



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA
Facultad de Estudios Superiores de Aragón

**Diseño de recubrimiento con base en lirio acuático
como elemento termorregulador para la vivienda de la
región lacustre del estado de Michoacán.
Zona de estudio: Pátzcuaro, Michoacán.**

Tesis que para optar por el grado de maestra en
Arquitectura en el campo de conocimiento de:
TECNOLOGÍAS

Presenta:
Arq. Martell Castañeda Constantino

Tutor principal:
Mtro. Sergio Alfonso Martínez González
Facultad de Estudios Superiores Aragón

Miembros del comité tutor:
Dr. Luis Fernando Guerrero Baca
Facultad de Arquitectura UNAM

Dr. Héctor Valerdi Madrigal
Arquitectura Bioclimática – UAM Azcapotzalco

Ciudad de México, enero de 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO

Mtro. Sergio Alfonso Martínez González
TUTOR PRINCIPAL

Dr. Luis Fernando Guerrero Baca

Dr. Héctor Valerdi Madrigal

COMITÉ TUTOR

Mtra. Sofía Chávez López

Mtro. Eduardo Iván Velázquez Richards

SINODALES



INSTITUTO
DE INVESTIGACIONES
HISTÓRICAS



AGRADECIMIENTOS

A Zyanya, mi esposa, compañera de vida por estar siempre a mi lado. Gracias por siempre alentarme en seguir hacia adelante y hacer de mi pasado solamente una historia y sacar lo mejor de mí todos los días durante estos años. Así como emprender esta aventura juntos hacia el aprendizaje de la experiencia en esta enorme ciudad que nos ha mostrado su gran diversidad cultural.

Al Dr. Renato y la Dra. Martha por su enorme apoyo incondicional siempre y alentador de hacer las cosas en la vida de una manera firme y contundente, por darme las herramientas necesarias con un enorme cariño para seguir adelante.

A mi tutor el Mtro. Sergio Alfonso Martínez González, a quien le debo mil y un gracias por su enorme apoyo que me brindo en todo momento, por su disposición, amabilidad, su gran conocimiento y creer rotundamente en mi para desarrollar esta investigación.

A mis cotutores y sinodales por el apoyo que me brindaron, por el gran interés que siempre mostraron en mi tema de investigación y compartir sus conocimientos en la mejor disposición, por la motivación e inspiración que me dieron para mi desarrollo profesional y dar todo de si siempre.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por la beca otorgada, a la Facultad de Estudios Superiores de Aragón y a la Universidad Autónoma de México, por formarme como profesional con calidad y excelencia académica; agradezco su apoyo para concluir mis estudios de Maestría.

A mi tierra Michoacana y a sus comunidades de la región lacustre por arroparme con sus culturas, tradiciones y el calor de sus hogares y sus talleres artesanales mismos que transformar y dan amor, sabiduría, cariño y permanencia e identidad a nuestro país México.

A mi madre, Graciela Constantino, e hermanos por su cariño y apoyo incondicional siempre...

Arq. Esp. Martell Castañeda Constantino
Universidad Nacional Autónoma de México

“Por mi raza hablará el espíritu”

Resumen

En los sistemas constructivos tradicionales que existen en la arquitectura vernácula con tierra sus recubrimientos son una parte esencial e importante en la protección física del clima o sus estructuras como el aprovechamiento del medio natural, la regularización de las superficies con la posibilidad del intercambio de vapor de agua con el medio circundante de la humedad, que esto contribuye al confort higrotérmico de los espacios. La presente investigación muestra el desarrollo y resultados de una serie de experimentos que busca el aprovechamiento de esta maleza acuática que es lirio acuático en el desarrollo de un recubrimiento con tierra y el uso de mucílago de nopal a partir de la recuperación de las técnicas artesanales de la región. El objetivo de esta investigación plantea una solución al excedente del lirio acuático y desarrollar un recubrimiento endémico con el uso de materiales regionales y técnicas artesanales de la misma región. Es así como, esta investigación parte desde una conceptualización, haciendo una analogía entre el término biomimesis y su aplicación en el interior de los espacios arquitectónicos con la evaluación como un elemento termorregulador.

Palabras clave: *Recubrimiento, Lirio acuático, Biomimesis, Arquitectura con tierra, Tecnicas artesanales*

Abstract

In the traditional construction systems that exist in architecture with earth, its coatings are an essential and important part in the physical protection of the climate or of its structures such as the use of the natural environment, the regularization of surfaces with the possibility of water vapor exchange with the surrounding environment is humidity, which contributes to the hygrothermal comfort of spaces. This research shows the development and results of a series of experiments that seek the use of this aquatic weed, the water lily, in the elaboration of a coating with earth and the use of nopal mucilage as from the recovery of the artisanal techniques of the region. The objective of this research is to propose a solution to the surplus of the water lily and to develop an endemic covering with the use of regional materials and artisanal techniques from the same region. Thus, this research starts from a conceptualization, making an analogy between the term biomimicry and its application within architectural spaces with evaluation as a thermoregulatory element.

Keywords: Coating, Water Lily, Biomimicry, Architecture with earth, Artisan techniques

ÍNDICE

Introducción

Capítulo 1. En la búsqueda del ensamble perfecto

Índice de figuras	92
Índice de ilustraciones	94
Índice de diagramas	94
Índice de tablas	95
1.1 Sustentabilidad en el debate del Desarrollo sustentable.....	3
1.1.1 La naturaleza lo recicla todo	5
1.1.2 La naturaleza aprovecha lo que tiene a su alrededor	6
1.2 A través del agua de México	7
1.2.1 Las reservas de agua dulce en el mundo	7
1.2.2 El agua y el bienestar de la población	9
1.3 Corazones de agua que agonizan y otros que dejaron de latir en México	10
1.3.1 La desaparición del Glaciar Ayoloco en el Iztaccíhuatl, Estado de México.....	13
1.3.2 Lago de Cuitzeo, el segundo más grande de México que agoniza.....	15
1.4 Lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>) una maleza.....	17
1.4.1 Zona de estudio: Lago de Pátzcuaro, Michoacán.....	20
1.4.2 Calidad de agua en el lago.....	21
1.4.3 Alteraciones del hábitat en su entorno	22
1.5 Michoacán, uno de los Estados con mayor presencia de técnicas artesanales.....	24
1.5.1 Técnicas artesanales, en la región lacustre del Estado de Michoacán	25
1.5.2 Trabajo artesanal una perspectiva económica	27
1.6 Acciones orientadas a la conservación, Agenda 2030	29
2.1 Biomímesis, conceptualización con la naturaleza.....	32
2.2 La biomímesis como estrategia de adaptación	33
2.3 La biomímesis en la arquitectura	36
2.4 Recubrimientos arquitectónicos	41

2.4.1 La tierra en la arquitectura y el clima.....	42
2.4.2 La tierra como un material para acabados arquitectónicos en muros	46
2.5 Características del uso de la tierra como recubrimientos arquitectónicos	50
2.5.1 Composición del suelo y clasificación según el SUCS.....	52
2.5.2 Estabilización de la tierra	54
2.5.3 Técnicas con tierra zona de estudio (Pátzcuaro, Michoacán)	57
2.5.4 Toma de muestras de suelos en diversos puntos de Pátzcuaro, Michoacán.....	59
3.1 Estrategia de diseño.....	61
3.1.1. Características del recubrimiento	61
3.2.1 Extracción de geometría.....	63
3.3.1 Mercado al que se dirige el recubrimiento	64
3.2 Metodología de diseño	66
3.2.1. Geometría.....	66
3.2.2. Desarrollo de fibra de lirio acuático por medios mecánicos	67
3.2.3. Extracción del mucílago del nopal	68
3.2.4. Análisis de proporciones para probetas experimentales	69
3.2.5. Moldearía	70
3.2.6. Mediciones de temperatura y humedad.....	71
4.1 Desarrollo, resultados y mejoras	72
4.1.1. Modelación 3D geométrica computacional en Skechup.....	72
4.1.2. Desarrollo de fibra de lirio acuático.....	73
4.1.3. Extracción del mucílago del nopal como estabilizante	80
4.1.4. Composición del suelo y clasificación según el SUCS.....	88
4.1.5. Análisis de proporciones probetas experimentales	91
4.1.6. Proceso de compensación y estabilización.....	95
4.1.7. Moldearía para probetas de experimentación.....	98
4.1.8. Desarrollo de probetas experimentales	99
4.1.9. Ensayo de Temperatura y Humedad	101

4.1.10 Mediciones de temperatura y humedad con Data Logger (Probetas experimentales)	104
4.1.11. Molde de yeso para probeta prototipo.....	107
4.1.12. Molde en impresora 3D para probeta prototipo	109
4.1.13. Elaboración de probetas prototipo, propiedades y consideraciones previas	112
4.1.14. Dimensiones y proporciones de mezcla	113
4.1.15. Elaboración de probetas prototipo.....	114
4.1.16. Mediciones de temperatura y humedad con Data Logger (Probetas prototipo).....	117
Conclusiones generales y consideraciones.....	120
Reflexiones finales	125
Biografías	129
Consultas Web.....	133

Índice de figuras

Figura 1: Glaciar Ayoloco en el Iztaccíhuatl, Estado de México y su desaparición de las áreas glaciares.....	13
Figura 2: Placa en el Glaciar Ayoloco en el Iztaccíhuatl, Estado de México.	14
Figura 3: Imagen tomada desde google earth al Lago de Cuitzeo.	15
Figura 4: Vista aérea desde un dron del Lago de Cuitzeo.....	16
Figura 5: Ubicación del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.	20
Figura 6: Embarcadero para la isla de Janitzio, Pátzcuaro, Michoacán 14 de marzo del 2021. ...	23
Figura 7: Embarcadero para la isla de Janitzio, Pátzcuaro, Michoacán del 01 de agosto del 2021.	23
Figura 8: Texturas de diferentes técnicas en la alfarería de Michoacán por artesanos.	26
Figura 9: Artesanos en la Ciudad de México intercambiando sus artesanías ante la pandemia COVID-19.....	27
Figura 10: Objetivos de desarrollo sostenible (ONU).....	29
Figura 11: Tren bala de Japón está inspirado en el pico del Ave martín pescador.	34
Figura 12: Croquis que utilizó Leonardo Da Vinci, inspirado por las alas de algunas aves y mamíferos como el murciélago, los inventos que realizó fueron muy adelantados para su época, “interpretando de muchas formas lo que él creía cómo funcionaban las cosas”.....	35
Figura 13: Interior de la Sagrada Familia, en Barcelona España.	37
Figura 14: Fachada del Hospital General Manuel GEA González, Ciudad de México.....	38
Figura 15: Paneles de la fachada principal del Hospital General Manuel GEA González, Ciudad de México.....	39
Figura 16: Zigurat en la Ciudad de Ur Mesopotamia (actual Irak).	44
Figura 17: Rueda de las técnicas de construcción con tierra.....	45
Figura 18: Patrón geométrico de los recubrimientos de muros en las viviendas Tolek, construidos con tierra.....	47
.....	47
Figura 19: La tradición Burkinesa de decorar sus viviendas de tierra con pigmentos naturales como un acto ceremonial que se ha realizado generación tras generación.	49
Figura 20: Tipos de estratos de suelos.	52
Figura 21: Detalle de la cimentación a base de piedra y muro de adobe con paja.....	58
Figura 22: Mapa de toma de muestras de suelo en la población de Pátzcuaro (Google Earth 2014).	59

Figura 23. Análisis de las características del recubrimiento de fibra de lirio acuático.	62
Figura 24. Concepto de geometría – Municipio de santa clara del cobre, Michoacán.	63
Figura 25. Características particulares del recubrimiento en el mercado de la construcción.	64
Figura 26. Contenido y características del recubrimiento.	65
Figura 27: Dimisiones de recubrimiento prototipo.	72
Figura 28: Morfología del lirio acuático.	73
Figura 29: Recolección de lirio acuático embarcadero en Pátzcuaro, Michoacán.	75
Figura 30: Selección de lirio acuático y pesaje en Uruapan, Michoacán.	76
Figura 31: Lavado de lirio acuático y pesaje.	77
Figura 32: Corte de lirio acuático con cuchillo y pesaje.	77
Figura 33: Triturado de lirio acuático mediante licuadora.	78
Figura 34: Secado a cielo abierto durante 48 horas.	78
Figura 35: Elementos que componen la planta Opuntia Ficus.	80
Figura 36: Compra de pencas de nopal, Mercado el arenal, Ciudad de México.	83
.....	83
Figura 37: Proceso de cortado de pencas de nopal.	83
Figura 38: Proceso de reposo en agua pencas de nopal.	83
Figura 39: Recolección de pencas en zona de estudio.	86
Figura 40: Proceso de partir pencas en sentido largo y raspado de penca para extracción de mucílago.	86
Figura 41: Proceso de reposo de mucílago de nopal durante 48hrs bajo sombra.	86
Figura 42: Estratos y horizontes del suelo.	88
Figura 43: Pruebas de cuarteo, disgregado y peso volumétrico.	89
Figura 44: Pruebas de granulometría y límites de plasticidad.	89
Figura 45: Proceso de elaboración de molde Uruapan, Michoacán.	92
Figura 46: Proceso de elaboración de probeta experimental Uruapan, Michoacán.	92
Figura 47: Probeta experimentales de proporciones 1, 2 y Etapa 3.	93
Figura 48: Probeta de proporciones 3 y 4.	93
49: Probeta experimentales de proporciones 5 y 6.	94
Figura 50: Proceso de elaboración de molde de madera para probetas de experimentación de 15cm x 15cm x 2.5cm	98
Figura 51: Proceso de elaboración de probetas para pruebas de 15cm x 15cm x 2.5cm	100

Figura 52: Proceso de la elaboración de las cabinas las cuales en su interior con recubrimiento y sin recubrimiento, así como cada una cuenta son un Data Logger que tomara mediciones de humedad y temperatura.	103
Figura 53: Proceso de elaboración molde de yeso.	108
Figura 54: Proceso de impresión 3D.	110
Figura 55: Molde 3D terminado.	110
Figura 56: Desarrollo de recubrimiento tipo terminado final con técnicas artesanales de Cocucho, Michoacán.	115
Figura 57: Desarrollo del recubrimiento a escala real con técnicas artesanales de bruñido como acabado final con artesanos del Municipio de Cocucho, Michoacán. Fotografías autoría propia tomadas en el Tianguis Artesanal más grande de Latinoamérica, Uruapan, Michoacán. Piezas elaboradas en el taller del autor de dicha investigación.	127
Figura 58: Desarrollo del recubrimiento a escala real con técnicas artesanales acabado final con artesanos del Municipio de Ocumicho, Michoacán. Fotografías autoría propia tomadas en el Tianguis Artesanal más grande de Latinoamérica, Uruapan, Michoacán. Piezas elaboradas en el taller del autor de dicha investigación.	127

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Principales pilares del desarrollo sustentable.	4
Ilustración 2: Muestra la cantidad de agua dulce que hay en el planeta para el consumo humano.	8
Ilustración 3: Principales pilares la biomimesis.	37
Ilustración 5: Ilustración de cabina para elaborar pruebas de humedad y temperatura.	101
Ilustración 6: Ilustración de ambas cabinas selladas durante nueve días recopilando datos de humedad y temperatura.	102
Ilustración 7: Componentes de Modelo 3d de yeso.	107
Ilustración 8: Proceso de armado de molde 3D.	111

Índice de diagramas

Diagrama 1: Etapas para la extracción de fibra de lirio acuático.	67
Diagrama 2: Etapas para la extracción de mucílago de nopal.	68
Diagrama 3: Etapas para el análisis de proporciones para probetas experimentales.	69
Diagrama 4: Etapas para elaboración de molde 3D.	70
Diagrama 5: Etapas de desarrollo de cabinas para evaluar la temperatura y humedad.	71
Diagrama 6: Etapas para la extracción de fibra.	74

Diagrama 7: Etapas para la extracción de mucílago de nopal comercial.....	82
Diagrama 8: Etapas para la extracción de mucílago de nopal Opuntia Ficus.	85
Diagrama 9: Proporciones más óptimas para probetas.	91
Diagrama 10: Proceso de elaboración de probetas 15cm x 15cm x 2.5cm.....	99

Índice de tablas

Tabla 1: Muestra los principales lagos de México, en cuanto a sus cuerpos de agua superficiales.	11
Tabla 2: Pruebas realizadas en las muestras de suelo en el Municipio de Pátzcuaro, Michoacán. 60	
Tabla 3. Análisis de planeación del recubrimiento para el mercado de la construcción.....	64
Tabla 4: “Tabla informativa de resultados parciales de la extracción de fibra de lirio acuático”..	79
Tabla 5: “Tabla informativa de resultados parciales de la extracción de mucílago de nopal comercial”	84
Tabla 6: “Tabla informativa de resultados parciales de la extracción de mucílago de nopal Opuntia Ficus”.....	87
Tabla 7: Resultado de prueba de mecánica de suelos y clasificación del suelo de acuerdo con el SUCS.....	90
Tabla 8: Proporciones óptimas para el desarrollo de probetas experimentales.....	94
Tabla 10: Consideraciones a compensar para el desarrollo de probetas experimentales.	97
Tabla 11: Resultados parciales de probetas experimentales.	100
Tabla 12: Información y configuración de equipo de medición Data Logger Rc-4hc.....	104
Tabla 13: Resultados parciales de mediciones de cabinas con Data Logger Rc-4hc.....	106
Tabla 14: Evaluación de resultados molde de yeso.....	108
Tabla 15: Evaluación de resultados molde en impresora 3D.	111
Tabla 16: Evaluación de dimensiones y proporciones por cada probeta prototipo.....	113
Tabla 17: Evaluación de resultados de elaboración de probetas prototipo.	116
Tabla 18: Información y configuración de equipo de medición Data Logger Rc-4hc.....	117
Tabla 19: Resultados parciales de mediciones de cabinas con Data Logger Rc-4hc.....	119

Introducción

“Un muro, una familia y una comunidad a la vez”

El área de interés del presente documento comienza con la inquietud de plantear una solución al excedente del lirio acuático y aplicarlo como un recubrimiento de la misma comunidad, considerando un desempeño térmico de dicho recubrimiento y su integración con el contexto de su arquitectura por medio del uso de materiales regionales y técnicas artesanales de la misma región.

El caso de estudio está enfocado a problemáticas ambientales, en el cual se propone revertir el daño con un equilibrio ambiental y social en la comunidad al desarrollar un recubrimiento amigable con el medio ambiente para el interior de los espacios. De esta manera se seleccionaron materiales naturales locales para el diseño de la envolvente con un concepto basado en biomímesis en la arquitectura, a todo esto, con el objetivo de volver reivindicar la sencillez que nos otorga la naturaleza y las propiedades de la tierra actualmente revalorizadas bajo el paradigma la sustentabilidad.

Se acotó el análisis al desarrollo de un recubrimiento con base en fibra de lirio acuático, al considerar que sus características son un material termorregulador al catalogarse por su adecuada relación con el medio ambiente y el uso de materiales de la misma región con altas prestaciones térmicas, sin embargo, como estrategia es posible su aplicación al valorizar el uso de materiales regionales y en su geometría. En el marco de la búsqueda de un recubrimiento con tierra endémico de la región, con fibra de lirio acuático a desarrollar en general resulta pertinente en los procesos de elaboración con técnicas ancestrales de maestros artesanos.

Ahora bien, el uso del lirio acuático como una fibra contribuye a mantener una regulación en la expansión del daño ecológico en los cuerpos de agua, por otro lado, es una fibra natural que no tiene impacto ecológico en el medio ambiente, así mismo en la etapa de su elaboración y post producción (se evitan las fibras industriales y poliméricas) al optar por utilizarlo en la construcción como recubrimiento para muros interiores.

Objetivo general: Diseñar un recubrimiento para muros interiores a base de fibra de lirio acuático con tierra como un elemento termorregulador para la mejorar el confort térmico en el interior de los espacios.

Objetivos específicos

- Aplicar las técnicas artesanales de la región para su fabricación y elaboración.
- Analizar las propiedades termorreguladoras de dicho recubrimiento.
- Experimentar con la composición de los siguientes materiales:

Fibra de lirio acuático como matriz

La tierra como material de refuerzo

- Aprovechar los recursos naturales presentes en el contexto de la zona de estudio.

Justificación

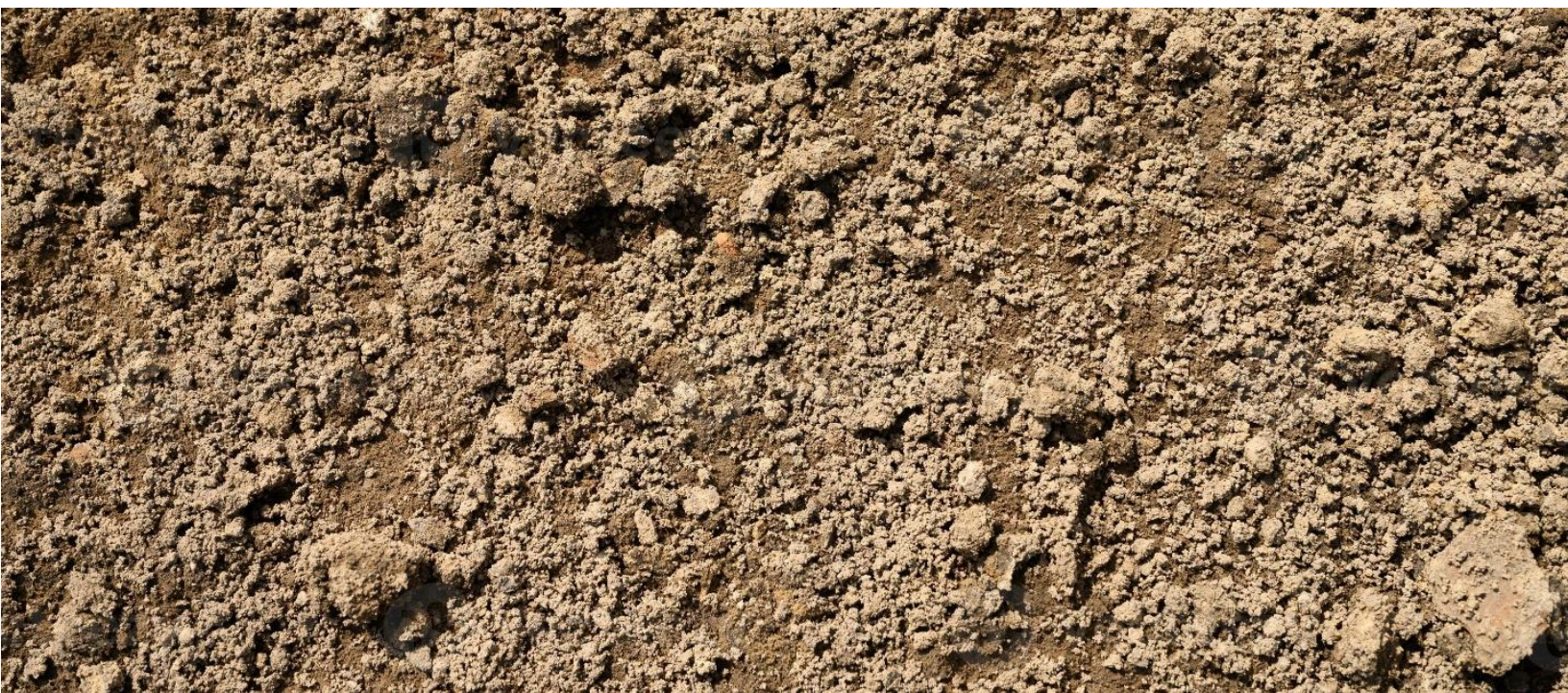
En Pátzcuaro se encuentra el Lago que lleva su mismo nombre, mismo que se encuentra invadido por una de las mayores plagas en cuerpos de agua el lirio acuático. Así como la “región lacustre” del estado de Michoacán está conformada por las localidades que se encuentran en la cuenca hidrológica de Pátzcuaro en donde se encuentra el mayor número de técnicas artesanales a nivel nacional, generando una gran diversidad en técnicas artesanales con tierra.

Por otro lado, las artesanías de esta región son consideradas como parte de su patrimonio y cultura, como un producto único e irreplicable con una carga histórica importante, así como un oficio tradicional y representativo que significa un medio de sustento para miles de familias Michoacanas que viven de este sector. Sin embargo, la actividad se ha visto afectada en los últimos años por la pérdida de identidad de las técnicas artesanales de producción y la falta de interés de las instituciones públicas en mejorar las condiciones de vida de los artesanos.

A todo esto, si se diseña un recubrimiento con base en fibra de lirio acuático con tierra como elemento termorregulador con materiales endémicos de la región y aplicando técnicas artesanales para su elaboración... se aportaría a mejorar el confort térmico de los espacios; y se contribuiría a disminuir la presencia de la gran cantidad de lirio acuático presente en el lago de Pátzcuaro. Así se incentivaría a prevalecer las técnicas artesanales en un recubrimiento e introducir a los artesanos a la industria de la construcción.

Capítulo 1

Desarrollo sustentable y Conceptualización



1.1 Sustentabilidad en el debate del Desarrollo sustentable

En este apartado podremos debatir qué es la sustentabilidad y la sostenibilidad como conceptos las cuales tienen sus orígenes la Organización No Gubernamental (ONG) fundada en 1968 y con sede en Suiza, la cual, con intención de revalorizar el trabajo de científicos y académicos en el ámbito del desarrollo duradero, encargó al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) un estudio amplio del que surge el informe de Los Límites del Crecimiento (Meadows et al., 1972), mismo que concluía que de seguir con las mismas costumbres y tendencias de consumo, producción y crecimiento industrial, la civilización llegaría a un punto donde los daños ambientales serían irreversibles y, por lo tanto, se confrontaría una crisis mundial en un plazo de 100 años. Así mismo, el documento planteaba, una serie de pasos, en el cual especificaba que el primer paso es entender y generar conciencia sobre el estado de las condiciones ambientales que guardaba el mundo en ese momento; y, como segundo paso, conocer cuál sería la tendencia en los escenarios económico, social y político de la permanencia de la vida humana en el planeta.

Años más tarde se presentaron crisis económicas y energéticas que empezó a padecer el mundo en la década de los años 80, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) generó en 1987 el Informe Brundtland que pretendía contrastar la postura del desarrollo económico con la conservación ambiental y, a través de ella, planteaba modificar y reformar diversas políticas de corte internacional para el desarrollo de la humanidad (ONU, 1987). (Meadows et al., 1972)

Se comenzó a generar, de manera más sistemática, el discurso del desarrollo duradero que se presentó formalmente como el concepto de Desarrollo Sustentable (Sustainable Development), cuya acepción original refería a un equilibrio del desarrollo económico dentro de los límites físicos naturales de la tierra. (ONU, 1987).

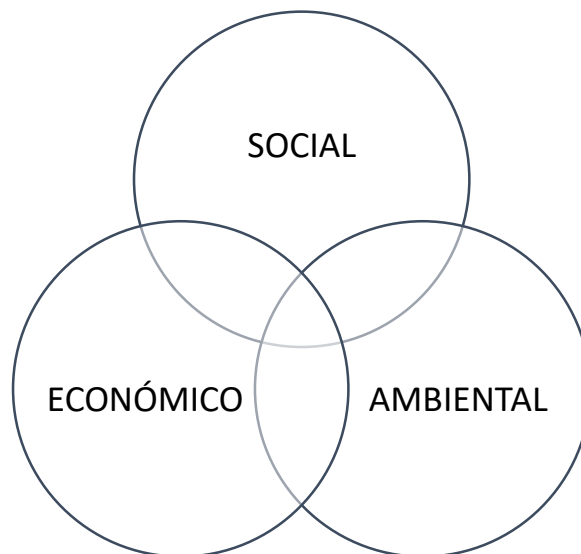
Entonces a partir de 1980, es cuando se plantea la Estrategia “Hacia el Desarrollo Sustentable” y que se comienzan a identificar las principales causas de la pobreza, la degradación ambiental, la presión demográfica, la inequidad social y así como los términos del comercio, por lo cual que se inicia a diseñar una nueva estrategia de desarrollo que conduce al Informe Brundtland, documento del que surge el concepto “desarrollo sostenible” y se convirtió en una aspiración internacional (Lopez & Cols., 2005).

A todo esto, se define el desarrollo sostenible como “aquel desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Informe Brundtland, 1983).

Finalmente, diferentes cumbres mundiales y eventos en el mundo sobre el clima y desarrollo sustentable, la ONU en el 2015 desarrollan 17 estrategias (ODS) para lograr impulsar los objetivos planteados para el 2030. La agenda nos presenta lo objetivos del desarrollo sostenible 2030, la cual nos plantea las grandes corrientes del desarrollo duradero que pretenden dar forma a la producción sociocultural, crecimiento económico, así como el manejo de los recursos naturales y la protección de los ecosistemas a nivel mundial (ONU, 2018).

El organismo citado anteriormente menciona que la agenda 2030, enfatiza la integración equilibrada con un planteamiento de sus tres principales pilares del desarrollo sostenible (economía, social y ambiental) con una formulación e implementación de estrategias y políticas nacionales.

Ilustración 1: Principales pilares del desarrollo sustentable.



Nota: Elaboración propia con datos obtenidos (ONU, 2018).

El término sostenible o sustentable constituye la misma idea según el documento legal “Nuestro Futuro Común” que fue traducido en España y en esa versión se utiliza el término sostenible, y en México y otros países se adopta el término sustentable que se refiere a la misma definición de sostenible (Documentos creados por la ONU).

1.1.1 La naturaleza lo recicla todo

Muchas veces utilizamos mal la palabra reciclar, ya que la confundimos con separar. Pero hoy en día no reciclamos los materiales o residuos, sino que los separamos, tal vez para ser reutilizados o reciclados, pero en la gran mayoría de los casos no ocurre eso y lamentablemente no hay sólo razones técnicas sino políticas detrás de ello.

Por otro lado, nos dice Alex Mitxelena Etxeberria (2019), “que la naturaleza vuelve a mostrar el cierre de los ciclos utilizando los desechos como nutrientes. Un ejemplo de ellos son las hojas de los árboles al caer nutren el sustrato terrestre que alimenta nuevamente por sí solo y a otras plantas que se encuentran alrededor. Haciendo esta analogía, es decir, vuelven al ciclo los materiales en este caso sus hojas, tras ser utilizados como su propia composta, se convierten en lo que cabe entender como residuos el cual se convierten, a su vez, en nutrientes” (Alex M, 2019, p. 99).

A, ahora bien, el autor también nos hace una referencia a la economía circular el cual nos propone observar los ciclos de la naturaleza para aplicarlos a conceptos económicos en aras de una mayor sustentabilidad:

Entonces la economía circular habla de un concepto económico que busca la interrelación con la sostenibilidad, donde su objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos a su término de vida. A todo esto, es implementar una nueva economía, circular -no lineal-, basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía (Economía circular, 2021, 12 de octubre).

Llevar esta analogía para el desarrollo de dicho recubrimiento en esta investigación nos plantea en la integración de materiales cuya producción sea lo más ecológica y amigable con el medio ambiente; que no supongan una sobreexplotación de recursos naturales; que sean ellos mismos por su naturaleza, así como un producto que se integre con el medio ambiente al fin de su ciclo de vida.

1.1.2 La naturaleza aprovecha lo que tiene a su alrededor

Un claro ejemplo de ello es donde se aprovechan los recursos naturales es la arquitectura vernácula que forma parte del medio natural. La cual se caracteriza por sus materiales de la misma región. Misma que expresa una tradición discreta de la arquitectura popular siempre buscando y mantener una relación provechosa y sensata con su medio natural de forma directa. La cual busca adaptarse al entorno y tomar de él lo que éste ofrezca para poder construir de una manera sensata con la naturaleza (Alex, 2019, p.102).

Arquitectura que muestra en su mayor expresión de una manera consiente con la naturaleza y su conexión con el entorno de la manera que donde hay piedra, se utiliza para apilarla y hacer paredes, mucho tiempo antes de haber aprendido a tallarla. Sin embargo, donde sólo hay tierra y paja, se hacen adobes o ladrillos. Ahora bien, nos hacemos la siguiente pregunta, ¿qué es lo que tenemos cerca hoy en día? Si tenemos que responder a esta pregunta seguramente no lo haremos de la misma manera que en el siglo XVII, periodo en el que construir con materiales del situ era de lo más normal (Salinas, 1997).

Como se mencionó anteriormente la piedra y madera en algunos casos, hojas de palma, bambú en otros. Ahora bien, como consecuencia de la explotación de los recursos naturales y la cercanía de los mismos ya no es tan clara. Por ello, en la actualidad la cercanía tal vez hay que interpretarla de otra forma y la idea de aprovechar lo que se tiene cerca adquiere otro sentido en lo que a la arquitectura se refiere. Así como también tenemos otro factor alrededor del cual que hay que considerar la naturaleza se limita a sí misma, impone límites internos que evitan los excesos y fomentan la autorregulación en sus propios recursos. Quién sabe si más auténticamente humana, por eso, por emular con labor de arte la sencilla obra de la naturaleza” (Salinas, 1997, p. 40).

No se trata de “volver a la naturaleza” sin más, sino de rediseñar nuestros artificios de forma que sean más semejantes a los productos de la naturaleza. Pues... “los materiales naturales para cubrir las necesidades de la población actual ni existen ni pueden existir. Si varios miles de millones de personas quisieran prendas vaqueras de fibras naturales teñidas con tintes naturales, la humanidad tendría que destinar millones de hectáreas al cultivo de algodón e índigo, simplemente para satisfacer la demanda -y esas hectáreas son necesarias para la producción de alimentos. Además, incluso los productos ‘naturales’ pueden no ser necesariamente saludables para los seres humanos y el entorno (Braungart & McDonough, 2005, p. 38).

1.2 A través del agua de México

El presente apartado busca crear conciencia sobre la problemática del agua en México y en la zona de estudio donde se está realizando la presente investigación y la importancia que tiene hoy en día ante esta pandemia por el COVID-19¹ con un propósito de fomentar la información y el estatus de nuestro recurso hídrico vital para la vida humana y nuestros ecosistemas de esta manera en la búsqueda de soluciones para minimizar el impacto ambiental.

Cabe resaltar que uno de los enfoques más recientes en la gestión de conservación del medio ambiente son los recursos acuáticos es el concepto de calidad ambiental, que se refiere al grado de perturbación y potencial de conservación o restauración de un ecosistema sometido a presiones humanas. Desde un punto de vista integral, definir la calidad del agua significa ir más allá de sus atributos físico químicos o biológicos; implica tomar en cuenta el contexto ecológico, así como los usos y valores que la sociedad les otorga. Una visión moderna maneja de hecho estos elementos como inseparables (Hart et al., 1999).

Ahora bien, el agua como el segundo gran componente del sistema terrestre, el cual se presenta en forma de vapor, líquida y en hielo, donde el 1.2% corresponde al agua dulce, disponible en lagos, ríos y aguas subterráneas, y el 98.8% restante a mares, océanos, sedimentos marinos, glaciares y nieves perpetuas, los cuales tiene un papel decisivo en la conformación del clima, la regulación del sistema de la vida (biosfera) y en el funcionamiento del ciclo hidrológico (Ludevid, 1998).

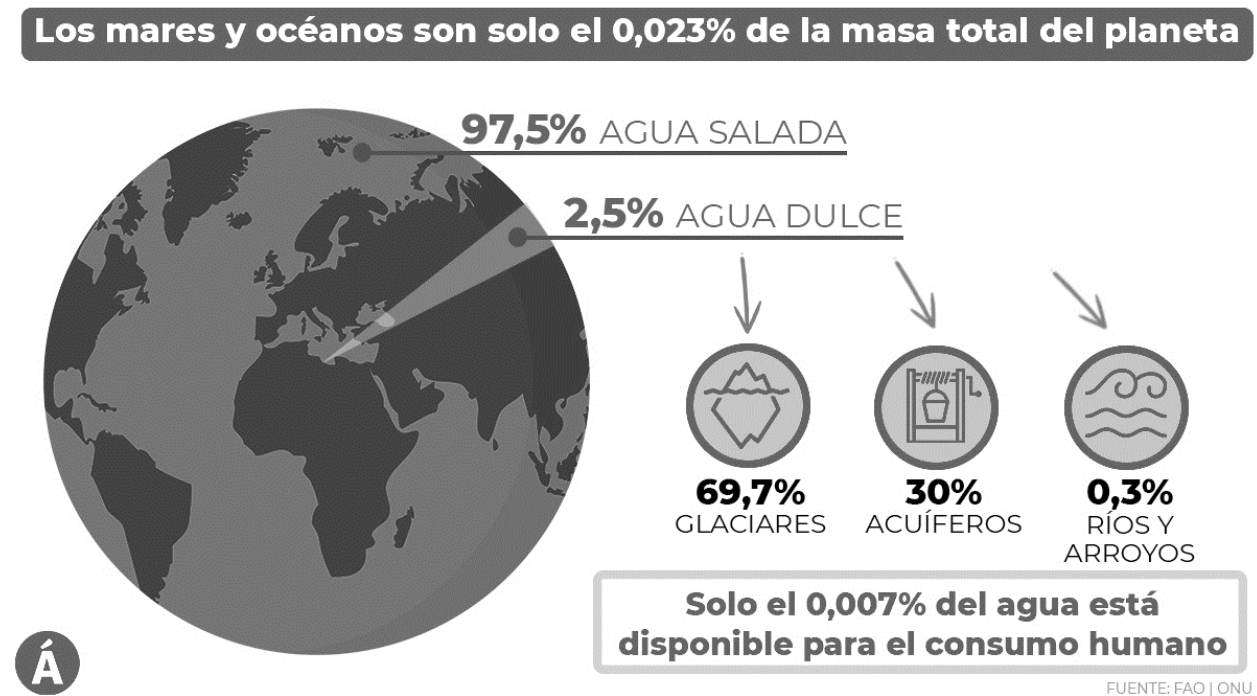
1.2.1 Las reservas de agua dulce en el mundo

Se ha estimado que existen alrededor de 1 400 millones de kilómetros cúbicos de agua en el planeta, de los cuales sólo 2.5% corresponden a agua dulce (PNUMA, 2007). Este pequeño porcentaje se localiza principalmente en los ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos del mundo. Casi tres cuartas partes del agua dulce están contenidas en los glaciares y mantos de hielo, de los cuales alrededor de 97% son prácticamente inaccesibles para su uso, ya que se encuentran en Antártica, el Ártico y Groenlandia. Del agua dulce existente en el planeta 30% corresponde a agua subterránea, 0.8 y sólo el 0.4% a aguas superficiales y en la atmósfera.

¹ Se trata del coronavirus SARS-COV2. Apareció en China en diciembre pasado y provoca una enfermedad llamada COVID-19, que se ha extendido por el mundo y fue declarada pandemia global por la Organización Mundial de la Salud. <https://coronavirus.gob.mx/>

Si consideramos al agua dulce no congelada (31.2% del volumen de agua dulce total, la subterránea representa el 96%, agua que además resulta importante como abastecimiento para arroyos, manantiales y humedales, así como un recurso fundamental para satisfacer las demandas de agua de muchas sociedades en el mundo. Aunque el agua presente en la atmósfera equivale a un volumen significativamente menor a la que se encuentra en los lagos, es muy importante por su papel en la regulación del clima. Ahora bien, la disponibilidad del agua de una región o país depende del balance de agua, esto es, del volumen que se recibe por precipitación y de lo que se pierde por la evaporación de los cuerpos de agua y por la evapotranspiración de la vegetación. A todo esto, podemos visualizar con mayor presión en donde está el agua en nuestro planeta como se muestra en la siguiente ilustración (SEMARNAT, 2012).

Ilustración 2: Muestra la cantidad de agua dulce que hay en el planeta para el consumo humano.



