



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA**

Facultad de Arquitectura  
Instituto de Investigaciones Históricas  
FES Aragón

**Análisis del sistema constructivo de Bajareque como apoyo a la vivienda  
sustentable en la CDMX.**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE**  
**MAESTRO EN ARQUITECTURA**  
En el Campo de Conocimiento de Tecnologías

**PRESENTA:**  
**Arq. César Ubaldo Pérez Bastida**

**TUTOR PRINCIPAL**  
**Dr. Luis Fernando Guerrero Baca**  
**Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco**

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR**  
**Dr. Luis Alberto Andrade Pérez**  
**Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco**

**Dr. Alleck Johnnathan González Calderón**  
**Universidad Autónoma de Coahuila**

**CDMX, diciembre 2022**



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.





# **Análisis del sistema constructivo de Bajareque**

como apoyo a la vivienda sustentable en la CDMX







**COMITÉ TUTOR**

---

**DIRECTOR DE TESIS**  
**Dr. Luis Fernando Guerrero Baca**

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR**  
**Dr. Luis Alberto Andrade Pérez**  
**Dr. Alleck Johnathan González Calderón**

**MIEMBROS DEL SÍNODO**  
**Mtro. Alejandro Cabeza Pérez**  
**Mtro. Ángel Mauricio Grosó Sandoval**



# Agradecimientos

A mis padres Salvador y Margarita

A mi esposa Silvia

A mi tutor el Dr. Luis Fernando

A mis Cotutores y Sinodales

A mis Compañeros y Profesores del Posgrado de la UNAM

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por la beca y por el apoyo sin el cual este trabajo no se hubiese podido concluir

## **Resumen**

Los recursos en los que se apoya la industria de la construcción no son renovables y no resistirán los hábitos de consumo y producción a los que el mundo está acostumbrado. La búsqueda de opciones que no impacten al medio ambiente y no requieran de combustibles fósiles para su manufactura, transportación y colocación es un requerimiento urgente. La presente investigación tiene como objetivo ponderar el potencial de desarrollo de paneles de tepetate elaborados con la técnica del bajareque con relación a sistemas constructivos convencionales en los que se usan componentes industrializados para evaluar comparativamente su sostenibilidad económica y ecológica. La metodología considera la cuantificación de materiales por partidas, obtención de precios unitarios, costos, asignación de pesos volumétricos, coeficientes de energía embebida y emisiones de CO<sub>2</sub>. Con los resultados obtenidos se muestran las posibilidades ecológicas y económicas del bajareque como apoyo a la producción social de vivienda en la Ciudad de México.

*Palabras clave:* Bajareque, Tepetate, Tierra, Sostenibilidad, Sistema constructivo, Panel.

## **Abstract**

The resources on which the construction industry relies are not renewable and will not withstand the consumption and production habits to which the world is accustomed. The search for options that do not impact the environment and do not require fossil fuels for their manufacture, transportation and placement is an urgent requirement. The objective of this research is to evaluate the development potential of tepetate panels made with the wattle and daub technique in relation to conventional construction systems that use industrialized components to comparatively evaluate their economic and ecological sustainability. The methodology considers the quantification of materials by items, unit prices, costs, volumetric weights, embedded energy coefficients and CO<sub>2</sub> emissions. The results obtained show the ecological and economic possibilities of wattle and daub as a support for social housing production in Mexico City.

*Keywords:* Wattle and daub, Tepetate, Earth, Sustainability, Construction system, Panel.



# Índice

<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>13</b>
<b>Construcción con tierra</b> .....	<b>13</b>
1.1 Arquitectura con 5000 años de ..... garantía .....	13 13
1.2 Recopilación de técnicas viejas y nuevas de la construcción con tierra .....	15
1.3 Aplicaciones en todo el mundo para problemas en todo el mundo.....	20
1.4 La arquitectura vernácula y su aportación .....	20
1.5 La normatividad como limitante.....	22
1.6 Variantes del término constructivo .....	24
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>27</b>
<b>Diseño y componentes de la mezcla propuesta</b> .....	<b>27</b>
2.1 El tepetate como material constructivo .....	27
2.2 El mucílago de nopal como aglutinante .....	35
2.3 El agua en la mezcla .....	37
2.4 Las gramíneas como refuerzo .....	38
2.5 El carrizo para entramados .....	39
2.6 El hidróxido de calcio como agregado .....	40
2.6.1 Acción puzolánica de la cal .....	41
2.7 La madera para la elaboración del marco .....	42
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>46</b>
<b>Diseño de los elementos constructivos</b> .....	<b>46</b>
3.1 Diseño y capas de la mezcla .....	46
3.2 El panel de bajareque .....	54
3.2.1 Ventajas del panel de bajareque .....	54
3.2.2 La mano de obra y la reparación .....	55
3.2.3 La modulación del panel de bajareque .....	55
3.2.4 Capas de protección sobre el panel.....	56
3.2.5 Medidas y elaboración del panel.....	56
3.3 Uniones entre panel y estructura de la vivienda .....	60
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>66</b>
<b>Análisis y desarrollo del prototipo propuesto</b> .....	<b>66</b>
4.1 Desarrollo del prototipo de vivienda .....	66
4.1.1 Módulo de vivienda.....	66
4.2 Análisis de costos .....	74
4.2.1 Sistema convencional.....	74
4.2.2 Sistema de bajareque .....	78
4.3 Análisis de impacto ambiental .....	89
4.4 Ventajas y desventajas de un sistema industrializado. ....	95
4.5 Ventajas y desventajas de un sistema vernáculo. ....	95
<b>Conclusiones</b> .....	<b>97</b>
<b>y consideraciones finales</b> .....	<b>97</b>
5.1 Conclusiones de los sistemas constructivos analizados .....	97
5.1.1 La vivienda y apropiación social como futuras líneas de investigación .....	98
5.1.2 Estrategias de producción social.....	99
<b>Bibliografía</b> .....	<b>104</b>
<b>Glosario</b> .....	<b>109</b>
<b>Anexo 1</b> .....	<b>110</b>
<b>Anexo 2</b> .....	<b>124</b>





# Introducción

Resulta atípico retomar antiguas soluciones que debieron ser remplazadas por alternativas probadas, mejoradas y del todo adecuadas al servicio requerido. El pasado sirve como referente de cómo se solucionaban ciertas adversidades en relación con el contexto o los recursos disponibles. La noción del presente se concibe como resultado de dichas acciones y su evolución en concordancia con la disposición de los materiales, el estilo de vida u otros requerimientos que exige cada sociedad. El futuro se vislumbra en una línea similar, maximizando la corrección de errores que aún persisten procurando la constante mejora de los sistemas constructivos.

El crecimiento demográfico genera una mayor demanda de recursos básicos que potencializa un consumismo desmedido. Desafortunadamente la búsqueda de beneficios económicos, junto

con los requerimientos de mayor producción, o los nuevos estándares de comodidad o estética son los que imperan dejando de lado otras problemáticas que también requerirían atención urgente como la actual crisis medioambiental, en la cual los recursos se encarecen, dada su progresiva escasez, a la vez que hace imperativo su cuidado. Por otro lado, la contaminación, los desechos generados por ciudades e industrias y la temperatura del planeta se elevan en cantidades alarmantes. El uso de fuentes fósiles para producir energía genera grandes cantidades de gases de efecto invernadero que se concentran en la atmosfera provocando cambios en el clima. Así mismo la industria de la construcción genera altos impactos ecológicos y se prevé que la demanda energética se duplique aumentando las emisiones de CO<sub>2</sub> de entre un 50% a un 150% a mediados de este siglo (González Calderón, 2022, pág. 3).

Según las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación o NAMA<sup>1</sup>, México debe reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> al 50% (Comisión Nacional de Vivienda, 2016). Para tal objetivo los sistemas constructivos elaborados con tierra son una elección que ha tomado importancia no solo en México sino en varias ciudades y universidades del mundo. La tierra como elemento constructivo ha perdurado por siglos y no requiere de procesos industrializados para su ejecución (Gatti, 2012, pág. 5). En casi cualquier parte del mundo la tierra se puede obtener sin herramienta o equipo especial. El empleo sostenible de bienes locales es una alternativa importante para generar elementos constructivos.

La técnica del bajareque se encuentra presente en gran parte de viviendas de Latinoamérica con gran cantidad de variables.

Para esta investigación se optó por mezclar barro y agua hasta alcanzar una consistencia plástica y después reforzar con fibras de origen natural como el carrizo, paja, tiras de madera, etc. La estructura de todo el elemento descansa en un soporte o marco de madera en el que se entrelaza el carrizo y se coloca sobre la cimentación.

Los postes de madera que fungen como columnas principales se colocan sobre varillas previamente ahogadas en la cimentación para evitar transmitir la humedad al componente. El sistema contempla una primera capa de mezcla de tierra por los lados y una segunda capa final de acabado con diferente tratamiento para el área interior y exterior. Todo el proceso se realiza con herramienta de fácil adquisición. (Guerrero Baca, 2017, pág. 78).

Para la investigación se propone el diseño de una vivienda en un terreno hipotético de la zona sur basándose en requerimientos de la Ciudad de México y medidas del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 2019 como base para revisar, analizar y comparar el costo de desarrollar una vivienda con materiales naturales de la región y su impacto ambiental contra un sistema constructivo convencional. Es importante destacar que la intención no es generalizar el diseño ya que cada región cuenta con requerimientos y condiciones específicas.

