiotia.com)
- [www.mexicodesign.com](http://www.mexicodesign.com)
- [www.rua.ua.es](http://www.rua.ua.es)
- [www.bbc.com](http://www.bbc.com)
- [www.legadodearquitecturaydiseño.uamex.mx](http://www.legadodearquitecturaydiseño.uamex.mx)
- [www.repositoriounam.mx](http://www.repositoriounam.mx)
- [www.uic.mx](http://www.uic.mx)
- [www.arquitecturaambiental.com](http://www.arquitecturaambiental.com)
- [www.biomimicrymex.org](http://www.biomimicrymex.org)

# ÍNDICE DE IMAGÉNES

- F1. Planta con tallo y raíz, Autor desconocido, (S/F), Septiembre 27, 2020. Página 9.
- F2. Manos con tierra y planta, Autor desconocido, (S/F), Septiembre 27, 2020. Página 10.
- F3. Tallo con raíz, Autor desconocido, (S/F), 27 Septiembre 27, 2020. Página 13.
- F4. Hojas deshidratadas, Autor desconocido, (S/F), Septiembre 27, 2020. Página 17.
- F5. Temporal Evolution of Climate and Atmospheric, G. L. Foster, D. L. Royer & D. J. Lunt. (2017). 10 Marzo, 2020. Nature Communications Sitio web: <https://www.nature.com/articles/ncomms14845>, Página 19.
- F6. Planta enredadera colgante, Autor desconocido, (S/F), Septiembre 27, 2020. Página 21.
- F7. Diagrama Metodológico, N. Martínez, (2020), Página 26.
- F8. Programa de Proyecto, N. Martínez, (2020), Página 27.
- F9. Double Living Root Bridge, Padu Village Meghalaya, Anserlmrogers, (2015), Marzo 13, 2020. Página 29.
- F10. The Future is Already Here - It's Just Not Evenly Distributed, Sarah Cottier Gallery, (2016), Marzo 13, 2020. Página 31.
- F11. ICD/ITKE, ICD/ITKE University of Stuttgart, (2014), Marzo 13, 2020, Página 33.
- F12. Pabellón de Filamentos de Élitro, A. Mengues, J.

Knippers, Moritz Dörstelmann & Thomas Auer  
Universidad de Sttugart, (2016), Marzo 14, 2020.  
Página 36.

F13. Janine Benyus, Fortune Magazine, B. Smale  
(S/F) Marzo 14, 2020. Página 37.

F14. Macro Ala de Mariposa, Autor desconocido,  
(S/F), Marzo 20, 2020. Página 38.

F15. Macro hoja blanco y negro, Autor desconocido,  
(S/F), Marzo 23, 2020. Página 41.

F16. Hojas verdes, Autor desconocido, (S/F),  
Septiembre 27, 2020. Página 48-49.

F17. Tallo de planta, Autor desconocido, (S/F),  
Septiembre 23, 2020. Página 51.

F18. Planta con zarcillos, Autor desconocido, (S/F),  
Septiembre 23, 2020. Página 53.

F19. Planta con fototropismo, Autor desconocido,  
(S/F), Septiembre 23, 2020. Página 55.

F20. Planta con zarcillos y tigmotropismo, Autor  
desconocido, (S/F), Septiembre 23, 2020. Página 57.

F21. Movimiento Tigmotropismo y Circumnutación,  
A. Desconocido, (S/F). Septiembre 24, 2020. Página  
59.

F22. Planta trepadora herbácea, Autor desconocido,  
(S/F), Septiembre 25, 2020. Página 60.

F23. Planta trepadora leñosa, Autor desconocido,  
(S/F), Septiembre 25, 2020. Página 61.

F24. Planta trepadora con zarcillos, Autor  
desconocido, (S/F), Septiembre 25, 2020. Página 62.

F25. Planta trepadora con zarcillos, Autor  
desconocido, (S/F), Septiembre 25, 2020. Página 63.

F26. Enredadera Cissus, N. Martínez, Abril 1, 2020. Página 64.

F27. Enredadera Pasiflora, N. Martínez, Abril 1, 2020. Página 64.

F28. Crecimiento de planta trepadora con movimiento de circumnutación, Autor Desconocido, (S/F), Septiembre 25, 2020, Página 65.

F29. Planta Diplademia, A. Desconocido, (S/F), Febrero 25, 2020. Página 67.

F30. Planta Jasmín de Madagascar, A. Desconocido, (S/F), Febrero 24, 2020. Página 69.

F31. Rama con hojas, Autor desconocido, (S/F), Septiembre 25, 2020. Página 67.