Nota: Ilustración rescatada de <https://www.elagradiario.com/open-data/infografias/agua-planeta/>

Pero como vamos con relación al uso del agua, en México el 76.8% del agua concesionada se destina a las actividades agropecuarias, de las cuales solamente el 70.7% es exclusivamente agrícola, un 13.9% al abastecimiento público (incluyendo a las industrias conectadas a la red) y un 9.2% a la industria autoabastecida (incluyendo a las termoeléctricas). Del agua destinada al sector agropecuario los distritos de riego utilizan el 48% del total y el 69% se extrae de los acuíferos con una eficiencia de solamente 46%. Del abastecimiento público sólo el 0.35% es para uso doméstico con un 89.2% de la población con acceso a agua entubada (SEMARNAT, 2007); es importante señalar que son las poblaciones rurales marginadas las más afectadas por la falta de abastecimiento de agua potable y ubican principalmente en el sur del país donde existe mayor disponibilidad de agua. Ahora bien, también en las zonas amplias la deforestación y la erosión del suelo producen un aumento en el escurrimiento superficial y la disminución de la infiltración del agua de lluvia. (CONABIO, 1998)

1.2.2 El agua y el bienestar de la población

Por otra parte, el bienestar y la salud de la población dependen, en gran medida, de su acceso a los servicios básicos, siendo el agua potable y el alcantarillado dos de los más importantes. Para muchos países ha sido imperativo el impulso hacia la construcción de la infraestructura hidráulica que lleve estos servicios a sus crecientes poblaciones. Sin embargo, en muchos casos ha sido insuficiente. El último informe mundial de los Objetivos de Desarrollo del Milenio destaca que, en 2008, alrededor de 884 millones de habitantes (es decir, 13% de la población mundial) aún no tenían acceso a fuentes mejoradas² de agua potable (ONU, 2011). El agua es fundamental para todos los ecosistemas, tanto acuáticos como terrestres, pero está sujeta a altos niveles de competencia entre los usuarios. La cantidad y la calidad de los recursos hídricos son características determinantes del tipo de ecosistema y de los servicios de provisión, regulación, soporte y culturales asociados. Los desafíos que enfrenta el agua dulce y los compromisos para enfrentarlos están ampliamente documentados en los informes globales de evaluación, tales como la informe insignia de las Naciones Unidas sobre el agua, el Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, al que contribuye el PNUMA³.

² Incluye conexión a una red doméstica, pública, pozo protegido o recolección de agua de lluvia.

³ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente es responsable de coordinar las respuestas a los problemas ambientales dentro del sistema de las Naciones Unidas.



1.3 Corazones de agua que agonizan y otros que dejaron de latir en México

Ahora bien la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO⁴), reporta que los recursos hídricos de México están constituidos por 39 ríos principales, 70 lagos principales, 137 lagunas costeras y 14000 cuerpos de agua interiores; así como por almacenamientos subterráneos y grandes masas de agua oceánica, existiendo una gran cantidad de cuencas hidrológicas en las zonas donde las sierras están en contacto directo con el mar y en el Altiplano seco endorreico; sin embargo, el número de grandes cuencas que abarcan amplias zonas del país es reducido (SEMARNAT, 2007).

Como tal México se encuentra ubicado entre los países con una disponibilidad media de agua y con problemas de sobreexplotación y contaminación en muchos de sus acuíferos (CONAGUA⁵). Teniendo en cuenta que el agua en los ecosistemas es poco valorada ya que hoy en día donde la tecnología nos acentúa a tener todo a la mano. “El agua natural en su conjunto constituye un recurso renovable que interviene en el ciclo hidrológico. Se ha demostrado que su cantidad global no varía, aunque sí su cantidad local y su calidad” (Reynerio & González, s.f.). Así como también, por ejemplo: las zonas de recarga se están viendo mermadas por los cambios de uso de suelo y la reducción de la cobertura vegetal primaria. Poco se tiene en cuenta que “el agua y los ríos son elementos de la naturaleza y contribuyen a establecer las características de los climas, que modelan el paisaje, los valles, las playas y alimentan la vida que de ellos depende (Martínez, 2008). Un ambiente frágil muestra “altos niveles de erosión del suelo, que afectan la recarga de agua: al no haber capa de suelo en la parte alta de la cuenca, se reduce su capacidad de infiltración y el agua escurre rápidamente hacia las partes bajas.

De manera que los ríos intermitentes se forman, es decir, sin una corriente constante de agua durante el año ya que dependen de la precipitación pluvial” En este planeta Tierra nada funciona sin agua: ni en los ecosistemas naturales, ni en la agricultura, en las ciudades ni en el cuerpo humano. Todos los procesos vitales de nuestro planeta dependen, directa o indirectamente, de esta sustancia cotidiana y, sin embargo, tan valiosa (German W, 2013).

⁴ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

⁵ Comisión Nacional del Agua

Entonces en México el 69% del escurrimiento natural de que dispone el país (incluyendo las aportaciones que recibe de otros países) se concentra en 12 cuencas, las de los ríos Balsas, Santiago, Verde, Ometepe, Fuerte, Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Pánuco, Tecolutla, Bravo y Tonalá. Sin embargo, el área drenada por estas doce corrientes sólo corresponde al 38 por ciento de la superficie continental de la República Mexicana, lo que significa que más del 60 por ciento del territorio únicamente dispone del 31 por ciento del escurrimiento natural. A todo esto, podemos situar que de las 731 cuencas hidrológicas 104 muestran problemas de disponibilidad. Problemas en materia hídrica se deben a una mala gestión de las aguas: sobreexplotación, y contaminación (CONAGUA, 2013).

A continuación, es importante acotar que los principales lagos de México, en cuanto a sus cuerpos de agua superficiales, se consignan siete lagos principales, que cubren un área total de 1692 km² y representan un volumen de 10410 millones de metros cúbicos, como se muestra en la tabla siguiente. En donde el más grande es el de Chapala, posterior le siguen por sus volúmenes de cuerpo de agua Cuitzeo, Pátzcuaro, Yuriria, Catemaco, Dr. Nabor Carrillo y Tequesquitengo. Ahora bien, unos de los principales problemas de la contaminación de nuestros cuerpos de agua son las descargas residuales no tratadas, vertidas a los cuerpos de agua, están presentes en todos los estados de la república. (SEMARNAT-SNIARN, s.f.)

Tabla 1: Muestra los principales lagos de México, en cuanto a sus cuerpos de agua superficiales.

Número	Nombre	Cuenca / km2	Capacidad / hm3
1	Chapala	1116	8126
2	Cuítzeo	306	920
3	Pátzcuaro	97	550
4	Yuriria	80	188
5	Catemaco	75	454
6	Dr. Nabor Carrillo	10	12
7	Tequesquitengo	8	160

Nota: Tabla elaborada con datos de CONAGUA, 2016 a.

Se puede hablar de un concepto de agua dulce renovable, a que se refiere al volumen anual de agua con el cual los mexicanos deben satisfacer las cada vez crecientes necesidades de forma sustentable incluyendo las necesidades de la naturaleza. La contaminación o alteración de la calidad del agua reduce el volumen disponible para uso y consumo humano, así como para el funcionamiento de diversos ecosistemas (Espinoza, et al., 2010).

Pero a todo esto, ¿cómo podemos determinar la contaminación del agua? según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2000. Citado en Rojas-Mayorquín, 2011), el agua está contaminada cuando su composición se altera, por lo que está no reúne las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado, en su estado natural.

La contaminación del agua se puede considerar un costo social que toda actividad económica genera y que implica una pérdida de bienestar general, ya que el saneamiento para volverla potable demanda un costo extra (Saldívar, 2007, en Espinoza, et al., 2010). Los desechos que provienen de las diversas actividades humanas pueden clasificarse en: industriales, petróleo y petroquímica, agua de enfriamiento, de agricultura (plaguicidas), público urbano y radioactivos (Botello et al., 2010).

Ahora bien, los principales contaminantes de los lagos, ríos y zonas costeras son efluentes industriales, descargas de plantas de tratamiento (urbanas o industriales) aguas residuales urbanas sin tratamiento (desechos cloacales), escorrentías superficiales, lixiviado de suelos, desechos de la industria minera, otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua), agentes infecciosos (cólera, disentería) que causan trastornos gastrointestinales, productos químicos –cada vez más numerosos y de moléculas complejas-, incluyendo los pesticidas utilizados en la agricultura, diversos productos industriales, las sustancias contenidas en los detergentes, jabones y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos, entre otros. Los desechos de la industria textil, la curtiduría, la refinación de metales en la minería, los sólidos de arrastres de escorrentías de zonas agrícolas, suelos degradados y ciudades (SEMARNAT 2012).

A continuación, se presentan dos casos que podrían considerarse emblemáticos de la contaminación de nuestros cuerpos de agua en nuestro país México y que debemos tomar acciones a tiempo, así como la zona de estudio de esta investigación.

1.3.1 La desaparición del Glaciar Ayoloco en el Iztaccíhuatl, Estado de México

Cabe destacar que el Dr. Hugo (comunicación personal, 27 de agosto de 2020) investigador del Instituto de Geofísica de la UNAM, ha observado desde hace años la rápida desaparición de las áreas glaciares en el volcán Iztaccíhuatl, se aceleró de manera irreversible desde la década de 1980. “Los glaciares se declaran extintos cuando dejan de funcionar. En el área donde estaba el glaciar Ayoloco todavía hay masas de hielo, pero ya no se comportan como masa de hielo glaciar. Eventualmente van a desaparecer, pero como tal, el glaciar no existe”, dijo. Como parte de una consecuencia del calentamiento global, como producto de la actividad humana, ha extinguido ocho de las once masas glaciares que existían en el volcán Iztaccíhuatl; sólo quedan el sistema de la panza, el del pecho y uno muy pequeño, conocido como el suroriental.

Figura 1: Glaciar Ayoloco en el Iztaccíhuatl, Estado de México y su desaparición de las áreas glaciares.



Nota: imagen rescatada de <https://expreso.press/2021/04/22/declaran-extinto-el-glaciar-ayoloco-en-el-volcan-iztaccihuatl/>

Por otro lado, el Ayoloco alimentaba las lagunas del volcán y en tiempos de sequía proveía de agua a los habitantes de la zona, perteneciente al municipio de Amecameca, en el Estado de México. La montañista y directora de Literatura y Fomento a la Lectura de la Coordinación de Difusión Cultural, Anel Pérez Martínez, ha escalado el Iztaccíhuatl desde hace 12 años. En el marco de

México 500, la UNAM, a través de la iniciativa del doctor Hugo Delgado Granados del Instituto de Geofísica y en colaboración con la Coordinación de Difusión Cultural a través de la Dirección de Literatura y Fomento a la Lectura, se ha programado la colocación de una placa alusiva a la desaparición del milenario glaciar de Ayoloco (UNAM-DGCS-712, 2020).

Figura 2: Placa en el Glaciar Ayoloco en el Iztaccíhuatl, Estado de México.



Nota: imagen rescatada de https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2021_349.html

“El que hayamos colocado esa placa es para llamar la atención: aquí había algo y desapareció de una manera muy rápida, y que no debió haber sido. Lo que nos está diciendo es que nosotros también podemos desaparecer” (Hugo Delgado Granados). Es un llamado a la toma de acción y que es tarea de todos. De tal manera como lo expresa de siguiente manera; “Ayoloco significa en náhuatl el lugar del corazón del agua. Es dramático porque suena a un corazón que deja de latir, que deja de llevar, de circular el agua” (Anel Pérez Martínez, s.f.).

1.3.2 Lago de Cuitzeo, el segundo más grande de México que agoniza

El lago de Cuitzeo, es considerado el segundo más grande de México y ubicado en el estado de Michoacán, en donde Alberto Gómez, T. (2021, 19 de abril). Nos dice que podría estar a punto de extinguirse ante la falta de lluvias, la grave deforestación y la contaminación sanitaria por aguas residuales que vierten al menos 15 poblaciones urbanas y rurales cercanas.

Figura 3: Imagen tomada desde google earth al Lago de Cuitzeo.



Nota: imagen rescatada de <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/11/02/estados/el-lago-de-cuitzeo-continua-en-alto-riesgo-de-sequia/>

Durante el periodo de lluvias que duró poco más de seis meses, el lago de Cuitzeo volvió a recuperar la mayor parte de su superficie que abarca unos 350 km². Sin embargo, la parte poniente del embalse alcanzó una profundidad entre 10 y 20 centímetros, mientras que la zona poniente alcanza en algunos sitios más de 1.5 metros de profundidad, a decir Arturo Chacón, investigador del medio ambiente de la (UMSNH⁶). Sin embargo, ante la gravedad de la sequía causada también por el cambio climático, en los primeros meses de este 2021 buena parte de la zona poniente también se secó. Y a decir del investigador Alberto Gómez, T. (2021, 19 de abril) el lago de Cuitzeo seguirá degradándose, aunque aparentemente pareciera que se está recuperando.

⁶ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Lo anterior mencionado coincide con habitantes de San Agustín del Maíz, municipio de Copándaro, que viven en la ribera del lago. “Es cierto que fue un año lluvioso, pero el agua alcanzó los mismos niveles de otros años donde ha habido lluvias regulares. Tendría que ser algo extraordinario, como hace décadas no ocurre”, señaló Alejandro G. (2021, 19 de abril), estudiante de ingeniería forestal de la UMSNH y vecino de esta comunidad.

Figura 4: Vista aérea desde un dron del Lago de Cuitzeo.



Nota: imagen rescatada de <https://udgtv.com/noticias/agoniza-milenario-lago-cuitzeo-segundo-mas-grande-mexico/>

Ahora bien, Ricardo L. (2021, 19 de abril), secretario del Medio Ambiente y Recursos Naturales de Michoacán, precisó que la deforestación de las zonas montañosas ha azolvado el lago, por lo que urge reforestar los bosques de la cuenca, aunque pasaría una década para ver los primeros resultados como son recuperación de capa vegetal, infiltración de agua pluvial y nacimiento de manantiales. “Cuando hay escurrimientos, el agua se lleva el lodo y se pierde la profundidad de los lagos, y así empiezan a fenecer. Un bosque que se reforesta necesita de 10 años en adelante para volver a recuperar capa vegetal”, señaló. A todo esto, es preocupante que estaríamos perdiendo el segundo cuerpo de agua natural de la República Mexicana, entonces por qué no perdemos también Chapala o por qué también no perdemos el Lago de Pátzcuaro enseguida se presentan algunas de las raíces de las problemáticas presentes para ésta investigación:

A todo esto, se parte de la premisa desde una problemática ambiental en la zona de estudio, en el municipio de Pátzcuaro, Michoacán debido a que el cuerpo de agua del que refiere su nombre es actualmente invadido por una de las peores malezas acuáticas del mundo, la cual causa problemas altamente serios y amplios más que ninguna otra maleza acuática flotante. (SEMARNAT⁷)

1.4 Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) una maleza

Ahora bien el *Eichhornia crassipes* (en adelante para la siguiente investigación lirio acuático) ha sido catalogado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (ISSG por sus siglas en inglés) de la UICN⁸ como una de las "100 especies invasoras más dañinas del mundo" (CONANP⁹), misma maleza que se pretende usar como materia prima para la investigación en curso. Por otro lado, el lirio acuático, es una monocotiledónea de la familia Pontederiaceae (Patel, 2012), de agua dulce, originaria de la cuenca del Amazonas y naturalizada en los países tropicales y subtropicales de América del Sur. Esta planta ha invadido África, Asia y América del Norte (Gao & Li, 2004).

Una amenaza latente que está en nuestros cuerpos de agua en particular en el lago de Pátzcuaro, Michoacán; es una de las plagas conocidas a nivel mundial, el lirio acuático es considerado como la más agresiva (SEMARNAT), esto se debe a su rápida propagación en las diferentes cuencas o lagos en donde se encuentra radicado, esto imposibilita la navegación y riego en los asentamientos cercanos, ya que taponan las cañerías de ingreso y desagües del sistema, lo que conlleva en los peores casos inundaciones, grave contaminación de la corriente hídrica por la propagación de insectos y bacterias peligrosas para el medio. Otra zona que se ve afectada gravemente son las centrales hidroeléctricas a nivel nacional en lo referente a la producción de energía. Como especie invasora presenta múltiples peligros, que van desde los ecológicos y económicos, hasta los sociales (Patel, 2012). Su reproducción vegetativa y rápida tasa de crecimiento (Havel et al., 2015), provoca que impacte el flujo de agua, bloquee la luz solar y evite que llegue a las plantas acuáticas nativas, lo que conlleva a una disminución del oxígeno, alteración de la estructura y función del ecosistema e interrupción de la cadena alimentaria y el ciclo de nutrientes (Bhattacharya & Pawan, 2010; Khanna et al., 2011).

⁷ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

⁸ Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

⁹ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Su crecimiento acelerado contribuye al fenómeno de eutrofización de los cuerpos de agua y su lenta descomposición genera malos olores y bajo nivel de higiene, lo cual ocasiona que dichas aguas no sean aptas para el consumo (Gaertner et al., 2016).

Esta maleza provoca un fuerte impacto al ambiente, a la salud humana y al desarrollo económico (Malik, 2007). Ha invadido los sistemas de agua dulce en los cinco continentes y, según los modelos de cambio climático, su distribución puede expandirse a latitudes más altas a medida que aumentan las temperaturas (Rahel & Olden, 2008; Rodríguez-Gallego et al., 2004).

• Impacto ambiental

Es importante que esta maleza o plantas flotantes representan forman parte del ecosistema en los ríos ya que son una fuente de alimentos de macro invertebrados, tales como larvas de insectos y crustáceos, peces, aves y mamíferos acuáticos. Así como tal sus tallos y raíces a menudo albergan bacterias fijadoras de nitrógeno, vertebrados e invertebrados, a veces en relaciones simbióticas o como fuente de alimento (Poi-de-Neiff, 2003; Ruiz-Téllez et al., 2008). Pero también las altas densidades de lirio acuático, pueden disminuir los niveles de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua, lo que provoca la reducción de la fauna acuática (Villamagna & Murphy, 2010). Pero que sucede cuando esta planta muere, se hunde y descompone, lo que vuelve el agua más eutrófica, debido a la gran cantidad de nutrientes. La calidad del agua se deteriora y se ve amenazada, lo que provoca un impacto directo sobre la salud humana (Gaertner et al., 2016).

A todo esto, su principal factor es que incrementa la pérdida de agua y la evaporación, disminuye el flujo de agua, la interferencia en la navegación, los riesgos de salud y la alteración en las características fisicoquímicas del cuerpo de agua. Además, las condiciones de crecimiento favorables, algunas estimaciones sugieren que el lirio puede duplicar su biomasa en dos semanas. En un período de ocho meses, diez plantas de lirio pueden reproducir 65,5360 plantas, que pueden cubrir media hectárea de superficie (Gunnarsson & Petersen, 2007).

La alta tasa de crecimiento que presenta el lirio acuático, se debe a la eutrofización de los cuerpos acuíferos. Además, la ausencia de enemigos naturales contribuye a su rápido esparcimiento (Charudattan, 2001).

Actualmente las investigaciones sobre los efectos del lirio acuático en la calidad del agua, se ha centrado en las consecuencias de las densas alfombras formadas por el entrelazamiento de plantas individuales. Los efectos más documentados son una menor productividad del fitoplancton y concentraciones de oxígeno disuelto debajo de estas esteras (Mangas-Ramírez & Elías-Gutiérrez, 2004; Perna & Burrows, 2005; Rommens et al., 2003).

Otros efectos de la calidad del agua, incluyen mayores tasas de sedimentación dentro de la compleja estructura de la raíz de la planta y mayores tasas de evapotranspiración de las hojas del lirio acuático en comparación con las tasas de evaporación de aguas abiertas (Meerhoff et al., 2003).

• **Impacto socioeconómico**

Por consiguiente, la invasión esta maleza en cuerpos de agua dulce presenta un problema para muchas actividades humanas, como son el acceso a la navegación y la recreación, daños a los sistemas de tuberías para la agricultura, la industria y el abastecimiento de agua municipal, entre otros el acceso a la pesca también se ve afectado (Kateregga & Sterner, 2009).

Además, la evapotranspiración del lirio acuático puede exceder las tasas de evaporación en aguas abiertas por un factor de diez en algunas áreas (Gopal, 1987). Esto puede ser un problema en áreas limitadas por el agua y en cuerpos de agua pequeños. Las esteras también pueden llegar a bloquear áreas de reproducción, cría y alimentación de peces importantes a nivel económico en diversos sectores (Twongo & Howard, 1998).

• **Impacto en la salud**

Dentro de los problemas de salud, el lirio constituye el hábitat para el desarrollo de organismos vectores de plagas y patógenos como la filariosis, la helmintiasis, el dengue, la encefalitis, el paludismo, la fiebre amarilla, entre otras (March- Mifsut & Martínez-Jiménez, 2007), que afectan a las comunidades cercanas a los cuerpos de agua colonizados por esta maleza. También podemos resaltar que el lirio acuático es una especie con alta capacidad adaptativa y reproductiva, que ha sido clasificada dentro de las cien malezas más invasoras del mundo (Nesslage et al., 2016).

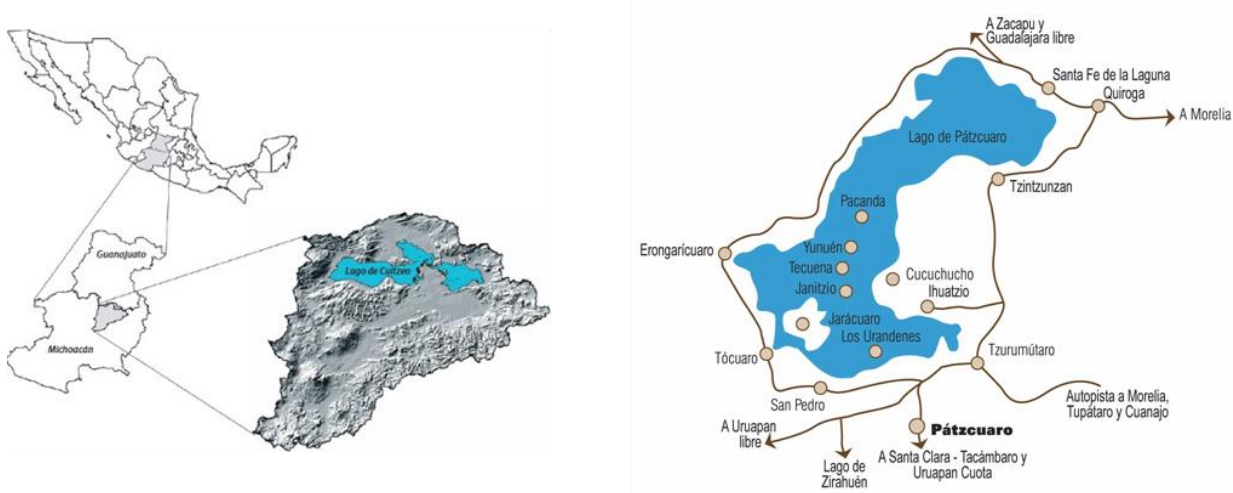
1.4.1 Zona de estudio: Lago de Pátzcuaro, Michoacán

Por lo tanto, después de tener un contexto de lo que está pasando con el agua y la pérdida de los ecosistemas a continuación nos situaremos en la zona de estudio para el desarrollo de la presente investigación. En donde Pátzcuaro, Michoacán está ubicado al oeste de la ciudad de Morelia; en sus alrededores presentan un sin número de lugares de interés turístico, por lo que es uno de los sitios turísticos más importantes del estado. En esta región se asienta la etnia más representativa del estado, los purépechas, siendo esta región además un bastión cultural y folklórico de gran importancia para el estado.

• Situación geográfica

El lago de Pátzcuaro se localiza al centro del estado de Michoacán, y se encuentra dentro la cuenca lacustre que le proporciona un clima templado húmedo con lluvias en verano y temperatura promedio anual de 16°C. El lago contiene ocho islas: Isla de Janitzio, Isla Jarácuaro, Isla Pacanda, Isla Tecuena, Islas Urandenes, Isla Yunue (DIGAHOM, s.f.).

Figura 5: Ubicación del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.



Nota: imagen recuperada de <https://es.wikivoyage.org/wiki/P%C3%A1tzcuaro>

El lago de Pátzcuaro puede considerarse como un lago tropical de montaña, con una profundidad somera y variable debido a su topografía y la gran dinámica del proceso erosión-sedimentación; la longitud y anchura máxima son de 20 y 10 km, respectivamente.

De tal modo que el Lago de Pátzcuaro se encuentra en un estado de degradación tan avanzado que ha perdido muchos de sus procesos ecológicos y evolutivos, en concreto, recuperar a las especies nativas será una tarea muy complicada, misma que, de comenzarse el día de hoy, podrían arrojar resultados evidentes en al menos tres o cuatro décadas (DIGAHOM, s.f.).

Lo que se traduce en una señal certera de que los servicios ecosistémicos brindados por el lago y que actualmente soportan sectores económicos, culturales y sociales podrían verse seriamente disminuidos en un plazo de 20 o 30 años. Se calcula que 85% de los suelos está erosionado en alguna medida; la profundidad del agua se ha reducido más de 2.5 metros y en algunas partes el lago no alcanza ni un metro de altura.

Y la falta infraestructura para sanear el cuerpo de agua, contaminado e invadido de sedimentos y vegetación acuática. Las plantas tratadoras de las poblaciones ribereñas no logran limpiar ni un 20% del líquido residual (DIGAHOM, s.f.).

1.4.2 Calidad de agua en el lago

Por otra parte Juan P. & Omar D. (2021) nos mencionan que la pérdida en la calidad del agua del lago, una que destaca es el aporte de sedimentos y materia orgánica acarreada desde la parte alta de la cuenca, fuertemente deforestada; aporte de materia orgánica causado por la descarga de aguas residuales sin tratar desde hace más de 25 años; la introducción de plantas acuáticas que se han convertido en malezas desde los años 30; los continuos dragados que se implementan en el lago de manera regular y el inadecuado manejo de estas malezas desde hace más de 20 años. La materia orgánica es uno de los mayores problemas, esto conlleva a la eutrofización del lago y a cambios importantes en el hábitat y sus interacciones. La materia orgánica se acumula en el fondo del lago y, en algunos lugares, ha alcanzado un espesor de más de 2 m. Esta masa de sedimentos es removida y suspendida en la columna de agua por el viento, el dragado y algunas especies de peces exóticos como la carpa.

1.4.3 Alteraciones del hábitat en su entorno

En relación a la condición del hábitat de las especies que viven en el lago, una de las principales afectaciones es la pérdida del nivel del agua. La deforestación y cambio de uso de suelo de la zona de captación de agua que alimenta el cuerpo de agua, ya sea por escorrentías o infiltración hacia los manantiales, ha cambiado en los últimos 70 años. Antes eran zonas boscosas y ahora se realizan actividades humanas como la agricultura (40%), la ganadería (30%) y el desarrollo urbano (20%).

Estos cambios causan desplazamientos de sedimentos de las partes altas de la cuenca al lago, se calcula que cada temporada de lluvias aproximadamente 100,000 m³ son depositados en el vaso lacustre. Esto azolva el lago y hace que pierda su profundidad, llegando a desaparecer en su totalidad la mayoría de las zonas someras que existían en sus márgenes (Juan & Omar, 2021).

A todo esto, el lirio acuático no solo ocasiona una problemática ecológica, ambiental, salud y económica en el lago de Pátzcuaro, Michoacán se extiende en una dimensión social para las comunidades de su alrededor que afectan su trabajo y, por ende, de la calidad de vida. Se requiere más investigación sobre otras alternativas para un manejo sostenible de esta especie invasora, esto incluye desarrollar proyectos para la eliminación, prevención de la propagación o utilización, que generen bienes a partir del lirio acuático con un impacto sustentable para las comunidades quienes son los guardianes de estos cuerpos de agua.

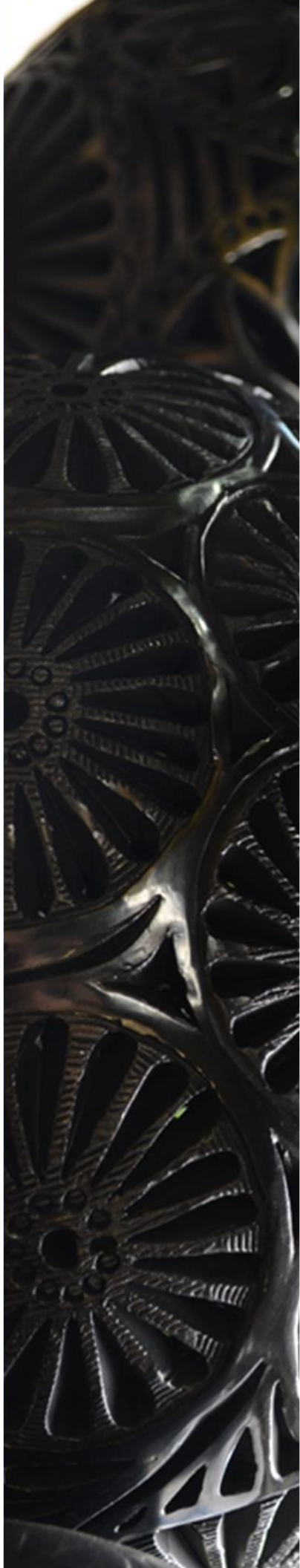
A continuación, se muestran fotografías propias tomadas en la zona de estudio durante el desarrollo de esta investigación.



Figura 6: Embarcadero para la isla de Janitzio, Pátzcuaro, Michoacán 14 de marzo del 2021.



Figura 7: Embarcadero para la isla de Janitzio, Pátzcuaro, Michoacán del 01 de agosto del 2021.



1.5 Michoacán, uno de los Estados con mayor presencia de técnicas artesanales.

Esta región abarca casi todas las ramas artesanales de Michoacán entre las que destacan: la alfarería vidriada en negro la cual se caracteriza por su belleza y elegancia reflejada en candeleros, candelabros, copaleros, jarras, boleras, miniaturas y ollas poncheras; los textiles de lana como los suéteres, colchas, tapetes, cojines y gabanes son los más vendidos en Pátzcuaro, pero el acrilán y algodón son utilizados para crear finos adornos para el hogar como manteles, sobrecamas y cortinas; y madera como el cedro, caoba o parota se aprovecha para crear hermosos muebles coloniales y para los rústicos se maneja el pino, el colorín o el sauce. Pero el estado de Michoacán es característico por el manejo de sus técnicas aplicadas en su alfarería donde podemos encontrar piezas hechas de barro bruñido, de barro policromado y barro vidriado (IAM, 2020).

El director del Instituto del Artesano Michoacano, Claudio Méndez Fernández, afirma que el 50% de las artesanías michoacanas son alfarería y el 20% textil; el 30% restante se divide entre materiales como madera, cuero y fibras vegetales. (IAM¹⁰)

Sin embargo, la gran mayoría de los artesanos de la región lacustre del estado de Michoacán, viven de la venta de sus artesanías, esto constituye su única fuente de ingresos, la que se vio fuertemente afectada por la pandemia que todos hemos experimentado de una forma u otra. Por ende, muchas de las piezas que realizan los artesanos, llevan minuciosos detalles que para hacerse conllevan días y hasta meses en poder realizarse, es por ello, que me permito a través de este apartado a ser conciencia al momento de comprar con los artesanos de respetar los precios de las piezas elaboradas por artesanos y valorar el gran esfuerzo y dedicación que ponen las manos artesanos y artesanas para lograr, a través de las técnicas ancestrales, mantener y conservar el gran valor cultural que tiene nuestro país México.

¹⁰ Instituto del Artesano Michoacano

1.5.1 Técnicas artesanales, en la región lacustre del Estado de Michoacán

Así mismo nos dice el Instituto del Artesano Michoacano, (2020, 24 de julio) que es un estado que sobresale por su gran variedad y riqueza artesanal, ya que cuenta con más de diez mil mujeres y hombres que dedican su vida a crear grandes obras de arte en las 16 ramas artesanales de las que se tiene registro. Más de cinco mil 500 son mujeres artesanas, quienes desde muy pronta edad empiezan a elaborar las artesanías que se trabajan en sus hogares, cuyas diferentes técnicas aprenden de sus padres y abuelos. En la actualidad varias mujeres artesanas son el sustento de sus familias. En el caso de los hombres artesanos, son aproximadamente cuatro mil 500 los que se dedican a esta labor, misma que también aprenden desde muy pronta edad de sus padres y abuelos.

Ahora bien, cabe resaltar también que las artesanas y artesanos de la entidad trabajan las diversas ramas artesanales según su lugar de origen, que ubican en las siguientes siete regiones: Región Occidente, Región Meseta, Región Oriente, Región Costa, Región Tierra Caliente y la Región Lacustre.

Pátzcuaro: Su nombre significa “Lugar donde tiñen” o “Lugar donde hay cimientos”. Diversas manufacturas conforman los saberes populares de esta ciudad reconocida con el título de Pueblo Mágico (IAM, 2020).

Así como también se encuentran alrededor de la cuenca hidrológica de la zona de estudio como son: Santa Clara del Cobre, Santa Fe de la Laguna, Tzintzuntzan, Erongarícuaro, Ihuatzio, Jarácuaro, Santa Cruz, Zirahuén, Tócuaro, Zipiajo, Quiroga, Puácuaro, Opopeo, Cuanajo, Pichátaro y San Miguel Ncutzepo. En cada una de estas localidades mencionadas es donde más hay más variedad de artesanías, estando presentes 15 de las 16 ramas artesanales que se producen en Michoacán (IAM, 2020).

- **Alfarería en la Región del Lago de Pátzcuaro, Michoacán**

A todo esto, en la Región Lacustre puedes encontrar: Alfarería, Cerámica, Textiles, Mascaras, Muebles, Fibras vegetales, Metalistería, Joyería, Orfebrería, Laudaría, Juguetes, Lacas, Maque y Cantería. La Alfarería de Michoacán se distingue en el Arte Popular en México no sólo por su calidad, sino por las técnicas ancestrales que utilizan, realizando una fusión de técnicas prehispánicas con técnicas que fueron incorporadas en tiempos de Don Vasco de Quiroga; logrando con ello los habitantes de las comunidades indígenas una especialización artesanal (IAM, 2020).

En cada una de las localidades familias trabajan diferentes técnicas destacando: el barro bruñado, el barro policromado y el barro vidriado.

Figura 8: Texturas de diferentes técnicas en la alfarería de Michoacán por artesanos.



Nota: Fotografías propias tomadas en el Tianguis Artesanal más grande de Latinoamérica, Uruapan Michoacán.

1.5.2 Trabajo artesanal una perspectiva económica

Figura 9: Artesanos en la Ciudad de México intercambiando sus artesanías ante la pandemia COVID-19.



Nota: Figura recuperada de <https://www.elsoldemexico.com.mx/metropoli/cdmx/artesanos-en-cdmx-zocalo-intercambian-sus-productos-por-comida-ante-covid-19-5174590.html>

De acuerdo con la información proporcionada por las Casas e Institutos de las Artesanías a petición del FONART para elaborar el presente análisis diagnóstico, se reporta que muchos productores artesanales han empezado a abandonar la producción artesanal para emigrar a otras actividades que les permitan cubrir sus gastos esenciales en salud y alimentación se han visto obligados a buscar ingresos en la actividad agrícola, la albañilería y la migración a las ciudades; esto significa la aceptación de trabajos mal pagados, poner en riesgo su salud y su seguridad, ya que, en las actuales circunstancias, corren riesgos como ser contagiados de COVID-19. (FONART, 2022)

“El tema de la pandemia a nivel mundial, nos afecta a todos en general de alguna manera, pero a los artesanos les está cerrando talleres, parando sus ventas por completo, hay comunidades enteras que se encuentran luchando con esta enfermedad, los artesanos en su mayoría son adultos y adultos mayores, por lo tanto, el tema del COVID-19 los hace ser una población vulnerable, se nos están muriendo junto con ellos las técnicas ancestrales de nuestro estado” (FONART,2022).

A todo esto, podemos ver que el año 2020 no ha sido bueno para la población del país en general. La aparición de la pandemia ha afectado a toda la sociedad y a todas las ramas de la economía; sin embargo, y debido a la gran desigualdad que priva en el país, hay sectores que han sido más golpeados que otros. El sector artesanal es definitivamente uno de ellos, las afectaciones en salud, economía y cultura están siendo devastadoras. En muchos casos la mayoría de los artesanos son adultos mayores y sus hijos tienen poco interés por preservar la tradición artesanal, debido a la falta de una motivación económica para seguir en él (Ward, 2003), no existe la disposición de modificar sus hábitos y prácticas de negocios.

Los artesanos tampoco tienen control de sus ventas ni compras, carecen de registros del tiempo invertido en la elaboración de sus piezas (Hernández, et al., 2007), no cuentan con manuales para la producción, al carecer de un sistema de registro dentro de los talleres artesanales no es posible el control y seguimiento de la operación (Jaspe, 2009).

Los talleres se ubican en su casa habitación (Benedetti, 2012), la que ha sido acondicionada como lugar de trabajo; no disponen de áreas de almacenamiento de materias primas o producto terminado (Burciaga, 2010). Sin embargo, y a pesar de todo lo anterior, por alguna razón se mantienen vigentes.

Dicho todo lo anterior podemos observar y confirmar a continuación con un reporte fotográfico que se realizó durante este apartado de la investigación. En examinar la vida de los artesanos son portadores de tradiciones y costumbres heredadas la importancia de analizar los aportes que realiza este sector en la formación del capital social, el manejo de los recursos, capacidades y los aspectos culturales con el fin de contribuir en el desarrollo local para mejorar su calidad de vida.



1.6 Acciones orientadas a la conservación, Agenda 2030

Por otra parte, la Agenda 2030 es un acuerdo aprobado por todos los Estados miembros de las Naciones Unidas en 2015, el cual representa un plan de acción en favor de las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas para los siguientes años. La Agenda se integra por 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS¹¹) y 169 metas que representan un plan de acción en favor de las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas para los siguientes años.

Figura 10: Objetivos de desarrollo sostenible (ONU).



Nota: Figura recuperada de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

El lento crecimiento económico mundial, las desigualdades sociales y la degradación ambiental que son característicos de nuestra realidad actual presentan desafíos sin precedentes para la comunidad internacional. En efecto, estamos frente a un cambio de época: la opción de continuar con los mismos patrones ya no es viable, lo que hace necesario transformar el paradigma de desarrollo actual en uno que nos lleve por la vía del desarrollo sostenible, inclusivo y con visión a un de largo plazo. (ONU¹²)

¹¹ Objetivos de Desarrollo Sostenible

¹² Organización de las Naciones Unidas

Por lo tanto, para esta investigación se propone como una herramienta para la creación de sociedades inclusivas y justas, al servicio de las personas de hoy y de futuras generaciones. La agenda nos va ayudar a evaluar el punto de partida de nuestra zona de estudio y a analizar y formular los medios para alcanzar esta nueva visión del desarrollo sostenible, que se expresó de manera anteriormente de una manera colectiva con las mismas comunidades de la Región Lacustre del Estado de Michoacán. Ahora bien, se tomaron los siguientes objetivos de la Agenda 2030 como punto de partida.



PROMOVER EL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOSTENIDO, INCLUSIVO Y SOSTENIBLE, EL EMPLEO PLENO Y PRODUCTIVO Y EL TRABAJO DE CENTE PARA TODOS

Para conseguir el desarrollo económico sostenible, las sociedades deberán crear las condiciones necesarias para que las personas accedan a empleos de calidad, estimulando la economía sin dañar el medio ambiente. También tendrá que haber oportunidades laborales para toda la población en edad de trabajar, con condiciones de trabajo decentes (Agenda 2030, 2016, p. 23).

- Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados. (ONU, 2016)
- Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra. (ONU, 2016)



GARANTIZAR MODALIDADES DE CONSUMO Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLES

El consumo y la producción sostenibles consisten en fomentar el uso eficiente de los recursos y la eficiencia energética, infraestructuras sostenibles y facilitar el acceso a los servicios básicos, empleos ecológicos y decentes, y una mejor calidad de vida para todos. Su aplicación ayuda a lograr los planes generales de desarrollo, reducir los futuros costos económicos, ambientales y sociales, aumentar la competitividad económica y reducir la pobreza (Agenda 2030, 2016, p. 11).

- De aquí a 2030, reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per capita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha.
- De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización. (ONU, 2016)



ADOPTAR MEDIDAS URGENTES PARA COMBATIR EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS

El cambio climático afecta a todos los países en todos los continentes. Tiene un impacto negativo en la economía nacional y en la vida de las personas, de las comunidades y de los países. En un futuro las consecuencias serán todavía peores (Agenda 2030, 2016, p. 33).

- Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.
- Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países. (ONU, 2016)

Capítulo 2

La técnica, el clima y el material conjugados en la arquitectura



2.1 Biomímesis, conceptualización con la naturaleza

De otro modo la palabra “naturaleza” tiene sus raíces del latín *natura*, que en la era clásica significaba “nacimiento” o “procrear”. En consecuencia, la naturaleza no es estática, sino que se regenera y transforma constantemente (Mazzoleni, 2013, p. 3).