El material elegido para elaborar la mezcla principal es el tepetate ya que es un material de fácil obtención en la zona sur de

---

<sup>1</sup> Siglas en inglés de Nationally Appropriate Mitigation Actions. En la página: <https://www.gob.mx/conavi/documentos/nama-mexicana-de-vivienda-sustentable-28728> en el

apartado de NAMA\_Vivienda\_2016 página 7 se indica que México, en un compromiso internacional, debe reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> al 50% por debajo del 2002 para el año 2050.

la ciudad que se usa comúnmente para rellenos en calles, banquetas y viviendas sin explotar todo su potencial.

El material puede mejorar sus propiedades mecánicas incorporando estabilizadores naturales como el mucílago de nopal (*Opuntia ficus*), gramíneas e hidróxido de calcio (Guerrero Baca &

Ávila, 2019, pág. 55). Uno de los objetivos de profundizar en el tema del bajareque es recuperar y sistematizar los saberes ancestrales tal como lo indica el Programa Nacional de Vivienda 2019-2024 en su apartado 7:

El uso de materiales, tipología y arquitectura vernáculos no sólo cumple una función social y cultural, sino que además puede rendir beneficios adicionales como el impulso a la economía local y la reducción del impacto ambiental de la vivienda. (Sociedad Hipotecaria Federal, 2019, pág. 23)









# Capítulo 1

## Construcción con tierra

### 1.1 Arquitectura con 5000 años de garantía

La construcción con tierra ha estado ligada a la humanidad desde hace varios siglos, actualmente un tercio de las personas viven en edificaciones de tierra y el doble en países que se encuentran en vías de desarrollo<sup>2</sup>. En la mayoría de las civilizaciones más importantes del mundo se erigieron edificaciones de este tipo, algunas con más de 9000 años de antigüedad (Minke, 2005, pág. 13). Edificios emblemáticos en todo el mundo siguen en pie como muestra de las posibilidades y durabilidad del material.

El Palacio de Potala en el Himalaya que se muestra en la *Figura 1* se encuentra edificado con muros de tierra compactada en lo alto de las montañas (Valles Molina, 2010, pág. 4) y su calidad e integración al

contexto demuestra las posibilidades de entender el material del sitio.



*Figura 1: Palacio de Potala con partes construidas con adobe.*

*Fuente: Adaptado de la tesis "Tecnologías para la fabricación de bloques de tierra de gran resistencia" (Calderon Peñafiel, 2013, pág. 13)*

Existen ejemplos de construcciones con tierra en distintas regiones del mundo con soluciones constructivas específicas a cada clima y lugar como las bóvedas que se muestran en la *Figura 2* del templo mortuorio de Ramsés II en Gourná, Egipto de hace 3000 años<sup>3</sup> y los muros de tierra apisonada

(Jiménez Vicario et al., 2016, pág. 42).

<sup>3</sup> Dato obtenido del libro Manual de Construcción en

<sup>2</sup> Dato obtenido del artículo "Torres de adobe: Análisis gráfico y constructivo de las casas-torre de Yemen"

revestida de piedra en la Gran Muralla China que continúan en pie desde hace 4000 años (Gatti, 2012, pág. 16).



Figura 2: Almacenes del antiguo Egipto de más de 3000 años de antigüedad.

Fuente: Adaptado de la tesis "Tecnologías para la fabricación de bloques de tierra de gran resistencia" (Calderon Peñafiel, 2013, pág. 11)

Ejemplos de las técnicas basadas en tierra aparecen también en tiempos más recientes en Latinoamérica con las pirámides de Teotihuacán de hace 900 años a.C. que cuentan con núcleos de tierra apisonada. En la Ciudad de Xochitécatl-Cacaxtla hay muestras de cimientos de tepetate y piso de lodo del periodo Formativo (200 d.C.) y sobre ellos habitaciones del periodo Epiclásico (650 d.C.) con piso de tezontle y muros de adobe (Serra Puche & Lazcano Arce, 2015, pág. 72) . Un caso tradicional actual se puede apreciar en la ciudad de Shibam en Yemen la cual cuenta con una densidad de población de 32 personas por hectárea<sup>4</sup> y

edificaciones hechas con adobe, adaptándose a un terreno de condiciones climáticas específicas y características estructurales donde se incluyen vigas de madera y espesores de muros que reducen su espesor al aumentar de nivel. Aunque la ciudad requiere mantenimiento constante es un ejemplo de respuesta al contexto con un programa arquitectónico que destina la parte superior para habitaciones y la parte inferior para servicios en una transición que va de lo público a lo privado con edificios que alcanzan hasta los 8 pisos (Jiménez Vicario et al., 2016, pág. 39).

No existe una construcción de concreto con 5000 años de antigüedad que pueda compararse en calidad, mantenimiento o deterioro a una construcción con tierra y aunque los sistemas tienen ventajas y desventajas la tierra se ha adaptado a climas y exigencias espaciales distintas sin cambiar su composición. Es la creatividad e innovación de la mano de obra lo que la transforma posibilitando su adecuación a la actividad humana.

Tierra (Minke, 2005, pág. 13) donde se muestran imágenes de las bóvedas del Templo mortuario y otros templos.

<sup>4</sup> Datos obtenidos de la tesis "Arquitectura y Construcción con Tierra" (Gatti, 2012, pág. 16).

## 1.2 Recopilación de técnicas viejas y nuevas de la construcción con tierra

Las técnicas constructivas de tierra llevan siglos de desarrollo. Especialistas de todo el mundo continúan impulsando y creando sistemas innovadores cubriendo necesidades actuales.

La tierra se puede dividir según sus características de plasticidad y aplicación en 4 grandes grupos; seco, húmedo, plástico y líquido (Gatti, 2012, pág. 22).

Los estados de plasticidad se presentan en la *Tabla 1* junto a las técnicas constructivas correspondientes<sup>5</sup>:

*Tabla 1*  
*Clasificación de técnicas constructivas de tierra*

Sólido	Cortar, Llenar, Cubrir, Excavar
Húmedo	Compactar
Plástico	Moldear, Amontonar, Modular, Extruir
Líquido	Aplicar, Verter, Dar forma

*Fuente: Elaboración propia con datos de la tesis "Arquitectura y Construcción en Tierra" (Gatti, 2012, pág. 22)*

### *Técnicas constructivas con tierra sólida:*

-La primera de ellas considera la simple excavación de las habitaciones en montañas o debajo del suelo, después sigue la excavación de manera lateral permitiendo un solo acceso o patio y también la creación de cámaras subsecuentes. El contexto no se ve afectado

por la nula elevación de estructuras, así mismo los cambios térmicos se aminoran por estar bajo tierra. Una solución espacial que resulta práctica pero poco común en la actualidad.

-La técnica de cubrir con tierra se refiere a sobreponer el material en una estructura existente. Este sistema aporta confort al interior del espacio y con las pendientes y curvaturas adecuadas provee de una cubierta eficaz para protección de la lluvia.

-La técnica de llenado consiste en rellenar huecos o espacios con tierra los cuales pueden ser previamente adecuados con refuerzos internos, con materiales de tela o llantas.

-La técnica de cortar se refiere a la conformación de elementos constructivos tipo bloques que son cortados de un elemento mayor con herramienta mecánica o de forma manual. En este caso el elemento es simplemente apilado sin mayores procesos de manufactura como el que se muestra en la *Figura 3*.

<sup>5</sup> Las técnicas constructivas con tierra sólida, húmeda, plástica y líquida se obtuvieron de la tesis "Arquitectura y Construcción en Tierra" (Gatti, 2012,

págs. 23-34) donde se aprecian imágenes, esquemas y ejemplos a detalle.



**Figura 3 (superior):** Construcción de vivienda con ladrillos sin secado previo.

Fuente: Adaptado de la tesis "Arquitectura y Construcción en Tierra" (Gatti, 2012, pág. 26).

**Figura 4 (intermedia):** Producción de bloque de tierra comprimida con prensa.

Fuente: Adaptado de la tesis "Arquitectura y Construcción en Tierra" (Gatti, 2012, pág. 27)

**Figura 5 (inferior):** Modelado para construir un granero en Nigeria.

Fuente: Adaptado de la tesis "Arquitectura y Construcción en Tierra" (Gatti, 2012, pág. 28)

#### *Técnicas constructivas con tierra húmeda:*

-La técnica de compactar utiliza prensas simples o mecánicas para lograr una cohesión completa en el elemento como se muestra en la *Figura 4*. La técnica de la tapia se basa en ese mismo principio, pero a diferencia de pequeños bloques se realiza con cimbras laterales y pisones para generar muros de medidas mucho mayores.

#### *Técnicas constructivas con tierra plástica:*

-La técnica de moldeo crea formas escultóricas con uso el de las manos y el material en estado de alta plasticidad lo que permite variaciones formales como se muestra en la *Figura 5*.

-La técnica de amontonar es una variante de la anterior donde se elaboran a mano elementos en su mayoría con forma de esferas para posteriormente colocarlos en forma de montículos, conformando así muros perimetrales a lo largo de toda la construcción.

-La técnica de modular se refiere al uso de moldes para crear componentes constructivos. Con técnicas manuales o mecánicas se van colocando tiras del material siendo este conformado por el elemento que lo contiene. Con ayuda del sol se elimina la humedad.