F32. Esqueleto y piel de erizo de tierra, Cmglee, Horniman Museum, (2013), Septiembre 23, 2020. Página 74-75.

F33. Arquitectura Biomimética Complejo Johnson Wax (1936, F.L. Wright), A. Desconocido, Diciembre 2020. Página 77.

F34. Dibujo de esqueleto sobre fotografía, A. Desconocido, (S/F), Septiembre 23, 2020. Página 79.

F35. Ilustración del esqueleto femenino con el sistema linfático, Autor desconocido (S/F), Julio 20, 2020. Página 81.

F33. Macro piel humana, Autor desconocido, (S/F), Octubre 13, 2020. Página 77.

F34. Estructura Anatómica Libélula, Forrest L

Mitchell, (S/F), Septiembre 23, 2020. Página 74.

F35. Diagrama Proceso de Diseño Paramétrico, A. Desconocido, (S/F), Septiembre 12, 2020. Página 81.

F36. La Voute de LeFerve Installation Columbus Ohio, B. Clifford + Wes McGeen, (2012), Página 82-83.

F37. Baubotanik, L. Schönle, (2016), Septiembre 23, 2020. Página 85.

F38. Green Hotel, Da Nang, Vietnam, VTN Architects, Hiroyuki Oki. (2015), Septiembre 23, 2020. Página 89.

F39. Semilla germinando, Autor desconocido, (S/F), Septiembre 30, 2020. Página 89.

F40. Collague de Estructura geodésica, N. Martínez, (2020), Octubre 20, 2020. Página 91.

F41. Prototipos Exploración 1.0, N. Martínez, (2020), Marzo 15, 2020. Página 92.

F42. Simulación Prototipo Exploración 1.0, N. Martínez, (2020), Marzo 15, 2020. Página 93.

F43. Simulación de geometría, (2020), Septiembre 28, 2020. Página 94.

F44. Captura de pantalla Exploración 2.0, Software Rhino, N. Martínez, (2020) Septiembre 30, 2020. Página 95.

F45. Definición de algoritmo para proliferación de prototipo, Script Grasshoper con Rhino, N. Martínez, (2020), Septiembre 30, 2020. Página 95.

F46. Diagrama de Proceso de Diseño, N. Martínez, (2020), Octubre 3, 2020. Página 96.

F47. Primer Sketch de Prototipo NATTICE, N.

Martínez, (2019). Página 97.

F48. Exploración de Diseño de Maceta. Software Cinema 4D, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 98.

F49. Exploración de Diseño de Maceta. Software Cinema 4D, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 99.

F50. Exploración de Diseño de Nodo de Anclaje. Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020. Página 100.

F51. Exploración de Diseño de Nodo de Anclaje. Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020. Página 101.

F52. Segunda Exploración de Diseño de Nodo de Anclaje. Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Agosto 9, 2020. Página 102.

F53. Tercera Exploración de Diseño de Nodo de Anclaje. Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Agosto 9, 2020. Página 103.

F54. Primer Pieza Impresa en 3d con filamento PETG en color negro con una boquilla de 0.4mm de diametro, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 104.

F55. Primer Pieza Impresa en 3d colapsada, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 105.

F56. Primer Pieza Impresa en 3d colapsada, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 105.

F57. Cuarta Exploración Diseño de Nodo de Anclaje, Software Fusion 360 con cambios en la geometría

aplicando Filled en los ángulos con un radio de 15mm, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 106.

F58. Quinta Exploración Diseño de Nodo de Anclaje, Software Fusion 360 con cambios en la geometría aplicando Filled en los ángulos con un radio de 30mm, N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 106.

F59. Prototipo impreso en 3d con filamento PLA con filled en los ángulos con un radio de 15mm. N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 107.

F60. Prototipo impreso en 3d con filamento PLA con filled en los ángulos con un radio de 15mm. N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 107.

F61. F61. Estructura ósea en piernas y pies, A. Desconocido, (S/F), Agosto, 3, 2020. Página 109.

F62. Impresión 3d de la Quinta Exploración en filamento PLA naranja con una boquilla de 0.4mm de diámetro. N. Martínez, (2020), Julio 28, 2020. Página 110.

F63. Visualización de Slider de Impresión mostrando los soportes en color verde, (2020), N. Martínez, Julio 28, 2020. Página 111.

F64. F64. Sexta Exploración Diseño de Nodo de Anclaje, Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020. Página 112.

F65. Sexta Exploración Diseño de Nodo de Anclaje, Software Fusion 360, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020. Página 112.

F66. Visualización de Slider de Impresión del Prototipo Final donde muestra base sin soportes, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020. Página 113.

F67. Visualización de Slider de Impresión del Prototipo Final donde muestra base sin soportes, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020. Página 113.