“Hoy en día es muy común escuchar la palabra concepto, es una de las primeras palabras con las que un estudiante de arquitectura comienza a familiarizarse y durante lo largo de su trayectoria profesional. Entonces al hablar del concepto arquitectónico, puede sonar como uno de los temas más trillados dentro del procesos del diseño arquitectónico” (Esmeralda A, 2019, p. 1). Cabe resaltar que el arquitecto está en área de las Humanidades y de las Artes por ende nos vemos en la necesidad de conceptualizar y abstraer ideas para comprender como funciona la humanidad.

Históricamente, la forma ha sido la principal fuente de inspiración de la naturaleza, desde simples influencias formales hasta la traducción más simbólica al lenguaje arquitectónico. Un ejemplo de ello se vio con los antiguos griegos quienes formaron la ornamentación de sus columnas y templos en la vida vegetal local para simbolizar la naturaleza (Benyus, 2002). Por ende, podemos inspirarnos en la naturaleza la cual nos permite descubrir más allá de un ambiente cotidiano fuera de distracción que se nos presentan ante la tecnología digital hoy en día.

Una de las ciencias que estudia la interconexión entre la naturaleza y la vida es la biomímesis, esta ciencia va de la mano con una metodología definida, una es la integración de las soluciones de la naturaleza con la resolución de problemas innovadores para entornos creados por el ser humano. Retomando lo anterior, consiste en observar, analizar y aprender para poder desarrollar soluciones sustentables con una interconexión entre la naturaleza y los problemas humanos¹³.

¹³ Biomímesis, del vocablo *Bio* (vida), *mimesis* (imitar), es un proceso complejo que combina el diseño y pensamiento sistemático, con los principios de la vida (sostenibilidad), métodos de dibujo propios del diseño y la ingeniería. El pensamiento biomimético fomenta la creatividad mientras combina ideas de las artes, la sociedad y el mundo. A través de la observación, la comprensión y la integración de las estrategias del mundo natural construyendo una plataforma sólida para la innovación. Recuperado de Instituto Biomimicry Iberia: www.biomimicryiberia.com/biomimesis. Consultado el 12 de mayo del 2018.

2.2 La biomímesis como estrategia de adaptación

A todo esto, la “biomímesis”, busca estudiar los modelos de la naturaleza para imitarlos y resolver problemas humanos (Benyus 1997). Del griego bios (vida) y mimesis (imitación), la biomímesis (biomimicry en inglés) es un concepto que se inspira en la naturaleza.

Algunas definiciones de la biomímesis como estrategia de adaptación:

¿Podemos imaginar una economía que responda a nuestros anhelos de justicia social y que, al mismo tiempo, deconstruya la infraestructura de la catástrofe ambiental que instaurado? ¿Qué formas de conocimiento debemos movilizar para continuar el proceso de construcción y reconstrucción de los sistemas humanos? (Jesse Goldstein & Elizabeth Johnson, 2015).

Las relaciones dialécticas y metabólicas que tenemos con la naturaleza y, a través de ella y de manera particular, con la naturaleza humana (con sus cualidades y significados especiales), debe ser el fundamento de lo que nosotros, como arquitectos de nuestro futuro y destino, podamos y queramos lograr. (David Harvey, 2000)

El problema es saber de qué forma se va a vivir de aquí en adelante sobre este planeta, en el contexto de la aceleración de las mutaciones técnico-científicas y del considerable crecimiento demográfico. (Félix Guattari, 2000)

Existe una contradicción evidente entre la aplicación de la biomímesis que abordamos anteriormente y la idea de desarrollo sustentable o sustentabilidad ambiental. Como afirman Jesse Goldstein y Elizabeth Johnson, “la biomímesis pone a funcionar a la naturaleza como un participante activo en el negocio del desarrollo social, económico y con una analogía podría ser también ambiental, haciendo que la reproducción de la vida sea equiparable a la expansión del capital” (Goldstein & Johnson, 2015, p. 73). Aprender de la naturaleza para hacer negocios no contribuye, en ningún sentido, a producir un metabolismo social sustentable.

Hoy en día también podemos ver un modelo económico actual opera desconociendo que es un subsistema del sistema natural finito. Pese a todos los avances que han tenido las ciencias naturales durante los últimos 60 años, es muy poco lo que sabemos acerca de la naturaleza. Nos hemos servido de ella para explotarla, dominarla y destruirla, pero también para justificar el egoísmo y edificar sociedades injustas y desiguales (Singer, 1999). Como menciona también el autor Feyerabend (2005, p. 17), en su libro “Adiós a la razón”, señala que la tarea del conocimiento en la actualidad tiene que estar en función de la supervivencia de los seres vivos y de la paz entre los seres humanos y entre éstos y el conjunto de la naturaleza. Con el tiempo, el interés en esta disciplina fue extendiéndose a diferentes campos de la ciencia aplicada como el perfeccionamiento de materiales (Tatman et al., 2015), el mejoramiento de la movilidad (a partir de la optimización de la cinética de movimiento y la eficiencia energética) (Lurie, 2014), el diseño arquitectónico (Zari, 2010), la hidrodinámica marina (Chu, 2016), la ingeniería de tejidos (Fernandez & Yague et al., 2015), entre otras.

Otro ejemplo de la biomimesis es la figura que continuación se muestra la aplicación de la ingeniería aerodinámica es el “Tren bala” de Japón está inspirado en el pico del “Ave Martín pescador”, con su pico aerodinámico y su destreza para sumergirse en el agua sin salpicar ni una gota. A todo esto, la naturaleza dio una solución para de evitar el ruido que generaba al salir de los túneles emulando el frontal aerodinámico de esta ave.

Figura 11: Tren bala de Japón está inspirado en el pico del Ave martín pescador.



Nota: Figura recuperada de <https://www.planetacurioso.com/que-es-la-biomimetica-biomimesis-ejemplos/>

Ahora bien si nos remontamos en algunos predecesores en la adaptación de la biomimesis como Leonardo Da Vinci¹⁴, a través de su observación en la naturaleza encontraba fenómenos en la naturaleza. Mediante sus contribuciones e inspiraciones en construcción de máquinas voladoras que se habían inspirado en el vuelo de las aves, así como también en desarrolló sistemas hidráulicos inspirados en el flujo de los ríos. A todo esto, se puede remontar que siempre se ha buscado esa rememoración de querer trascender en la innovación de las construcciones y artefactos.

Figura 12: Croquis que utilizó Leonardo Da Vinci, inspirado por las alas de algunas aves y mamíferos como el murciélago, los inventos que realizó fueron muy adelantados para su época, “interpretando de muchas formas lo que él creía cómo funcionaban las cosas”.



Nota: Figura recuperada de <https://www.gaceta.unam.mx/da-vinci-los-artefactos-de-un-visionario/>

E libro, Benyus (1997, p. 2) cuestiona la lógica instrumental de la naturaleza y propone que, en lugar de pensar en aquello que podemos extraer de ella, pensemos en aquello que podemos aprender de ella. Algunos consideran que se trata de un libro revolucionario “que dispara la imaginación con la excitante posibilidad de tomar los mejores diseños del almacén de invenciones de la naturaleza para aplicarlos al desafío de construir un futuro creativo y sustentable” (Benyus, 1997).

¹⁴ Leonardo da Vinci (1452-1519) Considerado el paradigma del homo universalis, del sabio renacentista versado en todos los ámbitos del conocimiento humano, incursionó en campos tan variados como la aerodinámica, la hidráulica, la anatomía, la botánica, la pintura, la escultura y la arquitectura, entre otros. Sus investigaciones científicas fueron, en gran medida, olvidadas y minusvaloradas por sus contemporáneos; su producción pictórica, en cambio, fue de inmediato reconocida como la de un maestro capaz de materializar el ideal de belleza en obras de turbadora sugestión y delicada poesía. Recuperado de: <https://www.biografiasyvidas.com/monografia/leonardo/>. Consultado en 3 de abril 2022.

2.3 La biomímesis en la arquitectura

Ahora bien, definir el termino de arquitectura nunca es sencillo, varía dependiendo de la forma de pensar de cada uno, ¿Es una ciencia o un arte? La arquitectura es arte “el arte de construir” Vitruvio (Téllez & María, 2017).

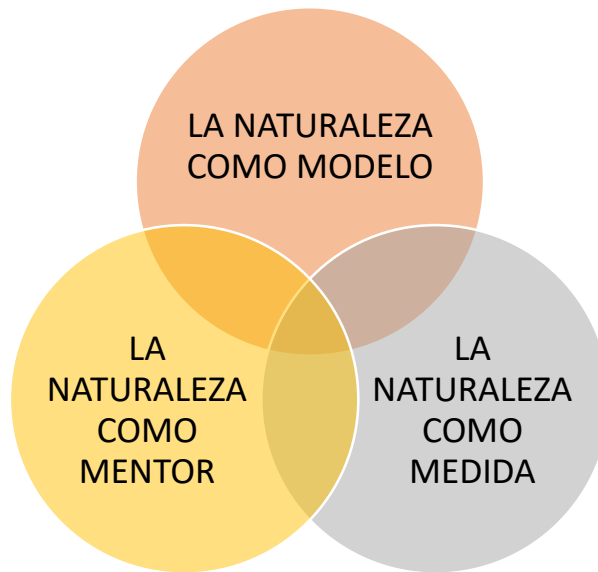
La opinión del arquitecto Álvaro Siza¹⁵ con la relación a la conexión entre la naturaleza y la arquitectura dice: “Lo que es hecho por el hombre es natural. Cada vez más se piensa que debe haber una cierta distancia entre lo natural y lo artificial. Pero también debe existir un diálogo entre ambos. La arquitectura proviene de las formas de la naturaleza, pero también transforma la naturaleza... (Finsterwalder, 2011, p. 35).

Por lo cual en el libro de (Janine & Benyus, p. 13) nos explica el término biomímesis en tres principales pilares de la siguiente manera:

1. La naturaleza como modelo: La biomímesis es una nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza para imitar o inspirarse en los diseños y procesos biológicos para resolver problemas humanos (por ejemplo, una cédula fotovoltaica inspirada en una hoja).
2. La naturaleza como medida: Se vale de un estándar ecológico para juzgar la corrección de nuestras innovaciones. La naturaleza ha descubierto lo que funciona, lo que es apropiado y lo que perdura.
3. La naturaleza como mentor: 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.

¹⁵Álvaro Joaquim Melo Siza Vieira nació en Matosinhos, Oporto, en 1933. Desde 1949 hasta 1955 estudió en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Oporto. Fue profesor en la Escuela de Arquitectura (ESBAP) a partir de 1966-69 y fue nombrado profesor de "Construcción" en 1976. Recuperado de: www.metalocus.es/es/noticias/alvaro-siza.

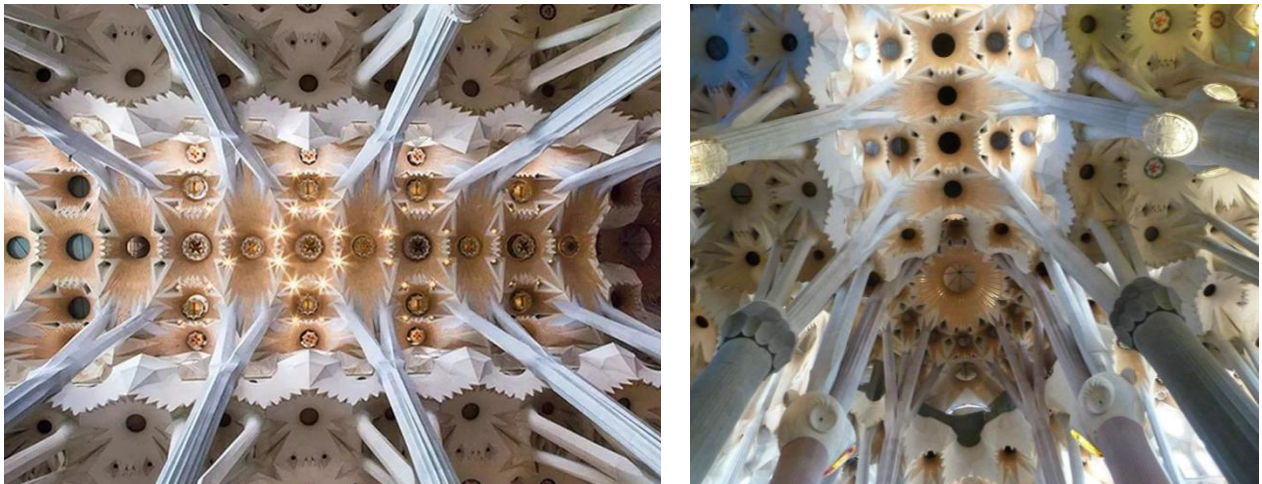
Ilustración 3: Principales pilares la biomimesis.



Nota: Elaboración propia con datos obtenidos (Janine M. Benyus, p. 13).

Hay diversas categorías de la arquitectura que conectan también con la naturaleza desde diferentes puntos de inspiración que nos proporciona la naturaleza, algunas por mencionar son: la arquitectura orgánica, la arquitectura vernácula, la arquitectura del paisaje y la arquitectura ecológica. Existen una gran cantidad de proyectos arquitectónicos que retoman algún elemento de la naturaleza como inspiración. Uno de los pioneros del siglo XIX que se inspiró en la naturaleza para el diseño de sus obras fue el arquitecto catalán Antonio Gaudí que se puede observar en la siguiente figura.

Figura 13: Interior de la Sagrada Familia, en Barcelona España.



Nota: Figura recuperada de <https://www.re-thinkingthefuture.com/rtf-fresh-perspectives/a326-the-unusual-genius-of-antoni-gaudi/>

Ahora bien, otro ejemplo de ello lo podemos observar en la Ciudad de México una de las ciudades más contaminadas del mundo y cuenta con una población de casi nueve millones de habitantes, muchos de los cuales cruzan la ciudad de extremo a extremo diariamente para ir a su lugar de trabajo. Donde se han implementado diversas formas de transporte más amigables con el medio ambiente, sin embargo, el tamaño de la población (que sigue creciendo rápidamente) dificulta la posibilidad de vivir en una ciudad libre de emisiones nocivas. Un ejemplo de la síntesis entre la naturaleza y la arquitectura se puede ver reflejada en el la Torre de Especialidades del Hospital General Manuel GEA González. Fue diseñada por los arquitectos Allison Dring y Daniel Schwaag en el año 2012, ubicado al sur de la Ciudad de México (Ana L, 2019).

En donde los arquitectos la mencionan como "come" smog y aprovecha la energía natural. Su imponente estructura es la única en el país y sólo hay dos similares en Australia y Emiratos Árabes Unidos. (Ana L, 2019)

Figura 14: Fachada del Hospital General Manuel GEA González, Ciudad de México.



Nota: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Celos%C3%ADA_del_Hospital_Manuel_Gea_Gonz%C3%A1lez.jpg

En donde nos menciona Ana Laura, H. (2019, 16 de marzo) que su recubrimiento busca "reconciliar la tecnología y el medio ambiente a través de elementos de construcción innovadores". Donde su principal función de este recubrimiento arquitectónico que tiene como objetivo reducir las emisiones de las partículas contaminantes equivalentes a unos 1,000 coches al día, gracias a su recubierta de dióxido de titanio.

En donde esta edificación apuesta por una "atmósfera sana y pura" a través de una estructura que envuelve la fachada con orientación sur-poniente del hospital para protegerlo de la luz solar como una parte de una estrategia para tener mayor confort en el interior del espacio, sí como un ambiente sano y puro.

Figura 15: Paneles de la fachada principal del Hospital General Manuel GEA González, Ciudad de México.



Nota: Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Celos%C3%ADa_del_Hospital_Manuel_Gea_Gonz%C3%A1lez.jpg

Los ejemplos mencionados anteriormente nos muestran que, en la mayoría de los casos, como utilizan la naturaleza como fuente de inspiración para desarrollan elementos con diferentes funciones. Algunos pueden ser muy formalistas imitando tal cual las formas y patrones de la naturaleza, otros únicamente retoman la esencia, función y características de la naturaleza para traducir esos elementos a un lenguaje arquitectónico que impacten de manera directa e indirecta a una problemática.

Sin embargo, la naturaleza nos puede dar respuestas y soluciones en muchas dificultades que los arquitectos tienen durante el proceso de diseño. Estas dificultades podrían afectar la estructura de un edificio, la respuesta al contexto, la circulación, la materialidad, la funcionalidad o la forma de un edificio (Mazzoleni, 2013, p. 26).

No es raro encontrar en el diseño en general la inspiración en la naturaleza, ya que puede tomarse como una analogía, un sistema en tanto un organismo y elemento vivo; en algunos casos se puede adoptar un término ajeno a la arquitectura y extrapolarlo a un elemento o sistema constructivo.

En su obra maestra *Técnica y civilización*, publicada en 1934, Lewis Mumford, invocaba un futuro alternativo que en aquel tiempo aciago no logró abrirse camino. Pero quizá ahora, en otro tiempo crítico, tenga una oportunidad:

En donde existe una nueva concentración de fuerzas del lado de la vida. Las exigencias de la vida, antes expuestas solamente por los románticos y por los grupos e instituciones sociales más arcaicas de la sociedad, están ahora empezando a ser representadas en el corazón mismo de la técnica. (...) Comprendemos ahora que las máquinas, en el mejor de los casos, son imperfectas falsificaciones de organismos vivos. Nuestros mejores aeroplanos son bastas e inciertas aproximaciones si se comparan con un pato en vuelo; nuestras mejores lámparas eléctricas no pueden compararse en cuanto a eficiencia con la luz de una luciérnaga; nuestro sistema automático de teléfonos más complicado es un artefacto infantil si se compara con el sistema nervioso del cuerpo humano (Mumford, 1992, pp. 388, 389 y 392).

Esto nos ubica también en la definición que (Riechmann, 2006, p. 201) hace de biomímesis como “una estrategia de reinserción de los sistemas humanos dentro de los sistemas naturales”, para ajustar los primeros a las condiciones del sistema Tierra y así reconstruir ecológicamente la economía. Esto supone una reflexión profunda sobre qué tipo de acciones tenemos que llevar a cabo para generar este proceso de ajuste y reinserción.

Es así como, esta investigación parte desde una conceptualización, haciendo una analogía entre el término biomimesis y su aplicación en la arquitectura. En términos generales se adoptará esta analogía en las técnicas artesanales en la zona de estudio Pátzcuaro Michoacán.

2.4 Recubrimientos arquitectónicos

La arquitectura con tierra tiene una tradición milenaria que acompaña a casi todas las culturas a través de todas las épocas de la humanidad. Sin embargo, su devenir histórico ha tenido diversas desventuras en el siglo XX en el que el mundo moderno arquitectónico ha menospreciado y por ende también relegado a su estudio y aplicación técnica por ser considerada símbolo de pobreza y retraso cultural (Guerrero B, 2007, p. 184).

Hoy en la actualidad, se ha ido construyendo un importante estilo conceptual que permite fomentar la práctica de construir con tierra en la arquitectura nuevamente, con el paradigma del Desarrollo Sustentable. Por ello la construcción con tierra se revaloriza dentro de la Arquitectura Sustentable, Ecológica y como algunas estrategias bioclimáticas. Así como también ha buscado a los conceptos de tecnologías apropiadas, eficiencia energética, tradición cultural, huella ecológica, etc. Bajo este enfoque conceptual cada vez son más conocidas mundialmente sus prácticas arquitectónicas contemporáneas, en las que la reivindicación de la tierra como material de construcción viene a mostrarse en una múltiple variedad de soluciones funcionales y estéticas sin una locación geográfica concreta.

¿Qué importancia tiene?: Los acabados y recubrimientos poseen una gran importancia técnica por ser las protecciones externas e internas casi indispensables que aseguran el buen desempeño de las construcciones en confort térmico y eficiencia energética, de manera de no comprometer la eficacia del sistema constructivo empleado y sus componentes (estructura, rellenos, anclajes y fijado de partes secundarias y primarias como paramentos, cubierta, aberturas, etc.)

Así mismo la envolvente acabada juega un rol fundamental en la percepción formal, estética y sensorial de las construcciones y en su percepción de la calidad del diseño; factores sociales que afectan a la idea de una arquitectura rigurosa y a la idea de una arquitectura popular y de sectores de bajos recursos económicos y culturales.

2.4.1 La tierra en la arquitectura y el clima

Hablar de la historia de la construcción en tierra en este capítulo comprenderemos desde sus orígenes y no es el objetivo de este capítulo por lo cual abordaremos sólo algunas técnicas constructivas enfocadas directamente a los recubrimientos, revoques y revestimientos realizados a través de los años con este material como es la tierra y algunos aglutinantes que se utilizaron en la antigüedad, así como los utilizados en mi zona de estudio

En tal sentido en la antigüedad, las primeras casas fueron construidas con tierra. Hoy en día, para construir nuestros hogares se utilizan materiales de difícil reciclaje y que en ocasiones incorporan elementos tóxicos. El sector de la construcción, actualmente, es uno de los principales sectores que produce más residuos y que consume más materiales y energía en el mundo. Como es sabido, estos recursos son limitados, y la reducción de esta demanda de algunos productos se puede alcanzar con la reutilización, reciclado y/o regeneración de los materiales empleados. (Fabio Gatti, 2012)

Ahora bien, si retomáramos la tierra como material de construcción está disponible en cualquier lugar y de forma abundante y sus ventajas, que se enumerarán más adelante, son múltiples. Aunque las casas más primitivas fueron las que se edificaron con tierra, estas técnicas no son del pasado, hoy en día, un tercio de la población mundial vive en casas de tierra. En aquellos lugares donde estas técnicas son tradicionales se mantienen así mientras en los países desarrollados estos materiales reciben un nuevo impulso a través de experiencias e investigaciones sobre nuevas técnicas para utilizarlos de forma diferente.

Como lo cita en diez libros de arquitectura, escrito por el arquitecto romano Vitrubio que escribe sobre el uso de ladrillos de barro en la construcción de muros de la ciudad y dedica todo un capítulo en el libro II de mampostería de ladrillos de barro, donde describe los métodos de construcción y realización de los ladrillos de barro. Habla de ladrillo de barro a prueba de agua, hechos de piedra pómez que una vez seca es capaz de flotar en el agua. (Fabio Gatti, 2012, p. 17)

En la actualidad existen condiciones que siguen restringiendo el desarrollo sistemático y la materialización de proyectos de construcción y conservación de estructuras de tierra, así como de indicadores y criterios que permitan evaluar, de la manera más objetiva posible, la calidad de las intervenciones y, sobre todo, extraer principios que puedan ser aplicados con cierta garantía de éxito en acciones y construcciones futuras (Guerrero, L.; Correia, M.; Guillaud, H., 2012, p. 213).

A todo es importante considerar y tener presente el concepto de acabado arquitectónico desde las primeras instancias del proceso constructivo, pues es ahí donde se toman las grandes decisiones, una de ellas, la definición de materiales que con todo su poder de comunicación contribuirán a definir la calidad de los futuros espacios (Lozano, 2008, p. 17).

Para fines de esta investigación se hace referencia únicamente a técnicas del sistema constructivo en recubrimientos a su función y a su importancia dentro de la etapa de acabados en un proyecto arquitectónico. Sin embargo, dentro de la arquitectura contemporánea la palabra tierra¹⁶, ha sido un término controversial, debido a que suele confundirse con el planeta Tierra; para algunos investigadores denominar con el término de tierra a un material de construcción es incorrecto y optan por llamarla barro¹⁷, arcilla o tierra cruda. No obstante, en la actualidad uno de los campos de investigación que ha ido creciendo gradualmente es el de la arquitectura de tierra, por consiguiente, cada vez se va haciendo más extenso el empleo del término para referirse tanto al material como al tipo de arquitectura. Existen organismos¹⁸, asociaciones y programas que fomentan el estudio, la investigación y el empleo de este material, así como su conservación y recuperación de las técnicas tradicionales constructivas (Esmeralda A, 2019, p. 44).

¹⁶ En la arquitectura y construcción con tierra- nombres dados a toda la producción arquitectónica que emplea el suelo como la principal materia prima- se usan diversas denominaciones, tales como tierra cruda, tierra sin cocer, tierra para construir, pero lo usual es la palabra “tierra”, lo que representa al suelo apropiado para la construcción. El término “suelo” es utilizado principalmente cuando involucra clasificaciones y caracterizaciones, que también son adoptados en otros campos de ingeniería. (Neves, Técnicas de construcción con tierra, 2011)

¹⁷ Gernot Minke en su libro Revoques de barro, se refiere al material bajo ese término haciendo un desglose de las propiedades, características, ventajas y desventajas del uso de la tierra. (Minke, Revoques de barro, mezclas, aplicaciones y tratamientos, 2013)

¹⁸ PROTERRA, es un organismo internacional dedicado a la cooperación técnica y científica en el ámbito iberoamericano, que reúne especialistas de diferentes países, los cuales voluntariamente promueven, de modo integrado con las comunidades, diversas acciones tendientes al desarrollo de la arquitectura y construcción con tierra en América Latina. (Coreira, Neves, Guerrero, Pereira, 2016)

A partir de este momento durante el desarrollo de esta investigación se usará la palabra “tierra”, para referirse al material con el cual se va elaborar dicho recubrimiento con base de fibra de lirio. Históricamente en casi todos los climas del mundo, la tierra ha sido el material de construcción predominante. Los vestigios de esta tradición ancestral surgen a partir de que inicia la historia de las civilizaciones, ya que es un recurso inmediato, que fue adoptado en el momento en que el hombre decidió asentarse permanentemente en un territorio, incluso antes pues la tierra fue el primer recurso para la construcción de asentamientos que servían a las sociedades nómadas de caza y recolección (Esmeralda A, 2019, p. 45).

Los primeros vestigios de construcción con tierra datan del Neolítico, con entre 6,000 o 10,000 años de antigüedad están situados en la Antigua Mesopotamia, entre los ríos Tigris y Éufrates. Según estudios arqueológicos la construcción con tierra evolucionó con la construcción de edificios emblemáticos, como la Torre de Babel, La Biblioteca de Alejandría, o muchos de los edificios de la propia Babilonia (Aresta R, 2015, p. 129).

Figura 16: Zigurat en la Ciudad de Ur Mesopotamia (actual Irak).



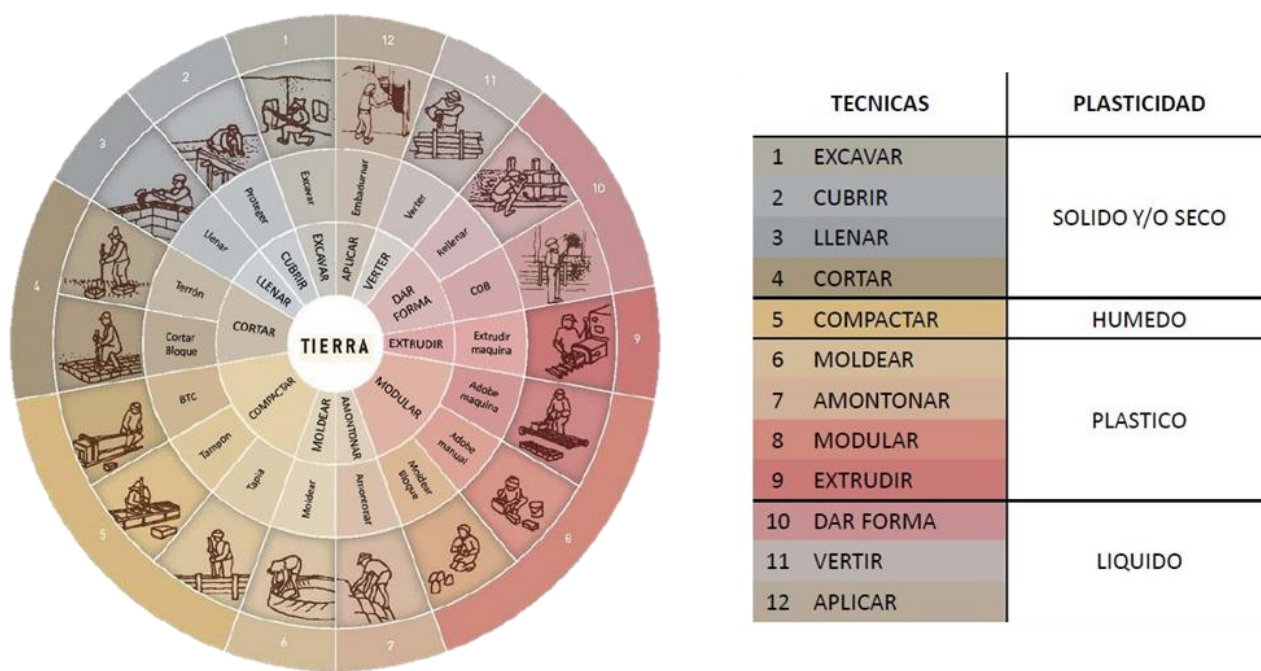
Nota: Figura recuperada de <https://www.lacamaradelarte.com/2019/12/zigurat-de-ur.html>

Las técnicas de construcción con tierra han estado presentes en la mayoría de las civilizaciones antiguas y se fueron expandiendo a través de las invasiones y colonizaciones, comunes en la historia de la humanidad. Las técnicas nativas se fusionaron con las técnicas traídas del extranjero creando variadas combinaciones entre ellas, se fueron adaptando y organizando de las formas más apropiadas para la construcción (Neves, 2011).

Es importante para esta investigación entender y comprender que la fusión, adaptación y diversidad de combinaciones entre las técnicas constructivas de una región a otra se conoce como transferencia de un sistema constructivo¹⁹, el cual consiste en adoptarlo de una cultura ajena, combinarlo al de una región y adaptarlo al medio en el que se implementa que para esta investigación no se está buscando esa fusión si no en búsqueda de una identidad propia de la zona de estudio. (Garzón & Neves, 2007, p. 324)

Las importancias de poder entender las técnicas de construcción en tierra son muy variadas: por lo cual se muestran en la siguiente figura doce métodos de construcción son presentados a continuación en la “rueda de las técnicas”. Estas son clasificadas en función de la plasticidad del material tierra respecto a su aplicación en obra: seco, húmedo, plástico, viscoso o incluso líquido.

Figura 17: Rueda de las técnicas de construcción con tierra.



Nota: Figura recuperada de <http://132.248.9.195/ptd2016/octubre/0751665/0751665.pdf>

¹⁹ Lucia Esperanza Garzón da un ejemplo en referencia al término transferencia de un sistema constructivo. “Las técnicas nativas se unieron a las técnicas traídas por los colonizadores portugueses y españoles, y por los africanos. Con numerosas combinaciones entre ellas, se adaptaron y se organizaron las formas más adecuadas de construir.” (Garzón & Neves, 2007, p. 324)

2.4.2 La tierra como un material para acabados arquitectónicos en muros

La importancia de un recubrimiento o revestimiento existe una variedad de funciones que cumplen con diferentes necesidades así mismo se le puede otorgar un significado simbólico, cultural, histórico e incluso idealista, así como también se le puede dar un carácter funcional, como contener, proteger, aislar o cubrir. Por ello se hace la analogía en la biomimesis, porque un recubrimiento forma parte de un todo, dentro de un espacio arquitectónico, así como una relación con la naturaleza y el medio ambiente. Aunque es importante mencionar que el arte de recubrir también tuvo un significado simbólico, que hasta la fecha muchas culturas continúan preservando en sus tradiciones. Un ejemplo de estas tradiciones con un significado ambivalente²⁰ dentro de los recubrimientos con tierra, está en el norte de África, en la comunidad Musgum cerca de Camerún donde esta comunidad construye un tipo de vivienda llamada Tolek²¹.

Para entender cómo funciona un poco más la cultura de la comunidad y su sistema constructivo con tierra (Archdaily, 2022, 9 de mayo) nos dice que las comunidades se componen de hasta 15 cúpulas de tierra comprimida, cada una con una función diferente y determinada totalmente por la necesidad del grupo familiar. Las viviendas Musgum²² son un gran ejemplo de arquitectura sostenible y podemos analizar desde un punto con una relación con la biomimesis el sólo hecho de cumplir a la perfección con su función, sin adornos ni excesos, responde a las necesidades de la misma comunidad y aprovecha al máximo el principal material disponible en la zona con sencillez en su totalidad. A todo esto, este sistema constructivo es un ejemplo de arquitectura sostenible sin adornos ni excesos, responden con justeza a las necesidades de sus usuarios y aprovechan al máximo el principal material disponible en la zona. Sus paredes están altamente texturizadas lo que permite individualizar las superficies a través de un patrón geométrico que forma una textura, simulando un aspecto de "venas" que funcionan como drenaje para el agua. Estas "venas" permiten además a sus habitantes trepar a lo alto de las cúpulas para su mantenimiento. La parte superior de las casas tiene una abertura para permitir la circulación natural del aire. (Archdaily, 2022)

²⁰ Según el Diccionario de la Real Academia Española, un significado ambivalente, es aquel que presenta dos interpretaciones o dos valores. En este sentido puede interpretarse como un aspecto simbólico, pero al mismo tiempo puede tener un valor funcional.

²¹ Casas de tierra con forma de obús, conocidas como tolek, se cuentan entre las estructuras populares africanas más extraordinarias.

²² Viviendas de barro Musgum. Recuperado de: <https://www.archdaily.mx/mx/02-320922/arquitectura-vernaculas-viviendas-musgum-en-camerun>. Consultado el 9 de mayo del 2022.

Una técnica en un recubrimiento que no sólo cumple con una función sino varias y no posee un solo significado si no un sinfín de simbolismos, que no solo van ligados a una cultura sino también tienen que ver con el medio ambiente y las condiciones climáticas.

Figura 18: Patrón geométrico de los recubrimientos de muros en las viviendas Tolek, construidos con tierra.



Nota: Recuperada de <https://www.archdaily.mx/mx/02-320922/arquitectura-vernacula-viviendas-musgum-en-camerun>

Otro ejemplo que podemos citar en esta investigación, se encuentra en el corazón del continente africano en Burkina Faso. Es la construcción tradicional burkinesa forma parte del patrimonio cultural de África²³. Es en la comunidad de Tiébélé, en donde se encuentra un conjunto de edificaciones que constituyen casi un laberinto.

Estas construcciones que son las más representativas de la tradición arquitectónica de Burkina Faso, son conocidas como las casas sukhala²⁴. Se realizan de forma comunal, donde familias, hombres y mujeres desempeñan una tarea distinta.

En las molduras que bordean las puertas y decoran los muros con incisiones, bajorrelieves y pinturas, creando esquemas geométricos de gran belleza, que se asemejan a los motivos tradicionales de los textiles africano (Orihuela Uzal, 2007, p. 165). Todos los pigmentos y materiales que utilizan para revestir y pintar las viviendas provienen del entorno, lo que les da un mayor valor patrimonial a las edificaciones de esta comunidad. Uno de los colores que más destacan es el rojizo, debido al uso de pigmento obtenido mediante la molienda de laterita²⁵, un material arcilloso y muy abundante en África subsahariana.

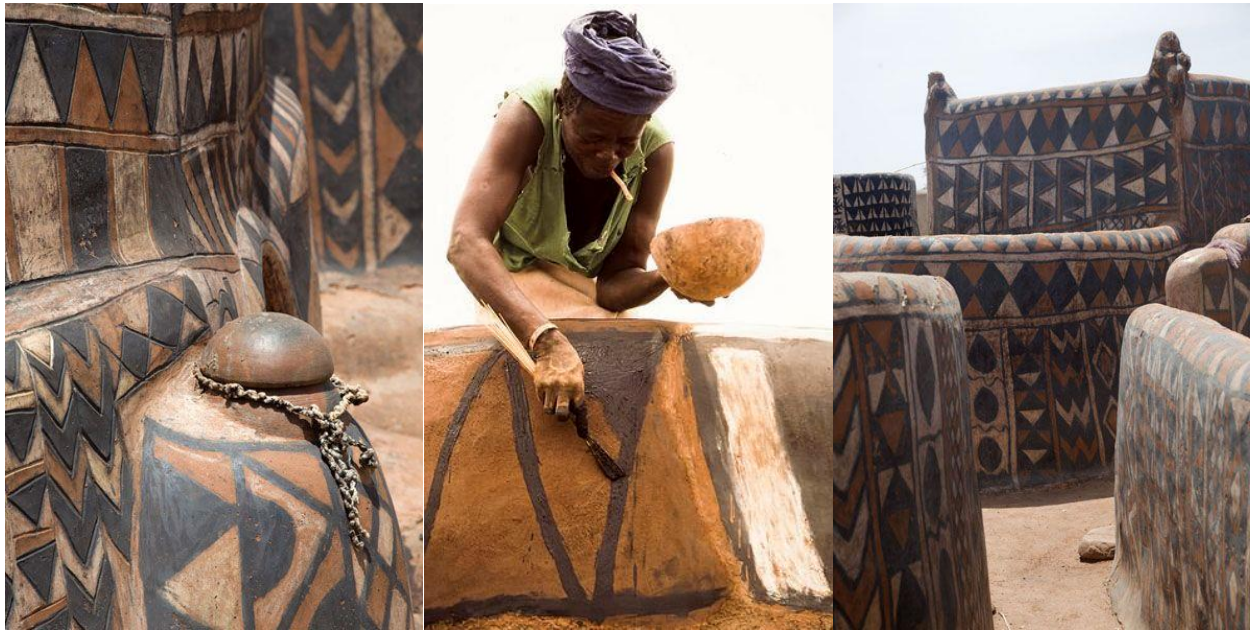
El color negro se obtiene del alquitrán de hulla que, a su vez es absorbido por el enlucido de barro al secarse, actúa como un antiséptico e impermeabilizante. El resultado estético de aquellos muros rojizos es una piel con esquemas decorativos simples, pero de gran fuerza expresiva (Orihuela Uzal, 2007, p. 167).

²³Recuperado de: <https://www.bioguia.com/hogar/tiebele-el-pueblo-africano-donde-las-casas-son-obras-de-arte>. Consultado el 09 de mayo del 2022.

²⁴ Esta arquitectura, conocida como casas sukhala, forman poblados fortificados en Tiébélé, Burkina Faso. Se trata de construcciones de adobe que se revisten de barro y posteriormente son adornadas con motivos abstractos, que las mujeres de la tribu pintan sobre fachadas y muros. Recuperado de: www.archdaily.mx/mx/02-320922/arquitectura-vernacula-viviendas-musgum-en-camerun. Consultado el 09 de mayo del 2022.

²⁵ Laterita, este compuesto por hidrargilita, caolín, cuarzo, e hidróxidos de hierro y aluminio, este material es originado por la alteración de diversos tipos de rocas. (Orihuela Uzal, 2007, p. 168)

Figura 19: La tradición Burkinesa de decorar sus viviendas de tierra con pigmentos naturales como un acto ceremonial que se ha realizado generación tras generación.



Nota: Figura recuperada de <https://ar.pinterest.com/pin/357332551695063906/>

Existe una gran diversidad de recubrimientos dentro de las culturas tradicionales constructivas del mundo, cada una con una ideología, pensamiento y técnica distinta, ciertas técnicas pueden llegar a fusionarse o adaptarse entre diferentes regiones, dependiendo las necesidades o condiciones en las que se encuentre un lugar.

Como parte de conclusión de este apartado es que, cada cultura deja una huella en la arquitectura y va pasando estas técnicas de familia en familia, así como a futuras generaciones. A todo esto, nos muestra que recubrir no es sólo para fines estéticos, sino que su significado y permanencia va más allá de un simple recubrimiento, es decir, la edificación es la representación de lo humano ante su contacto con el medio natural que lo rodea. Por ello los recubrimientos de tierra en la arquitectura cumplen diversas funciones como se puede observar en los ejemplos planteados en la protección física del clima o sus estructuras como el aprovechamiento del medio natural, la regularización de las superficies con la posibilidad del intercambio de vapor de agua con el medio circundante, que contribuye al confort higrotérmico de los espacios. Por ello es importante tomar en cuenta la historia, y todo ese conocimiento ancestral y conservarlo y no dejar que se pierda o quede en el olvido.



2.5 Características del uso de la tierra como recubrimientos arquitectónicos

Por otra parte, para proponer la tierra como un material para la construcción, es importante conocer las características, ventajas y limitaciones que este material puede tener. Como se señaló al principio del apartado anterior, a la tierra como material de construcción se le han dado diferentes nombres, barro, tierra cruda, arcilla, lodo, etc., sin embargo, para este trabajo de investigación se va utilizar el término como tierra. Para entender mejor las funciones de este material es importante mencionar las ventajas y limitaciones que conlleva el uso de la tierra en sistemas constructivos de recubrimiento, que a continuación se enlistan. Cabe resaltar que no es un material de construcción estandarizado. Existen diferentes tipos de tierra, según la importancia en cantidad de uno de los componentes: tierra arenosa, limosa, gravosa o arcillosa. Dentro de sus propiedades destacan tres, la propiedad de cohesión, plasticidad y compactación. La composición de la tierra depende del lugar de donde se extrae, en donde más adelante de este apartado vamos a situar los tipos de tierra de la zona de estudio para el desarrollo de esta investigación.