-La técnica de extrusión se refiere a la producción de elementos constructivos



con ayuda de una máquina que los elabora de forma continua y corta inyectando a presión el material para que salga del lado posterior en la forma preestablecida.

*Técnicas constructivas con tierra líquida:*

-La técnica de dar forma se refiere a la mezcla de tierra con sistemas de entramado que son tradicionales en gran parte del mundo. El sistema de bajareque se realiza de forma similar mezclando el barro en un entramado compuesto por carrizo, bambú o ramas. La mezcla de tierra y otros elementos vegetales triturados aumenta su resistencia y posibilita la generación de formas variables.

-La técnica de verter consiste en producir una mezcla de tierra lo suficientemente líquida para fluir a través de un molde que le da forma, después se retira y se obtiene el elemento final como se muestra en la *Figura 6*. La tierra vertida también se elabora con mezclas lodosas líquidas y elementos arenosos (Suarez Dominguez et al., 2016, pág. 3).

-Finalmente, la técnica de aplicar tierra tiene que ver con colocar el material a manera de acabado adicionando otros elementos para alterar su color y consistencia y permitiendo una apropiación mayor por las posibilidades estéticas de dicho revoque.



*Figura 6: Elaboración de un muro con tierra vertida a la que se le agregan aditivos.*

*Fuente: Adaptado de la tesis "Arquitectura y Construcción en Tierra" (Gatti, 2012, pág. 33)*

El resumen presentado busca evidenciar la cantidad de conocimiento que existe referente a las técnicas constructivas con tierra, sin embargo, la falta de participación social inmersa en un concepto de progreso no deja espacio para la tradición (Hernández Pocero, 2016, pág. 6). Esto provoca un paulatino abandono de la cultura constructiva (Dethier, 2019).

Un ejemplo de construcción actual que mezcla técnicas tradicionales con materiales y volumetrías contemporáneas es el Centro de Ecología Aplicada ubicado en Santiago de Chile que se muestra en la *Figura 7* en el que la estructura de acero se complementa con la "quincha metálica" del arquitecto Marcelo Cortes. Una muestra de las posibilidades de usar la técnica tradicional con una armadura metálica



(Lemarquis & Rivera Vidal, 2015, pág. 11). La estructura resulta con un peso menor y con resistencia a sismos. La malla soldada reemplaza al bambú o caña y el barro incluye cal para aumentar la impermeabilidad hídrica (Gatti, 2012, pág. 72).



*Figura 7: Centro de Ecología Aplicada en Santiago de Chile, obra del arquitecto Marcelo Cortés.*

*Fuente: Adaptado del artículo "Escuela de construcción en tierra. Valorización contemporánea de un saber ancestral y local" (Lemarquis & Rivera Vidal, 2015, pág. 12)*

La casa del constructor Martin Rauch es otro ejemplo en donde los aplanados en muros, cubiertas y pisos se componen en un 85% por material de la misma excavación de la vivienda. Se colocaron elementos de concreto para permitir abrir ventanales y poder soportar el claro. Las cimbras usadas fueron metálicas

al igual que las herramientas de compactación. El resultado demuestra que es posible reducir las emisiones de carbono en la construcción (Gatti, 2012, pág. 54).

Existen ejemplos innovadores en México como la tesis de "Tierra vertida + PET en el centro comunitario la Mezquitera" (Hernández Macías, 2017) en donde es notable la incorporación de materiales reciclados y la tesis de "[Tapia] estabilización microbiológica una forma de autoconstrucción" (Gutiérrez Salgado, 2016) donde se estabiliza la tierra con el uso de una bacteria dejando de requerir material de origen industrial.

El proyecto del Atelier Haus en Alemania<sup>6</sup> replantea la idea del panel colocando ladrillos de tierra en marcos de madera como relleno y aislante. El material no se percibe, pero se obtienen sus beneficios, tendencia que ha sido repetida en otros proyectos donde se recubre la tierra o se pinta como se muestra en la *Figura 8* buscando una apariencia diferente a la que el sistema representa.

<sup>6</sup> Dato obtenido de la tesis "Arquitectura y Construcción

en Tierra" (Gatti, 2012, pág. 77).



*Figura 8: Vivienda de quincha con revestimiento y pintura que simula ladrillos.*

*Fuente: Adaptado del libro "Construyendo viviendas con Quincha Mejorada" (Romero Zeballos, 2008, pág. 33)*

En otros países la industrialización opaca la apropiación y los beneficios ambientales. La estandarización ha desarrollado materiales con información en fichas y datos que se asemejan a materiales convencionales. Existen incluso avances en la prefabricación de muros de Tapia en otras partes del mundo (Von Mag & Rauch, 2011) así como análisis que contemplan la reducción del peso para aminorar el consumo de tierra (Cárdenas Alvarez et al., 2018) y la incorporación de agregados reciclados (Taghiloha, 2013). Además de la Tapia se desarrollan bloques de tierra que incorporan aditivos de compuestos orgánicos (López Dávalos, 2018).

A continuación, se enlistan 3

ejemplos de sistemas industrializados que retoman aspectos de la técnica constructiva tradicional con tierra<sup>7</sup>:

-El panel Claytec desarrollado por la empresa Claytec e.K. de Alemania, es un elemento prefabricado similar a los paneles divisorios de yeso usados en remodelaciones y construcciones, pero con tierra, arcilla, fibras de caña y aditivos orgánicos. Tiene formatos y espesores establecidos y su colocación se realiza en seco sobre bastidores de madera. Su producción implica el uso de maquinaria.

-El panel radiante WEM es un elemento también prefabricado producido por la empresa del mismo nombre el cual se compone de tierra, paja y aditivos. Similar al anterior se instala en seco en estructuras de madera existentes y plafones.

-El Cannapanel de la empresa Cannabric es un panel prensado de manera mecánica que contiene tierra estabilizada, paja y fibra de cáñamo. Cuenta con diferentes espesores y presenta desventajas debido a su peso y transportación.

Los ejemplos anteriores muestran diversas aristas de un mismo material. Dan muestra de intereses en los que la técnica no busca simplicidad e independencia de terceros sino un requerimiento de mano de obra especializada y herramienta en la

<sup>7</sup> Los datos de los 3 paneles presentados son obtenidos de la tesis "Arquitectura y Construcción en Tierra (Gatti,

2012, págs. 86-88) donde se encuentran a detalle medidas y demás imágenes.

aplicación de técnicas constructivas.

### ***1.3 Aplicaciones en todo el mundo para problemas en todo el mundo***

La constante evolución de técnicas constructivas con tierra ha provocado cambios constantes en algunas partes del mundo mientras en otras permanece casi estática. En países como Alemania, Austria y España la competencia por un producto que resuelva problemáticas térmicas ha generado una industria que implementa recursos tecnificados volviendo al material y a su elaboración un producto complejo, cumpliendo los requerimientos de normatividad, información y fichas técnicas a detalle en contraste con las técnicas constructivas de África o Latinoamérica, donde sigue siendo en su mayoría un material artesanal sin una aplicación a gran escala (Gatti, 2012, pág. 6), sin embargo se siguen publicando estudios de caso en países como Chile, Colombia, Perú, Ecuador y México que avalan un interés vigente.

Las soluciones térmicas y de industrialización de un país contrastan con las cuestiones de apropiación, bajo costo, manutención de edificaciones existentes y tradiciones de otro.

La aceptación social de sistemas contemporáneos ha generado el paulatino

desuso de sistemas tradicionales que han existido por siglos. La conexión entre construcción y comunidad se separa por la irrupción de sistemas que no pertenecen a un contexto específico y para los que su mantenimiento implica la dependencia total de terceros. El reemplazo de sistemas vernáculos por sistemas convencionales ha sido común en la construcción. El tabique industrializado desplaza al adobe, el acero por sus características reemplaza al bambú y los materiales de otras industrias y países suplen por sus capacidades inherentes o estéticas a las alternativas locales. El reemplazo cultural termina siglos de desarrollo tecnológico que permitió crear edificaciones con cientos de años de antigüedad y que en la actualidad continúan en pie (Guerrero Baca, 2007, pág. 201).

### ***1.4 La arquitectura vernácula y su aportación***

La arquitectura del pasado solucionó problemáticas constructivas sin requerir de los sistemas industrializados que existen en la actualidad, su desarrollo contempló tanto la edificación como su posterior mantenimiento que al ser ejecutado durante varios años posibilitó su mejora constante.

En México la construcción con tierra se presentó en forma de palacios,

pirámides, juegos de pelota, templos y viviendas con diversos sistemas constructivos entre los que destacan la tierra compactada, el adobe y el bajareque.

Las civilizaciones antiguas adaptaron materiales locales para dar soluciones a necesidades espaciales en las que la tierra funcionó como base de la edificación que sería después recubierta con múltiples acabados entre los que se encuentra la piedra o la cal para aumentar su durabilidad<sup>8</sup>.

Según Guerrero Baca (2017), se han encontrado en Etna, Oaxaca restos de viviendas del año 1250 a.C. donde se pueden apreciar paredes elaboradas de bajareque, un ejemplo similar al encontrado en Joya de Cerén, en El Salvador, donde una aldea quedó sepultada por 4 metros de ceniza de la erupción del volcán Loma Caldera aproximadamente en el año 600 d.C. lo que mantuvo vestigios de viviendas edificadas con una técnica similar como se aprecia en la *Figura 9*.