F68. Tipos de Relleno, A. Desconocido, (S/F), Octubre 28, 2020. Página 118.

F69. Comparación de Tipos de Relleno en impresión 3d relativo al Peso, CNC Kitchen, (2020), Octubre 1, 2020. Página 114.

F70. Tabla de resultados entre fuerza y peso en diferentes tipos de relleno en impresión 3d, CNC Kitchen, (2020) Octubre 1, 2020. Página 115.

F71. Gráficas de tiempo de impresión y resistencia entre diferentes tipos de relleno en impresión 3d. CNC Kitchen, (2018), Octubre 1, 2020. Página 115.

F72. Comparación de las nanoestructuras de las alas de mariposa con nanoestructura giroide, Printing Science & Technology, (2020), Octubre 30, 2020. Página 117.

F73. Impresión 3d de la Quinta Exploración con filamento PLA Negro con boquilla de 0.4mm de diámetro con relleno de rejilla, N. Martínez, (2002), Octubre 30, 2020. Página 118.

F74. Impresión 3d de la Quinta Exploración con filamento PLA Negro con boquilla de 0.4mm de diámetro con relleno de rejilla, N. Martínez, (2002), Octubre 30, 2020. Página 118.

F75. Impresión 3d de la Sexta Exploración con filamento PLA Negro con boquilla de 0.6mm de diámetro con relleno de Gyroide y Rejilla, N. Martínez, (2002), Noviembre 8, 2020. Página 118.

F76. Impresión 3d de la Quinta Exploración con filamento PLA Negro con boquilla de 0.6mm de diámetro con relleno de Gyroide y Rejilla, N. Martínez, (2002), Noviembre 8, 2020. Página 118.

F77. Impresión 3d con relleno dyroide, A. Desconocido, (2018), Noviembre 7, 2020. Página 120-121.

F78. Visualización de la última exploración de diseño para nodos de anclaje donde muestra su estabilidad y soporte. N. Martínez, (2020) Octubre 20, 2020. Página 123.

F79. Rama con flor, Autor desconocido, (S/F), Noviembre 5, 2020. Página 125.

F80. F80. Visualización del prototipo final completo armado, N. Martínez, (2020), Octubre 30, 2020. Página 126.

F81. Visualización Previa del Prototipo en General, N. Martínez, (2020), Abril 30, 2020. Página 127.

F82. Visualización Primer Prototipo, N. Martínez, (2020), Marzo 23, 2020. Página 128-129.

F83. Visualización Prototipo Final, N. Martínez, (2020), Octubre 30, 2020. Página 130-131.

F84. Elementos cilíndricos de madera a escala, N. Martínez, (2020), Julio 29, 2020. Página 132.

F85. Impresión de dodecaedros en filamento PLA con madera con boquilla de 0.4mm de diámetro, N. Martínez, (2020), Mayo 25, 2020. Página 133.

F86. Prototipo a escala de la unión de módulos dodecadros, N. Martínez. (2020), Mayo 25, 2020. Página 133.

F87. Prototipo armado a escala, N. Martínez, (2020),

Julio 29, 2020. Página 134.

F88. Prototipo armado a escala mostrando conexión con 3 elementos, N. Martínez, (2020), Julio 29, 2020. Página 135.

F89. Prototipo armado a escala mostrando conexión con 3 elementos, N. Martínez, (2020), Julio 29, 2020. Página 135.

F90. Rama con fruto, Autor desconocido, (2020), Octubre 30, 2020. Página 137.

F91. Planta trepadora ligada a tutor, N. Martínez, (2020), Noviembre 5, 2020. Página 138.

F92. Maceta de madera con previo armado, N. Martínez, (2020), Julio 14, 2020. Página 140.

F93. Maceta de Fibra de Vidrio Genérica, A. Desconocido, (2020), Noviembre 3, 2020. Página 141.

F94. Planta trepadora al inicio del proyecto en experimentación, N. Martínez, (2020), Noviembre 5, 2020. Página 142.

F95. Elementos cilíndricos estructurales de 15cm Y 8mm de diámetro de espesor, N. Martínez, (2020), Julio 29, 2020. Página 144.

F96. Nodos impresos en 3d, N. Martínez, (2020), Noviembre 8, 2020. Página 145.

F97. Tabla Comparativa de las Últimas Impresiones en 3d de los nodos de anclaje, N. Martínez, (2020), Noviembre 5, 2020. Página 146.

F98. Cotización de Plásticos CRT para inyección de plástico, N. Martínez, (2020), Octubre 10, 2020. Página 147.

F99. Armado de estructura del proyecto experimental, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 148.