A continuación, se van a presentar características particulares durante el manejo de la tierra por diversos autores como son:

- **Se contrae al secar**

A través de la evaporización del agua necesaria para activar la capacidad de aglomerante de la arcilla y para poder ser manipulada la mezcla, pueden aparecer fisuras. La retracción lineal durante el secado oscila entre el 3-12% en técnicas de tierra húmeda, en este caso como los recubrimientos. La retracción se puede disminuir reduciendo la cantidad de agua y arcilla, optimizando la composición granulométrica o mediante el empleo de aditivos (Minke, 2001, p. 16).

- **No es impermeable.**

Uno de los agentes climatológicos que afectan a la tierra es la lluvia. La tierra debe estar protegida contra la lluvia para evitar su erosión. Los recubrimientos de tierra se pueden proteger con aleros, barreras impermeabilizantes o tratamientos previos superficiales (Minke, 2001, p. 7).

- **Regula la humedad ambiental**

Una de las características importantes de la tierra es la higroscopicidad, pues toda superficie de tierra tiene la capacidad de absorber y liberar humedad más rápido y en mayor cantidad que otros materiales de construcción. Por eso regula el clima interior.²⁶

- **Almacena calor**

Al igual que otros materiales densos, la tierra almacena calor. En zonas climáticas donde las diferencias de temperaturas son amplias, o donde es necesario almacenar la ganancia térmica por vías pasivas, el barro puede balancear el clima interior (Minke, 2001, p. 7).

- **Efecto de la tierra en el balance de la humedad**

Un material poroso tiene la capacidad de absorber humedad del ambiente y liberarla, ofreciendo un balance de humedad en el ambiente interior. El contenido de humedad del material depende de la temperatura y de la humedad del ambiente. La efectividad de ese proceso de balance depende también de la velocidad de la absorción y liberación de humedad. Por ejemplo, experimentos desarrollados en la Universidad de Kassel, muestran que la primera capa de 1.5 cm de un muro de adobe es capaz de absorber aproximadamente 300 g de agua por m² de la superficie del muro en 48 horas si la humedad del ambiente incrementa súbitamente de 50% a 80%. En cambio, la piedra silicocacárea y la madera de pino de un mismo espesor absorben solamente 100 g/m² aproximadamente, el revoque 26- 76 g/m² y el ladrillo cocido solo 6-30 g/m² en el mismo periodo. Los resultados demuestran que los bloques de barro (adobes) absorben 50 veces más que los ladrillos cocidos a altas temperaturas (Minke, 2001, p. 20).

- **Fomenta la sustentabilidad**

Estas técnicas son ideales para fomentar la sostenibilidad, en primer lugar, porque son técnicas constructivas que pueden ejecutarse con herramientas sencillas y económicas, reduce los costos y lo más importante utiliza los materiales de la región, lo que mantiene más estable y en equilibrio con el medio ambiente.

²⁶ Experimentos llevados a cabo en el laboratorio de construcciones experimentales de la Universidad de Kassel, Alemania, demostraron que cuando la humedad relativa en un ambiente interior aumenta súbitamente de 50% a 80%, los bloques de tierra pueden absorber 30 veces más humedad que los ladrillos cocidos en un lapso de dos días. Aun cuando se colocan en una cámara climática a 95% de humedad relativa durante 6 meses los adobes se humedecen, pero no se ablandan. (Minke, 2001, p. 7)

2.5.1 Composición del suelo y clasificación según el SUCS²⁷

Ahora bien, el término suelo es aplicado a todo material de la corteza terrestre proveniente de la descomposición de las rocas, constituido por elementos minerales u orgánicos que dependen de la composición química y mineralógica de la roca de origen, de las características del relieve, de los diferentes climas y de la exposición a las intemperies. La clasificación de los suelos a través de sus propiedades físico, químicas y mineralógicas es tratada de acuerdo con los fundamentos de la ciencia de los materiales, tanto en el campo de la geología, de la mecánica de suelos, de la agronomía, como de las vías terrestres. (Neves, Faria, Rotondaro, Salas, & Hoffmann, 2009). Es importante evitar el uso de la capa superficial del suelo, ya que esta capa presenta materia orgánica, y es muy frecuente de que el material vegetal o animal este vivo y se active con los cambios de humedad generados durante el proceso constructivo (Guerrero L., 2007, p. 185).

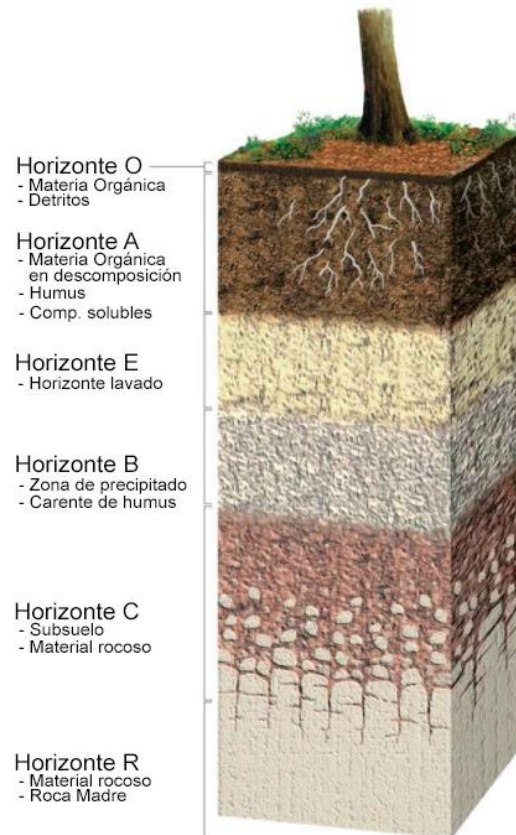


Figura 20: Tipos de estratos de suelos.

Nota: Recuperada de <https://www.geoplaneta.net/2021/06/el-suelo.html>

²⁷ El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Sin embargo, es importante hacer ensayos para determinar el tipo de tierra a utilizar, estas pruebas van desde la construcción de probetas y el estudio en el laboratorio (ensayos normalizados con resultados cuantitativos), hasta formas simples, rápidas y económicas hechas in situ (resultados cualitativos), apropiadas para comparar las características entre las tierras disponibles en la región. Igualmente es recomendable ejecutar modelos parciales de prueba, semejantes a lo que se ejecutará en obra, y así poder verificar el comportamiento de la tierra utilizada. Asimismo, la técnica de los artesanos nos dará pautas para la elección de los materiales y la forma de trabajarlos.

No se deberán de usar las tierras que contengan:

- Materia orgánica en cantidades mayores o iguales al 2%. La determinación del contenido de materia orgánica de los suelos que se empleen en la construcción se hará de acuerdo con la norma UNE 103204:1993 (determinaciones del contenido de materia orgánica oxidable en Suelos por el método del permanganato potásico).
- Sales solubles en contenido mayor del 2%. El contenido en sales solubles de los suelos que empleen en la construcción se determinará con la norma UNE 103205:2006 (Determinaciones del contenido de sales solubles de un Consuelo).

2.5.2 Estabilización de la tierra

Por otro lado, aunque el material básico siempre es la tierra, para mejorar las propiedades mecánicas y de permeabilidad, así como también sus condiciones fisicoquímicas, o para adaptarse a las distintas disposiciones constructivas, aparecen otra serie de materiales agregados y tratamientos que posibilitan la transformación y adecuación a las distintas exigencias, adquiriendo así las propiedades necesarias a la finalidad que se destina. A estos procesos se los llaman “estabilización” y pueden ser mecánicos, físicos o químicos. Los materiales agregados pueden ser naturales o artificiales, dentro de los naturales pueden ser de origen mineral, vegetal o animal, asimismo pueden utilizarse en estado líquido, sólido o en polvo.

Cabe resaltar que todo este apartado fue basándose en la “Clasificación de estabilización del suelo” de Bardou y Arzoumanian (1979).

En ciertas revisiones bibliográficas nos hablan de variadas clasificaciones de “estabilización” del suelo, varias de ellas son una suerte de recetario que no explicita las características fundamentales de los procedimientos. Aquí se optó por plasmar un intento de clasificación técnico-científica, que se basa en la determinación de “cómo” se realizan los diferentes procedimientos para la estabilización del suelo.²⁸

El tratamiento consiste en la modificación de las proporciones relativas de la granulometría natural de la tierra a través de la incorporación de los componentes deficitarios.

Agregado de arcilla: Esto se hace cuando el tipo de tierra es considerada inerte, lo que se evidencia en su falta de cohesión. Esta condición se puede deber a que las arcillas que contiene son muy inactivas, o que resultan proporcionalmente escasas en comparación con la cantidad de limo y arena del conjunto. Para lograr un equilibrio en este caso, se puede estabilizar el suelo agregando una mayor cantidad de arcilla hasta lograr su acondicionamiento óptimo, con la precaución de no aumentar la retracción de secado.

²⁸ Todo este apartado fue Basándose en la “Clasificación de estabilización del suelo” de Bardou y Arzoumanian (1979).

Agregado de arena o grava: De esta forma se reduce el contenido relativo de arcilla o limo. Agregando arena u agregados mayores se logra reducir el promedio de fisuras provocadas por la retracción de secado. Agregando arena y grava se aumenta la resistencia a la compresión.

Estabilización por armazón: Consiste en agregar al suelo materiales que trabajen en forma física, a través de la fricción con los componentes de la tierra se logra conformar una especie de “red” o “armazón” a la que se adhieren las partículas de tierra aumentando la cohesión de la masa. De esta forma se logra controlar desplazamiento, dilatación y retracción durante el fraguado, evitando las figuraciones internas y superficiales a la vez que la mezcla se vuelve más liviana ya que los materiales a utilizar son altamente porosos. (Bardou & Arzoumanian ,1979)

Algunos otros agregados utilizados e investigados son los siguientes:

Agregado de gramíneas o cereales: Dependiendo de la disponibilidad en la región ya sea en cultivos o industrias. Algunas de ellas pueden ser del genero Stipa de uso forrajero, como la paja brava, restos de lino, maíz, algodón, arroz y cereales en general, brezo, totora (para altas dilataciones).

Agregado de fibras de origen vegetal: Fibra de coco, de sisal, de bambú, de agave, pita, etc. Absorbe parte del agua e incrementa la cohesividad de la mezcla, de esta manera disminuye la retracción en el secado.

Agregado de fibras de origen animal: Pueden ser pelo de animal o humano. Sobre todo, se utiliza en zonas áridas.

Agregado de fibras de origen artificial: Fibra de polipropileno, de poliéster, de polietileno.

Agregado de estiércol: Pueden ser de caprinos, camélidos, bovinos o equinos. Se incorpora la fibra vegetal triturada por la digestión animal.

Agradado de leñosas: Pueden ser corteza de árboles, virutas, aserrines, acículas de pináceas, fibra de celulosa, papel, etc.

Por otra parte, existe un sinnúmero de sustancias de origen orgánico que también pueden cumplir funciones aglomerantes y disminuir la retracción de secado.

Cal aérea (hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$): Durante el proceso natural de carbonatación de esta sustancia, sirve de liga a las partículas del suelo aumentando su resistencia a la penetración del agua, a la compresión y cortante, además de disminuir sus niveles de absorción hídrica y, por lo tanto, su posible retracción al secado. Las mejores respuestas en las mezclas se logran agregando solamente entre 4 y 8% de cal (Hoffman, 2002, p. 72).

Mucílago (Nopal): Son polímeros extraídos de vegetales como las suculentas y cactáceas tales como la *Opuntia Ficus indica* (tuna o nopal). Para extraer el mucílago de los cactus basta con cortarlos y dejarlos macerar en agua. Dependiendo de la temperatura ambiente y de la especie de cactácea que se utiliza, este proceso puede tardar desde un día hasta dos o tres semanas, por lo que es necesario tomar previsiones al respecto. (Martins Neves, C.; Borges Faria, O., 2011, p.72)

La necesidad de proteger, recubrir, envolver o revestir un espacio ha existido desde que el hombre buscó un refugio. Los recubrimientos de las antiguas estructuras, gracias a su condición protectora tenían la doble función de ser lo suficientemente resistentes como para controlar acciones mecánicas y biológicas, como el impacto del agua. No solo funcionaban como elementos decorativos sino también formaban parte de todo un sistema y protegían las superficies a las que contenían (Avila & Guerrero, 2018).

También cabe resaltar que la arquitectura prehispánica de México destaca por la extensa difusión del empleo de la tierra como material constructivo. Aunque existen numerosos sitios arqueológicos que utilizan piedra como apoyo estructural, predominan los conjuntos compuestos en su mayoría de edificios de bajareque, tierra modelada, tierra compactada, adobe, que fueron revestidos con mezclas de tierra y cal (Guerrero Luis, 2015).

2.5.3 Técnicas con tierra zona de estudio (Pátzcuaro, Michoacán)

Ahora bien, la arquitectura tradicional es heredera del conocimiento empírico, producto de la experimentación ancestral de los pueblos indígenas en sus construcciones. Este cúmulo de experiencias sintetiza la búsqueda constante de los pueblos por satisfacer las necesidades básicas de adaptación al medio natural, esta búsqueda hace que este conocimiento, sea un conocimiento dinámico, ya que este es constantemente readaptado, renovado y expandido (Guerrero Luis, 2014).

En la actualidad el tema de las viviendas tradicionales en la región de Pátzcuaro resulta complicado puesto que, al introducirse técnicas y materiales modernos de construcción, la arquitectura tradicional de la región queda relegada como una vista al pasado, un elemento que no tiene mejoras ni oportunidades en la vida actual de la población (Azevedo, 2007); sin embargo en ciertos hogares la disposición tradicional de los espacios se mantiene como algo arraigado a la misma edificación, o en este cambio de lo antiguo a lo moderno se ven ambos tipos de materiales fusionados en uno solo que cumple con las expectativas del propietario (Ettinger, 2010).

Las características arquitectónicas de las viviendas típicas de la región se basan en un cimiento de piedra, los cuales presentan dimensiones variables en función de los materiales en que se realiza, el peso de la edificación y el terreno en que se emplaza, en muchas de las viviendas antiguas esta cimentación de piedra se une simplemente con barro, esta presenta una altura promedio de 0.40 m, que favorece al buen comportamiento del muro de tierra ante acciones climáticas. Sobre ésta cimentación de piedra se construye una barrera para impedir la ascensión capilar, a base de pequeñas lajas o tabletas de basalto colocadas horizontalmente con mortero de barro en varias capas hasta una altura que varía entre los 0.10 y 0.20 m, dejando la parte superior horizontal para desplantar luego el muro de adobe como tal (ver fig.21) (Armani, 2006).

Figura 21: Detalle de la cimentación a base de piedra y muro de adobe con paja.

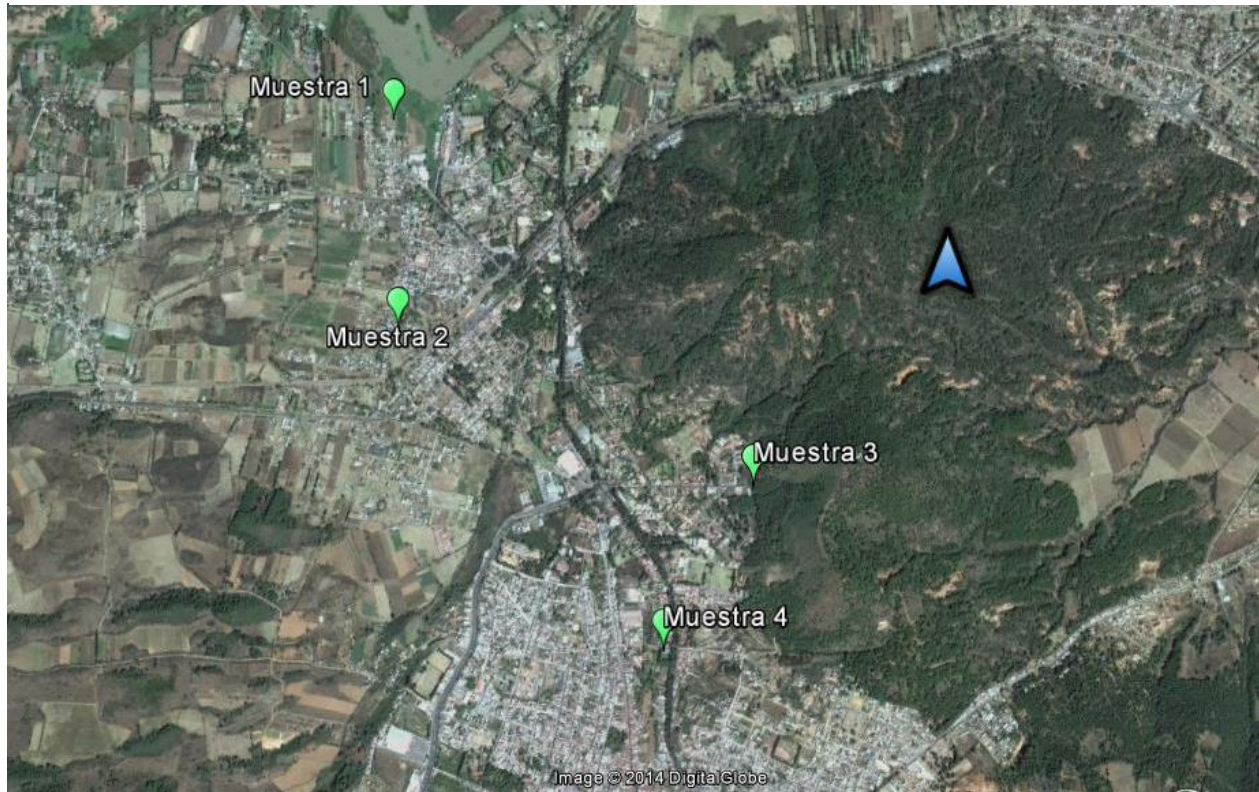


Nota: Recuperado de http://www.patzcuaro.com/imagenes/atractivos_patzcuaro/huitzimengari/foto1.html

2.5.4 Toma de muestras de suelos en diversos puntos de Pátzcuaro, Michoacán

A continuación, en este apartado se rescatará las tomas de muestras de suelo en diversos puntos de la población de Pátzcuaro realizadas con el fin de encontrar las mejores características en los suelos para su clasificación de acuerdo a los posibles métodos de edificación, así se eligieron 3 puntos con diferentes usos y área circundante²⁹.

Figura 22: Mapa de toma de muestras de suelo en la población de Pátzcuaro (Google Earth 2014).







Nota: Recupera de tesis de investigación (Juan E.T.H., 2014, p. 43).

En donde el investigador nos explica el proceso y el método que empleo con base en el manual “Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales” (UNAM, 2011); a una profundidad de 30 cm del nivel de suelo, colectadas en bolsas con cierre hermético y tomando un volumen aproximado a 1 kilogramo, esto con el objetivo de acceder al perfil de suelo con mayor cantidad de arcillas. (Juan E.T.H., 2014, p. 43)

²⁹ Juan Esteban Trinidad Huerta da un ejemplo en referencia el tipo de tierra que hay en Pátzcuaro, Michoacán en tres diferentes puntos del municipio. “Caracterización de materiales de la región Pátzcuaro para su uso en la adaptación y edificación de estructuras a base de materiales naturales Bioconstrucciones” (Juan E.T.H., 2014, p. 43)

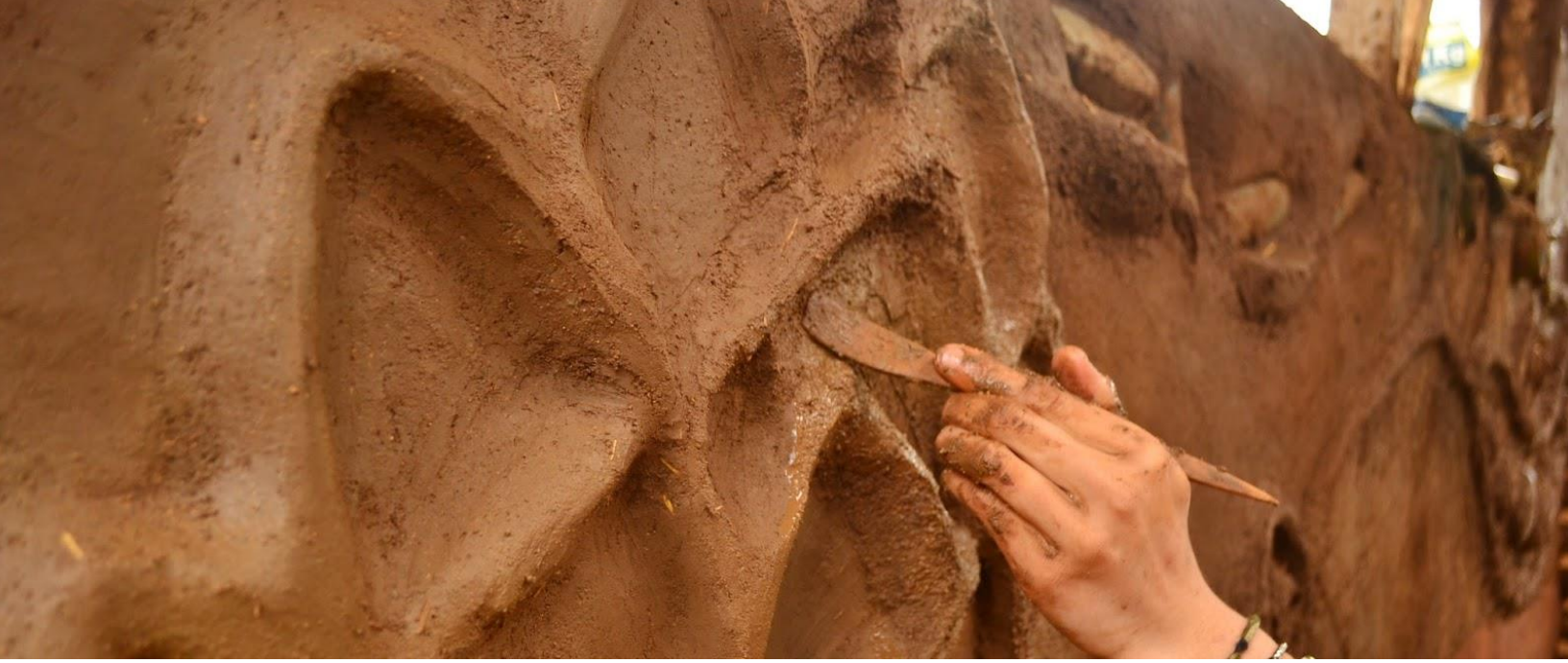
En la siguiente tabla nos muestran los resultados que se obtuvieron en las diferentes pruebas realizadas en esta investigación en donde se retoman estos datos para tomar como referente el tipo de tierra que vamos utilizar para esta investigación. Se puede observar en la tabla, que las muestras de suelo 2, 3 y 4 contienen una mayor cantidad de arcillas, además de tener las mejores características para los procesos como un recubrimiento, mientras que la muestra numero 1 si bien no reúne las características deseadas, por su alto contenido de arenas y limos, la cual queda descartada para su uso.

Tabla 2: Pruebas realizadas en las muestras de suelo en el Municipio de Pátzcuaro, Michoacán.

Fotografía	Muestra	Ubicación	Características físicas	Prueba de la cinta (plasticidad)	Prueba de la pastilla (Resistencia)	Prueba de contracción (Pérdida de humedad)	Prueba de la caída (resistencia y densidad)	Prueba del vidrio (concentración)
	N° 1	Ubicado a 150 mts del límite del espejo de agua del lago de Pátzcuaro	Esta muestra de suelo presenta un color gris-blanquecino y una textura arenosa al tacto	SIN FORMACIÓN	POCA	LEVE	POCA	Alto nivel de arenas y limos
	N° 2	Ubicado en área periurbana de relativamente reciente.	Esta muestra en observación de campo presenta un gran contenido de arcillas, conocido regionalmente con el nombre de "Echeri Charanda"	MEDIANA	MEDIANA	MODERADA	MEDIANA	Concentración equilibrada
	N° 3	Se tomó en las faldas del llamado Cerro Colorado, el cual colinda al noroeste de la población de Pátzcuaro	Por la gran presencia de arcilla y poca materia orgánica, el color que presenta, y la textura también se conoce local como "Echeri Charanda"	LARGA	ALTA	ALTA	ALTA	Elevada concentración de arcillas
	N° 4	Fue tomada de un área completamente urbana, para dicha toma se aprovechó la excavación realizada por autoridades municipales en la ejecución de obra pública	Podemos apreciar, en este caso una gran cantidad de arcillas, un fuerte color rojo oxidado y una textura completamente arcillosa	LARGA	ALTA	ALTA	ALTA	Elevada concentración de arcillas

Nota: Adapta con información de tesis de investigación (Juan E.T.H., 2014, p. 43).

Como se observa las muestras 2, 3 y 4, con mayor cantidad de arcillas en su composición, son óptimas para la construcción natural, debido a esta, los suelos deben ser mejorados o adicionados con elementos estructurales para evitar su contracción agresiva por la pérdida de agua. Cabe resaltar que para esta investigación se tomó tierra muy cerca de la muestra N°3 con las mismas características en la cual se realizó una prueba de laboratorio en donde más adelante se presentaran los resultados.



Capítulo 3

El ensamble perfecto a través de un
recubrimiento

3.1 Estrategia de diseño

En este apartado se plantea el proceso metodológico que consiste en el análisis de las características de la fibra del lirio acuático con materiales de la región como un recubrimiento termorregulador con un aporte arquitectónico como principal precursor de la investigación. Todo comienza con la inquietud de plantear una solución al excedente del lirio acuático y desarrollar un recubrimiento endémico medio del uso de materiales regionales y técnicas artesanales de la misma región. Se acoto el análisis en el concepto de un recubrimiento a base de fibra de lirio acuático con la expectativa de un material amigable con el medio ambiente y termorregulador ya que se define por su adecuada relación con la naturaleza y el uso de materiales de la misma región. Es así como, esta investigación parte desde una conceptualización, haciendo una analogía entre el término biomimesis y su aplicación en la arquitectura. En términos generales se adoptará esta analogía en las técnicas artesanales en la zona de estudio Pátzcuaro Michoacán.

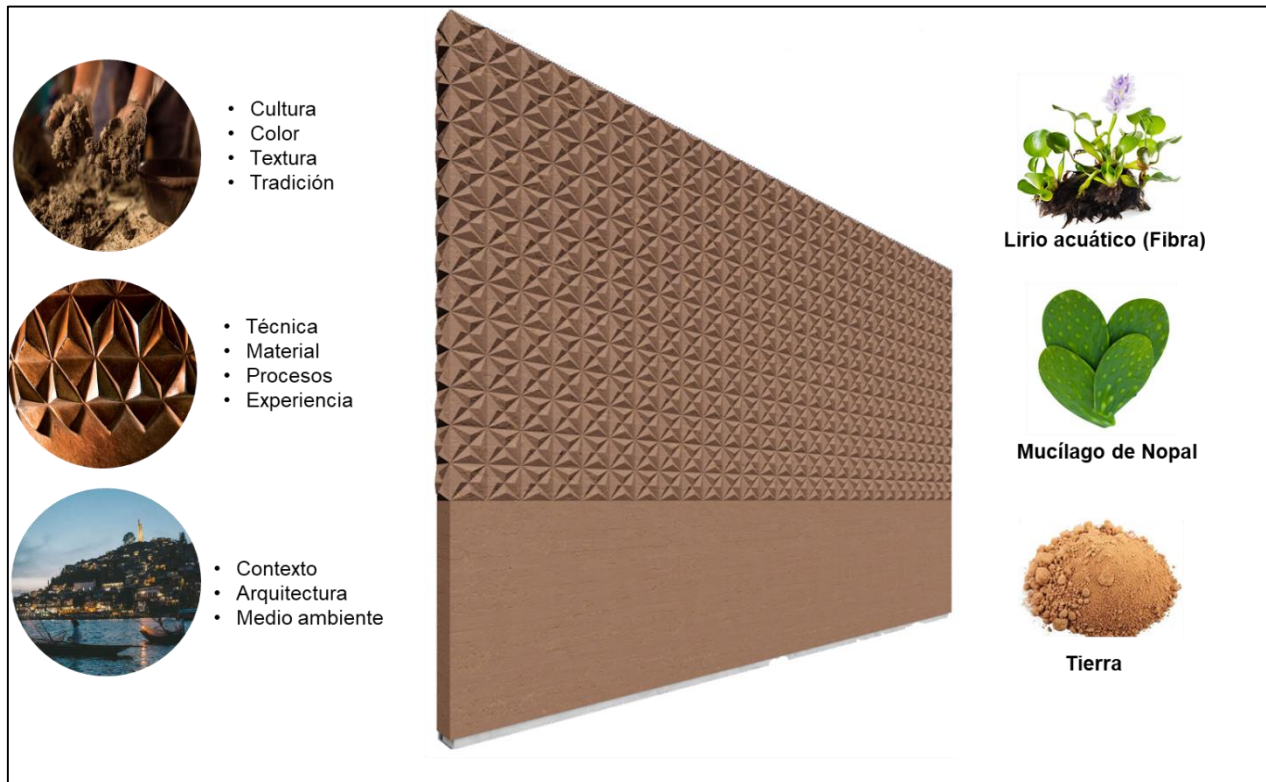
3.1.1. Características del recubrimiento

En el marco de la búsqueda de un recubrimiento endémico de la región con su arquitectura y la evaluación del desempeño térmico de los materiales de la misma región y de la fibra de lirio acuático a desarrollar en general resulta pertinente los procesos de elaboración con técnicas ancestrales. Por lo anterior, en este documento se presenta un proyecto que toma como eje los principios de las técnicas artesanales para:

- Ofrecer a los artesanos productos alternativos a partir de la aplicación de sus técnicas y sus procesos de lo cual contribuirá a que puedan abrirse a nuevos mercados en la construcción.
- El artesano en conjunto con diferentes disciplinas se puede trabajar de manera conjunta, mediante la aplicación de un proceso de diseño que, a partir de la combinación de técnicas tradicionales con materiales como arcilla, madera, cobre, fibras naturales, etc.; permita generar nuevas propuestas de productos con mayor valor agregado en la industria de la construcción.
- Vincular a los artesanos con el cuidado de sus propias cuencas hídricas dándole un valor agregado como materia prima al lirio acuático.

Como parte de la estrategia al recubrimiento se le puede otorgar un significado simbólico, cultural, histórico e incluso idealista, así como también se le puede dar un carácter funcional, como contener, proteger, aislar o cubrir. Por ello se hace la analogía en la biomimesis, porque un recubrimiento forma parte de un todo, dentro de un espacio arquitectónico, así como una relación con la naturaleza y el medio ambiente. Aunque es importante mencionar que el arte de recubrir también tuvo un significado simbólico, que hasta la fecha muchas culturas continúan preservando en sus tradiciones.

Figura 23. Análisis de las características del recubrimiento de fibra de lirio acuático.



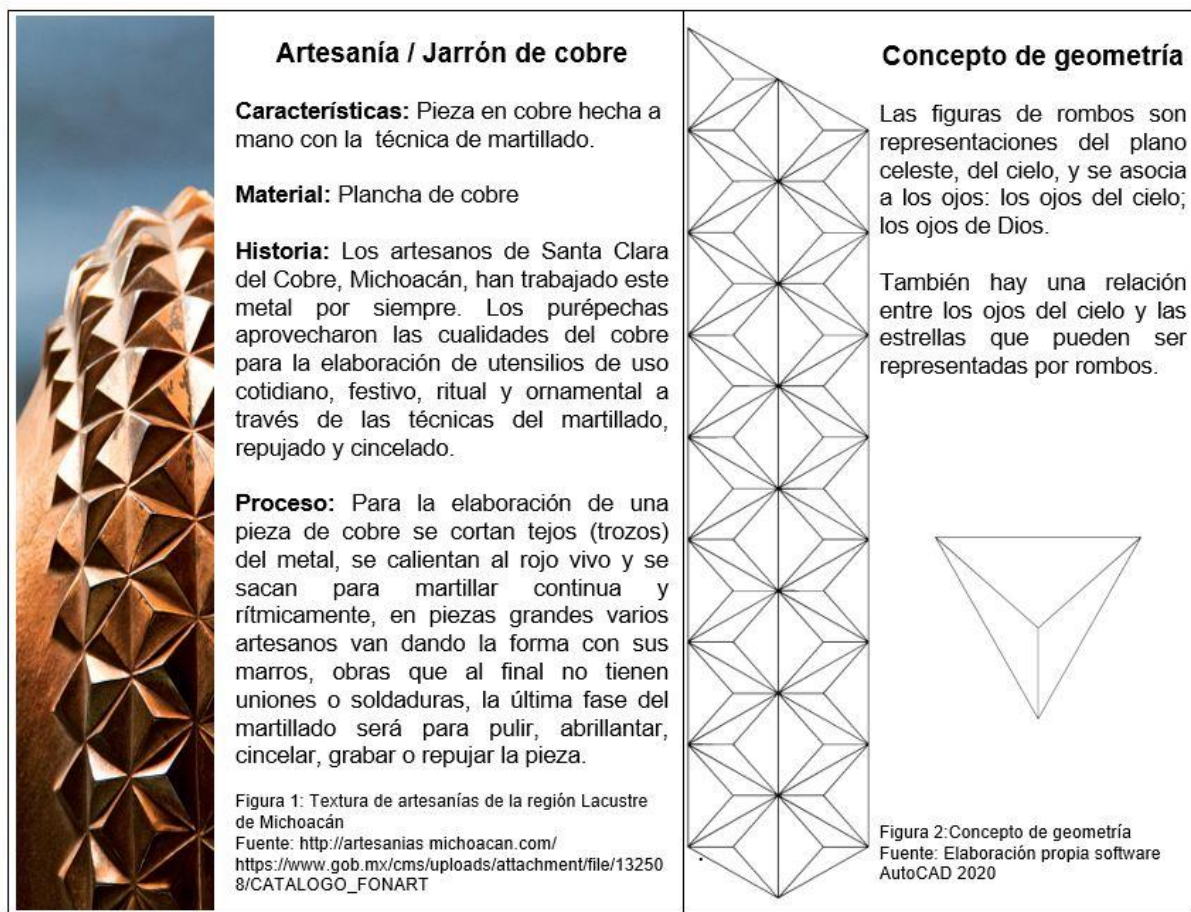
Nota. La imagen representa los principales elementos que van integrar el desarrollo del recubrimiento desde sus materiales, geometría e historia. (Elaboración propia.)

Con esta propuesta se busca el ensamble perfecto con las comunidades aportando soluciones y estrategias que crean valor y benefició económico, social y medioambiental a través de la innovación de los materiales de la región y las mismas técnicas artesanales en conjugación con la arquitectura y ofrecer mejores recursos económicos que les permitan vivir mejor a sus familias. Esto hace volver a reivindicar la sencillez y las propiedades de los materiales en la arquitectura que poseen una tradición milenaria que acompaña a casi todas las culturas de familias de artesanos mexicanos a través de dicho recubrimiento.

3.2.1 Extracción de geometría

La composición geométrica de la pieza tiene como un el fin de conservar el carácter tradicional y su historia, las propuestas formales y compositivas tomaron como referente las formas y colores de las artesanías emblemáticas de cada región, para ello se consideraron colores, texturas, materiales y su historia. Su geometría debe ser el medio para reconocer las técnicas de los artesanos en un recubrimiento amigable para los espacios arquitectónicos. Como se puede observar en la figura 24 como emerge su geometría a través de una analogía en la textura de un jarrón de cobre.

Figura 24. Concepto de geometría – Municipio de santa clara del cobre, Michoacán.



Nota. A través de una analogía de la biomimesis se muestra la raíz de la geometría que se pretende desarrollar para esta investigación con una artesanía del Municipio de santa clara del cobre, Michoacán.
Elaboración propia con información de <https://www.culturaspopulareseindigenas.gob.mx/pdf/2020/geometria/Geo%20RE%20Michoac%C3%A1n.pdf>

3.3.1 Mercado al que se dirige el recubrimiento

El recubrimiento que se pretende desarrollar en esta investigación va dirigido al sector de la construcción elaborados por las comunidades del estado de Michoacán. A todo esto, nos lleva a tener ciertas estrategias particulares para introducirlo en el mercado de la construcción como algunas por mencionar como se muestra en la figura 25.

Figura 25. Características particulares del recubrimiento en el mercado de la construcción.



- Productos 100% mexicanos con historia familiar.
- Su producción artesanal le da un valor agregado.
- Son elaboradas con materiales de la misma región.
- Crecimiento económico y cultural para las comunidades artesanales del país.
- Tendencia mundial en la adquisición de productos con una historia de familias mexicanas.
- Presencia del recubrimiento como elemento cultural de las regiones de México. Alto potencial en la introducción al extranjero.

Nota. En la figura de muestra las principales estrategias particulares de contenido en dicho recubrimiento para poder ser un diferenciados en el mercado de la construcción. (Elaboración propia.)

Se realizó un análisis mediante el método de (FODA) para tener mayor claridad de lo que se puede enfrentar nuestro recubrimiento en el mercado de la construcción.

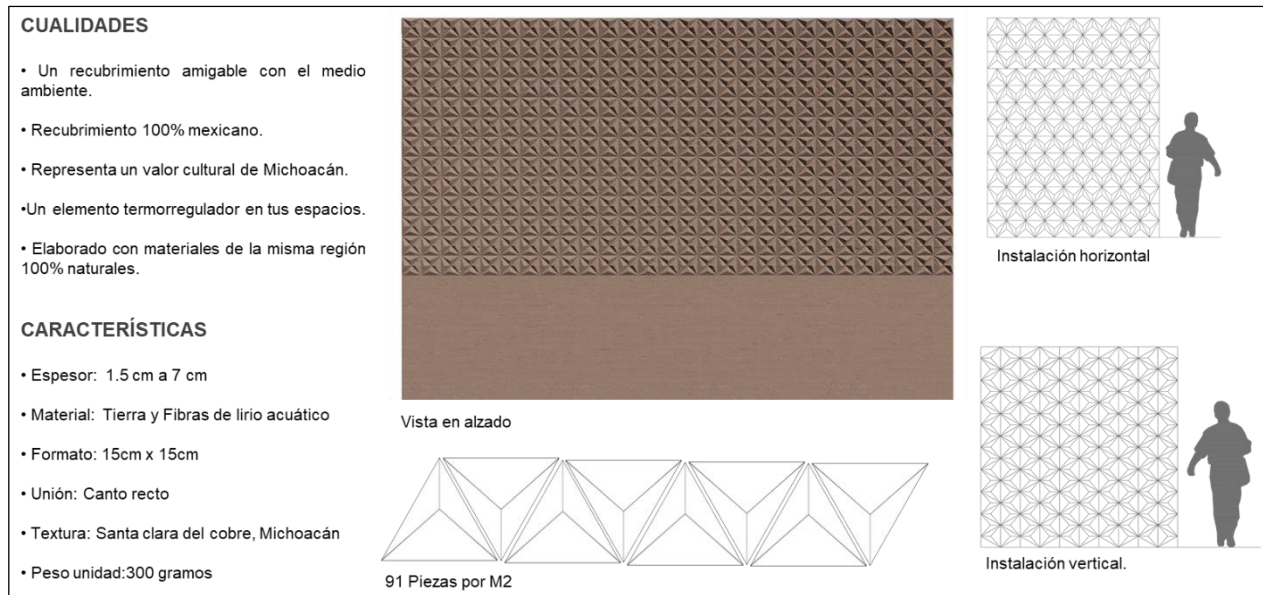
Tabla 3. Análisis de planeación del recubrimiento para el mercado de la construcción.

Fortaleza	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Su producción artesanal le da un valor agregado. • Productos 100% mexicanos con historia familiar. • Son elaboradas con materiales de la misma región. • Presencia del recubrimiento como elemento cultural de las regiones de México. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto potencial en la introducción al extranjero. • Crecimiento económico y cultural para las comunidades artesanales del país. • Tendencia mundial en la adquisición de productos con una historia de familias mexicanas. • Venta en línea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de producción a gran escala. • Suministro de materia prima (Lirio acuático). • Puntos de venta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto de solidaridad económica. • Puede ser devaluado por falta de cultura. • El mercado se rige por precio no por cultura ni calidad. • El desarrollo tecnológico de nuevos productos. • Carencia de valor por su materia prima.