*Figura 9: Viviendas arqueológicas en Joya de Cerén, El Salvador.*

*Fuente:* Adaptado del artículo “Pasado y porvenir de la construcción con bajareque” (Guerrero Baca, 2017, pág. 73)

La gente del lugar construía una base de tierra compactada y desplantaba columnas en las esquinas para confinar los muros de bajareque y soportar las cubiertas de madera, palma y zacate (p.71).

Las necesidades de los habitantes fueron subsanadas con los recursos que aportaba la región lo que solucionaba sus requerimientos espaciales, térmicos e incluso representaba un menor esfuerzo en labores de transporte. Es importante destacar que en las estructuras mixtas compuestas de tierra y agregados vegetales la tierra soporta esfuerzos de compresión mientras que la paja o el carrizo responden a la tracción (Guerrero Baca, 2017, pág.

<sup>8</sup> Información obtenida de “Pasado y porvenir de la construcción con bajareque” artículo donde se profundiza en el tema de la construcción de viviendas y templos prehispánicos, así como sistemas

constructivos de Latinoamérica incluyendo comentarios e imágenes (Guerrero Baca, Pasado y porvenir de la construcción con bajareque, 2017).



70). El sistema de bajareque representó desde hace miles de años una opción asequible que dio soporte a los habitantes desde los inicios de la civilización en el continente americano. La simpleza en su elaboración es también una de las condicionantes que se retoman en la actualidad.

De entre todos los componentes que dan forma al bajareque resulta imprescindible entender que la tierra que lo compone contiene características únicas que con dificultad se pueden replicar en otro sitio, posee combinaciones singulares de color, capacidad y resistencia para la construcción que se deben analizar y que en ocasiones requiere agregados para mejorar su capacidad mecánica. En la *Figura 10* se muestran las particularidades de plasticidad y apariencia de la mezcla de agua y tepetate obtenido en la zona sur de la ciudad. Materiales contemporáneos como el concreto o el acero utilizan gran cantidad de energía incorporada, complejos métodos de reciclaje e incluso sustancias tóxicas. En el extremo opuesto la tierra es abundante, económica y no requiere procesos costosos y contaminantes (Gatti, 2012, pág. 5).

### 1.5 La normatividad como limitante

Aun no existen normas en México que regulen todos los sistemas constructivos vernáculos lo que provoca desconocimiento y desconfianza en su uso. Estos materiales no cuentan con el desarrollo de sus semejantes industrializados<sup>9</sup> lo que deriva en un desinterés por parte del usuario final que opta por alternativas en las que no existe una apropiación de la técnica en materia de manufactura, instalación y reparación.



*Figura 10: Mezcla de tepetate de la zona sur de la ciudad con agua embotellada.  
Fuente: Archivo personal*

<sup>9</sup> La certificación no debe proceder de los mismos fabricantes, debe ser un proceso neutral sin permitir la

intervención de intereses ajenos (Guerrero Baca, 2016, pág. 16).



Edificios que siguen cubriendo las necesidades espaciales y de confort para las que fueron edificados hace años ahora deben cumplir estrictas condiciones de confort (Guerrero Baca, 2016, pág. 16).

En Perú, el ININVI<sup>10</sup> desarrolló investigaciones con tecnología tradicional incluyendo materiales como el adobe, el tapial<sup>11</sup> y la quincha prefabricada<sup>12</sup>.

Con esta última se propuso generar viviendas resistentes a sismos<sup>13</sup> con ventajas económicas, un menor peso comparado con otros sistemas convencionales y un mayor aislamiento térmico adecuado al sitio (Gonzales Fuentes et al., pág. 7). El sistema se registró como Sistema Constructivo No Convencional de acuerdo con la R.D. N.º 001-84-VC-9602 de Perú lo que además permite utilizar la quincha para autoconstrucción y auto fabricación (Díaz Gutiérrez, 1984, pág. 25) autorizando y

potencializando el sistema por todo el país.

En Latinoamérica se han desarrollado múltiples análisis que van desde ensayos mecánicos<sup>14</sup> hasta análisis de entramados<sup>15</sup>, comportamiento térmico<sup>16</sup> y comparativas económicas<sup>17</sup> entre muchos otros, sin embargo la brecha tecnológica y económica de países en desarrollo no se puede equiparar con las normativas mundiales ya que se requiere infraestructura, equipos y personal para lograr satisfacer una demanda internacional que termina siendo local (Guerrero Baca, 2016, pág. 16). Generar materiales rescatando la tradición constructiva del sitio tiene como ventaja la posibilidad de volver autosuficiente a toda una sociedad.

En la actualidad las soluciones constructivas han tomado en cuenta el aspecto ambiental pero aún no logran un desapego total de combustibles fósiles lo que complica alcanzar los objetivos de

<sup>10</sup> Se refiere a las siglas de “Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda”.

<sup>11</sup> El tapial también es conocido como tierra comprimida o tapia y destaca por ser una técnica de bajo impacto ambiental y contar con mayor resistencia a compresión que edificios de adobe (Guerrero Baca, Pasado y porvenir de la arquitectura de tapia, 2011).

<sup>12</sup> Se compone de bastidores de madera con relleno de carrizo, caña o bambú que se colocan de forma trenzada sin clavos para después recibir revoques elaborados con mezclas de tierra y paja en la primera capa y una segunda con cemento, yeso u otros componentes según el clima, costo o preferencia (Gonzales Fuentes et al.), es similar a la técnica del bajareque.

<sup>13</sup> La quincha o bajareque es eficaz frente a sismos ya que el entramado de caña absorbe de manera eficaz las vibraciones y evita que se propaguen (Gonzales Fuentes et al.).

<sup>14</sup> Ensayos presentados en el artículo “Comportamiento

mecánico de muros prefabricados de Quincha” (Cuitiño Rosales et al.) analizan la resistencia de paneles elaborados con bastidores de madera, cañas y rellenos de barro.

<sup>15</sup> La tesis titulada “Estudio de variables geométricas y disposición de elementos estructurales en muros de bahareque” presenta variantes de entramado y ensayos de resistencia a compresión (Baculima Estrella & Marín Lazo, 2019).

<sup>16</sup> En el artículo “Análisis del comportamiento térmico en muros de Quincha” (Cuitiño et al., 2011) se muestran valores de referencia de transmitancia térmica, así como ventajas tales como la posibilidad de autoconstrucción, entre otras.

<sup>17</sup> Una de las ventajas del sistema constructivo presentadas en el artículo “Análisis económico comparativo de soluciones habitacionales alternativas con Quincha respecto de las construcciones tradicionales” es que se abaratan costos debido a la implementación de la autoconstrucción (Cuitiño et al., 2009).

reducción de emisiones a los que México se ha comprometido (Comisión Nacional de Vivienda, 2016).

Las variantes de la construcción con tierra como el bajareque aun no cuentan con un reconocimiento y normativa en el país sin embargo representan una opción asequible, de bajo impacto ambiental y con la posibilidad de apropiación por parte de los usuarios. Reglamentar el uso de la tierra puede asegurar su adecuada aplicación evitando la construcción con mano de obra no capacitada que puede resultar en riesgos sísmicos (Pereyra et al., 2014, pág. 259).

La construcción con tierra requiere su inclusión en planes de estudio universitarios y en la práctica profesional (Bestraten et al., 2011, pág. 19), su difusión y estudio en el país y en el mundo dan cuenta de su importancia y de sus posibilidades para las generaciones actuales y las venideras. Los talleres enfocados en especialistas de la construcción no debieran ser los únicos, incluso los talleres infantiles representan un contundente acercamiento de la técnica a la sociedad en la que no debe importar edad, lugar o condición social (Guerrero Baca, 2016, pág. 20).

### ***1.6 Variantes del término constructivo***

Las diversas técnicas de construcción con tierra adquieren y

modifican su nombre según la región donde se desarrollan y establecen métodos que resultan adecuados para el lugar. Cada zona requiere una caracterización específica y cuidadosa del material, en cada sitio existen ventajas y desventajas según el tipo de proyecto a desarrollar. La tierra es un sistema constructivo que requiere caracterización constante. El uso del material de la región puede consolidar la cultura y la pertenencia al sitio. El conocimiento de técnicas contrarresta el uso exclusivo de productos industrializados y aboga por la independencia constructiva.

Los términos constructivos permiten la comunicación adecuada entre distintas disciplinas técnicas de diseño, ingenieriles, entre otras. Aun así, su significado puede cambiar en determinadas regiones, países y continentes.

El término en idioma español de “Bajareque” es también conocido en Latinoamérica como “Bahareque”, “Cuje” en Cuba, “Quincha” en Perú y “Bahareque Cerén” o “Bahajareque” en El Salvador (Carazas Aedo & Rivero Olmos, 2002, pág. 1). Variantes que diversifican un término no tan conocido como otros productos y marcas relacionadas a la construcción convencional. Esto puede provocar dificultades en su búsqueda, comparativa con otros sistemas y análisis de

propiedades.

El bajareque es un sistema constructivo basado en múltiples tipos de refuerzos naturales como fibras, ramas, caña, madera y bambú (Guerrero Baca, 2017, pág. 76) lo que da cuenta de sus diversas denominaciones.

La región, el tipo de entramado,

mezcla o estructura hacen variar al término.