F100. F100. Elemento cilíndrico con cinta masking tape, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 149.

F101. Elemento cilíndrico con cinta masking tape unido al nodo de anclaje, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 149.

F102. Propuesta de Soporte, N. Martínez, (2020), Octubre 5, 2020. Página 151.

F103. Nodo de anclaje en estructura, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 153.

F104. Armado inicial proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 154.

F105. Armado inicial proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 155.

F106. Armado Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 157.

F107. Tabla Calificativa de Resultados, N. Martínez, (2020), Noviembre 5, 2020. Página 158.

F108. Armado Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 159.

F109. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR1, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020.

F110. Superior Izquierda, PR1 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 160.

F111. Superior Derecha, PR1 Día 8, N. Martínez,

(2020), Agosto 8, 2020. Página 161.

F112. Posterior Izquierda, PR1 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020. Página 161.

F113. Posterior Derecha, PR1 Día 107, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 161.

F114. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR2, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020. Página 162.

F115. Superior Izquierda, PR2 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 163.

F116. Superior Derecha, PR3 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020. Página 163.

F117. Posterior Izquierda, PR2 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020. Página 163.

F118. Posterior Derecha, PR2 Día 107, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 163.

F119. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR3, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020. Página 164.

F120. Superior Izquierda, PR3 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 165.

F121. Superior Derecha, PR3 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020. Página 165.

F122. Posterior Izquierda, PR3 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020. Página 165.

F123. Posterior Derecha, PR3 Día 107, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 165.

F124. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR4, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020. Página 166.

F125. Superior Izquierda, PR4 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 167.

F126. Superior Derecha, PR4 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020. Página 167.

F127. Posterior Izquierda, PR4 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020. Página 167.

F128. Posterior Derecha, PR4 Día 107, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 167.

F129. F129. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR5, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020. Página 168.

F130. Superior Izquierda, PR5 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 169.

F131. Superior Derecha, PR5 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020. Página 169.

F132. Posterior Izquierda, PR5 Día 60, N. Martínez, (2020), Septiembre 18, 2020. Página 169.

F133. Posterior Derecha, PR5 Día 107, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 169.

F134. Tabla de Variables y Calificativos de Resultados PR6, N. Martínez, (2020) Noviembre 5, 2020. Página 170.

F135. Superior Izquierda, PR6 Día 1, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 171.

F136. Superior Derecha, PR6 Día 8, N. Martínez, (2020), Agosto 8, 2020. Página 171.

F137. Posterior Izquierda, PR6 Día 60, N. Martínez,

(2020), Septiembre 18, 2020. Página 171.

F138. Posterior Derecha, PR6 Día 107, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 171.

F139. Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Julio 22, 2020. Página 172.

F140. Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 173.

F141. Nuevos Retoños en Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 170.

F142. Nuevos Retoños en Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 170.

F143. Nuevos Retoños en Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 170.

F144. Nuevos Retoños en Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 4, 2020. Página 170.

F145. Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 3, 2020. Página 176-177.

F146. Segundo Armado Proyecto Nattice, Sembrado, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020. Página 178.

F147. Segundo Armado Proyecto Nattice, Inicia Armado, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020. Página 179.

F148. Segundo Armado Proyecto Nattice, Armado en Proceso, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020. Página 179.

F149. Segundo Armado Proyecto Nattice, Armado, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020. Página 179.

F150. Segundo Armado Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020. Página 180.

F151. Segundo Armado Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020. Página 180.

F152. Segundo Armado Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020. Página 180.

F153. Segundo Armado Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Septiembre 29, 2020. Página 180.

F154. Segundo Armado Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 3, 2020. Página 181.

F155. Primer y Segundo Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 3, 2020. Página 182-183.

F156. Frutero con fruta cosechada, Autor Desconocido, (S/F), Noviembre 3, 2020. Página 185.

F157. Macro de rama con tigmotropismo, N. Martínez, (2020), Noviembre 3, 2020. Página 186.

F158. Empaque Cinta Velcro Onre Wrap, A. Desconocido, (S/F), Septiembre 23, 2020. Página 187.

F159. Cinta Velcro Onre Wrap, A. Desconocido, (S/F), Septiembre 23, 2020. Página 187.

F160. Rama después de 2 días sin ajustar, N. Martínez, (2020), Octubre 23, 2020. Página 187.

F161. Rama ajustada a estructura, N. Martínez, (2020), Octubre 23, 2020. Página 187.

F162. Tabla Comparativa de Resultados de PR, N. Martínez, (2020), Noviembre 6, 2020. Página 190.

F163. Primer y Segundo Proyecto Nattice, N. Martínez, (2020), Noviembre 3, 2020. Página 191.