Nota: Se muestra en la tabla un previo análisis de planeación mediante el método de FODA que nos permite a tomar decisiones y entender los factores externos e internos. (Elaboración propia.)

A todo esto, el recubrimiento busca ser el medio para reconocer las técnicas de los artesanos en un recubrimiento amigable con el medio ambiente para los espacios arquitectónicos con una cultura y tradición de las comunidades de la región lacustre del estado de Michoacán. A continuación, se muestra en la figura 26 las características particulares del recubrimiento.

Figura 26. Contenido y características del recubrimiento.



Nota. Se muestra en la figura el resultado final del producto para introducirlo al mercado de la construcción con sus principales características y cualidades particulares. (Elaboración propia)

A todo esto, en la búsqueda de un recubrimiento endémico de la región ante el cambio climático y problemáticas ambientales en los cuerpos de agua, por lo tanto, se propone revertir el daño hacia un equilibrio ambiental con el potencial de desarrollar un recubrimiento amigable con el medio ambiente para el interior de los espacios con la integración de técnicas artesanales de las mismas comunidades de artesanos de la región. Con un diseño conceptual basado en biomímesis en la arquitectura, esto hace a reivindicar la sencillez que nos otorga la naturaleza y las propiedades de la tierra pues poseen una tradición milenaria que acompaña a casi todas las culturas a través de todas las épocas de la humanidad, actualmente revalorizadas bajo el paradigma la sustentabilidad.

3.2 Metodología de diseño

Cabe resaltar que para esta investigación se van establecer variables con la con la inquietud de plantear una solución al excedente del lirio acuático y poderlo aplicar como un recubrimiento.

Por lo cual se consultaron fuentes primarias para la construcción de un marco teórico que permitía dar una previa respuesta a la hipótesis planteada. Así mismo clasificar artículos en relación con las variables de estudio y realizar una búsqueda bibliográfica en las bases de datos científicas. Todo este análisis y selección tiene como fin de aplicarlo a una zona de estudio en Pátzcuaro, Michoacán, para el análisis sobre las líneas de investigación para su desarrollo: La técnica artesanal aplicada a recubrimientos arquitectónicos, materiales regionales, control térmico y lirio acuático.

Enseguida se describe el proceso metodológico que compone al recubrimiento termorregulador arquitectónico que va desde la explicación del origen de su geometría, materiales que lo componen, técnica de elaboración, y sus características particulares. Todo este análisis de proceso metodológico con el fin de cumplir con los objetivos planteados en la investigación.

3.2.1. Geometría

Actividad: Análisis de diseño, dimensiones, despiece y montaje en muro

Lugar: Virtual mediante video llamada con la aplicación de Zoom (Aislamiento por COVID-19)

Equipo y Herramienta: Software SkechUp³⁰

Asesor: Mtro. Eduardo Velázquez Richards / Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM

Objetivo: En este paso metodológico se opta realizar un modelo 3d para tener mayor análisis de su geometría para posterior realizar su planearía y dimensiones más óptimas para la realización de visualizaciones 3d para tener una mayor eficacia de comunicación visual con los artesanos.

³⁰ Es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) basado en caras.

3.2.2. Desarrollo de fibra de lirio acuático por medios mecánicos

Actividad: Planteamiento de proceso y métodos para la extracción de fibra vegetal del lirio acuático y su recolección. Cabe mencionar que se recataran y se adaptaran procesos metodológicos de algunas investigaciones ya realizadas.

Lugar: Muelle de Pátzcuaro, Michoacán y Uruapan, Michoacán

Equipo y Herramienta: Cubetas de 19lts, machete, colador, tabla de corte, licuadora y hule

Referencias: Jessica Alexandra, M. M. (2019). Evaluación de la obtención de celulosa partiendo del buchón de agua (eichhornia crassipes) mediante la hidrolisis y el proceso enzimático del hongo pleurotus ostreatus. (Tesis de licenciatura, Universidad de América Facultad de Ingenierías Programa de Ingeniería Química Bogotá, D. C.) Repositorio recuperada <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7605/1/6132185-2019-2-IQ.pdf>

Objetivo: Analizar el proceso metodológico para lograr la extracción de la fibra vegetal de lirio acuático. Se desarrollaría una nueva línea de investigación para el aprovechamiento de esta maleza acuática para el uso en la elaboración de recubrimientos para la construcción.

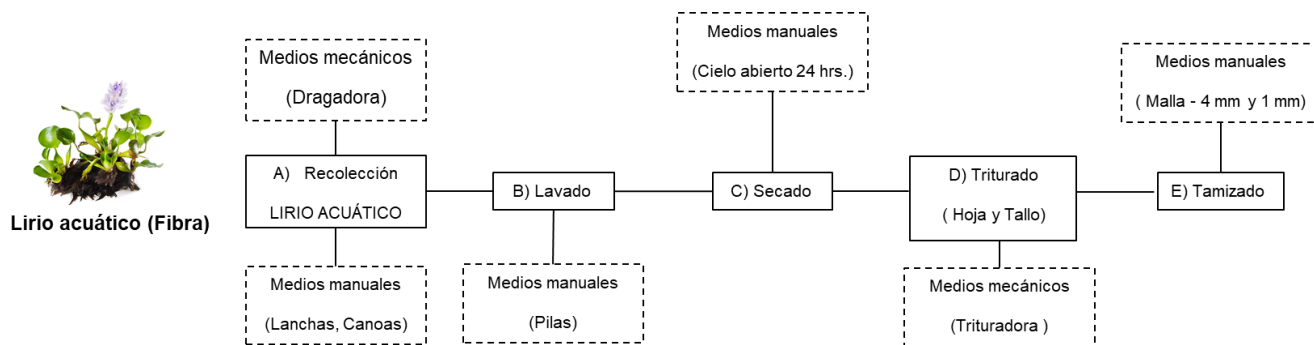


Diagrama 1: Etapas para la extracción de fibra de lirio acuático.

3.2.3. Extracción del mucílago del nopal

Actividad: Planteamiento de proceso para la extracción de mucílago del nopal (*Opuntia spp*). Cabe mencionar que se recataran y se adaptaran procesos metodológicos ya realizadas por experiencia profesional y con apoyo de mis cotutores expertos en el área.

Lugar: Pátzcuaro, Michoacán / Virtual mediante video llamada con la aplicación de Zoom (Aislamiento por COVID-19)

Equipo y Herramienta: Cubetas de 19lts, machete, colador, tabla de corte y pala de madera.

Tutor: Dr. Luis Fernando Guerrero Baca / UAM-Azcapotzalco

Objetivo: Es conocer el proceso metodológico con mayor resultado en la optimización de su extracción, así como la mayor eficacia como un impermeabilizante y aglomerante.

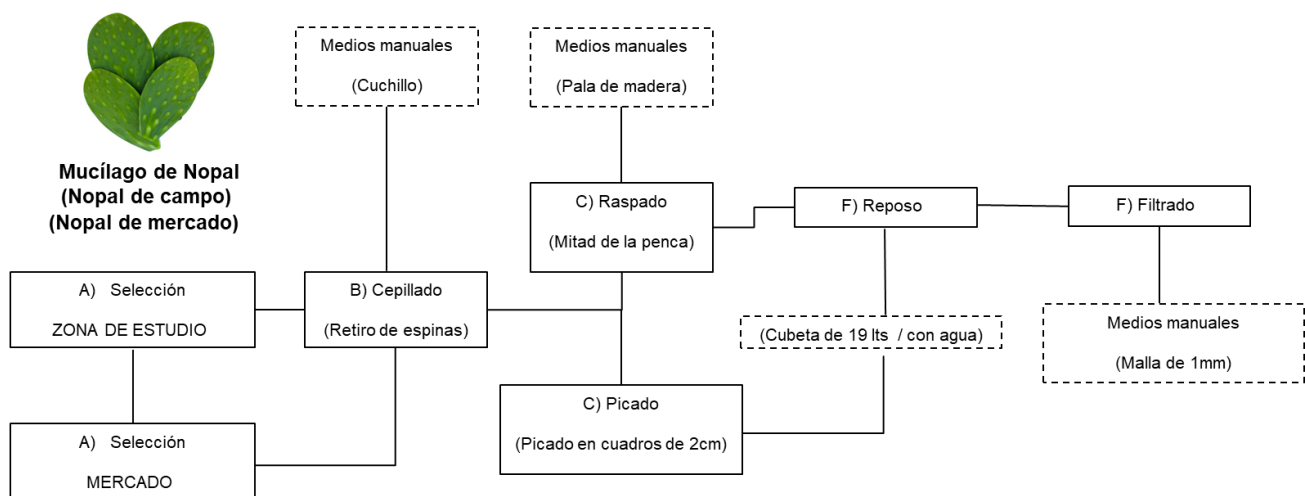


Diagrama 2: Etapas para la extracción de mucílago de nopal.

3.2.4. Análisis de proporciones para probetas experimentales

Actividad: Analizar la mezcla de los materiales que se van a utilizar y sus proporciones más óptimas de tierra para obtener las características apropiadas para desarrollar las probetas que se someterán a pruebas experimentales.

Lugar: Pátzcuaro, Michoacán / Virtual mediante video llamada con la aplicación de Zoom (Aislamiento por COVID-19)

Equipo y Herramienta: Probetas, espátula, cubeta de 19lts, tubular de 1x1, prensas mecánicas, cuchara, polín de 1x1 y base de madera 20x20

Tutor: Dr. Luis Fernando Guerrero Baca / UAM-Azcapotzalco

Objetivo: Es plantear la metodología y las proporciones óptimas para desarrollar las probetas de prueba donde se analizará sus proporciones, clasificación de tierra a utilizar y su comportamiento durante el proceso de las mismas probetas que se someterán a pruebas.

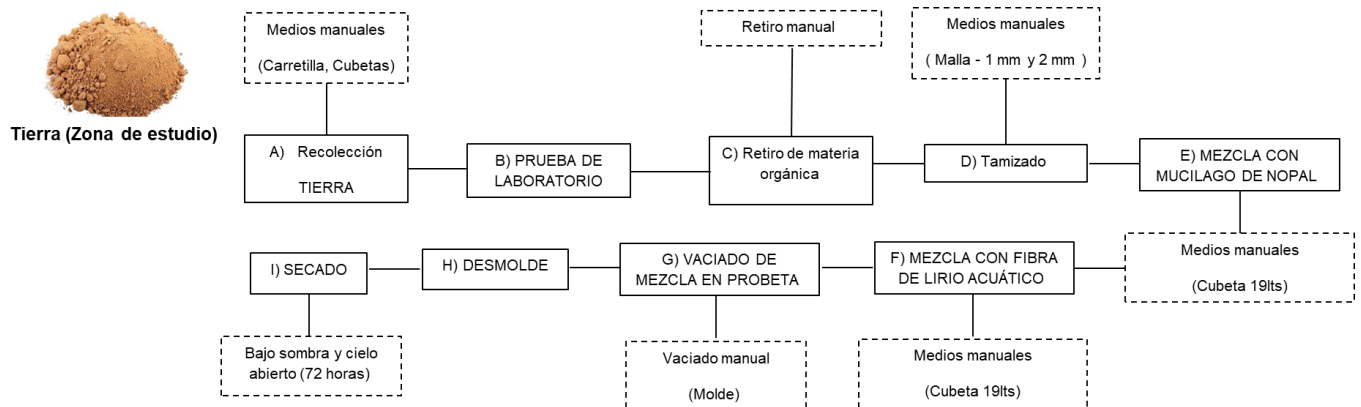


Diagrama 3: Etapas para el análisis de proporciones para probetas experimentales.

3.2.5. Moldearía

Actividad: Elaboración de molde tipo para el desarrollo piezas prototipo finales de dicho recubrimiento en donde se plantea desarrollar el primer contacto con un molde de yeso en donde se puede replantear para la realización de dicho molde mediante la impresión 3d.

Lugar: Uruapan, Michoacán y Ciudad de México

Equipo y Herramienta: Impresora 3D, Modelo en Skechup, y Ultimaker Cura

Tutor: Dr. Héctor Valerdi Madrigal / UAM-Azcapotzalco

Mtro. Eduardo Velázquez Richards / Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM

Objetivo: Este proceso tiene como objetivo en desarrollar dos tipos de moldes uno es la elaboración de un molde a base de yeso como primer contacto y consecutivamente el desarrollo del segundo molde a impresión 3d. Esto nos va permitir a realizar una valoración cual es molde tipo más viable para desarrollar dicho recubrimiento con los artesanos.

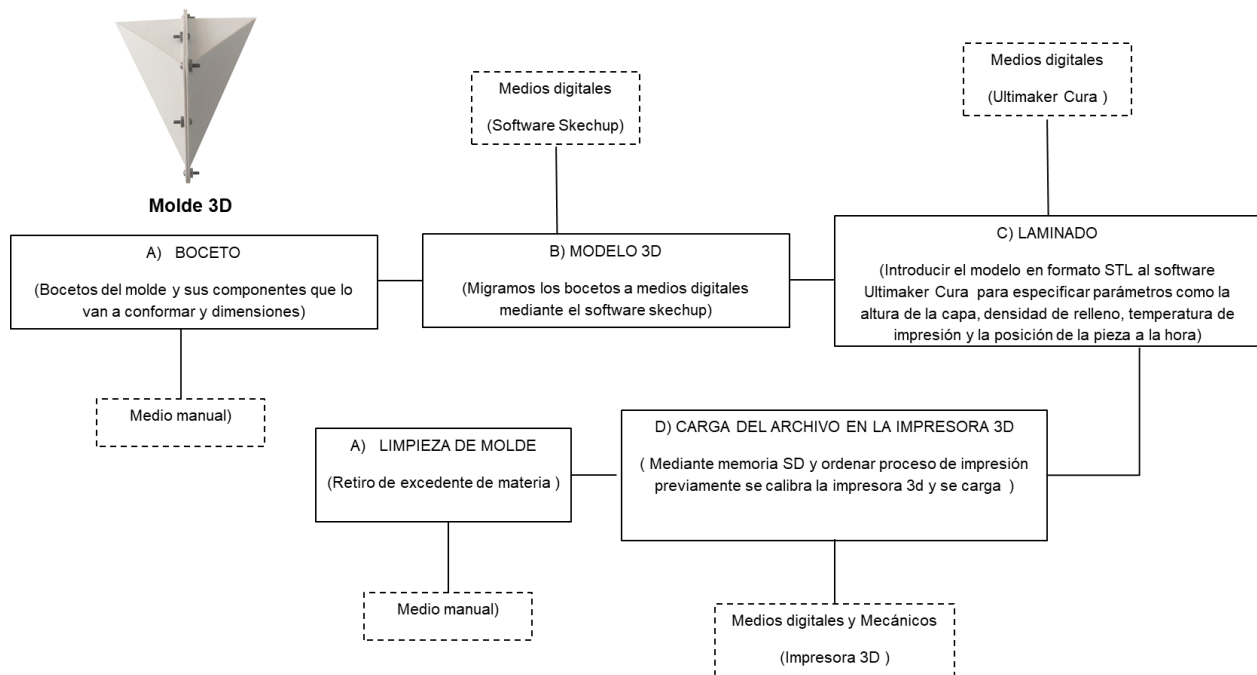


Diagrama 4: Etapas para elaboración de molde 3D.

3.2.6. Mediciones de temperatura y humedad

Actividad: Elaboración de cabina artesanal

Lugar: Pátzcuaro, Michoacán

Equipo y Herramienta: Charola, probetas de pruebas, tabique rojo recosido, martillo, triplay 15mm, tierra, agua, huelle, hilo de cáñamo y tres Data logger Elitech RC-4HC

Tutor: Mtro. Eduardo Velázquez Richards / FES- Aragón / UNAM

Dr. Héctor Valerdi Madrigal /UAM-Azcapotzalco

Dr. Luis Fernando Guerrero Baca / UAM-Azcapotzalco

Objetivo: En este proceso metodológico se pretende obtener datos duros y analizar el comportamiento de dicho recubrimiento bajo ciertas condiciones climatológicas con el fin de conocer sus capacidades térmicas y físicas. A si mismo evaluando su comportamiento considerando los parámetros de humedad y temperatura.

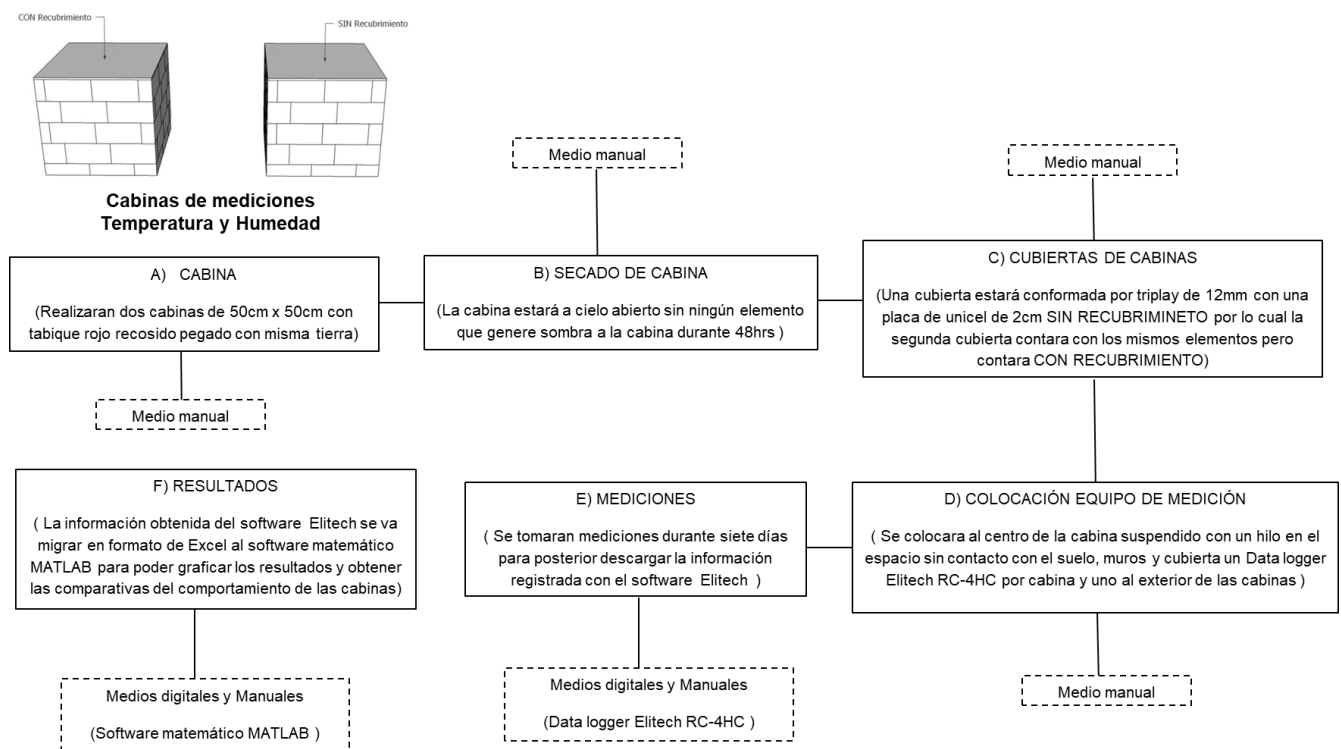


Diagrama 5: Etapas de desarrollo de cabinas para evaluar la temperatura y humedad.

Capítulo 4

Memoria descriptiva, proyección y conclusiones

4.1 Desarrollo, resultados y mejoras

En éste capítulo se explica el proceso descriptivo y el desarrollo de la elaboración de cada uno de los métodos planteados en el capítulo 3, así como los resultados obtenidos y las propuestas de mejoras.

4.1.1. Modelación 3D geométrica computacional en Skechup³¹

La geometría se determinó tomando ciertas características una particular es conservar el carácter tradicional y su historia, las propuestas formales y compositivas se tomaron como referente geometrías y colores de las artesanías emblemáticas de cada pueblo mágico, para ello se consideraron colores, texturas, materiales y su historia. Así como también en la mejora de la geometría más apropiada para tener un mayor aislamiento térmico del mismo modo para cumplir.

Las dimensiones y peso se determinaron tomando en cuenta como referencias ciertos recubrimientos en el mercado de la construcción y en experiencia propia en el manejo recubrimientos para muros y sus dimensiones que implican en la ejecución de obra.

Dimensiones: 17cm x 17cm x 15cm / Espesor: 1.5cm a 5cm

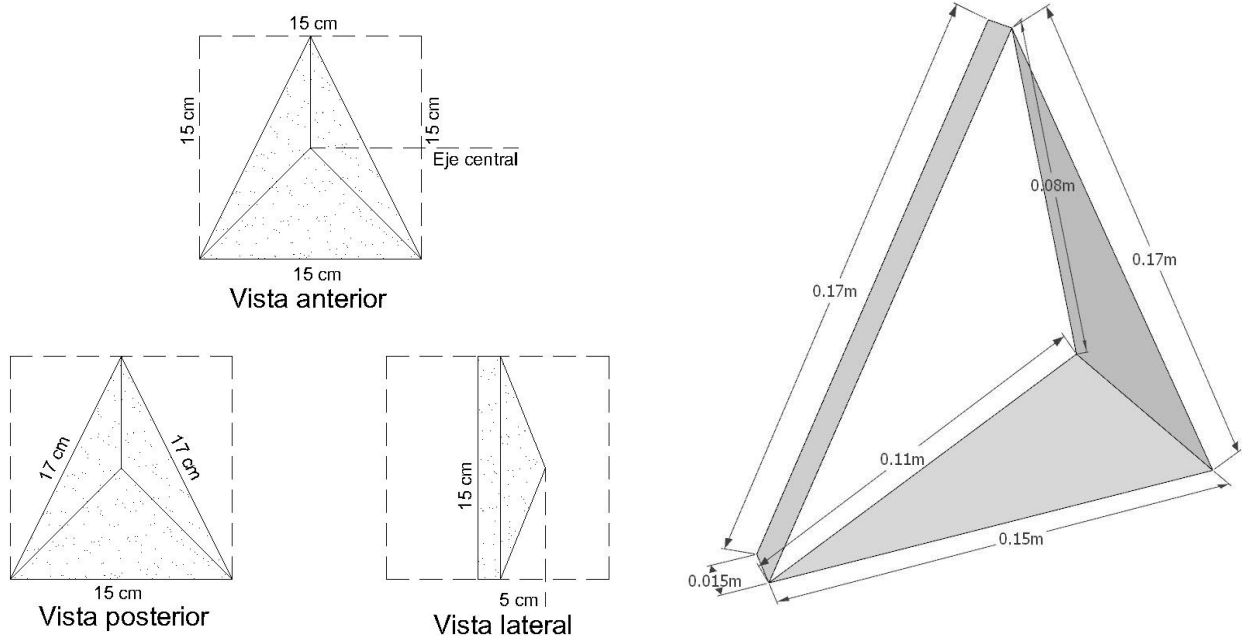


Figura 27: Dimisiones de recubrimiento prototipo.
Nota: Elaboración propia mediante el software Skechup.

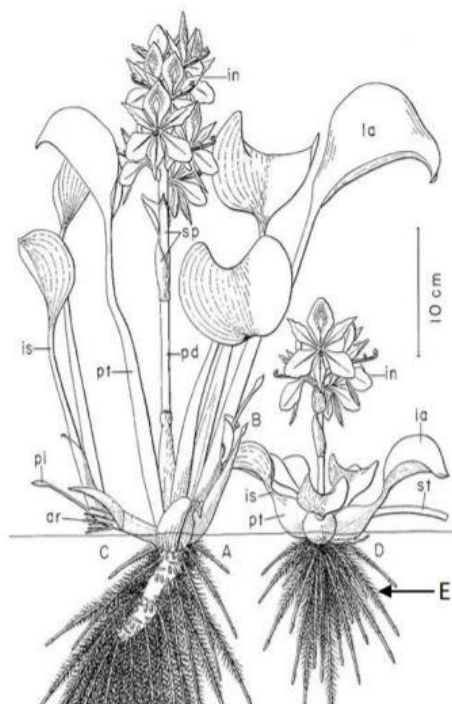
³¹ Es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) basado en caras.

4.1.2. Desarrollo de fibra de lirio acuático

En este apartado se indaga ampliamente en alternativas para la extracción de fibras naturales; así como su uso en las industrias de la construcción para determinar el mejor proceso de extracción de esta fibra y su aplicación.

- **Características físicas o morfológicas del lirio acuático**

El lirio acuático es una especie de raíces sumergidas, posee hojas de color verde brillante, carece de tallo aparente, equipada de un rizoma, muy particular, emergente, del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo que forma una vejiga llena de aire, mediante la que el vegetal puede mantenerse sobre la superficie acuática. Posee además hojas sumergidas lineares, y las emergidas, entre obovadas y redondeadas, provistas de pequeñas hinchazones que facilitan la flotación. Las raíces son muy características, negras con las extremidades blancas cuando son jóvenes y negro violáceas cuando son adultas (infogardin, 2002).



- A) Peciolo atenuado en forma de rosetón producido bajo condiciones de alta densidad poblacional.
- B) Brote axilar en expansión.
- C) Un "ramet" en desarrollo.
- D) Peciolo bulboso en forma de rosetón producido bajo condiciones de baja densidad poblacional.
- E) Raíz.

Abreviaturas:

- ar: Raíces adventicias.
- in: Inflorescencia.
- is: Istmo de las hojas.
- la: Hojas.
- pl: Hojas primarias.
- pd: Pedúnculo de la espiga floral.
- pt: Peciolo de la hoja.
- sp: Espatas.
- St: Estolones.

Figura 28: Morfología del lirio acuático.

Nota: Instituto Politécnico Nacional Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Departamento de Ingeniería, 2011. 4 p.

- **Proceso**

Para desarrollar la fibra se tendrán en cuenta 3 principales etapas; en la primera de ellas se establece la recolección y caracterización de la materia prima, en la segunda se realizan procedimientos de trituración manual y trituración por medios mecánicos, en la tercera se extenderá la fibra para secar a cielo abierto y las técnicas basadas en cada uno de los métodos propuestos se establecerán lo necesario para la determinación del método más efectivo y sus mejoras.

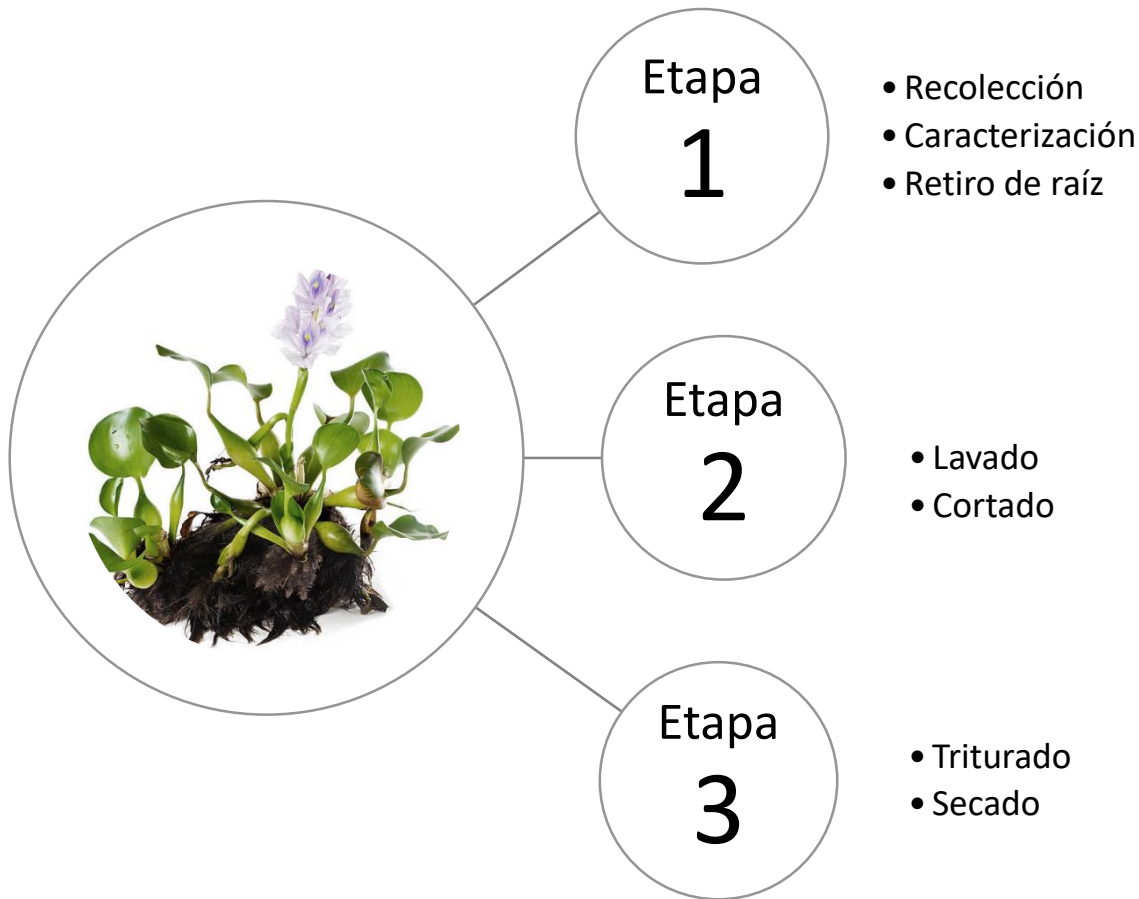


Diagrama 6: Etapas para la extracción de fibra.

ETAPA 1

• Recolección de lirio acuático

Para llevar a cabo este procedimiento se recolecto en la orilla del embarcadero de Pátzcuaro, Michoacán. Al momento de la recolección se buscó un espacio en el que exista aglomeración del material buscando además un espacio firme que permita al recolector permanecer seguro y evitar accidentes. Una vez determinado el espacio se procede a recolectar la materia prima y depositarla en un recipiente que permita su traslado como se muestra en la figura 29.

Figura 29: Recolección de lirio acuático embarcadero en Pátzcuaro, Michoacán.



• Selección de materia prima

En esta etapa de proceso consiste en seleccionar la materia prima, debido que se consideró retirar el material en estado de descomposición y finalmente en el proceso de selección se debe tener claro que el materia de fibra vegetal útil son solo tallos y hojas lo que significa que se debe eliminar la raíz debido a que al estar en contacto íntimo con los cuerpos de agua según la morfología de la planta ya mencionada esta tiene la capacidad de absorber metales pesados este detalle es de gran importancia debido a que la presencia de estos metales en los procesos se consideran contaminantes ambientales nocivos como se muestra en la figura 30 el proceso de selección de materia.

Figura 30: Selección de lirio acuático y pesaje en Uruapan, Michoacán.



ETAPA 2

• Lavado

Se consideró lavar con agua potable para retirar materia orgánica, posterior se colocó en una tina para su escurrimiento.



Figura 31: Lavado de lirio acuático y pesaje.

• Corte

En esta etapa de proceso fue reducir en cortes de 2cm a 4cm el lirio acuático desde su hoja y su tallo para hacer más fácil el trabajo en el proceso de triturado y posterior su almacenamiento en los recipientes. Así mismo se cortó con un cuchillo de 12 cm y una tabla como apoyo, posteriormente se midió la masa mediante una báscula digital.



Figura 32: Corte de lirio acuático con cuchillo y pesaje.

ETAPA 3

• Triturado por medios mecánicos

El proceso de triturado fue mediante una licuadora de uso doméstico donde se colocó 100mm de agua para tener una mayor consistencia en la pasta. Se realizaron 3 molidas de 10 segundos para obtener una pasta fibrosa consistente como se muestra en la figura 33.



Figura 33: Triturado de lirio acuático mediante licuadora.

• Secado

En esta etapa de la metodología se optó en realizar el secado de la fibra a cielo abierto durante 48hrs para posterior medir su masa en estado seco mediante una báscula digital para posterior realizar su almacenaje en bolsas.



Figura 34: Secado a cielo abierto durante 48 horas.

Resultados parciales de la extracción de fibra de lirio acuático

Durante el proceso se obtuvieron los siguientes datos como se muestra en la tabla 4; Así mismo se consideró para esta investigación la relación de peso, costo y tiempo de su extracción desde el cuerpo de agua hasta realizar la fibra.

En lo particular se obtuvieron los siguientes datos y observaciones:

- Para recolectar un kilo de lirio acuático manualmente se toma un tiempo de 2 minutos
- De un kilo de lirio acuático el 50% corresponde a lirio maduro
- Durante el proceso de retiro de raíz y su lavado un kilo se reduce un 40 % de su peso original desde su extracción del cuerpo de agua
- En el proceso de picado se pierde un 10 % de su peso sin raíz y lavado
- De un kilo de lirio acuático desde su extracción del cuerpo de agua solo se obtuvo el 20% de fibra de su peso original
- El costo total por kilo fue de \$ 40.00 MNX.
- Su proceso de trituración fue mediante una licuadora domestica la cual se quemó por sobrecalentamiento
- Durante su extracción se realizó mediante un gancho elaborado con madera y alambrón
- El secado fue a cielo abierto en el cual después de las 48hrs la fibra se vuelve muy volátil por lo cual se colocó una manta para evitar el viento

Tabla 4: "Tabla informativa de resultados parciales de la extracción de fibra de lirio acuático".

RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN - FIBRA DE LIRIO ACUÁTICO											
Tiempo de recolecta en orilla del muelle	Cantidad recolectada	Peso sin raíz y residuos	Peso de lirio Joven (15cm a 35cm)	Peso de lirio Adulto (40cm a 45cm)	Peso de lirio Maduro (50cm a 70cm)	Peso de picado en segmentos de 2cm	Cantidad de agua para su elaboración de trituración	TOTAL DE PESO OBTENIDO DE FIBRA	Tiempo de secado a cielo abierto	Tiempo promedio de elaboración	Porcentajes de rendimiento
5 min	2.500 kg	1.550 kg	220 g	330 g	1 kg	1.200 kg	200 ml	560 g	24 hrs	30 min	20%
COSTO DE EXTRACCIÓN - FIBRA DE LIRIO ACUÁTICO						COSTO DE EXTRACCIÓN - FIBRA DE LIRIO ACUÁTICO					
Costo laboral por 1/2 hr	Costo de material	\$ 20.00				Mayor rendimiento obtenido					45%
\$ 10.00	\$ 10.00										
<i>Datos</i>											
CONASAMI Salarios mínimos 2021 / Jornalero (a) agrícola/ \$160.19 / Por día laboral											

Nota: Autoría propia realizada en Microsoft Excel.

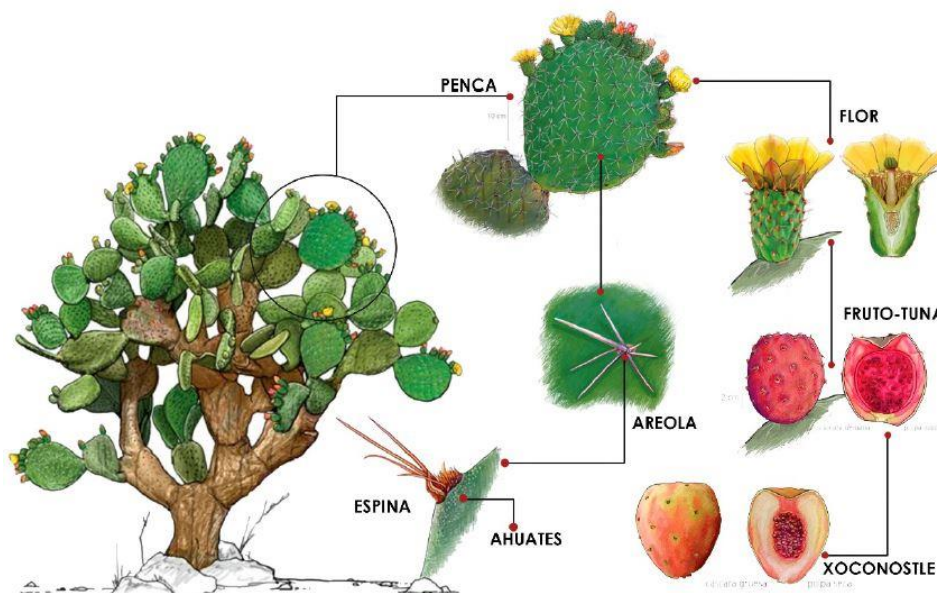
4.1.3. Extracción del mucílago del nopal como estabilizante

Ahora bien, para la extracción de mucílago de nopal; en la búsqueda de un mayor rendimiento mediante sistemas pasivos para su extracción como primer contacto es se utilizó una especie de nopal cocina que lo encuentras en los mercados por cuestiones de la pandemia nos limitó a realizar la visita a la zona de estudio en donde su extracción fue mediante picado y su reposo en agua durante 72hrs posterior se realizó una mejora en el proceso donde se consideró cambiar su método de extracción para esta investigación se va utilizar el nopal (*Opuntia spp*) de la zona de estudio.

- **Características particulares del nopal (*Opuntia spp*)**

De este modo podemos observar a los nopales que son plantas arbustivas, rastreras o erectas, que pueden alcanzar de 3 a 5 m de altura. El sistema radical es muy extenso, densamente ramificado, rico en raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría. La longitud de las raíces está en relación con las condiciones hídricas y con el manejo cultural, especialmente el riego y la fertilización (Villegas y de Gante, 1997; Granados Sánchez y Castañeda Pérez, 2000; De la Rosa y Santana, 2001). Para esta investigación es importante conocer las partes y características de esta planta, pues el mucílago no se da en todas las partes de la planta, por ello, es necesario saber cómo es la composición fisiológica de la planta conocida como también nopal.

Figura 35: Elementos que componen la planta *Opuntia Ficus*.



Nota: Adaptado de <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/las-partes-del-nopal>

La estructura del Nopal se compone a partir de los siguientes elementos:

- Penca. También conocidos como cladodios, las pencas son tallos fotosintéticos de cutícula gruesa y cerosa que evita la evapotranspiración.
- Flor. Las flores del nopal tienen estambres que se mueven al contacto con un polinizador. Esto provoca que el polen llegue a otras plantas o que la flor se auto polinice.
- Fruto. Llamana nochtli en Nahuatl, la tuna cuando madura es un fruto turgente y dulce.
- Areola. Estructura propia de las cactáceas en la que nacen las espinas y que puede dar lugar a otra penca, a una flor o a raíces.
- Espina. Crecen en las areolas junto con minúsculas hojas que desaparecen conforme las espinas aumentan de tamaño y se endurecen.
- Ahuates. También llamados gloquidias, estas diminutas espinas se desprenden fácilmente y son características de la especie opuntias.

Dentro de un análisis de su estructura y composición del nopal que durante esta investigación se va ser referencia de esta manera, se puede describir de manera más detallada lo que es el mucílago de nopal y que función cumple. La función que se busca en el mucílago nopal para esta investigación es que funge como un aglutinante que nos va permitir a mantener unidas las partículas dentro de una mezcla.

Hoy en día algunas investigaciones en materiales como morteros de cemento y concretos han utilizado el mucílago de *Opuntia Ficus* buscando incrementar la resistencia a la compresión, disminuir la absorción de agua e incrementar los tiempos de fraguado del material (Aranda, 2013).

Podemos mencionar como referente a (Pérez, 2009) donde nos menciona que mucilago de nopal ha sido utilizado como aditivo en morteros de cal debido a que previene el rápido secado del mortero ayudando a la retención necesaria de la humedad que este requiere para fraguar adecuadamente sin fisurarse.

- **Proceso de extracción de mucílago con nopal comercial**

Para desarrollar la extracción de mucílago de nopal para esta investigación se tendrán en cuenta 3 principales etapas; en la primera de ella se establece en la compra de las pencas de nopal, en la segunda se realizan procedimientos de corte manual de la penca en segmentos de 2cm, en la tercera se colocará en agua potable reposar durante 48hrs y como segunda etapa durante 24hrs. Cada proceso del método aplicado para esta investigación se establecerá lo necesario para la determinación del método más efectivo y sus mejoras.

Este método es tradicionalmente como se acostumbra a extraer el mucílago del “nopal” como nos expresa (Hollis, 2002) de la siguiente manera colocando sus pencas troceadas dentro de un recipiente con agua. De este modo en cuestión de minutos el agua se va tornando espesa y pegajosa a medida que el mucílago se desprende de la pulpa.