Diferencias que permiten deducir la procedencia y el tipo de sistema, pero también pueden provocar que en diversas regiones y para un público no especializado generen confusión y se complique su difusión.





# Capítulo 2

## *Diseño y componentes de la mezcla propuesta*

### **2.1 El tepetate como material constructivo**

Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005) la corteza terrestre se compone en gran medida de silicatos<sup>18</sup> que sufren en gran medida 2 ataques, desintegración mecánica y desintegración química.

1.- La desintegración mecánica se refiere al daño provocado en las rocas por cambios de temperatura, congelación de agua en grietas, acción de organismos, entre otros, lo que genera que estas formen arenas, limos o en ocasiones especiales arcillas.

2.- La desintegración química se refiere a daños que modifican la constitución química de la roca, son provocados en gran medida por el agua y producen oxidación, hidratación y

carbonización, así como por los efectos químicos de la vegetación, generando en última instancia arcillas.

Aunque no es una regla general, las arcillas se encuentran en mayor medida en zonas de mayor temperatura y humedad. En zonas frías son más comunes las arenas y limos. Pueden quedar en el mismo sitio donde se crearon (residuales) o ser removidos por acciones geológicas (transportados) a otro lugar.

Las capacidades de cada mineral se determinan por su acomodo atómico y molecular. En suelos con partículas gruesas predominan silicatos y feldespatos, así como limonitas, magnetitas, calcitas, dolomitas, sulfatos, entre muchos otros. Los silicatos que se encuentran en rocas<sup>19</sup> ígneas<sup>20</sup> y metamórficas<sup>21</sup> y la

<sup>18</sup> Minerales que tienen como unidad al tetraedro de silicio, pueden estar unidos o entrelazados por cationes de diferente carga lo que provoca diversas variantes (Ibañez Asensio & Moreno Ramón, 2011, pág. 2). El silicio es el segundo elemento más numeroso en la corteza terrestre solo después del oxígeno (Lazcano Araujo, 1998, pág. 29).

<sup>19</sup> Agrupación de minerales originados de forma natural o por procesos geológicos (Orozco Centeno et al., 2014, pág. 5).

<sup>20</sup> Rocas que se forman por enfriamiento y solidificación de magma (Orozco Centeno et al., 2014, pág. 5).

<sup>21</sup> Rocas sometidas a variantes de presión y temperatura con cambios físicos y químicos en su estructura

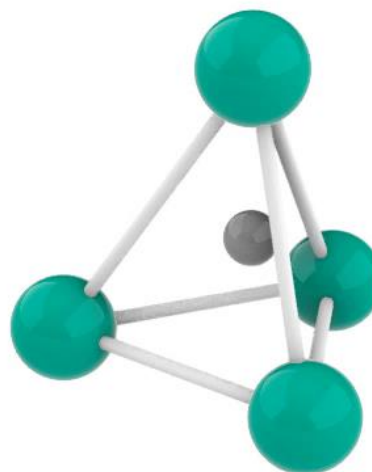


descomposición química a la que son sometidas produce arcillas. Estas presentan características mecánicas específicas según su estructura y constitución.

Las arcillas se componen de silicatos hidratados que pueden ser de aluminio, magnesio, hierro, entre otros. Su estructura atómica es laminar. Hay 2 variantes, la silícica y la aluminica:

La silícica se compone de 1 átomo de silicio y 4 átomos de oxígeno para dar forma a un tetraedro como se indica en la *Figura 11*. Esta variante se agrupa en hexágonos con 1 átomo de oxígeno como nexo tal como se muestra en la *Figura 12* los cuales se pueden repetir de forma continua.

La aluminica está formada por octaedros con 1 átomo de aluminio al centro y 6 átomos de oxígeno alrededor. Su estructura laminar se aprecia en la *Figura 13*.



*Figura 11 (superior): Agrupación de arcillas con estructura laminar silícica.*

*Fuente: Elaboración propia con datos del libro Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005, pág. 39)*

*Figura 12 (intermedia): Estructura atómica de la variante silícica con un átomo de silicio y 4 de oxígeno.*

*Fuente: Elaboración propia con datos del libro Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005, pág. 39)*

*Figura 13 (inferior): Agrupación de arcillas con estructura laminar aluminica.*

*Fuente: Elaboración propia con datos del libro Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005, pág. 39)*

(Orozco Centeno et al., 2014, pág. 6).

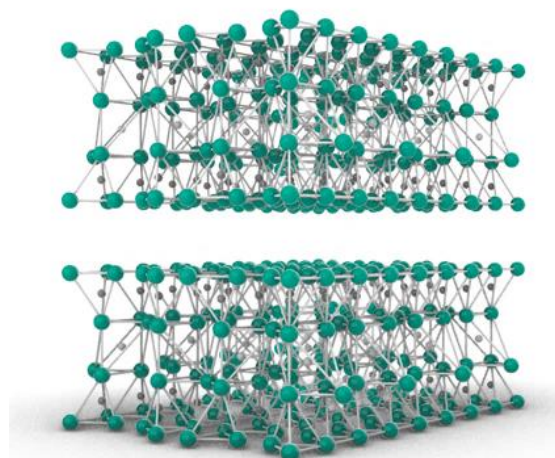
Las arcillas se dividen en 3 grupos:

Las caolinitas ( $\text{Al}_2\text{O}_3 * 2\text{SiO}_2 * 2\text{H}_2\text{O}$ ) se conforman de 1 lamina alumínica y otra sílica lo que evita la adsorción<sup>22</sup>. Este tipo de arcillas son estables en presencia de agua.

Las montmorilonitas  $[(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20} * n\text{H}_2\text{O}]$  se conforman de 1 lamina alumínica entre 2 silícicas superpuestas. La unión entre retículas es más débil por lo que las moléculas de agua si pueden entrar mucho más fácil. Esto genera un aumento en el volumen y por consiguiente una mayor expansión lo que provoca que sean más inestables.

Las ilitas  $[(\text{OH})_4 * \text{K}_y (\text{Si}_{8-y}\text{Al}_y (\text{Al}_4 * \text{Fe}_4 * \text{Mg}_4 * \text{Mg}_6) \text{O}_{20})$ , con y igual a 1.5] tienen una estructura similar a las montmorilonitas, pero tienden a formar grumos, lo que provoca una expansión menor (p.34-40).

En la *Figura 14* se muestra una aproximación de la montmorilonita.



*Figura 14: Estructura aproximada de la montmorilonita. Fuente: Elaboración propia con datos del libro Manual de Construcción en Tierra (Minke, 2005, pág. 23)*

Las capas de silicio tienen carga negativa mayor lo que les brinda más cohesividad.

La caolinita tiene 2 láminas con una capacidad aglutinante baja por la conexión del hidróxido de aluminio conectado a una lamina de silicio.

La montmorilonita tiene 3 láminas, una de hidróxido de aluminio entre dos de óxido de silicio lo que aumenta su capacidad aglutinante (Minke, 2005, pág. 24).

Por último, la ilita es la menos común de los 3 grupos.

Las arcillas obtienen su color de diversas mezclas como óxidos de hierro (color amarillo o rojo) y manganeso (marrón) entre otros. Se diferencian de

<sup>22</sup> Unión entre retículas de átomos muy firme que no permite la penetración de moléculas de agua (Juárez

Badillo & Rico Rodríguez, 2005, pág. 38).

otras partículas según su diámetro como se indica en la *Tabla 2*.

**Tabla 2**  
*Clasificación de partículas por su diámetro*

Diámetros menores a 0.002 mm	Arcillas
Diámetros entre 0.002 y 0.06 mm	Limos
Diámetros entre 0.06 y 2 mm	Arena
Partículas mayores	Gravas y piedras

*Fuente: Elaboración propia con datos del libro Manual de Construcción en Tierra (Minke, 2005, pág. 22)*

La arcilla une las partículas de forma similar a como lo hace un pegamento. Los limos, arenas y demás agregados actúan como rellenos. Según predomine alguno de estos elementos se determina si el suelo es arcilloso, limoso o arenoso (Minke, 2005, pág. 24).

El tepetate es un horizonte o estrato de suelo con minerales de silicio y aluminio que se ha consolidado a través del tiempo como efecto de condiciones climatológicas, pero sobre todo por su relación con volcanes (Guerrero Baca, 2017, pág. 74). Tiene características puzolánicas, esto se refiere a que tiene poco valor cementante, pero en presencia de humedad e hidróxido de calcio reacciona formando compuestos de mayor dureza (Orozco Martín, 2015, pág. 9). Los suelos volcánicos se caracterizan por tener arcillas jóvenes también conocidas como “materiales

amorfos” tales como el alófono que funcionan como arcillas actuando como aglutinantes a nivel microscópico lo que permite su implementación en elementos constructivos. (Pérez Castellanos, 2016, pág. 87).

A nivel internacional para la clasificación de la tierra se utiliza el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, uno de los más usados en el área de la geotecnia. Se compone del análisis granulométrico de las partículas y de sus límites de Atterberg<sup>23</sup>. Toma en cuenta la cantidad de partículas que pasan por un tamiz<sup>24</sup>, la curva granulométrica<sup>25</sup> y su plasticidad y compresibilidad. Los suelos se dividen en suelos de grano grueso, grano fino y orgánicos. Los de grano grueso se dividen a su vez en gravas y arenas. Por último los de grano fino se dividen en limos y arcillas (Briones Alva & Irigoín González, 2015, pág. 43).

Cuando la tierra no es apta para la construcción debe ser estabilizada o mejorada con la intención de incrementar sus características mecánicas y de resistencia al deterioro por agentes naturales externos como lluvia, agua,

<sup>23</sup> Se refiere a los contenidos de humedad y los límites entre el estado plástico y el estado líquido (Briones Alva & Irigoín González, 2015, pág. 34).

<sup>24</sup> Sirve para determinar el porcentaje de partículas que pasan por tamices de calibres normalizados (Avila

Boyas, 2019, pág. 117).

<sup>25</sup> Distribución del tamaño de partículas de la muestra de suelo (Briones Alva & Irigoín González, 2015, pág. 32).

viento, entre otros (Valles Molina, 2010, pág. 19).

Existen 4 formas de estabilizar la tierra<sup>26</sup>:

-Por cimentación: Agregando componentes que solidifiquen los granos de arena y las partículas de arcillas para formar una estructura interna que reduzca su capacidad de absorción de agua.

-Por armazón: Agregando materiales de cohesión como granos o fibras que por fricción mantengan firme, estable y durable al material.

-Por impermeabilización: Envoltiendo las partículas en una capa impermeable generando una mayor estabilidad y resistencia ante el agua.

-Por químicos: Agregando sustancias químicas que formen con la arcilla elementos estables.

Es importante evitar variaciones en el comportamiento del material por lo que debe estar libre de basura y elementos ajenos como se muestra en la *Figura 15*, retirando piedras y otras partículas de apariencia similar, pero de dureza variable. El suelo para la construcción se encuentra a una profundidad aproximada de entre 50 cm a 2 m. La capa superficial no se debe usar ya que contiene material orgánico no adecuado para la construcción (Guerrero Baca, 2007, pág. 185).

Para la elaboración del panel el tepetate se obtuvo de una casa de materiales de la alcaldía Tlalpan en la colonia Volcanes que a su vez provenía de la región de Chalco. El material se compra en costales de polipropileno de 30 kg. Debe permanecer cerrado en un lugar a temperatura de 19° a 23° centígrados y entre 30% y 60% de humedad relativa. Se enlistan a continuación los pasos de su obtención:

-El material se mantiene cerrado en costales para después limpiarlo de posibles componentes tales como grava, basura o materia orgánica.

-Se tamiza con malla del No. 40

-Se trituran las piezas que resulten más grandes con herramienta simple (martillo)

-Se selecciona una porción para colocarla en un recipiente y ser pesada con balanza convencional para después ser mezclada con los demás componentes como se muestra en la *Figura 16*.

Posterior a los trabajos mencionados se realizan las pruebas de caracterización de campo que incluyen la prueba de caída de bola, la prueba de plasticidad o churros y la prueba de sedimentación (Minke, 2005, págs. 26-28).

<sup>26</sup> Datos obtenidos del artículo: "Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra –

prácticas de campo" (Neves et al., 2009, págs. 13-14)





*Figura 15 (izquierda)*  
*Selección y limpieza del tepetate*

*Fuente: Archivo personal*

*Figura 16 (derecha)*

*Pesaje del tepetate*

*Fuente: Archivo personal*



-Se coloca la tapa y se agita el contenido para que todas las partículas se muevan.

-Después de una hora se asientan y se revisa su proporción.

-La prueba se realizó en 2 ocasiones con frascos distintos para comparar la cantidad de partículas las cuales no deben diferir en gran medida como se muestra en la *Figura 17*.

Los resultados mostraron un alto porcentaje de arcillas, en menor cantidad limos y muy pocas arenas y gravas. El agua se aclaró después de un par de horas mostrando mínima presencia de materia orgánica.

*La prueba de sedimentación*<sup>27</sup> consiste en agregar agua en un recipiente y colocar el tepetate para determinar la cantidad aproximada de partículas de mayor tamaño en el fondo y las de menor tamaño arriba. Es un estimado general de la proporción de componentes.

A continuación, se enlista el proceso de la prueba:

-Se requieren frascos vacíos, transparentes y limpios para revisar el contenido interior.

-Se coloca una muestra de tierra de 1/4 del volumen interior del frasco.

-Se coloca agua hasta 1/3 del frasco.

<sup>27</sup> La prueba de sedimentación se determinó según lo indicado en el Manual de Construcción en Tierra (Minke, 2005, pág. 26) y el artículo "Diseño de un módulo de bahareque autoconstructivo de bajo costo e

impacto ambiental para viviendas unifamiliares" (Rodríguez Ruiz et al., 2021, pág. 165). La prueba solo permite visualizar de forma general los estratos.



*Figura 17 (superior): Prueba de sedimentación.*

*Fuente: Archivo personal*

*Figura 18 (intermedia): Prueba de caída de bola.*

*Fuente: Archivo personal*

*Figura 19 (inferior): Prueba de cilindros.*

*Fuente: Archivo personal*

La prueba de caída de bola<sup>28</sup> consiste en hacer una bola mezclando tepetate y agua hasta lograr una consistencia solida de 4 cm de diámetro. Se deja caer a 1.5 metros de altura y se revisa su comportamiento.

A continuación, se enlista el proceso de la prueba:

-Se amasa la tierra con agua hasta generar un elemento esférico que no se desmorone ni se quede pegado a la mano como se muestra en la *Figura 18*.

-Se mide el elemento agregando o retirando material hasta alcanzar el diámetro establecido para la prueba.

-Se corrobora la distancia a la que se dejará caer.

-Se deja caer el elemento revisando su comportamiento, deformación, grietas y posibles desprendimientos. Las tierras con contenido arenoso se esparcen y las arcillosas presentan una mayor cohesión (Neves et al., 2009, págs. 17-18).

En este caso la prueba mostró una mínima deformación y algunas fisuras lo

<sup>28</sup> La prueba de caída de bola se determinó según lo indicado en el Manual de Construcción en Tierra

(Minke, 2005, págs. 26-27).

que refiere que el tepetate cuenta con una alta cantidad de arcillas en su composición.

*La prueba de plasticidad o de churro*<sup>29</sup> consiste en hacer con el material un cilindro de 1.5 cm de diámetro por 25 cm de largo como se muestra en la *Figura 19*.

Dicho elemento se desliza sobre un papel en la orilla de una superficie plana y se toma medida del elemento restante que se desprenda.

A continuación, se enlista el proceso de la prueba:

-Se mezcla la tierra con agua hasta alcanzar una consistencia plástica. Es importante revisar que el elemento no se agriete o no se vuelva demasiado pegajoso al tacto.

-Se debe poder elaborar una esfera sin que esta se pegue a las manos.

-Después se gira en una superficie plana hasta alcanzar una forma cilíndrica.

-El cilindro se debe colocar entre 2 reglas previamente elaboradas para visualizar el grosor constante y la distancia del cilindro y cortar excedentes o corregir su espesor.

-Después se coloca en la orilla de una superficie plana colocando debajo una hoja de papel.

-La hoja se debe deslizar en el borde de la superficie provocando que también el cilindro se mueva hasta que este no tenga apoyo inferior y se provoque su ruptura.

-Tanto la parte que quede en la superficie como la parte que se desprenda se debe detener antes de caer para evitar que se despedace.

-Los trozos se deben medir para determinar el contenido de la muestra.

-La prueba se realizó en 2 ocasiones para comparar los resultados los cuales no deben diferir en las medidas.

El promedio de las muestras fue de 11 cm lo que indica alta presencia de arcillas. Según los datos mostrados en la *Tabla 3* de dimensiones de piezas resultantes, el material se debe mejorar para incrementar sus capacidades mecánicas, reducir su retracción y posibles fisuras y generar un fraguado más lento. Para esta investigación se elige la estabilización por consolidación y por armazón por contar en la zona con agregados de fácil adquisición como son el mucílago de nopal del *Opuntia ficus* y gramíneas de pasto, trigo o arroz.

<sup>29</sup> La prueba de plasticidad se determinó según lo indicado en el artículo "Diseño de un módulo de bahareque autoconstructivo de bajo costo e impacto ambiental

para viviendas unifamiliares" (Rodríguez Ruiz et al., 2021, págs. 166-167) y el Manual de Construcción en Tierra (Minke, 2005, págs. 27-28).

**Tabla 3**

Sistema constructivo determinado según las medidas de piezas resultantes de la prueba de plasticidad

Tapial	0-3 cm
Adobe	3-6 cm
Bajareques y aplanados	6-9 cm
Pinturas y acabado final	9-12 cm (más de 12 cm no es apto para la construcción)

Fuente: Elaboración propia con datos del artículo “Diseño de un módulo de bahareque autoconstructivo de bajo costo e impacto ambiental para viviendas unifamiliares” (Rodríguez Ruiz et al., 2021, pág. 168).

## 2.2 El mucílago de nopal como aglutinante

El mucílago de nopal se obtiene de la especie *Opuntia ficus* que pertenece a la familia de las cactáceas, de todas las variantes de la especie esta es la más común, tiene amplia distribución en América y su uso se remonta a las primeras civilizaciones de Mesoamérica en donde ya era importante para el desarrollo económico de la sociedad.