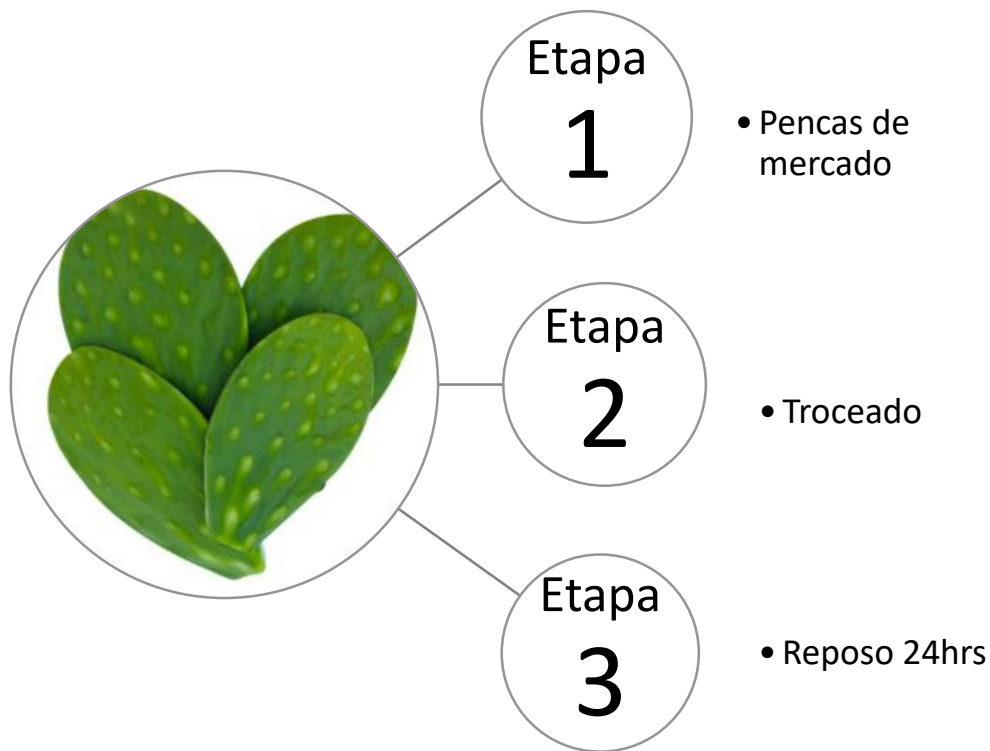


Diagrama 7: Etapas para la extracción de mucílago de nopal comercial.
Nota: Elaboración propia con datos de (Hollis, 2002).

ETAPA 1

• Compra de pencas

Para su compra se realizó en el mercado el arenal en la Ciudad de México en donde las pencas ya se encuentran habilitadas sin espinas, así como también por parte del vendedor nos realizó el comentario que tenían aproximadamente un mes desde su recolecta en el campo.



Figura 36: Compra de pencas de nopal, Mercado el arenal, Ciudad de México.

ETAPA 2

• Troceado

Se cortó la penca en segmentos de 2 cm con un cuchillo y una tabla de madera como apoyo para tener la mayor eficiencia en tiempo de reposo y mayor cantidad de mucílago.



Figura 37: Proceso de cortado de pencas de nopal.

ETAPA 3

• Reposo

Para este proceso se consideró 24hrs a 48hrs de reposo en temperatura ambiente con una proporción de 1:2 (Un litro de agua por dos kilos de nopal) en un recipiente sin tapa.



Figura 38: Proceso de reposo en agua pencas de nopal.

Resultados parciales de la extracción de mucílago de nopal comercial

Durante el proceso se obtuvieron los siguientes datos como se muestra en la tabla 5; Se consideró para esta investigación trabajar con el nopal comercial como primer contacto ya que no se encontraba la misma especie que mi zona de estudio ante un confinamiento por la crisis sanitaria que se presentó por el COVID-19 no se pudo continuar con la investigación en la zona de estudio.

Durante el proceso de elaboración de mucílago de nopal se obtuvieron los siguientes datos.

- Para elaborar un litro de mucílago de nopal se requirió 2 litros de agua y 600 gramos de nopal
- El tiempo de reposo con mayor rendimiento se obtuvo con 24hrs
- La relación de agua y nopal más óptima fue 1:2 (Un litro de agua por dos kilos de nopal)
- Costo total aproximado por un litro fue de \$ 55.00 MNX
- Tiempo de reposo limitado a 48hrs por que pasa a proceso de fermentación
- Las pencas que no están en contacto con el agua se pudren y se considera como perdida
- Una vez realizando la mezcla con agua no se puede medir la cantidad de mucilago de nopal extraído de las pencas

Tabla 5: “Tabla informativa de resultados parciales de la extracción de mucílago de nopal comercial”.

RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN - MUCÍLAGO DE NOPAL COMERCIAL								
Tiempo de recolecta de penca y limpieza	Cantidad de pencas	Largo promedio de las pencas	Ancho promedio de las pencas	Peso de las pencas ya picadas en cuadrillos de 2cm	Agua utilizar	Tiempo de reposo	Desperdicio de penca de nopal	Total de concentrado obtenido
15 min	4 pza	15 cm	0.1 cm	568 g	250 ml	48hrs	100%	300 ml
					250 ml	24hrs	100%	255 ml
COSTO DE EXTRACCIÓN - MUCÍLAGO DE NOPAL COMERCIAL								
Costo total pencas de nopal (4 Pza)	Costo de agua potable en Michoacán (Lt)	Costo laboral por 1/2 hr	Nota: El costo total es por 300 ml de mucílago de nopal				\$ 30.00	
\$ 20.00	\$ 0.02	\$ 10.00						
Datos								
CONASAMI	Salarios minimos 2021 / Jornalero (a) agrícola/ \$160.19 / Por día laboral							
CONAGUA	Tarifa de consumo doméstico de agua potable en Michoacán / \$20.49 / 1 m3							

Nota: Autoría propia realizada en Microsoft Excel.

- **Proceso de extracción de mucílago con nopal Opuntia Ficus**

Para esta etapa del proceso en la investigación se puede realizar aun ante la contingencia sanitaria que se presentaba por el COVID-19 la recolección de pencas de nopal de la zona de estudio para la realización de la extracción de mucilago de nopal con la especie Opuntia Ficus en la cual se plantea una metodología para su extracción en “seco” en la cual nos permitiría hacer las mejoras correspondientes con el primer contacto que se realizó. El método consta de 3 procesos; primero consta en la recolección de las pencas en campo abierto y su limpieza que consta del retiro de sus espinas, el segundo proceso consta en partir las pencas en su sentido largo de su cara para finalmente realizar su raspado con una pala de madera.

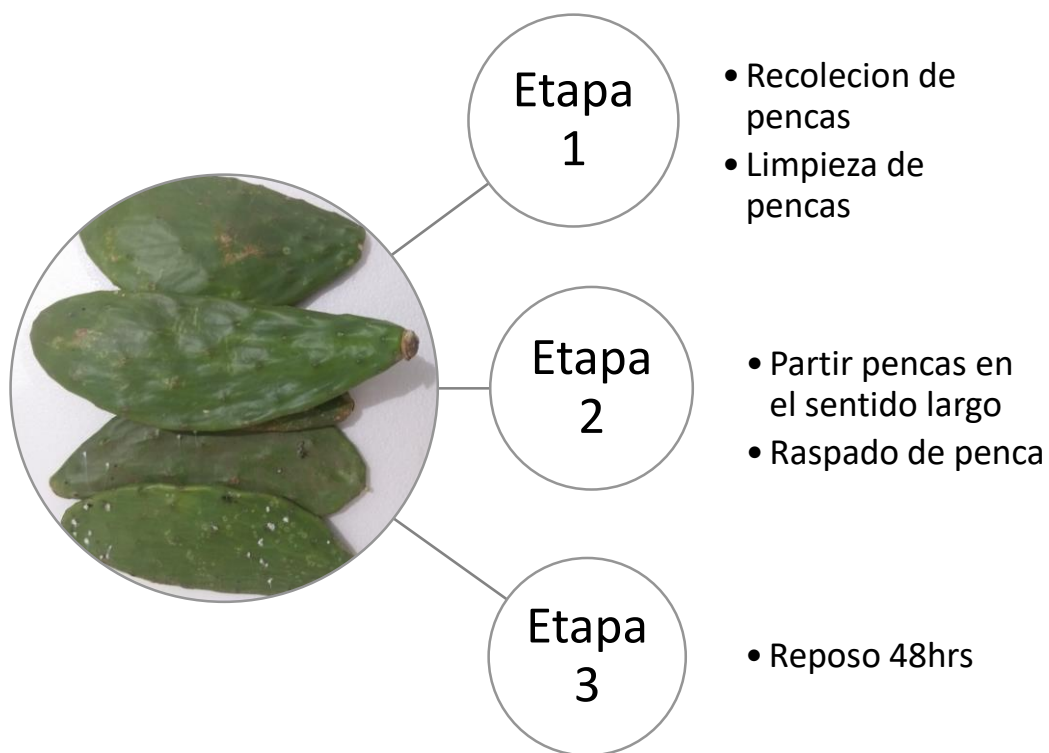


Diagrama 8: Etapas para la extracción de mucílago de nopal Opuntia Ficus.

ETAPA 1

• Recolección de pencas y limpieza

Para su recolección fue a las orillas de la zona de estudio aproximadamente a 10 minutos caminando en donde busco las pencas con mayores dimensiones su cortado fue mediante un cuchillo de cocina y el retiro de espinas se realizó con ramas secas del sitio.



Figura 39: Recolección de pencas en zona de estudio.

ETAPA 2

• Partir pencas en el sentido largo y Raspado de penca

Se cortó la penca por mitad en el sentido largo con cuchillo de cocina para posterior realizar el raspado de la penca de abajo hacia arriba con una pala de madera donde se obtenía una masa verde y la penca reflejaba su transparencia e espesor.



Figura 40: Proceso de partir pencas en sentido largo y raspado de penca para extracción de mucílago.

ETAPA 3

• Reposo 48 horas de mucílago

Se colocó en un recipiente la masa obtenida de la penca de nopal con 280ml de agua potable y se dejó reposar durante 48 horas bajo sombra.



Figura 41: Proceso de reposo de mucílago de nopal durante 48hrs bajo sombra.

Resultados parciales de la extracción de mucílago de nopal *Opuntia Ficus*

Durante el proceso se obtuvieron los siguientes datos como se muestra en la tabla 6; cabe resaltar que la recolección de las pencas de nopal se realizó en las orillas de la zona de estudio posterior se continuo con la parte experimental en Uruapan, Michoacán. En donde se obtuvo la mayor viscosidad deseada con la menor cantidad de agua y desperdicio de nopal y se utilizó esta relación para la realización de todas las probetas experimentales. Durante el proceso de elaboración de mucílago de nopal se obtuvieron los siguientes datos.

- Las paredes de las pencas son frágiles por ende se optó su raspado con una pala de madera
- De una penca con una masa de 320 gramos se obtuvo 75 ml de mucilago concentrado
- El color verde intenso se mantuvo durante su reposo
- Se agregó 125 ml de agua al concentrado del mucilago para dejar reposar durante 48hrs
- Posterior se introdujo la palma de la mano al recipiente y se eleva a fin de medir la longitud del hilo del material viscoso que cuelga desde la palma de la mano.
- Si el hilo se interrumpe antes de llegar a un metro de longitud significa que la solución requiere mayor cantidad de mucílago que fue nuestro caso se interrumpió a los 70cm por lo cual se agregó mayor concentrado de mucilago.
- La proporción final más óptima fue 95% concentrado de mucilago con un 5% de agua.

Tabla 6: "Tabla informativa de resultados parciales de la extracción de mucílago de nopal *Opuntia Ficus*".

RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN - MUCÍLAGO DE NOPAL OPUNTIA FICUS								
Tiempo de recolecta de penca y limpieza	Cantidad de pencas	Largo promedio de las pencas	Ancho promedio de las pencas	Total de concentrado obtenido	Agua utilizar	Tiempo de reposo	Desperdicio de penca de nopal	Total de concentrado obtenido
30 min	4 pza	30 cm	0.3 cm	280 ml	100ml	48hrs	25%	390ml
COSTO DE EXTRACCIÓN - MUCÍLAGO DE NOPAL OPUNTIA FICUS								
Costo total pencas de nopal (4 Pza)	Costo de agua potable en Michoacán (Lt)	Costo laboral por 1/2 hr	Nota: El costo total por 390 ml de mucilago de nopal				\$ 20.00	
\$ -	\$ 0.02	\$ 10.00						
Datos								
CONASAMI	Salarios minimos 2021 / Jornalero (a) agrícola/ \$160.19 / Por día laboral							
CONAGUA	Tarifa de consumo doméstico de agua potable en Michoacán / \$20.49 / 1 m3							

Nota: Autoría propia realizada en Microsoft Excel.

4.1.4. Composición del suelo y clasificación según el SUCS

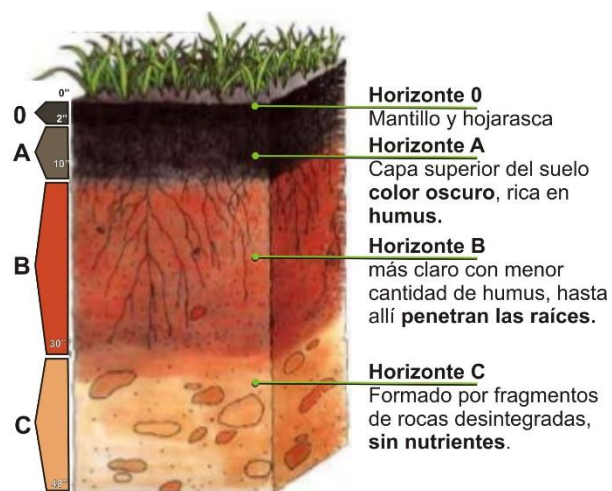
Para desarrollar esta investigación se realizó un análisis en la tierra misma que se va utilizar durante toda la investigación para desarrollar las probetas experimentales, así como el recubrimiento tipo. La clasificación de los suelos a través de sus propiedades físico, químicas y mineralógicas es tratada de acuerdo con los fundamentos de la ciencia de los materiales, tanto en el campo de la geología, de la mecánica de suelos, de la agronomía, como de las vías terrestres. (Neves, Faria, Rotondaro, Salas, & Hoffmann, 2009)

En la arquitectura y construcción con tierra el suelo recibe diversas denominaciones tales como son, tierra cruda, tierra sin cocer, tierra por construir, pero para fines de esta investigación se adoptó el término tierra.

Ahora bien, para la construcción los suelos más óptimos están ubicados generalmente en el estrato intermedio del suelo, a una altura de 50 cm a y 2 m de profundidad, esté estrato es el más adecuado ya que posee una capacidad granulométrica que permite mantener estables los suelos. Para esta investigación se va enfocar en el horizonte B como se muestra a continuación en la figura.

Horizonte B: Es la capa del subsuelo, se lo conoce como capa de acumulación debido a que es allí donde los materiales de los horizontes A y B se filtran. Son de color rojizo, café, amarillento o color tostado.

Figura 42: Estratos y horizontes del suelo.



Nota: Recuperada de <http://www.edafologia.net/introeda/tema01/perfil2.htm>

- **Prueba de laboratorio para identificar tipo de clasificación según el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)**

Cabe resaltar que estas pruebas de laboratorio que se presentaran a continuación se elaboraron en Uruapan, Michoacán a 40 minutos de la zona de estudio, así mismo por motivos de contingencia sanitaria no se tuvo acceso en ciertas áreas del laboratorio por ende no se obtuvo un reporte fotográfico de algunos procesos experimentales.

Proceso



Figura 43: Pruebas de cuarteo, disgregado y peso volumétrico.



Figura 44: Pruebas de granulometría y límites de plasticidad.

Resultados parciales de pruebas de laboratorio

Durante el proceso se obtuvieron los siguientes datos como se muestra en la tabla 7; Se consideró para esta investigación el estudio de mecánica de suelos realizado donde se obtuvieron resultados medibles para conocer al tipo de suelo y a que clasificación correspondía, de acuerdo con el sistema unificado de suelos (SUCS).

Tabla 7: Resultado de prueba de mecánica de suelos y clasificación del suelo de acuerdo con el SUCS.

RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO		
Tamaño maximo (mm)	Compactable	
Ret. Malla 75.0	0%	
Ret. Malla 4.75	87%	
Ret. Malla 0.425	72%	
Ret. Malla 0.075	45%	
Limite liquido	38.20%	50 max.
Limite plastico	21.20%	
Indice plastico	17%	
Contracción lineal	6.60%	
P.E.S. Suelto	1175 kg/m3	
P.E.S. Maximo	1607 kg/m3	
Humedad optima	26%	
V.R.S (CBR)	11%	5% min
Expansión	1.57%	5% max
Clasificación S.U.C.S.	CL	
Comp.(%) del lugar	90+/-2	
OBSERVACIONES		
Clasificación SUCS :Nos dice que tenemos una arcilla de baja compresibilidad , mezcla de arcilla arenosa		

Nota: Datos obtenidos del laboratorio Constructora Feluxa S.A. de C.V.

Durante el ensayo se realizó el tamizado para determinar la cantidad porcentual de las partículas que pasan o son retenidas en los tamices de calibres normalizados. Mientras que, en análisis por sedimentación, se mide la velocidad de decantación de las partículas dispersas en el agua, en función de la variación de la densidad de la solución, calculándose sus proporciones en la muestra.

4.1.5. Análisis de proporciones probetas experimentales

Ahora bien, cabe resaltar que el primer contacto experimental fue mezclar la tierra con la fibra de lirio acuático con el fin de buscar una homogeneidad en la mezcla realizando una evaluación cualitativa, así como en algunos componentes que carezca o lo contenga en menor cantidad; a este proceso de proporciones se le llama, método de compensación que posterior se realizara.

- **Proceso**

Para el análisis de proporciones más adecuadas y óptimas para la elaboración de las probetas experimentales para esta investigación se van a realizar seis cubos de 2.5cm x 2.5cm los cuales van estar realizados con diferentes proporciones de fibra de lirio acuático, cal hidrata, mucílago de nopal y tierra. Así mismo de va a someter bajo una prensa de presión manual para tener una ligera compresión de la materia como parte de la técnica.

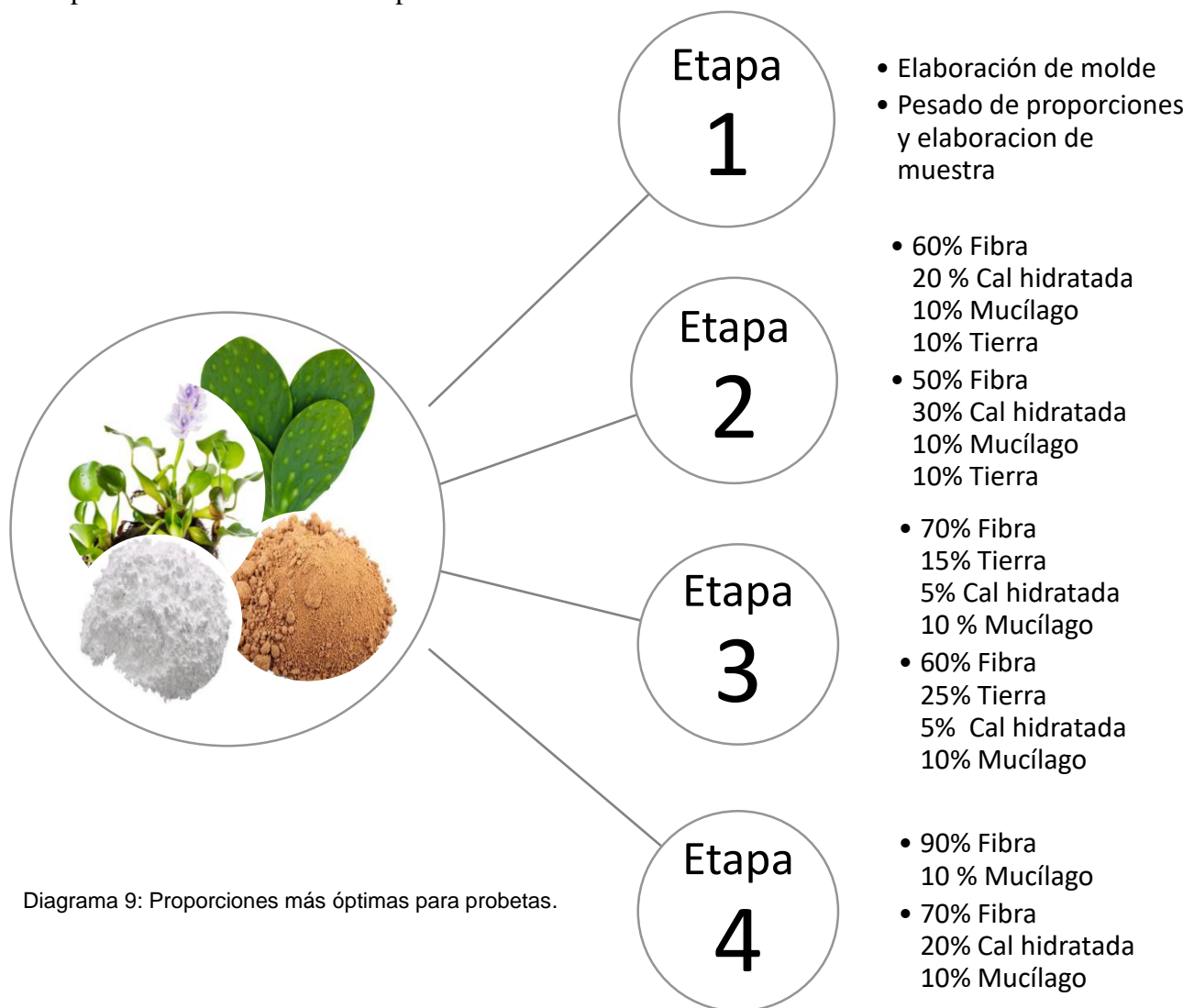


Diagrama 9: Proporciones más óptimas para probetas.

ETAPA 1

• Elaboración de molde

Para la elaboración de molde se optó en utilizar tubular cuadrado de una pulgada por una pulgada cortado mediante una segueta. La selección de este perfil nos va permitir una factibilidad en el proceso de la extracción de la muestra introduciendo por la parte superior una madera con una menor área. Como se muestra en la figura 45 los materiales a utilizar.

Figura 45: Proceso de elaboración de molde Uruapan, Michoacán.



• Pesado de proporciones y elaboración de muestra

Para las proporciones se utilizó una báscula digital para poder dosificar los materiales, posterior se realizaron las mezclas en una charola para realizar el vaciado en el molde y realizar una compresión mediante la prensa manual realizando 2 giros de presión aproximados.

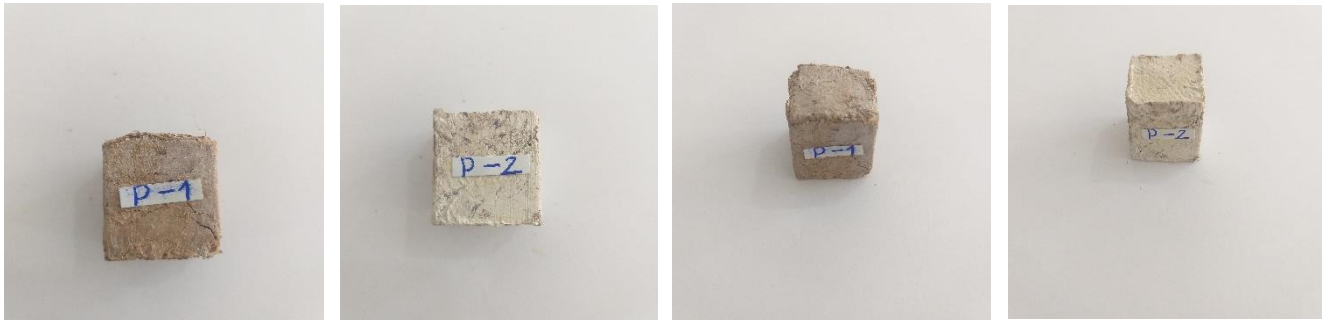
Figura 46: Proceso de elaboración de probeta experimental Uruapan, Michoacán.



ETAPA 2

Para esta etapa se propone elaborar dos muestras con diferentes proporciones, su proceso o técnica de elaboración fue primero mezclar la arcilla con mucílago durante 7 minutos para posterior verter lo que es la fibra y la cal hidratada durante otros 7 minutos. Posterior se realizó el vaciado de la mezcla en el molde para su compresión manual y finalmente desmoldar y dejar la pieza en reposo bajo sombra durante 24hrs. Todo este proceso se realizó durante las siguientes etapas.

Figura 47: Probeta experimentales de proporciones 1, 2 y Etapa 3.



Prueba 1	
60%	Fibra
20%	Cal hidratada
10%	Arcilla
10%	Micilago de nopal

Prueba 2	
50%	Fibra
30%	Cal hidratada
10%	Arcilla
10%	Micilago de nopal

ETAPA 3

Figura 48: Probeta de proporciones 3 y 4.



Prueba 3	
70%	Fibra
5%	Cal hidratada
15%	Arcilla
10%	Micilago de nopal

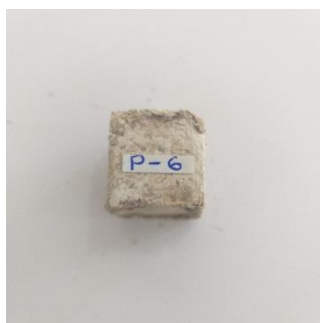
Prueba 4	
60%	Fibra
25%	Cal hidratada
5%	Arcilla
10%	Micilago de nopal

ETAPA 4

49: Probeta experimentales de proporciones 5 y 6.



Prueba 5	
90%	Fibra
10%	Micilago de nopal



Prueba 6	
70%	Fibra
20%	Cal hidratada
10%	Micilago de nopal



Resultados parciales de proporciones para probetas experimentales

Durante el proceso se obtuvieron los siguientes datos como se muestra en la tabla 8; Se consideró para esta investigación realizar primero pruebas de proporciones de mezcla para realizar posterior una compensación. Cabe resaltar que la prueba (P-3) obtuvo las proporciones más óptimas para continuar con las probetas experimentales, así mismo se observó lo siguiente.

- El uso de la cal hidratada como estabilizador no permitía un fraguado lento lo que ocasionaba la presencia de fisuras en la probeta.
- Al tener mayor fibra la consistencia nos permita tener una alta homogeneidad con la tierra.
- El mucílago de nopal con la tierra y la fibra permitía tener mayor tiempo de fraguado y poder tener más tiempo de manipulación con la mezcla.

Tabla 8: Proporciones óptimas para el desarrollo de probetas experimentales.

Resultados parciales de proporciones				Proporciones más óptimas para realizar probetas experimentales			
N° de prueba	Adherencia	Consistencia	Homogeneidad				
1	BAJA	BAJA	MEDIA	60%	Fibra	40%	Tierra
2	MEDIA	BAJA	MEDIA				
3	ALTA	MEDIA	ALTA				
4	BAJA	BAJA	BAJA	0%	Cal hidratada	%	Micilago de nopal
5	BAJA	BAJA	ALTA				
6	MEDIA	BAJA	MEDIA				

Nota: Elaboración propia realizada en Microsoft Excel.

4.1.6. Proceso de compensación y estabilización

Para este apartado es importante explicar uno de los fenómenos que ocurren dentro de los materiales porosos como es la tierra al estar en contacto con el agua, se refiere que, siempre hay que tener en consideración los efectos que provoca el agua en una mezcla de tierra, pues esta hace pasar a la tierra de un estado sólido a un estado plástico.

Para esta investigación cabe resaltar dos fenómenos que ocurren en una mezcla de tierra es la expansión y la retracción mismos fenómenos que me expresaban en la comunidad donde lo expresaban que tronaban sus piezas de barro en donde una comunidad los cubrían con prendas húmedas bajo sombra.

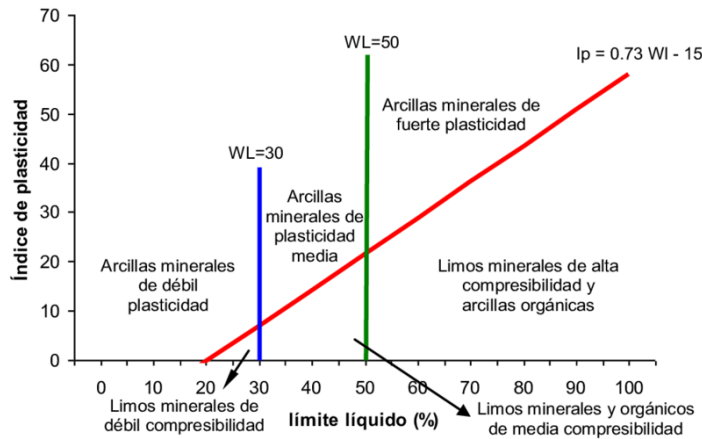
Para entender estos fenómenos los podemos ver de esta manera; el primero ocurre cuando la tierra entra en contacto directo con el agua perdiendo así su estado sólido; mientras que el segundo, tiene que ver con los agrietamientos y fisuras que puede presentar el material durante su secado después de tener contacto con el agua.

Estos dos fenómenos son desventajosos para las mezclas de tierra en dónde la comunidad nos explicaba sus técnicas para evitarlos en sus trabajos de alfarería. “La magnitud de la expansión y la retracción dependen del tipo y cantidad de arcilla del material, así como también de su distribución granulométrica de limo y arena” (Minke, 2001, p. 29).

Para evitar este fenómeno en el desarrollo de esta investigación se va emplear la técnica de la misma comunidad en donde se dejarán secar bajo sombra las piezas durante un par de días para posterior cubrir con telas húmedas para posterior secarlo a cielo abierto aun en bajo sombra para finalmente hacer un secado directo con los rayos del sol.

Ahora bien, otro método que se observó por parte de la comunidad que realizan en su alfarería es el método de tacto que les ayuda a conocer la textura del suelo al tacto, este sistema de clasificación al tacto se basa en manipular con los dedos una porción de la muestra en estado seco y/o húmedo, para experimentar la rugosidad, la plasticidad, identificar el tamaño de las partículas visibles del suelo, entre otras características. A partir de estas observaciones se presenta un sistema de claves de clasificación que permiten identificar los aspectos táctiles y visuales de la muestra (Neves, Faria, Rotondaro, Salas, & Hoffmann, 2009).

Como resultado del proceso de compensación a utilizar para esta investigación se puede resumir de la siguiente manera. Tener un material con media compresibilidad, provoca agrietamientos y desprendimientos, por su retracción al secado. Durante el secado depende del contenido de agua, del tipo y la cantidad de minerales arcillosos y de la distribución granulométrica de los agregados (Minke, 2001).



Grafica 1: Carta de plasticidad para determinar a qué clasificación de suelos pertenece la muestra.

Nota: Recuperada de https://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_de_Suelos

Por ende, se emplearon las mismas consideraciones mencionadas en el texto anterior y que realizan algunos artesanos de la región durante el proceso de secado, estos procesos lo resumimos en la tabla 9 que se muestra a continuación.

Tiempo de mezclado (Tierra y Mucilago de nopal)	Tiempo de mezclado (Arcilla, Mucilago de nopal Y Fibra de lirio acuático)	Tiempo para retiro de molde	Tiempo de secado bajo sombra con tela humeda	Tiempo de secado a cielo abierto bajo sombra	Tiempo de secado a cielo abierto directo al sol
5 min	10 min	15 min	48 hrs	48 hrs	24 hrs

Tabla 9: Consideraciones para compensar la retracción de la tierra

Nota: Elaboración propia con información proporcionada en los talleres de artesanos Capula, Michoacán.

Ahora bien, en el manejo de la tierra es una mezcla de dos o más tipos de suelo de diferentes lugares produce mejores resultados por lo cual, la mezcla de diferentes tipos de suelo ocurre cuando la tierra del local es muy arcillosa, o muy arenosa en donde se puede incorporar una compensación de cantidad del otro tipo de suelo para tener una mejora en sus propiedades. Para esta investigación no se va realizar este proceso de compensación de tierras porque se está buscando la sustentabilidad en el recubrimiento y se desarrolle con sus propios recursos naturales.

Por ello se estableció el caso particular con la tierra endémica del lugar misma que utilizan para elaborar alfarería a unos minutos de la zona de estudio, se hizo una prueba en un laboratorio de mecánica de suelos, lo que ayudo a identificar y saber a qué clasificación de suelo pertenece la muestra de tierra cuyo resultado se municiono anteriormente ser una arcilla de baja compresibilidad, con mezcla arcillosa.

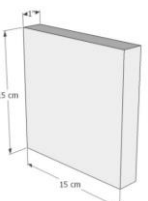
- **Estabilización**

Existen varios métodos para mejorar las propiedades de la tierra y poder así conseguir una protección adicional o resistencia. La expresión estabilización de suelo se refiere, a todo proceso a través del cual el suelo mejora sus características, adquiriendo así propiedades necesarias a la finalidad que se destina. Se vuelve necesario, para recubrimientos o muros de tierra expuestos a la intemperie y a la lluvia sin ninguna protección el uso de estabilizantes se vuelve necesario para esta investigación el método a utilizar para la estabilización de nuestra tierra utilizar caber resaltar que nuestro recubrimiento a desarrollar se plantea para el interior en muros, pero no lo hace exento a exponerse a ciertas condiciones ya mencionadas.

Una estabilización muy particular de este recubrimiento será la fibra del lirio acuático por su armazón molecular de la fibra. Esto no va permitir asegurar, por fricción con las partículas de arcilla, una mayor firmeza al material. Así mismo por impermeabilización que consiste en envolver las partículas de arcilla por una capa impermeable, volviéndose estables y más resistentes a la acción del agua. De acuerdo con los procesos descritos anteriormente, para esta investigación se decide utilizar, la estabilización por armazón e impermeabilización.

Se utilizan dos agentes estabilizantes en la tierra, el mucílago de Opuntia ficus y como armazón, la fibra de lirio acuático, a continuación, se muestra en la tabla 10 las consideraciones.

Tabla 10: Consideraciones a compensar para el desarrollo de probetas experimentales.

Proporciones de probeta	Criterio de compensación en materiales utilizar			Proporciones de mezcla		
	Clasificación del suelo de acuerdo con el SUCS	Estabilización de armazón	Estabilización de impermeabilización	Proporcion de tierra 50 %	Proporcion de fibra 50%	Proporcion de mucilago de nopal (Opicus Ficus)
	CL	Fibra de lirio acúatico	Mucilago de nopal Oficus Ficus	600ml	0.05kg	150ml

Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel.

4.1.7. Moldearía para probetas de experimentación

Una vez determinado la proporción más apropiada para realizar las probetas de experimentación con una dimensión de 15cm x 15cm x 2.5cm con un total de 9 piezas por realizar. Donde su molde sería artesanal con madera de la misma región desarrollando marcos con madera de 2 pulgadas de espesor, así como una llana para realizar una compresión homogénea y nos serviría para desmoldar nuestra pieza del molde de madera.

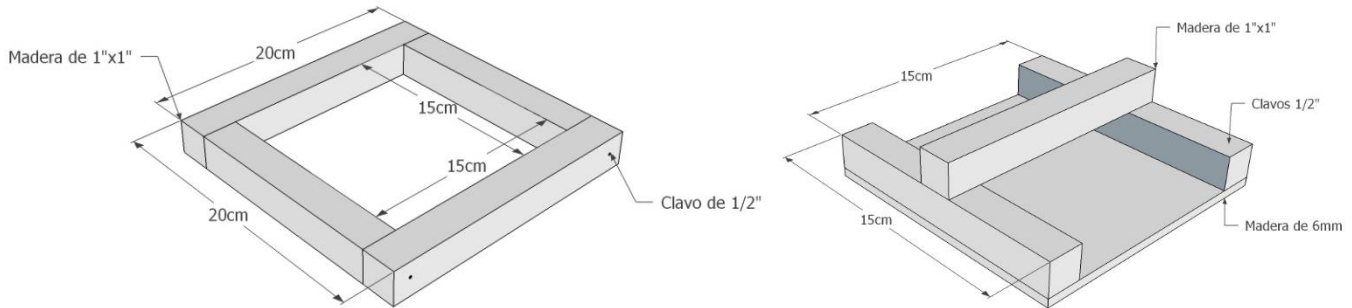


Ilustración 4: Ilustración de moldes de madera para probetas de experimentación de 15cm x 15cm x 2.5cm
Nota: Elaboración propia mediante el software Skechup.

- **Proceso de elaboración**

El proceso de armado del molde consta de una caladora eléctrica para realizar los cortes a la medida requerida para posterior fijarlos con clavos de ½ pulgada con un martillo galponero, se formaron los marcos de madera (complicaciones que se presentaron fue no tener una mesa apoyo ya que se elaboró sobre concreto a nivel de piso)

Figura 50: Proceso de elaboración de molde de madera para probetas de experimentación de 15cm x 15cm x 2.5cm



4.1.8. Desarrollo de probetas experimentales

Una parte fundamental dentro de la metodología experimental es la realización de muestras o probetas, dichas probetas deben cumplir con ciertas características para ser evaluadas y poder así obtener resultados al ser sometidas a diferentes ensayos. Para clasificar dichas muestras se les asigno el nombre de probetas, estas fueron realizadas con un mismo tipo de tierra; la clasificación de mezclas estudiadas se determinó al final del capítulo anterior. Cabe resaltar que las probetas se realizaron manual en sitio a cielo abierto.

- **Proceso de elaboración**

Una vez realizado los moldes de madera se colocaron en agua para que la madera absorba la mayor cantidad de agua y así evitar la menor absorción de humedad a nuestra mezcla y evitar que se pegue a la madera al desmoldar. Posterior se realizó la mezcla en una charola con tierra y mucílago de nopal se mezcló a mano durante 15 minutos hasta tener una mezcla homogénea sin grumos, posterior vertimos la fibra de lirio acuático realizando una mezcla durante 10 minutos. Una vez realizada la mezcla se vació en el molde en dos capas la primera fue a dispersar la mezcla en el área con una ligera compactación del mismo modo las segundas capas se dejaron reposar 15 minutos para posterior retirar el molde y dejar un curado bajo sombra cubiertas con una tela húmeda durante 48hrs para posterior hacer un secado a cielo abierto bajo sombra durante 48hrs y finalmente un secado al sol directo durante 24hrs. Como se muestra a continuación en el diagrama 5.

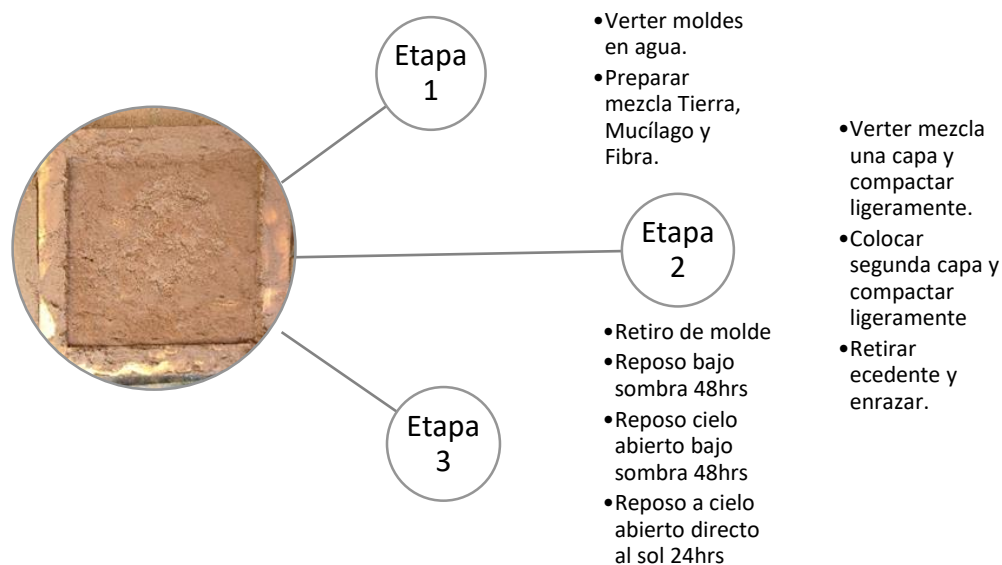


Diagrama 10: Proceso de elaboración de probetas 15cm x 15cm x 2.5cm.

Figura 51: Proceso de elaboración de probetas para pruebas de 15cm x 15cm x 2.5cm



Resultados parciales de proporciones para probetas experimentales

Durante el proceso se obtuvieron los siguientes datos como se muestra en la tabla 11; Se consideró para esta investigación realizaron en total 9 probetas experimentales de 15cm x 15cm x 2.5cm que van a ser sometidas a pruebas en el campo de aplicación.

Tabla 11: Resultados parciales de probetas experimentales.

RESULTADOS PARCIALES DE ELABORACIÓN - PROBETAS EXPERIMENTALES								
Proporciones de mezcla		Tiempo de mezclado con Tierra y Mucilago de nopal	Tiempo de mezclado con Tierra, Mucilago de nopal y Fibra de lirio acuático	Tiempo para retiro de molde	Tiempo de secado bajo sombra	Tiempo de secado a cielo abierto	Peso promedio de probeta en gramos - g	Peso promedio de probeta en kilos - kg
50%	Fibra							
50%	Tierra							
100 ml	Mucilago de nopal							
Probeta 1		15 min	10 min	15 min	48 hrs	72 hrs	376 g	0.376 kg
Probeta 2								
Probeta 3								
Probeta 4								
Probeta 5								
Probeta 6								
Probeta 7								
Probeta 8								
Probeta 9								
OBSERVACIONES PARTICULARES - PROBETAS EXPERIMENTALES								
En todas las probetas se observó lo mismo ya que se realizaron con las mismas proporciones y características			Retracción	Fisuración	Erosión	Adherencia		
			NULA	Se presentó un 10%	Se presentó un 30%	BUENA		

Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel.

4.1.9. Ensayo de Temperatura y Humedad

Una vez realizado las probetas de experimentación con unas dimensiones de 15cm x 15cm x 2.5cm con un total de 9 piezas. Se van a desarrollar dos cabinas con materiales de la región con una dimensión de 50cm x 50cm las cuales de colocaran a 40 minutos de la zona de estudio en la entidad de Uruapan, Michoacán. Se determinó colocar en una cabina las 9 piezas en la cubierta ya que es el elemento que tiene mayor ganancia térmica y a su vez perdidas; así mismo con un equipo de medición de temperatura y humedad en cada una de las cabinas como se muestra en las imágenes siguientes.

Material a utilizar para elaborar 2 cabinas

- Tierra – 10kg
- Agua – 6lts
- Recipiente – 1pza
- Tabique rojo recocido – 102pza
- Martillo – 1pza
- Triplay pino 8mm (60cm x 60cm) – 2pza
- Hilo – 2mts
- Data Logger / Rc-4hc – 2pza
- Placa de unisel 2cm (60cm x 60cm) – 2pza

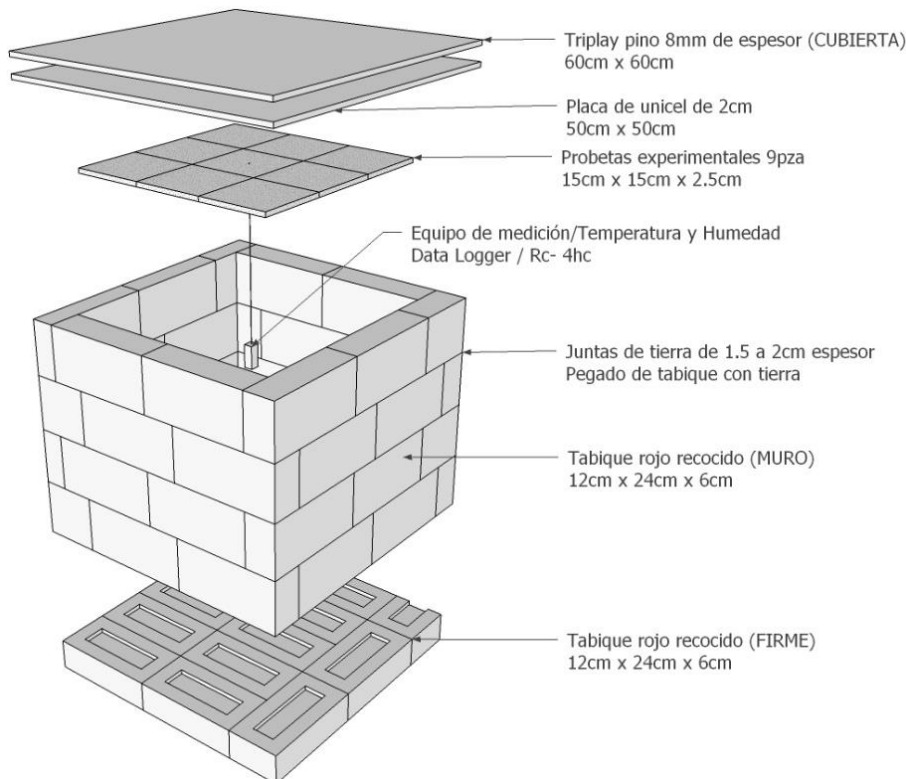


Ilustración 5: Ilustración de cabina para elaborar pruebas de humedad y temperatura.

Nota: Elaboración propia mediante el software Skechup.

- **Proceso de elaboración**

Una vez realizado las nueve probetas experimentales se van a someter a una prueba de humedad y temperatura las cual se plantea desarrollar mediante unas cabinas realizadas a cielo abierto en las cuales van estar expuestas a las condiciones climatologías del lugar. Cada cabina va estar realizada con los mismos materiales, dimensiones y procesos de elaboración, la variable diferencial es que una va contener las probetas experimentales y la otra no. Esto nos va permite evaluar cómo se comporta el espacio interior de una y otra con el recubrimiento, para esto se planteó el siguiente proceso de elaboración; En primer lugar se retiró la maleza y elementos o factores que nos generen sombra o alteraciones en nuestras mediciones así como nivelar el suelo donde se iban a desplantas las cabinas como segundo proceso se colocó un firme de tabiques donde su unión se conformaría como el tercer paso que la realización de la mezcla de tierra de la misma región con agua logrando una mezcla homogénea y maleable con ella se pegaría los tabiques su colocación fue mediante la mano lanzado dando una junta de 2cm con ello se iniciaría el cuarto paso que es la colocación de muros de tabique pegados con barro así mismo sellando los vacíos para tener unas cabinas totalmente herméticas como quinto paso sería la colocación de la cubierta la cual de colocaría la placa de unicelel ambas y solo a una en la parte superior de la cubierta las nueve probetas realizadas así mismo cada cabina se suspendería del techo al centro del espacio sin tocar los muros, piso y el techo el Data Logger³² que nos permitiría tomar las mediciones de humedad y temperatura como último paso sería su sellado perimetral de la cubierta con barro. Ambas cabinas estarían nueve días a cielo abierto recopilando información de humedad y temperatura. Como se muestra a continuación en la ilustración 6.

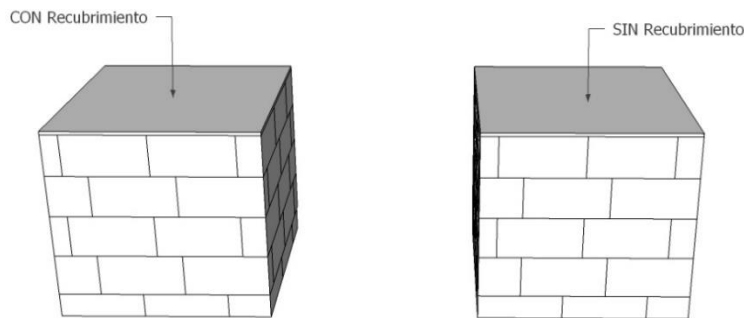


Ilustración 6: Ilustración de ambas cabinas selladas durante nueve días recopilando datos de humedad y temperatura.

Nota: Elaboración propia mediante el software Skechup.

³² Es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación a la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente. Fuente: <https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-4.htm>

Figura 52: Proceso de la elaboración de las cabinas las cuales en su interior con recubrimiento y sin recubrimiento, así como cada una cuenta son un Data Logger que tomara mediciones de humedad y temperatura.



4.1.10 Mediciones de temperatura y humedad con Data Logger (Probetas experimentales)

Una vez transcurrido los nueve días de mediciones posterior se abrieron las cabinas para retirar el equipo de medición en ambas cabinas para vaciar la información de los Data Logger se obtuvieron gráficas y datos de humedad y temperatura en Microsoft Excel para posterior analizar los datos y graficar mediante un Software matemático (MATLAB) donde se obtuvieron diferentes graficas que expresan el comportamiento de cada cabina con relación de la humedad y temperatura del medio ambiente. Cabe resaltar que las cabinas se colocaron a 40 minutos de la zona de estudio en el municipio de Uruapan, Michoacán.

- **Información de configuración Data Logger Rc-4hc**

En tabla 12 se muestra la configuración que se realizó al equipo de medición antes de ingresarlos a las cabinas para obtener los valores de humedad y temperatura, así como también se muestra un resumen de los datos obtenidos durante los nueve días de medición. En la tabla 12 que a continuación se muestra se observa los parámetros de la configuración de los Data Logger Rc-4hc.

Tabla 12: Información y configuración de equipo de medición Data Logger Rc-4hc.

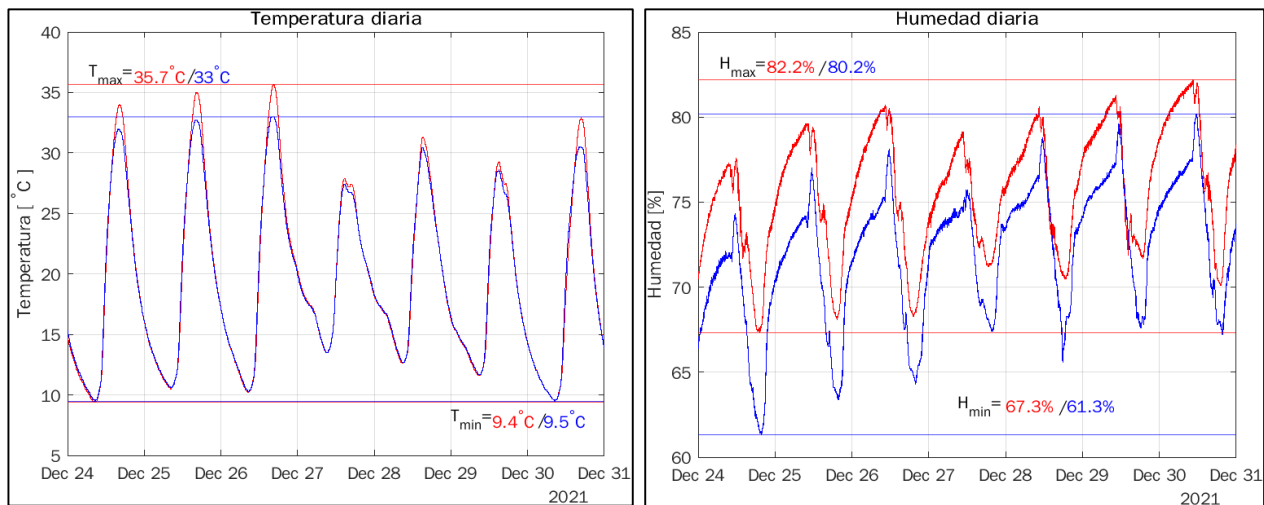
Información del dispositivo					
Modelo de dispositivo	RC-4HC	Intervalo de registro	50s	Hora de inicio	2021-12-23 16:56:02
Espacio total	16000	Presiona el botón	Inhabilitar	Unidad de temperatura	°C
Modo de almacenamiento	N/A	Tono de alarma	Inhabilitar		
Tono de botón	Inhabilitar	Intervalo de registro acortado	N/A		

Resumen					
Puntos de datos	16000		MKT		21.8
Primera lectura	2021-12-23 16:56:02		Última lectura		2022-01-01 23:08:32
Máximo(Temperatura)	33.0°C		Mínimo(Temperatura)		8.0°C
Promedio(Temperatura)	19.0°C		Tiempo de grabación		9D 6H 12M 30S
Primera alarma(Temperatura)	N/A				
Máximo(Humedad)	80.2%		Mínimo(Humedad)		46.8%
Promedio(Humedad)	71.9%				

Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Las siguientes gráficas que se muestran se elaboraron con previos datos obtenidos con el equipo de medición Data Logger Modelo Rc-4hc. El equipo de medición genera un archivo en formato Microsoft Excel con las mediciones de humedad y temperatura tomadas en tiempo real durante nueve días posterior fueron graficadas en (MATLAB). Para esta investigación solo se consideró siete días de medición en el primer día como el ultimo no se consideraron ya que se tendría una variable durante su montaje y desmontaje. Cabe resaltar que las mediciones que se prestaran a continuación son con las probetas experimentales que se pueden observar en la figura 51.

Grafica 2 y 3: Temperatura y Humedad – **Con recubrimiento** y **Sin recubrimiento**.



Nota: Gráficas de temperatura y humedad en tiempo real tomadas durante siete días en exterior. Elaboración propia mediante el software Matlab.

Podemos observar en las gráficas la toma de mediciones durante siete días en donde con recubrimiento alcanzo una temperatura máxima de 33°C y sin recubrimiento una temperatura de 35.7°C así como una mínima de 9.5°C con recubrimiento y sin recubrimiento no hubo una variación relevante. Así como también podemos observar en la gráfica de humedad que alcanzó una máxima con recubrimiento de 80.2% y sin recubrimiento 82.2% así como también se registró la humedad mínima con recubrimiento de 61.3% y sin recubrimiento 67.3% . Cabe resaltar que esta fase experimental es el primer contacto para observar el comportamiento de ambas cabinas con las probetas experimentales.

• **Resultados parciales mediciones con Data Logger Rc-4hc**

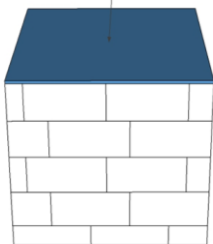
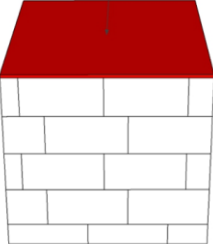
(Probetas experimentales)

Se consideró para esta investigación realizar primero pruebas con las probetas experimentales como primer contacto para evaluar su comportamiento en las cabinas con recubrimiento y sin recubrimiento. Durante el proceso de elaboración se observó y se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 13: Resultados parciales de mediciones de cabinas con Data Logger Rc-4hc.

RESULTADOS PARCIALES DE CABINAS - PROBETAS EXPERIMENTALES					
Cabina	Dias de medición	Temperatura Maxima (Promedio)	Temperatura Minima (Promedio)	Humedad Maxima (Promedio)	Humedad Minima (Promedio)
CON-Recubrimiento	7 dias	33.0 C°	9.5 C°	80.20%	61.30%
SIN-Recubrimiento	7 dias	35.7 C°	9.4 C°	82.20%	67.30%
Cabina	Tiempo de medición	Temperatura Maxima (Hora)	Temperatura Minima (Hora)	Humedad Maxima (Hora)	Humedad Minima (Hora)
CON-Recubrimiento	168 horas				
SIN-Recubrimiento	168 horas	06:00 p. m.	09:00 a. m.	11:00 a. m.	07:00 p. m.

Toma de datos en tiempo real: 24 de diciembre del 2021

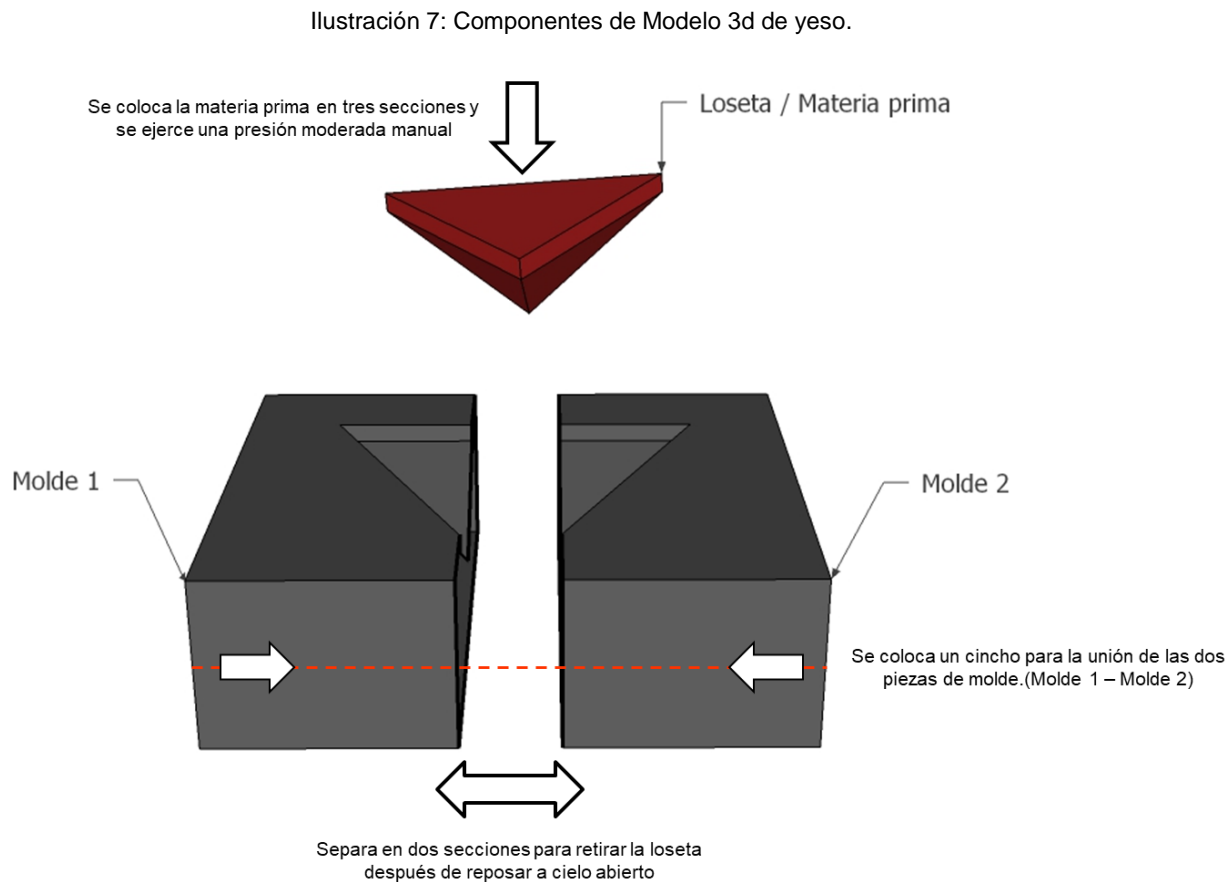
 <p>CON recubrimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se registro menor temperatura • Hubo menor registro de humedad • Temperatura máxima de 33C° • Temperatura mínima 9.5C° • Humedad máxima de 80.2% • Humedad mínima 61.3% 	 <p>SIN recubrimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se registro mayor temperatura • Hubo mayor registro de humedad • Temperatura máxima de 37.7C° • Temperatura mínima 9.4C° • Humedad máxima de 82.2% • Humedad mínima 67.3%
--	---

Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel con información obtenida del equipo de medición Data Logger Rc-4hc.

Cabe resaltar que estos datos obtenidos fueron con el objetivo del primer análisis si tuviéramos el recubrimiento en un espacio y su comportamiento en su temperatura y humedad en donde los resultados fueron favorables lo cual nos permitió continuar con la elaboración de las piezas finales planteadas con una analogía entre el término biomimesis y su aplicación en la arquitectura. En términos generales se adoptará esta analogía en las técnicas artesanales en la zona de estudio Pátzcuaro Michoacán para elaborar las piezas correspondientes para realizar nuevamente esta fase experimental, pero teniendo como un tercer Data Logger Rc-4hc en la medición en tiempo real la temperatura y humedad ambiente del exterior de las cabinas.

4.1.11. Molde de yeso para probeta prototipo

Una vez determinado la dimensión más apropiada y su geometría para realizar las probetas prototipo con unas dimensiones de 15cm x 15cm x 7.5cm con un total de 24 piezas por realizar. En donde su molde se plantea en primera instancia de yeso, se trabaja en un modelo 3D mediante el software sketchup para realizar cada una de las partes que lo conformar.



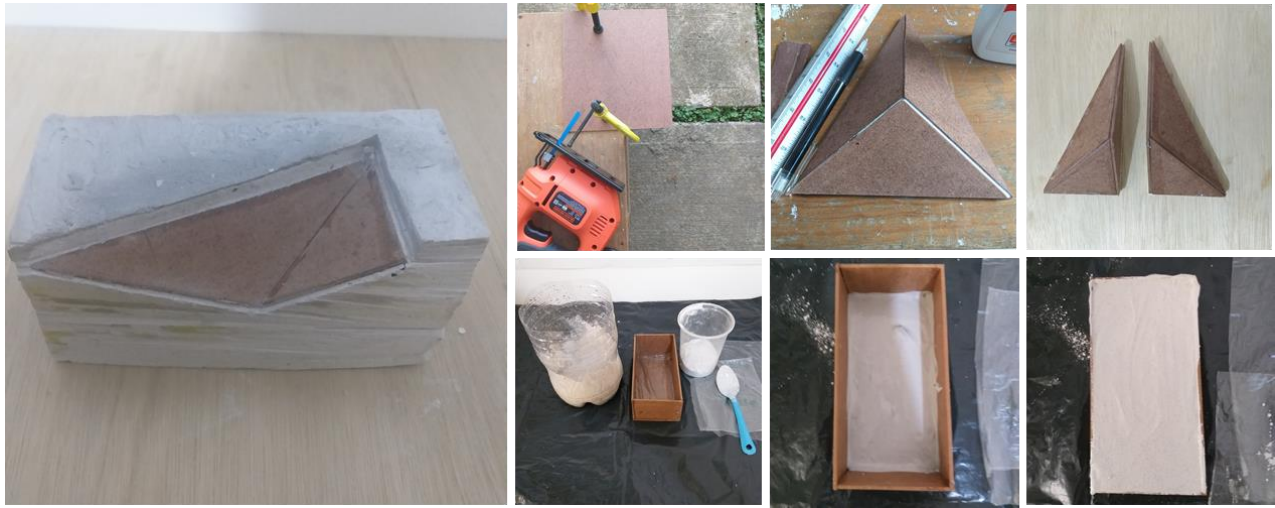
Nota: Elaboración propia en software sketchup.

En la ilustración anterior se muestra el proceso que tendría el molde de yeso como primer contacto experimental donde se plantea desarrollar en dos secciones en molde 1 y molde 2 donde se van a unir ambas piezas con un cincho para posterior verter la mezcla de tierra con fibra de lirio acuático y mucílago de nopal en diferentes capas incorporando presión de forma vertical a la mezcla para llenar al 100% las cavidades para posterior retirar el cincho y separar ambas piezas y obtener la probeta tipo.

- **Proceso de elaboración**

El proceso de elaboración fue a cielo abierto en donde se optó usar como encofrado MDF³³ de 3mm pegado con Resistol 850 y para realizar sus cortes con una caladora semi-profesional en donde después de realizar las piezas y esperar 24 hrs de secado en el encofrado para posterior verter el yeso en tres etapas y en cada una dar pequeños golpes para que no quedara aire atrapado y evitar la menor cantidad de imperfecciones. Posterior se dejó durante 48hrs bajo sombra para lograr un secado uniforme y poder retirar el encofrado.

Figura 53: Proceso de elaboración molde de yeso.



- **Resultados parciales molde de yeso**

Durante el proceso de elaboración se observó y se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 14: Evaluación de resultados molde de yeso.

RESULTADOS PARCIALES MOLDE DE YESO					
	Limpieza	Elaboración	Peso	Desmoldear	Costo
					
NO VIABLE	SI VIABLE				
					

Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel con información de entrevistas por artesanos de Capula, Michoacán.

³³ Es elaborada a partir de fibras de madera y resinas sintéticas comprimidas para darle una mayor densidad que otros aglomerados. Fuente: <https://www.elcentromaderero.mx/blog/articulos/que-es-el-mdf>

Se llegó a la conclusión que el molde de yeso no es viable para la realización de las 24 piezas de las probetas tipo por lo cual se replantea el sistema de molde a utilizar cabe mencionar que el primer planteamiento de molde fue por la situación de la contingencia sanitaria por el COVID-19 ante un confinamiento en casa. Posterior con un análisis y replanteamiento en mejora ante la contingencia sanitaria se plantea en el desarrollo de un nuevo molde en impresión 3D que se utilizó el mismo método de diseño donde su modelación se realizó en el software Autodesk 3ds Max.

4.1.12. Molde en impresora 3D para probeta prototipo

Con un antecedente previo con el primer contacto de diseño con el molde de yeso se replantea su en su totalidad. La impresión 3D³⁴ por deposición fundida (FDM)³⁵ construyen piezas al derretir y extrudir un filamento termoplástico que un extrusor deposita capa por capa en el área de impresión. Ahora bien, los materiales de impresión 3D (FDM) están disponibles en una variedad de opciones de color. También existen diversas mezclas experimentales de filamentos plásticos para crear piezas con superficies similares a la madera o al metal.

La selección de tipo de material a extrudir depende de que los materiales te permitan crear piezas con las propiedades mecánicas, características funcionales o aspecto deseados, lo cual se analizó la forma y dimensiones del molde llegando a una conclusión para tener un mayor desempeño de nuestro molde se tendría que elaborar con material (ABS)³⁶ acrilonitrilo butadieno estireno por sus características particulares de ser Resistencia del material a doblarse bajo una carga. Un buen indicador de la rigidez (módulo alto) o de la flexibilidad (módulo bajo) de un material de este material³⁷. A partir de estas piezas de plástico, el ABS se recupera y se mezcla con el ABS virgen para hacer nuevos productos nuevamente. Por ello se optó este tipo de material para la elaboración del molde tipo que a continuación se presenta su proceso de diseño y su proceso de elaboración.

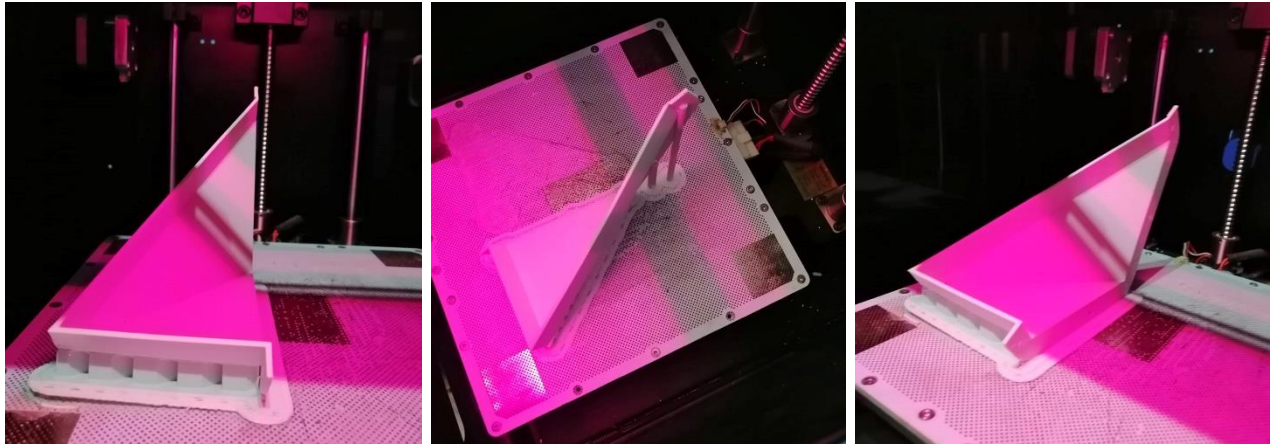
³⁴ La impresión 3D, también llamada manufactura por adición (inglés), es un conjunto de procesos que producen objetos a través de la adición de material en capas que corresponden a las sucesivas secciones transversales de un modelo 3D. Fuente: <https://www.autodesk.mx/solutions/3d-printing>

³⁵ La tecnología de modelado por deposición fundida

³⁶ Acrilonitrilo butadieno estireno, a menudo denominado ABS, es un tipo de plástico que es un termoplástico. Fuente: <https://www.plasticcollectors.com/es/blog/what-is-abs-plastic/>

³⁷ Fuente: <https://formlabs.com/latam/blog/materiales-impresion-3d/>

Figura 54: Proceso de impresión 3D.



Nota: Fotografías propias tomadas durante proceso de impresión del molde 3D.

Durante el proceso de la impresión 3D se incorporó una base previa de soporte donde posterior se retirará. El tiempo de impresión de ambas piezas fue de 12 horas con un costo de total de \$500.00 pesos MXN.

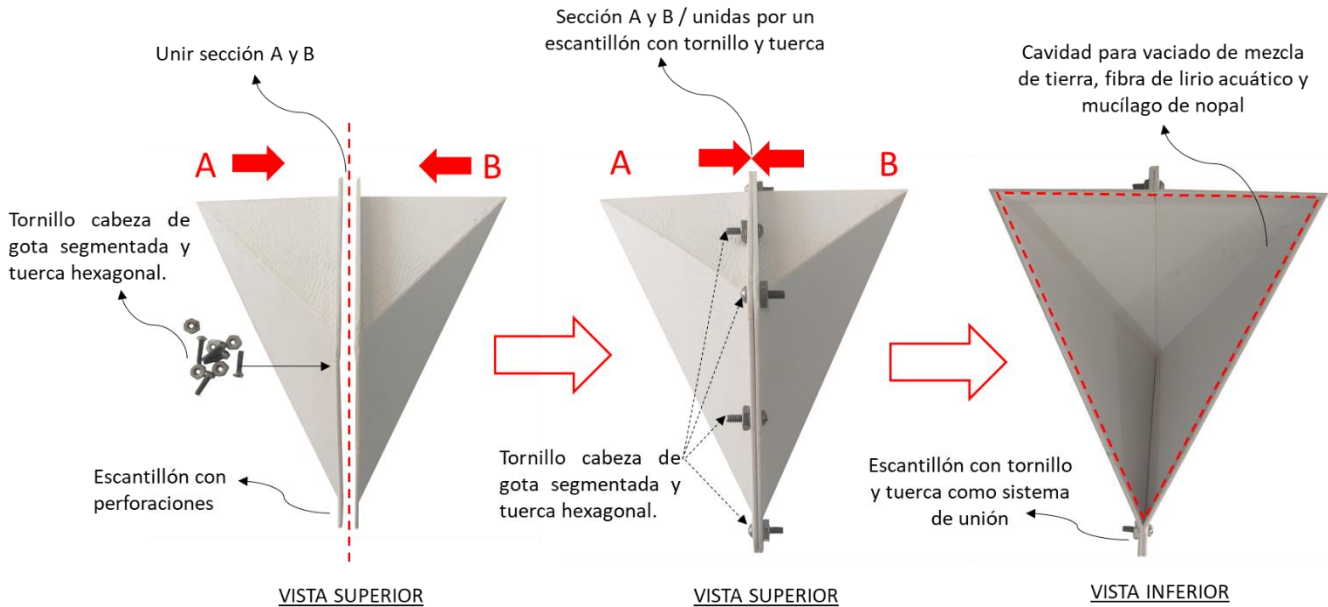
Figura 55: Molde 3D terminado.



Nota: Fotografías propias tomadas de molde 3D terminado.

En la figura anterior se muestra el acabado final; posterior de las 12 horas de impresión y la limpieza del molde retirando su base de soporte, así como el retiro de imperfecciones con una cuchilla y con una liga de agua del número 2000 por todas sus caras como interiores y exteriores para tener una superficie libre de impurezas.

Ilustración 8: Proceso de armado de molde 3D.












Nota: Fotografías propias tomadas durante proceso de armado de molde 3D.

El proceso de armado del molde consta en la unión de la sección A con la sección B mediante un escantillón con perforaciones donde su fijación de ambas secciones es con unos tornillos y tuercas para evitar algún deslizamiento durante el vaciado de tierra como se muestra en la ilustración 6.

- **Resultados parciales molde en impresora 3D³⁸**

Durante el proceso de elaboración se observó y se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 15: Evaluación de resultados molde en impresora 3D.

RESULTADOS PARCIALES MOLDE EN IMPRESORA 3D							
		Limpieza	Elaboración	Peso	Desmoldear	Costo	Armado
							
NO VIABLE	SI VIABLE						
							

Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel con evaluación durante armado con artesanos de Pátzcuaro, Michoacán.

4.1.13. Elaboración de probetas prototipo, propiedades y consideraciones previas

Como bien se ha mencionado en capítulos anteriores, uno de los componentes importantes es la tierra que para esta investigación estaremos trabajando con una tierra clasificación CL como resultado de las pruebas de laboratorio previas realizadas y como estabilizantes o refuerzos se utilizara la fibra de lirio acuático y a su vez el mucílago de nopal.

Cabe resaltar que, todas las arcillas se expanden al hidratarse y se retraen al secarse, lo que puede provocar la formación de fisuras. El grado de modificación del volumen depende del contenido de arcilla y del tipo de minerales incluidos en ésta (Reichel , Hochberg, & Köpke , 2004, p. 43).

Cabe resaltar también que el fenómeno de fisuración, en recubrimientos no es muy favorable ya que la presencia de fisuras con el paso del tiempo puede provocar el desprendimiento del mismo recubrimiento dejando a las superficies sin ninguna protección. En algunos casos cuando se aplican dos capas la primera capa siempre se deja agrietar esto con el fin, de que al recibir el acabado final con la segunda capa se tenga una buena adherencia y se permita tener una superficie lisa y uniforme. En nuestro caso vamos realizar la segunda capa con un bruñido que nos va a permitir a tener mayor protección en la superficie. Ahora bien, unas de las características principales de los recubrimientos de tierra tienen propiedades que favorecen la regulación del clima interior de los espacios; algunas particularidades son que absorbe la humedad del aire y la libera de nuevo; también retienen el calor. Así como también tienen la capacidad de absorber y eliminar olores, así como, propiedades antialérgicas.

Parte de realizar estas probetas prototipo es que cumplan con todas las características previas planteadas durante el desarrollo de esta investigación; para ser evaluadas y poder así obtener resultados al ser sometidas a diferentes ensayos. Para clasificar dichas muestras se les asigno el nombre de probetas prototipo, estas mismas se plantea desarrollar con el molde elaborado con impresora 3D. Para ello se determinó sus dimensiones, así como sus proporciones de material a utilizar con resultados previos realizado con las probetas experimentales y sus mejoras.

³⁸ La impresión 3D es un tipo de tecnología que te permite crear un objeto tridimensional a partir de un diseño digital.

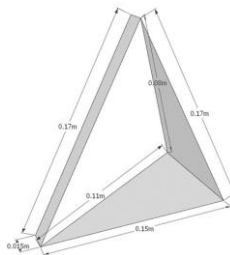
4.1.14. Dimensiones y proporciones de mezcla

Las probetas prototipo corresponden a la parte más importante de la investigación por que conforman todas las características particulares y generales de dicho recubrimiento con los materiales de la zona de estudio ya previamente analizados y realizado probetas experimentales, ya que, éstas son aplicadas nuevamente en las cabinas con condiciones climatológicas reales y sus mediciones en tiempo real, con este tipo de probetas podemos tener mayor certeza de su comportamiento de en un espacio interior.

Estas probetas permiten evaluar el comportamiento de la temperatura y humedad con el recubrimiento y sin el recubrimiento, así como también su comportamiento físico como es la retracción, fisuración, desgaste, erosión que puede presentar ante las acciones del clima, como lluvias, rayos solares y viento.

Se realizaron un total de 24 probetas de 15 x 17 cm, con un espesor de 7 cm para ser evaluadas dentro las cabinas que se desarrollaron como se muestra en el capítulo anterior. Se realizó cada probeta por cada mezcla establecida en la tabla 16 que se muestra a continuación.

Tabla 16: Evaluación de dimensiones y proporciones por cada probeta prototipo.

PROPORCIONES PARA ELABORACIÓN DE PROBETA PROTOTIPO						
Dimensiones de probeta	Materiales utilizar			Proporciones de mezcla		
	Clasificación del suelo de acuerdo con el SUCS	Estabilización de armazón	Estabilización de impermeabilización	Proporción de tierra	Proporción de fibra	Proporción de mucilago de nopal (Opicus Ficus)
	CL	Fibra de lirio acúatico	Mucilago de nopal Oficus Ficus	40%	60%	150ml

Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel con datos de evaluación de la metodología experimental.

4.1.15. Elaboración de probetas prototipo

En esta sección se explica el proceso de la elaboración de las probetas experimentales con las dimensiones y proporciones que se muestran en la tabla 18, así como el molde a utilizar que se muestra en la figura 54 que es de impresión 3D. Es importante resaltar que el proceso de elaboración fue todo manual con técnicas de la región donde el primer paso es armar el molde para posterior preparar la mezcla en una charola en donde se colocó 1.5 lts de tierra harneada previamente con un segmento de bolsa de malla tradicional, posterior se agregó 150 ml de mucílago de nopal donde se empezó a mezclar manualmente durante dos minutos hasta observar una mezcla homogénea y con una adherencia para posterior colocar 60 gramos de fibra de lirio acuático y mezclar durante dos minutos hasta tener una mezcla homogénea de la fibra con la tierra.

- **Vaciado de mezcla en molde**

Una vez realizada la mezcla y armado el molde, se aplicó aceite de cocina en el interior de las caras como un desmoldante para evitar la adherencia de la mezcla en sus caras; El proceso de vaciado de la mezcla consta en tres partes donde la primera consta de recubrir todas sus caras con una ligera compactación para evitar huecos y vacíos, la segunda capa es llenar todo el espacio con previas compactaciones manuales en donde la tercera capa, es el enrase de su base donde se retiró con una regla metálica para dejar a nivel la superficie y se realiza una cama de tierra donde se coloca durante dos minutos para proceder en el retiro del molde.

- **Retiro de molde**

En este proceso prácticamente consta en desarmar el molde en donde se retiraron todos sus tornillos y tuercas para posterior separar ambas sesiones y liberar nuestra pieza de recubrimiento en donde cabe resaltar la previa cama de tierra donde se acentúa nuestro molde ayudo para que la pieza no se adhiera a la superficie.

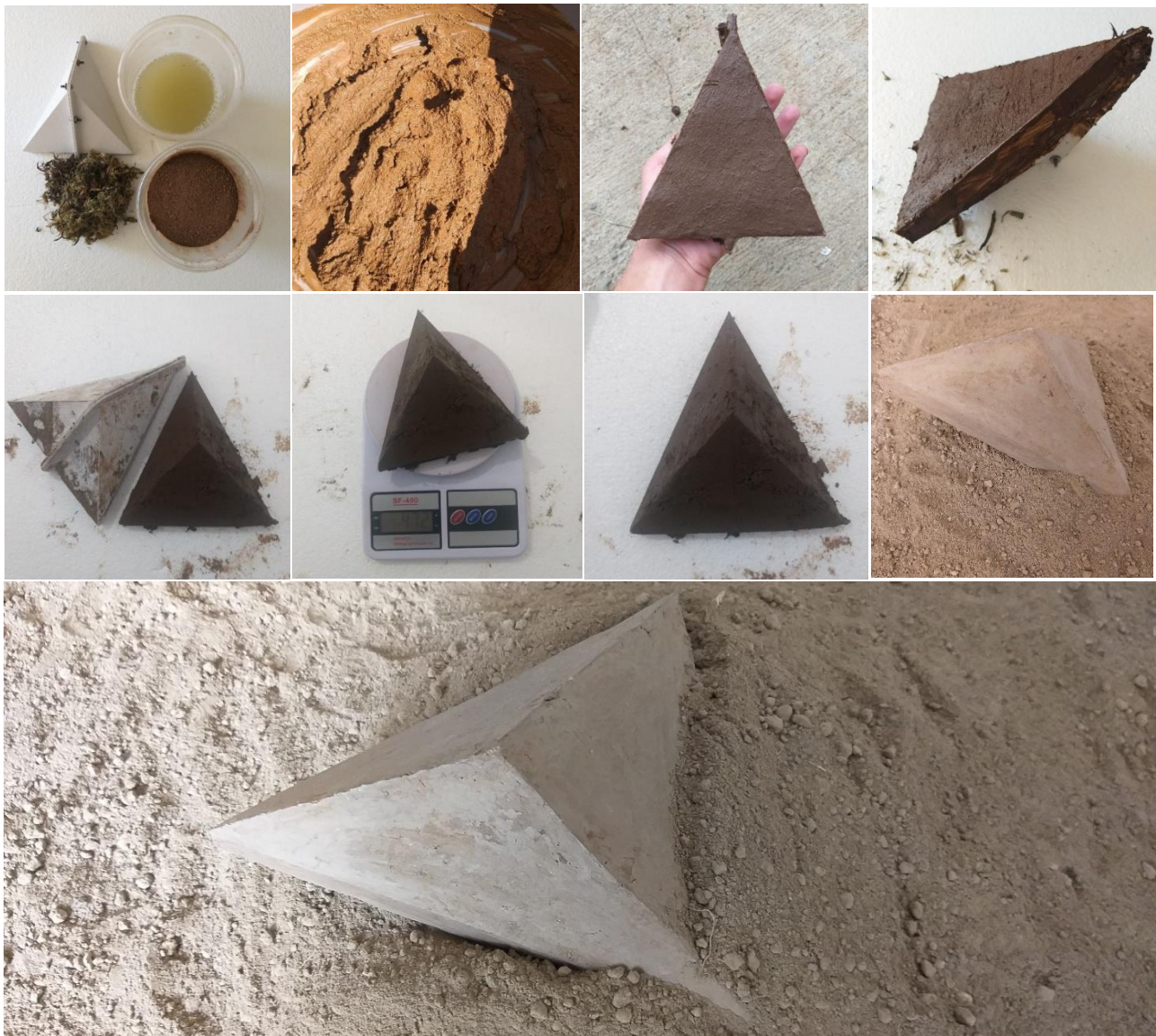
- **Proceso de secada**

Este proceso consta de colocar las piezas bajo sombra sin estar en contacto con el aire ni sol durante 48 horas posterior se colocaron durante 48 horas a cielo abierto bajo sombra y finalmente se colocaron durante 24 horas a cielo abierto directo al sol para su secado al 100%.