El mucílago se ha implementado como agregado para morteros con cal ya que favorece la retención de humedad necesaria para el fraguado sin cuarteaduras (Pérez Castellanos, 2010, pág. 16). Su producción se clasifica en silvestre, de huertos familiares y de plantaciones (Abraján Villaseñor, 2008, pág. 9).

El nopal *Opuntia ficus* se compone de ahuates (pequeñas espinas), espinas, areola, fruto o tuna<sup>30</sup>, flor y penca aplanada también llamada cladodio como se muestra en la *Figura 20*, de donde se obtiene el mucílago<sup>31</sup>. El cladodio retiene la humedad y puede sobrevivir en condiciones áridas gracias al contenido de mucílago y pectina, es un aglutinante que mantiene las partículas unidas en la mezcla, retarda el fraguado, disminuye el porcentaje de retracción y aumenta la fluidez del mortero (Avila Boyas, 2019, pág. 134).



*Figura 20: Cladodio aplanado.*  
Fuente: Archivo personal

<sup>30</sup> También denominada como “Nochtli” en Náhuatl (Thouvenot, 2014).

<sup>31</sup> Datos obtenidos de la tesis: “Epidermis Arquitectónica.

Recubrimientos de Tierra Estabilizada Aplicados a la Vivienda” (Avila Boyas, 2019, págs. 131-132)



Existen varios métodos de extracción del mucílago de los que se describen a continuación 2 de los más implementados<sup>32</sup>:

-Primer método: Obtención del nopal, corte y colocación de trozos en un recipiente de plástico, incorporación de agua en el producto en proporción 1:2, reposo por 2 días, filtrado por gravedad y colado del mismo. Este método permite usar el nopal en una segunda ocasión para obtener más producto. Se espera que el mucilago obtenido con este método sea viscoso con características adhesivas.

-Segundo método: Obtención del nopal, limpieza y corte, incorporación de agua en proporción 1:2, cocción de 90 a 100°C por 120 minutos para extraer la mayor cantidad posible de mucílago, posterior reposo y enfriamiento. Se espera que el mucílago obtenido de este método cuente con una consistencia más espesa y pegajosa.

Para esta investigación el nopal *Opuntia ficus* se obtuvo de un huerto particular ubicado en la colonia Volcanes al sur de la Ciudad en la alcaldía Tlalpan como se aprecia en la *Figura 21*. El mucílago se extrajo de forma manual siguiendo los pasos iniciales del primer método por no

requerir de equipos de cocción y ser más práctico en caracterizaciones en campo.



*Figura 21:* Obtención del cladodio de huerto particular.  
Fuente: Archivo personal

Se enlistan a continuación los pasos de su obtención:

-El cladodio es cortado con cuidado y se retiran las espinas para facilitar su manejo.

-Se corta por la mitad con un cuchillo, después se abre en 2 partes y se raspa el interior con una cuchara hasta obtener la mayor cantidad de mucílago como se aprecia en la *Figura 22*.

-El producto se deja reposar en agua por 48 horas.

-Se introduce el puño en el agua para después elevarlo y formar un hilo que

<sup>32</sup> Datos obtenidos del artículo: “Determinación del uso del mucilago de nopal en la construcción de la época

colonial (caso Convento de San Diego)” (Silva Cascante et al., págs. 99-100)

debe medir 50 cm como se aprecia en la *Figura 23* haciendo ajustes en la cantidad de agua hasta alcanzar esa longitud.

-Después se selecciona una porción para colocarla en un recipiente y ser pesada con balanza convencional. Al final se integra a la mezcla de forma paulatina.



*Figura 22 (superior): Extracción con cuchara del mucilago.*

*Fuente: Archivo personal*

*Figura 23 (inferior): Hilo formado por la mezcla del mucilago y agua.*

*Fuente: Archivo personal*

### 2.3 El agua en la mezcla

El agua activa las fuerzas que unen a las arcillas. Existen 3 tipos de agua en el barro; la de cristalización (agua estructural) que está químicamente enlazada, la absorbida que se encuentra enlazada de forma eléctrica y la capilar (agua de poros) que entra en los poros por capilaridad<sup>33</sup>, la capilar y la absorbida se desprenden al calentar la mezcla a 105°C.

Si la arcilla seca se moja se expande por que el agua se desliza entre la estructura laminar recubriéndola. De igual manera al evaporarse las láminas se acomodan de nuevo por la fuerza de atracción eléctrica. De este modo obtiene capacidad aglutinante en estado húmedo y resistencia a compresión al secar (Minke, 2005, pág. 24).

El agua permite que las partículas de mayor tamaño transporten a las más pequeñas y activan las características adhesivas de las arcillas que al ser hidratadas producen atracciones electrostáticas a escala molecular (Rodríguez Viqueira et al., 2001, pág. 84).

Para el presente trabajo se usó agua embotellada en la mezcla con la finalidad de eliminar impurezas o variaciones de pH derivadas de la presencia de sales solubles.

<sup>33</sup> Fenómeno en el que un líquido en contacto con un sólido se eleva o desciende (Real Academia Española,

2014).

Se enlistan a continuación los pasos de su obtención:

-El agua se adquiere de productos embotellados de la misma marca.

-Se corrobora con vista y olfato la limpieza del componente.

-Para su uso en la mezcla se pesa con bascula convencional en un recipiente para después integrarla a la mezcla.

#### **2.4 Las gramíneas como refuerzo**

Las gramíneas son tallos secos de pasto, trigo o arroz que sirven de refuerzo a la construcción con tierra. La adición de fibras disminuye la retracción ya que se reduce el contenido de arcilla y el agua se absorbe en una parte por las fibras. Las fibras aumentan la cohesividad de los componentes. El manejo y el corte puede ser de forma manual. (Minke, 2005, pág. 56).

Generan una red que adhiere las partículas y controla su movimiento, dilatación y retracción en el proceso de fraguado modificando los agrietamientos por humedad y temperatura gracias a un sistema de micro fisuras (Guerrero Baca, 2007, pág. 189). Las gramíneas son además aislantes térmicos con cualidades estéticas

por su color y textura (Carazas Aedo, 2021, pág. 33).

Las fibras vegetales se añaden para reducir las fisuras de retracción, además incrementan la ductilidad y la durabilidad del sistema (Febres Torres, 2011, pág. 5).

Para su correcto uso se deben encontrar libres de residuos orgánicos y secas para evitar posibles afectaciones por microorganismos como se muestra en la



*Figura 24.* Se recomiendan en una proporción del 1% respecto al peso del componente<sup>34</sup>.

*Figura 24: Selección y limpieza de gramíneas.  
Fuente: Archivo personal*

Deben ser seleccionadas y recortadas retirando la materia orgánica o basura. Su longitud debe ser de la mitad del ancho del panel para evitar que sobresalga

(Guerrero Baca, 2007, pág. 190).

<sup>34</sup> Datos obtenidos del artículo: "Arquitectura en tierra Hacia la recuperación de una cultura constructiva"

y dificulte su aplicación. Las gramíneas aumentan la adherencia de la mezcla al marco y a los entramados.

Para esta investigación la paja se obtuvo de mercados circundantes en la zona sur de la Ciudad, en la colonia Volcanes de la alcaldía Tlalpan. La longitud máxima para su aplicación en el panel debe ser de 3 cm que equivale a la mitad del espesor de la primera capa de la mezcla que será de 6 cm con la finalidad de que las gramíneas no sobresalgan y se pueda manipular adecuadamente el elemento durante todo el proceso de elaboración. Se enlistan a continuación los pasos de su obtención:

-Se deben seleccionar con cuidado las gramíneas ya que la basura se aloja entre ellas.

-Se mide de forma aproximada una porción que servirá de base para ir cortando las demás con tijeras.

-Se colocan en un recipiente limpio para ser pesadas y posteriormente ser integradas poco a poco en la mezcla.

## 2.5 El carrizo para entramados

El carrizo pertenece a la familia de las gramíneas, es una especie vegetal perenne similar a la caña usada desde hace años como material natural de construcción. Se compone de celulosa, lignina, pentosanos, ceras, grasas, resinas,

sustancias minerales y además es un aislante térmico debido a sus huecos llenos de aire, tiene resistencia a flexión y es hidrofóbico (Díaz et al., 2012, pág. 56).

El carrizo crece en zonas cálidas con depósitos de agua. Cuenta con una forma cilíndrica con divisiones transversales que le aportan rigidez en toda su longitud. Ha sido sometida a pruebas de tracción resultando en resistencias de más de 1000 kg/cm<sup>2</sup>. Posee un diámetro variable que va de 1/2" a 1 1/2" y una altura que alcanza 6 metros o más (Díaz Gutiérrez, 1984, pág. 27). El carrizo se consigue en mercados de la zona de Xochimilco en tiras de 2.4 metros aproximadamente. El material se presenta en color verde como se muestra en la *Figura 25*, sin ningún tipo de tratamiento y al igual que los otros elementos constructivos debe ser almacenado en un lugar cubierto a temperatura ambiente.



*Figura 25: Selección y limpieza de carrizo.  
Fuente: Archivo personal*



Al ser un componente secundario que sirve como estructura para recibir la mezcla de tierra puede permanecer al interior del panel sin ninguna otra protección. El carrizo se colocará entre el armado del mismo panel a manera de zigzag de forma completa o cortándolo por la mitad en lo que se denomina "corte en lata" según la dureza y flexibilidad del mismo (Carazas Aedo, 2021, pág. 37).