- **Proceso de acabado final barro bruñado³⁹**

Es importante resaltar que para esta técnica de acabado bruñado se realizó durante el proceso de las segundas 48 horas del proceso de secado a cielo abierto, pero sin contacto al sol directo. Esta técnica consta de frotar la superficie de las piezas con una piedra de río en el mismo sentido al mismo tiempo se le va colocando tierra fina y se va dejando reposar 15 minutos para posterior continuar con el bruñado deseado, como se puede observar a continuación en la figura 56.

Figura 56: Desarrollo de recubrimiento tipo terminado final con técnicas artesanales de Cocucho, Michoacán.



³⁹ Bruñado es una técnica decorativa que en alfarería consiste en frotar la superficie arcillosa con una piedra de río hasta conseguir una apariencia pulida y brillante, y cierta suavidad táctil.

- **Resultados de elaboración de probetas prototipo**

Tabla 17: Evaluación de resultados de elaboración de probetas prototipo.

TIEMPO DE ELABORACIÓN DE PROBETA PROTOTIPO						
Tiempo de elaboración de bruñido (3 capas de bruñido con tierra fina)	Tiempo de mezclado (Tierra y Muclago de nopal)	Tiempo de mezclado (Arcilla, Muclago de nopal Y Fibra de lirio acuático)	Tiempo para retiro de molde	Tiempo de secado bajo sombra	Tiempo de secado a cielo abierto bajo sombra	Tiempo de secado a cielo abierto directo al sol
3 min	2 min	2 min	1 min	48 hrs	48 hrs	24 hrs
OBSERVACIONES PARTICULARES -PROBETAS EXPERIMENTALES						
En todas las probetas se observo lo mismo ya que se realizaron con las mismas proporciones y características	Retracción		Maleabilidad	Erosión	Adherencia	
	NULA		BUENA	MINIMA	BUENA	

Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Durante el proceso se obtuvieron los siguientes datos como se muestra en la tabla 17. Se consideró para esta investigación realizar primero pruebas de proporciones de mezcla, para posterior realizar estas probetas prototipo y colocarlas nuevamente dentro de cabinas para medir su desempeño bajo humedad y temperatura en el sitio.

Observaciones particulares:

- El peso total de la probeta al momento de retirar el molde fue de 412 gramos.
- Peso total de la probeta al después de cumplir 120 horas de secado fue de 300 gramos.
- Se utilizó como desmoldante aceite de cocina normal aplicando en las caras internas del molde para facilitar el proceso de retiro de molde.
- No fue viable la colocación de tantos tornillos y tuercas al molde por su tiempo a la hora de retirar el molde solo se utilizó uno al centro y dos en los extremos.
- El terminado de bruñido nos permitió mayor protección a la fibra.
- El secado bajo sombra debe ser donde no tenga contacto las piezas con el sol ni el aire directo.
- Las piezas que durante su bruñido no se agregó tierra fina se generó mayores imperfecciones y menor brillo.

4.1.16. Mediciones de temperatura y humedad con Data Logger (Probetas prototipo)

Una vez realizado las cabinas en sitio se volvió a realizar las mediciones con las probetas prototipo desarrolladas como se muestra en el apartado anterior cabe resaltar que para esta prueba se anexo un Data Logger Rc-4hc el cual registrara los datos de temperatura y humedad en tiempo real del exterior durante nueve días. Posterior se abrieron las cabinas para retirar el equipo de medición en ambas cabinas, para vaciar la información de los Data Logger Rc-4hc se obtuvieron gráficas y datos de humedad y temperatura en Microsoft Excel, para posterior analizar los datos y graficar mediante un Software matemático (MATLAB), donde se obtuvieron diferentes graficas que expresan el comportamiento de cada cabina con relación de la humedad y temperatura del medio ambiente.

- **Información de configuración Data Logger Rc-4hc**

En tabla 18 se muestra la configuración que se realizó al equipo de medición antes de ingresarlos a las cabinas para obtener los valores de humedad y temperatura, así como también se muestra un resumen de los datos obtenidos durante los nueve días de medición.

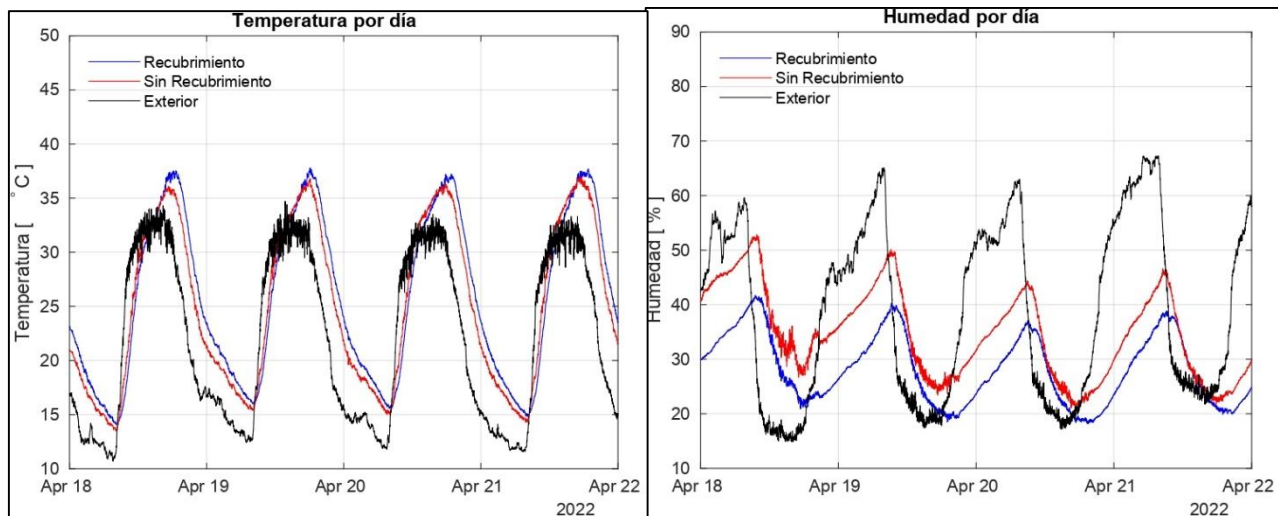
Tabla 18: Información y configuración de equipo de medición Data Logger Rc-4hc.

Información del dispositivo					
Modelo de dispositivo	GSP-6	Intervalo de registro	50s	Hora de inicio	2022-04-17 12:33:14
Espacio total	16000	Presiona el botón	Inhabilitar	Unidad de temperatura	°C
Modo de almacenamiento	Detente cuando esté lleno	Tono de alarma	Inhabilitar		
Tono de botón	Inhabilitar	Intervalo de registro acortado en alarma	Inhabilitar		
Resumen					
Puntos de datos	16000		MKT	24.7	
Primera lectura	2022-04-17 12:33:14		Última lectura	2022-04-26 18:45:44	
Máximo(Temperatura)	35.9°C		Mínimo(Temperatura)	10.4°C	
Promedio(Temperatura)	21.8°C		Tiempo de grabación	9D 6H 12M 30S	
Primera alarma(Temperatura)	N/A				
Máximo(Humedad)	99.2%		Mínimo(Humedad)	11.9%	
Promedio(Humedad)	44.5%				

Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel con datos obtenidos de Data Logger Rc-4hc.

Las siguientes graficas se elaboró con previos datos obtenidos con el equipo de medición Data Logger Modelo Rc-4hc. El equipo de medición genera un archivo en formato Microsoft Excel con las mediciones de humedad y temperatura tomadas en tiempo real durante nueve días posterior fueron graficadas en (MATLAB). Para esta investigación solo se consideró cinco días de medición en el primer día como los tres ultimo no se consideraron ya que se tendría una variable durante su montaje y desmontaje. Cabe resaltar que las mediciones que se prestaran a continuación son con las probetas prototipo.

Grafica 4 y 5: Temperatura y Humedad – **Con recubrimiento**, **Sin recubrimiento** y **Medición exterior**.



Nota: Graficas de temperatura y humedad en tiempo real tomadas durante cuatro días en exterior. Elaboración propia mediante el software Matlab.

Podemos observar en las gráficas la toma de mediciones durante cuatro días en donde con recubrimiento alcanzo una temperatura máxima de 38°C y sin recubrimiento una temperatura de 37°C así como una mínima de 14°C con recubrimiento y sin recubrimiento 13°C . Así como también podemos observas en la gráfica de humedad que alcanzo una máxima con recubrimiento de 71% y sin recubrimiento 63% así como también se registró la humedad mínima con recubrimiento de 18.20% y sin recubrimiento 20.7%. Pero también se puede observar de lo color negro la exterior donde registro una temperatura máxima de 35.5°C y con una temperatura mínima de 10.5°C y registrando una humedad máxima de 72% y una mínima registrada de 14.9%. Cabe resaltar que esta fase experimental es observar el comportamiento de ambas cabinas con las probetas prototipo para determinar su comportamiento y comprobar nuestra hipótesis como un elemento termorregulador.

- **Resultados parciales mediciones con Data Logger Rc-4hc**

(Probetas prototipos)

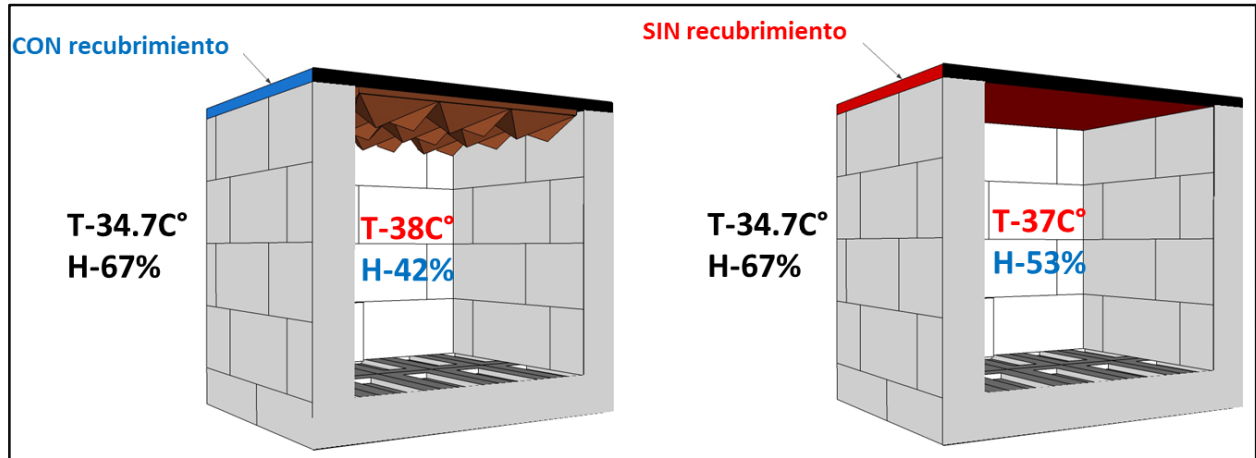
Se consideró para esta investigación realizar nuevamente las pruebas de las cabinas con nuestro recubrimiento final para evaluar su comportamiento con las condiciones climatológicas del exterior, a todo esto, para determinar su comportamiento con los factores de temperatura y humedad. Durante el proceso de elaboración se observó y se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 19: Resultados parciales de mediciones de cabinas con Data Logger Rc-4hc.

RESULTADOS PARCIALES DE CABINAS - PROBETAS PROTOTIPO					
Cabina	Dias de medición	Temperatura Maxima (Promedio)	Temperatura Minima (Promedio)	Humedad Maxima (Promedio)	Humedad Minima (Promedio)
CON-Recubrimiento	7 días	38 C°	14C°	71.00%	18.20%
SIN-Recubrimiento	7 días	37 C°	13.5 C°	63.00%	20.70%
EXTERIOR	7 días	35.5 C°	10.5C°	72.00%	14.90%

Cabina	Tiempo de medición	Temperatura Maxima (Hora)	Temperatura Minima (Hora)	Humedad Maxima (Hora)	Humedad Minima (Hora)
CON-Recubrimiento	168 horas	08:00 p. m.	08:00 a. m.	09:00 a. m.	05:00 p. m.
SIN-Recubrimiento	168 horas	05:00 p. m.	08:00 a. m.	10:00 a. m.	06:00 p. m.
EXTERIOR	168 horas	03:00 p. m.	07:00 a. m.	08:00 a. m.	02:00 p. m.

Toma de datos en tiempo real: 17 de abril del 2022



Nota: Elaboración propia en Microsoft Excel con información obtenida del equipo de medición Data Logger Rc-4hc.

Como resultado de esta fase experimental podemos acentuar que se tuvo el resultado esperado del desempeño del recubrimiento con las características partículas acentuadas en capítulos anteriores donde estuvo absorbiendo y liberando la humedad de manera más estable, además de presentar mayor ganancia de temperatura en el interior de la cabina, ante las condiciones climatológicas del exterior.

Conclusiones generales y consideraciones

Esta investigación se planteó a partir de la contaminación ambiental generada por una maleza acuática en la región lacustre, en el municipio de Pátzcuaro, Michoacán; en la cual se desarrollan varias hipótesis para esta investigación, como son el uso de esta maleza acuática como fibra, el manejo de técnicas artesanales con tierra como un recubrimiento arquitectónico termorregulador, así como también incorporar el ámbito cultural y tradicional de técnicas artesanales por maestros artesanos.

A todo esto, se propone revertir el daño y revertir el equilibrio ambiental en su lago, con el potencial de desarrollar un recubrimiento termorregulador amigable con el medio ambiente para el interior de los espacios arquitectónicos, con la integración de técnicas artesanales de la región.

Es importante destacar que este trabajo de investigación, que incluyó actividades de campo, se llevó a cabo ante las adversidades que se tuvieron por la pandemia del COVID-19, aun así nos permitió analizar las tradiciones de familias de la región lacustre y sus técnicas con tierra en la elaboración de sus artesanías; sin embargo y a pesar de los numerosos trabajos de investigaciones que se citaron y se tomaron en cuenta para esta investigación se pone de manifiesto, la falta de interés, el desconocimiento, la desvalorización o la propia cotidianidad que se vive en Pátzcuaro. Cabe resaltar su problemática ambiental en el lago, donde se pudo observar la falta de acciones por las mismas comunidades y autoridades por conservar el cuerpo de agua que da una identidad y reconocimiento singular a la región.

Durante el trabajo de campo, se observó en sus talleres familiares pertenecientes a las mismas comunidades llenos de sus productos, expresando que ante la pandemia de COVID-19 no tenían ningún apoyo para salir a vender sus productos, ya que es el sustento económico de la familia; por ende, tuvieron que cambiar de trabajo para sobrevivir la contingencia sanitaria propiciando que durante la investigación teníamos limitaciones para poder acceder algunos espacios. Por lo que durante el proceso metodológico de investigación de campo nos contagiamos de COVID-19 con síntomas mínimos consiguiendo una rápida recuperación para continuar con la investigación.

Ahora en bien, en primera estancia se consideró que el recubrimiento a desarrollar sería elaborado con recursos naturales y técnicas artesanales por maestros artesanos de la misma zona. Así también en la cuestión económica, el uso de materiales locales posibilita un gran ahorro en el factor tiempo y además que la naturaleza de los materiales, deber ser local y disponibles para la comunidad.

Al ser un recubrimiento con materiales endémicos, reivindica a ser un trabajo colectivo, impulsa y mejora las relaciones al interior de una comunidad, puesto que esta actividad crea y fortalece lazos de pertenencia e identidad, además de ser un impulso para revalorar, re-aprender y conservar la identidad propia de cada región y siendo los propios vigías de sus recursos naturales.

Con respecto a la selección óptima de la tierra para esta investigación se consideraron trabajos previos donde cito ciertas características particulares de diferentes tipos de tierra. Una vez identificada la tierra a utilizar, se realizaron extractos de tierra en diferentes puntos de la zona de estudio y se hicieron pruebas de campo por caracterización de la materia prima, esto permitió entender su granulometría, el estado de consistencia, taxonomía y clasificación a la que ésta pertenecía. Para dar el siguiente paso, se llevaron a cabo pruebas mecánicas de caracterización en un laboratorio para identificar sus propiedades y lograr una estabilización más óptima.

En el proceso de la extracción de la fibra de lirio acuático se adapta a partir de previas investigaciones lo cual fue desafiante, porque su proceso fue todo manual y al no contar con equipo y herramienta adecuada, la generación de resultados se volvió lento y cabe resaltar que se requiere de grandes cantidades de lirio acuático para obtener una mínima cantidad de su fibra que se puede valorar en su beneficio ambiental.

A primera instancia para este trabajo se determinó que, el mucílago de *Opuntia ficus* le confiere mejores condiciones a las mezclas que se utilizan para realizar recubrimientos con tierra que se dejan reposar por más tiempo en su secado. Ahora bien, para el proceso de la extracción de mucílago de nopal se utilizaron dos métodos de extracción con diferente especie de nopal en donde un método fue adaptado a partir de previas investigaciones ya realizadas.

En el primer método se utilizaron nopales convencionales adquiridos en el mercado, el procedimiento utilizado en esta etapa fue extracción tradicional que consiste en cortar la penca en pequeños trozos y dejar en reposo en un recipiente con agua por un período máximo de 48 horas. Este proceso de extracción de mucílago no fue el más óptimo, porque genera un gran desperdicio de nopal, pues todo el mucílago se quedaba dentro de los trozos del nopal; aunado a esto, los trozos al paso de unas horas comienzan a fermentarse y, por lo tanto, a pudrirse.

Para el segundo método se adquirió pencas de nopal silvestre de la zona de estudio y se buscó una nueva metodología de extracción que generara menor desperdicio de nopal y mayor cantidad de mucílago el cual consistió; en cortar la penca de nopal por la mitad y raspar las paredes con una cuchara de madera para evitar cortar la pulpa y para obtener la mayor cantidad de mucílago. Este tipo de extracción en seco confiere una mayor eficiencia en el manejo de la materia prima y obteniendo así un mayor aprovechamiento de mucílago y menor desperdicio de agua potable.

Así que se llegó a la conclusión que, el método más óptimo es el raspado de la penca de nopal silvestre y entre más tiempo de reposo tenga el mucílago en agua, aumenta su viscosidad y tiene una buena trabajabilidad y manejabilidad de las mezclas con la tierra.

Ahora bien, en la elaboración del molde resultó un poco frustrante por su misma geometría ya que aún estábamos en pandemia y su elaboración fue manual con yeso, donde los tiempos de fraguado eran muy tardados, así como también su peso y la manera de ensamble no era factible. De forma general se puede afirmar que el molde de yeso, no es viable para esta investigación por la materia prima a utilizar; su peso, el mantenimiento y su durabilidad.

Sin embargo, fue necesario replantear el material a utilizar para dicho molde, para ello se llegó a la conclusión de realizarlo mediante la impresión 3D. Con un material ABS que nos permitiría lograr; mayor factibilidad en su limpieza, durabilidad en el número de usos, mejor ensamble en el molde y obtener mayor perfección geométrica en las piezas. A todo esto, llego a la conclusión que el molde fabricado mediante impresión 3D nos permitió realizar 40 piezas antes de presentar un desgaste en su escantillón el cual se puede mejorar el diseño del ensamble del molde para evitar dicho desgaste, así como replantear los puntos de sujeción, ya que con la materia prima se atascaban.

Por otra parte, en la búsqueda de la comprobación de la hipótesis se puede decir que se logró desarrollar un recubrimiento mediante materiales locales con fibra de lirio acuático, con resultados óptimos en adherencia y contracción, también al emplear la técnica de bruñido en su acabado final nos permitió evitar la erosión y proteger la fibra. Así mismo los espacios de aire entre las fibras y las partículas de tierra, permitiría que aumentara el flujo de humedad, este fenómeno resulta conveniente ya que se busca que el recubrimiento no sea impermeable y que tenga una constante evapo-transpiración.

Con los resultados obtenidos, podemos establecer que nuestro recubrimiento tiene aplicaciones en la Arquitectura, específicamente para espacios con un elevado valor de absorción de humedad durante la mañana y liberación de humedad durante la tarde, influye de manera determinante en el balance de la humedad y temperatura de un ambiente interior por su orientación. Por otra parte, resulta importante mencionar que por lo que se requiere, ampliar la invitación este trabajo fue realizado para muros en el interior de espacios arquitectónicos, para su colocación en exterior.

Asimismo, el tema de recubrimientos de tierra con técnicas artesanales y el uso de fibras como estabilizador, abre un abanico de posibilidades hacia futuras líneas de investigación con una filosofía de revindicar la sencillez del uso de tierra en la arquitectura con manos de familias mexicanas que buscan la permanencia de sus tradiciones y técnicas artesanales. Al realizar solo una propuesta de su geometría resultó interesante considerar dicho principio metodológico para futuras propuestas o demás variantes de diseño que sirvan como medio de aplicación para aquellos muros que se dejan sin ninguna protección ante el cambio climático y sin valor cultural.

A continuación, se muestra un resumen de los datos y características relevantes del recubrimiento que deberán considerarse para futuras investigaciones.

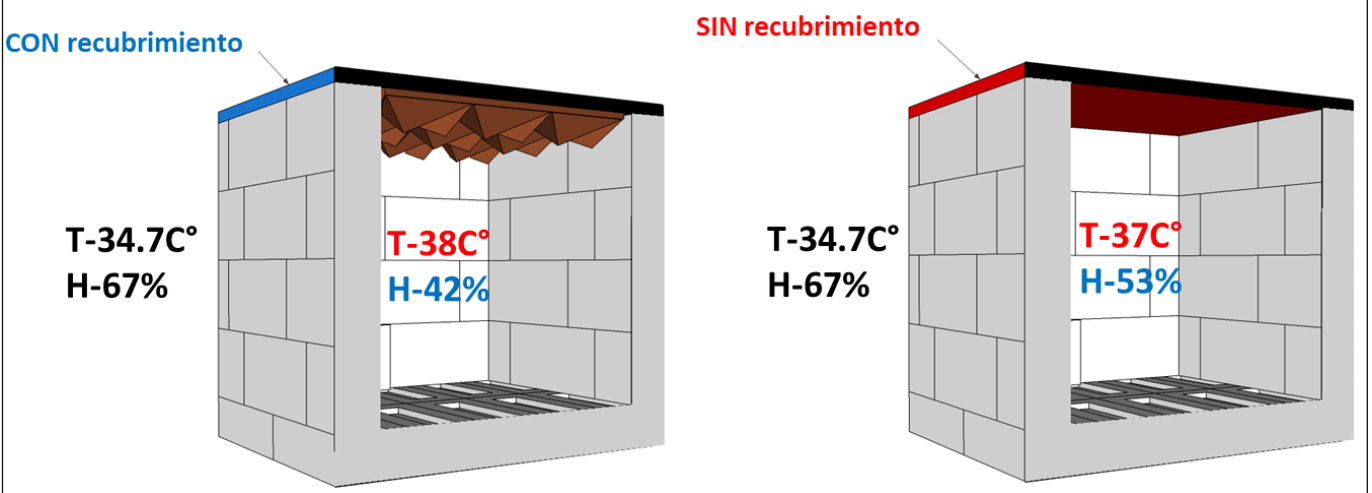
PROPORCIONES PARA ELABORACIÓN DE UNA PIEZA						
Dimensiones de pieza	Materiales utilizar			Proporciones de mezcla		
	Clasificación del suelo de acuerdo con el SUCS	Estabilización de armazón	Estabilización de impermeabilización	Proporción de tierra	Proporción de fibra	Proporción de mucilago de nopal (Opicus Ficus)
	CL	Fibra de lirio acuático	Mucilago de nopal Opicus Ficus	70%	30%	150ml

TIEMPO DE ELABORACIÓN DE UNA PIEZA						
Tiempo de elaboración de pulido (3 capas de pulido)	Tiempo de mezclado (Tierra y Mucilago de nopal)	Tiempo de mezclado (Arcilla, Mucilago de nopal Y Fibra de lirio acuático)	Tiempo para retiro de molde	Tiempo de secado bajo sombra	Tiempo de secado a cielo abierto bajo sombra	Tiempo de secado a cielo abierto directo al sol
3 min	2 min	2 min	1 min	48 hrs	48 hrs	24 hrs

METODOLOGIA PARA ACABADO FINAL - PULIDO			
La pieza se somete a un pulido manualmente con una piedra de río durante las 48 hrs de su secado, consta de flotar con la piedra en un solo sentido sus caras.	Primera pulida - imperfecciones	Segunda pulida - perfilada	Sellado
	A las 12 hrs / bajo sombra	A las 24 hrs / bajo sombra	A las 48 hrs

OBSERVACIONES PARTICULARES DURANTE EL PROCESO DE UNA PIEZA				
En todas las piezas se observó lo siguiente durante el proceso de elaboración, cabe resaltar que se realizó a cielo abierto.	Retracción	Maleabilidad	Erosión	Adherencia
	NULA	BUENA	MINIMA	BUENA

CONCLUSIONES DE RESULTADOS PARCIALES DE CABINAS					
Cabina	Días de medición	Temperatura Maxima (Promedio)	Temperatura Minima (Promedio)	Humedad Maxima (Promedio)	Humedad Minima (Promedio)
CON-Recubrimiento	7 días	38 C°	14C°	71.00%	18.20%
SIN-Recubrimiento	7 días	37 C°	13.5 C°	63.00%	20.70%
EXTERIOR	7 días	35.5 C°	10.5C°	72.00%	14.90%



Los resultados que se presentan fueron tomados en tiempo real de las cabinas nos permitieron comprobar dos factores: la humedad y temperatura. Cabe resaltar que la tierra con el contacto con el agua tiende a expandirse, en cambio con el fenómeno del vapor se absorbe la humedad, pero permanece sólida la tierra y como no hay una variación en expansión **con recubrimiento es capaz de balancear la humedad del aire al interior de los espacios arquitectónicos.**

Reflexiones finales

Cabe mencionarse que, la parte económica no fue un factor de amplio estudio, por lo que se propone para futuras investigaciones el desarrollo del aspecto económico para disminuir los costos y se pueda beneficiar la comunidad en su producción, puesto que con esto se proyectará de manera inclusiva a los maestros artesanos al mercado de la construcción.

Por otra parte, esta investigación planteó el desarrollo de una sola geometría bajo una metodología y análisis en la adaptación de la biomimesis, en las artesanías de la región. Para futuras investigaciones se propone continuar explorando el análisis de diversas variantes geométricas en función de los resultados obtenidos.

En primer lugar, la posibilidad de implementar nuevas fibras naturales bajo el paradigma de mantener un equilibrio en nuestros recursos naturales, por mencionar alguna. Para futuras investigaciones se tiene la fibra de caña de azúcar la cual es un desecho del proceso de destilado en la elaboración de diversas bebidas.

Como segundo lugar, en la rama de diseño bioclimático se abre una línea de investigación para probar su comportamiento ante estrategias bioclimáticas, en donde las inclemencias climatológicas expongan ciertos factores de dicho recubrimiento en las vertientes que lo componen.

Como tercer lugar, como una línea de investigación podemos decir que a mayor cantidad de tierra se asocia a una menor densidad, la cual justamente habla de su potencial como recubrimiento al permitir un adecuado flujo de vapor de agua a través de las fibras de lirio acuático con el entorno, permitiendo regular el comportamiento higrotérmico del espacio.

En cuanto a los estudios de laboratorio es notable su carencia, ya que durante el desarrollo de la investigación se presentó a nivel mundial una contingencia sanitaria donde los laboratorios se mantuvieron cerrados, pese a esta situación se utilizaron metodologías comprobadas científicamente, así mismo reivindicando a la sencillez experimentada con una determinación en la investigación.

Finalmente, como parte de la conclusión para futuras líneas de investigación o continuación de esta investigación se anexa lo siguiente; cada cultura deja una huella en la arquitectura y van pasando estas técnicas de familia en familia, así como a futuras generaciones. A todo esto, nos muestra que recubrir no es sólo para fines estéticos, sino que su significado y permanencia va más allá de un simple recubrimiento, es decir, la arquitectura es la representación de lo humano ante su contacto con el medio natural que lo rodea.

A continuación, se muestran las futuras líneas de investigación, con una labor social, económico y con un gran aporte arquitectónico en recubrimientos con tierra en muros con gran valor cultural y milenario en técnicas con tierra por grandes maestros artesanos en la alfarería. Finalmente, sirva como un medio para las futuras investigaciones tomar en cuenta la historia, nuestras raíces y todo ese conocimiento ancestral y conservarlo y no dejar que se pierda o quede en el olvido.

No obstante, la tradición no está suspendida en el tiempo (Carla Fernández, 2022): un recubrimiento, que emerge en la Región lacustre del estado de Michoacán de la transformación de la materia que se da con el sutil despertar de los elementos naturales con la pleamar de la mano, la mente, el corazón y técnicas ancestrales de maestros artesanos, en la que se funcionan los rituales, la cosmogonía y las ciencias.

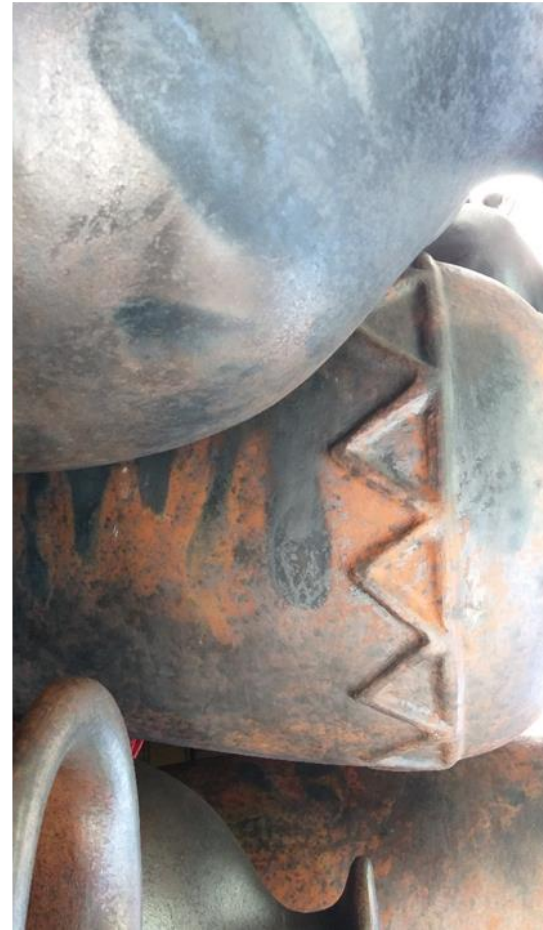


Figura 57: Desarrollo del recubrimiento a escala real con técnicas artesanales de bruñido como acabado final con artesanos del Municipio de Cocucho, Michoacán. Fotografías autoría propia tomadas en el Tianguis Artesanal más grande de Latinoamérica, Uruapan, Michoacán. Piezas elaboradas en el taller del autor de dicha investigación.



Figura 58: Desarrollo del recubrimiento a escala real con técnicas artesanales acabado final con artesanos del Municipio de Ocumicho, Michoacán. Fotografías autoría propia tomadas en el Tianguis Artesanal más grande de Latinoamérica, Uruapan, Michoacán. Piezas elaboradas en el taller del autor de dicha investigación.



¡Atrévete a innovar desde tus raíces!

Fotografía: Elaboración de recubrimiento con técnicas artesanales de tierra con fibra de lirio acuático y mucílago de nopal.

Biografías

Aresta R, M. A. (2015). *Arquitectura biológica*. Bogotá, Colombia: nobuko.

Armani, M. G. (2006). *Construcción con tierra cruda en la región lacustre de Pátzcuaro, Michoacán*. (págs. 150-162). Mendoza, Argentina: V Seminario Iberoamericano de Construcción con tierra; I Seminario Argentino de Arquitectura y Constricción con tierra.

Azevedo S., E. M. (2007). *La vivienda purépecha en la dimensión de la cultura material e inmaterial*. Morelia, Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Benyus, J. (2002). *Biomimicry: innovation inspired by nature*. New York: William Morrow Paperbacks.

Barbero, M; Maldonado, L; “Los revestimientos en la arquitectura tradicional africana: conservación y mantenimiento”. En: *Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro*. Congreso Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. Pág.101-108. Disponible en internet: <http://www.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2013/09tr-barbero.pdf>.

Braungart, M. & McDonough, W. (2005). *Cradle to cradle (de la cuna a la cuna)*.

Bhattacharya, A., & Pawan, K. (2010). *Water hyacinth as a potential biofuel crop*. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 9(1)

Ettinger, C. R. (2010). *La Transformación de la vivienda vernácula en Michoacán*. Morelia, Michoacán, México: CANACYT.

FERNANDEZ-YAGUE, M., ABBAH, S., MCNAMARA, L., et al. (2015). *Biomimetic approaches in bone tissue engineering: Integrating biological and physico mechanical strategies*. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 84: 1-29.

Finsterwalder, R. (2011). *Form follows nature*. Austria: Springer Wien New York.

Fleming, J. P., & Dibble, E. D. (2015). Ecological mechanisms of invasion success in aquatic macrophytes.

Gaertner, M., Larson, B. M. H., Irlich, U. M., Holmes, P. M., Stafford, L., Van Wilgen, B., & Richardson, D. (2016).

Gao, L., & Li, B. (2004). The study of a specious invasive plant, water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): Achievements and challenges.

Gunnarsson, C. C., & Petersen, C. M. (2007). Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: A literatura review. *Waste Management*, 27(1), 117–129.

Guerrero Baca, Luis Fernando. (2007). “Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva”. En: *Revista Apuntes* 20 (2): 179-369.

Guerrero, L. (2007). *Arquitectura de tierra, hacia la recuperación de una cultura constructiva*. APUNTES, 182-201.

Guerrero, L. F. (2014). La sostenibilidad de la vivienda tradicional. *Revista de Arquitectura*, Universidad Católica de Colombia, Colombia., 126-133

Gopal, B. (1987). *Aquatic plant studies 1. Water Hyacinth*. Elsevier Publishing.

GOLDSTEIN, J. & JOHNSON, E. (2015). *Biomimicry: New Natures, New Enclosures*. Theory, Culture, Society, 32(1), 61-81.

Havel, J. E., Kovalenko, K. E., Thomaz, S. M., Amalfitano, S., & Kats, L. B. (2015). Aquatic invasive species: challenges for the future. *Hydrobiologia*, 750, 147–170.

Kateregga, E., & Sterner, T. (2009). Las poblaciones de peces del lago Victoria y los efectos del Jacinto de agua. *The Journal of Environment & Development*, 18(1), 62–78.

Lozano, A. L. (2008). *La piel del edificio*. Cali: universidad del valle.

Lopez & Cols. (2005). Desarrollo sustentable y sostenible: una definición conceptual. (U.J. Tabasco, Ed.) *Horizonte Sanitario*, 4(2).

Malik, A. (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. *Environment International*, 33(1), 122–138.

March-Mifsut, I. J., & Martínez-Jiménez, M. (2007). Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. *Prioridades en México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Mangas-Ramírez, E., & Elías-Gutiérrez, M. (2004). Effect of mechanical removal of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on the water quality and biological communities in a Mexican reservoir. *Aquatic Ecosystems & Management*, 7(1), 161–168.

Mazzoleni, I. (2013). *Architecture follows nature. biomimetic principles for innovative design*. California. United States: CRC Press Taylor & Francis Group.

Meadows et al. (1972). *The Limits to Growth*. New York: UNIVERSE BOOK.

Meerhoff, M., Mazzeo, N., Moss, B., & Rodriguez-Gallego, L. (2003). The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake. *Aquatic Ecology*, 37, 377–391.

Munro, D. (1991). *Cuida la tierra: estrategia para el futuro de la vida*. International Center for Conservation Education.

MUMFORD, L. (1992). *Técnica y civilización (1934)*. Madrid: Alianza.

Minke, G. (2001). *Manual de construcción con tierra. La tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual*. Uruguay: Editoria Fin de Siglo.

Nesslage, G. M., Wainger, L. A., Harms, N. E., & Cofrancesco, A. F. (2016). Quantifying the population response of invasive water hyacinth, *Eichhornia crassipes*, to biological control and winter weather in Louisiana, USA. *Biological Invasions*, 18(7), 2107–2115.

Neves, C. (2011). *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru SP: Red Iberoamericana de PROTERRA; FEB-UNESP.

Neves, C., Faria, O., Rotondaro, R., Salas, P., & Hoffmann, M. (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra. *Red PROTERRA*, 1-33.

ONU. (1987). *Informe Bruntland*. Comisión Mundial Sobre el Medio Ambiente.

ONU. (2018). *Agenda 2030*. Comisión Mundial Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Obtenido del repositorio CEPAL.

Orihuela Uzal, A. (2007). *Arquitectura Vernácula y mezquitas sudanesas en Burkina Faso y Níger*. Granada, España: Universidad de Granada.

Patel, S. (2012). Threats, management and envisaged utilizations of aquatic weed *Eichhornia crassipes*: an overview. *Reviews Environment Science of Biotechnology*, 11, 249–259.

Poi-de-Neiff, A. (2003). Macroinvertebrates living on *Eichhornia azurea* Kunth in the Paraguay River. *Acta Limnológica Brasileira*, 15(1), 55–63.

RIECHMANN, J. (2006). *Biomímesis: Ensayos sobre imitación de la naturaleza, ecosocialismo y autocontención*. Madrid: Editorial Catarata.

Rahel, F. J., & Olden, J. D. (2008). Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology*, 22(3), 521–533.

SALINAS, P. (1997). *La bomba increíble*. Madrid: Viamonte.

SINGER, P. (1999). Una izquierda darwiniana, Política, evolución y cooperación. Barcelona: Editorial Crítica

TATMAN, P., GERULL, W., SWEENEY-EASTER, S., DAVIS, J., GEE, A. y KIM, D. (2015). Multiscale Biofabrication of Articular Cartilage: Bioinspired and Biomimetic Approaches.

Twongo, T., & Howard, G. (1998). Ways with weeds. *New Scientist*, 159, 57–57.

UN Documents: Gathering a Body of Global Agreements (1983). Our Common Future, Annexe 2: The Commission and its Work. NGO Committee on Education of the Conference of NGOs from United Nations web sites.

ZARI, M. (2010). Biomimetic design for climate change adaptation and mitigation. *Architectural Science Review*, 53(2), 172-183.

Consultas Web

<http://etimologias.dechile.net/?confort>

<http://artesanias-michoacan.com/region/lacustre/>

<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/90-numero-12/181-el-lago-de-patzcuaro-un-lago-en-decadencia.html>

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

<http://www.economia.unam.mx/cedrus/investigacion/propuestas-politica/vivienda.html>

<https://es.weatherspark.com/y/4444/Clima-promedio-en-P%C3%A1tzcuaro-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>

<https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioPatzcuaro.pdf>

<https://www.diarioelmundo.com.mx/index.php/2019/02/24/innovan-con-arte-en-barro/>

<https://arquitectura-sostenible.es/aislantes-termicos-ecologicos-y-sostenibles/>

<http://artesanias-michoacan.com/region/lacustre/>