Se enlistan a continuación los pasos de su obtención:

-Desde la compra de las piezas se debe corroborar la longitud y el estado del carrizo (color, limpieza y lugar de guardado alejado del agua).

-Posterior al transporte de las piezas estas se deben colocar en un lugar seco e iniciar los cortes y ajustes.

-Se recomiendan cortes alejados de los nudos para mayor facilidad.

-Se deben entrelazar las piezas entre el armado previo del panel para "anclar" el carrizo a la madera.

## **2.6 El hidróxido de calcio como agregado**

La cal desde hace siglos es usada en la construcción, se usó para edificar gran cantidad de desarrollos en Mesoamérica (Barba Pingarrón & Villaseñor Alonso, 2013, pág. 19), se encuentra como piedra caliza [ $\text{CaCO}_3$ ] que al ser introducida en

hornos a altas temperaturas provoca que el  $\text{CO}_2$  se libere para generar "Cal viva" [ $\text{CaO}$ ] muy reactiva. Existen 2 tipos de cal; la hidráulica con silicatos y fraguados al contacto hídrico y la aérea o grasa que resulta de introducirla en agua por tiempos prolongados para obtener hidróxido de calcio [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] o cal apagada. Al estar en contacto con el  $\text{CO}_2$  del medio ambiente se endurece regresando a piedra caliza (Villalobos Ruiz, 2014, pág. 30).

La cal hidratada de forma industrial también conocida como hidróxido de calcio aumenta la resistencia mecánica a compresión y reduce la retracción al ser mezclada con la tierra. La protege contra el clima y permite el paso del aire y del vapor (Guerrero Baca et al., 2011, pág. 46).

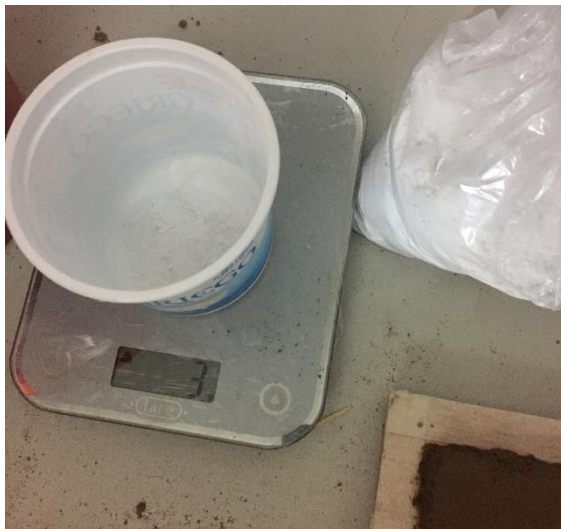
La cal no altera la porosidad y se necesita en reducidas cantidades lo que minimiza el impacto en el medio ambiente producido en su elaboración (Avila Boyas, 2019, pág. 136).

El hidróxido de calcio debe estar limpio y libre de basura para ser usado de manera adecuada en la construcción manteniendo uniformidad en su color y textura como se muestra en la *Figura 26*.

Agregar cal en exceso no provoca cambios benéficos en el comportamiento mecánico.

Se denomina punto de fijación al límite de saturación en el que la cal

adicionada no actúa de forma iónica sino molecular lo que ayuda en los procesos de cementación (Guerrero Baca et al., 2011, pág. 50).



**Figura 26**  
Selección de hidróxido de calcio  
Fuente: Archivo personal

### 2.6.1 Acción puzolánica de la cal

La combinación de cal y tierra provoca 4 procesos de interacción<sup>35</sup>:

-Intercambio iónico<sup>36</sup>: las arcillas poseen cationes<sup>37</sup> de sodio, potasio y magnesio que atraen al agua por efecto del desequilibrio de cargas, la cal integra iones de calcio que desplazan al sodio, potasio y magnesio compensando y controlando las cargas y la atracción del agua.

-Floculación: Tiempo después de agregar cal a la tierra las arcillas pierden

agua y se comportan como un elemento de mayor volumen generando un comportamiento más estable.

-Carbonatación: Reacción más lenta que se produce al combinar hidróxido de calcio con bióxido de carbono del aire lo que provoca la formación de cristales que adhieren minerales de los alrededores lo que aumenta la cohesión de todo el elemento.

-Acción puzolánica: Es una reacción gradual en la que la cal reacciona con óxidos de arcillas generando silicatos y aluminatos de calcio con capacidad cementante.

Las puzolanas se dividen en naturales o de origen mineral como las cenizas volcánicas y las rocas sedimentarias y en artificiales que son las generadas por calcinación de rocas arcillosas o como residuos de productos industriales generados a altas temperaturas.

La acción puzolánica se conoce desde hace siglos por griegos y romanos que las usaron para incrementar la resistencia de la cal ante el contacto con el agua (Vargas del Río et al., 2005, pág. 2).

Son elementos que no cuentan con características cementantes pero que

<sup>35</sup> Datos obtenidos del artículo “Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México” (Guerrero Baca et al., 2011, pág. 49) salvo donde se indiquen otros autores.

<sup>36</sup> Ion: Átomo que por pérdida o ganancia de uno o más

electrones obtiene carga eléctrica (Real Academia Española, 2014).

<sup>37</sup> Cation: Ion con carga positiva (Real Academia Española, 2014).

contienen elementos que al mezclarse con agua y cal a temperatura ambiente generan compuestos insolubles estables como son los silicatos y aluminatos de cal que pueden fraguar por hidratación. Para esto no solo se requiere una composición silíceo, también se deben conjuntar otros factores como una estructura molecular reactiva amorfa, composición ferruginosa, silíceo o aluminosa, cierta cristalinidad y estructura y reacción con cal a temperatura y presión ambiente con humedad (Sepulcre Aguilar, 2005, págs. 40-41).

Para la investigación se obtuvo la cal en las casas de materiales de la colonia Volcanes al sur de la Ciudad en la alcaldía Tlalpan. El saco con el que se elaboraron las pruebas fue de 25 kg marca Calidra. Se enlistan a continuación los pasos de su obtención:

-Desde la compra del saco se debe corroborar que el empaque no presente rajaduras.

-La cal debe tener homogeneidad y no contener signos de humedad.

-Se procede al pesaje con balanza convencional para su posterior integración en la mezcla.

## **2.7 La madera para la elaboración del marco**

La madera se extrae de la parte interna de los árboles leñosos, es renovable, abundante, orgánica, económica y de fácil manejo para la construcción. La madera se encuentra en la parte interior del tronco después de la corteza. Para su correcto uso debe ser cortada, aserrada, secada (al aire libre o estufada) y preservada con ayuda de químicos como las sales de boro que le aportan resistencia frente a insectos, hongos, horadores marinos (organismos xilófagos) y demás agentes biológicos<sup>38</sup>.

La zona exterior se denomina albura y el interior duramen que es mucho más resistente. Las células de la madera son similares a largos conductos con la dirección del tronco. Esta estructura le aporta características específicas según el esfuerzo al que se le someta (anisotropía<sup>39</sup>) por lo que se deben considerar las 3 direcciones posibles del elemento<sup>40</sup>:

-Axial o paralela al eje; En esta dirección la madera tiene las mejores propiedades.

-Radial o transversal y normal a los

---

<sup>38</sup> Datos obtenidos del libro: "Construir con bajareque Cerén. Experiencias en el contexto de Oaxaca, México" (Carazas Aedo, Construir con bajareque Cerén. Experiencias en el contexto de Oaxaca, México, 2021, págs. 29-31).

<sup>39</sup> Con propiedades diferentes según su dirección (Real Academia Española, 2014).

<sup>40</sup> Datos obtenidos del libro "Construcción de estructuras de madera (Urbán Brotóns, 2012, págs. 10-11).

anillos de crecimiento; En esta dirección la madera tiene un adecuado comportamiento a compresión.

-Tangencial o transversal pero tangente a los anillos de crecimiento; En esta dirección se presentan deformaciones.

Según el Anuario estadístico de la producción forestal 2018 (SEMARNAT, 2021, pág. 74), la mayor producción forestal la tiene el Pino con el 70.5%, muy separado del Encino con un 14.5% y del Oyamel con un 2.6%<sup>41</sup>. En la *Figura 27* se muestra la obtención y corte para el panel elaborado con madera de pino. Esta madera es importante para el desarrollo ambiental, es un regulador en los procesos hidrológicos, contiene a varias especies animales, se extraen también semillas y resinas para la construcción y aporta cualidades térmicas, acústicas y de ligereza (Flores Meneses, 2020, pág. 40). En la investigación se eligió también por ser la más económica y de fácil adquisición y manejo en las madererías de la zona sur de la Ciudad. La madera debe provenir de aserraderos que a su vez la procesen de bosques y selvas certificadas<sup>42</sup> (bosques sustentables). Se enlistan a continuación los pasos de su obtención:

-Selección y revisión visual del estado físico de la madera en general.

-Obtención de madera de pino en medidas de 4 x 4", 1 x 4" y 1 x 5"

-Cortes y ajustes con herramienta simple según las medidas del panel.

-Ensamble con herramienta simple.



*Figura 27: Selección de madera.  
Fuente: Archivo personal*

<sup>41</sup> En el Anuario estadístico de la producción forestal 2018, se presentan a detalle el porcentaje de todas las especies por estado, valor de la producción, entre otros (SEMARNAT, 2021).

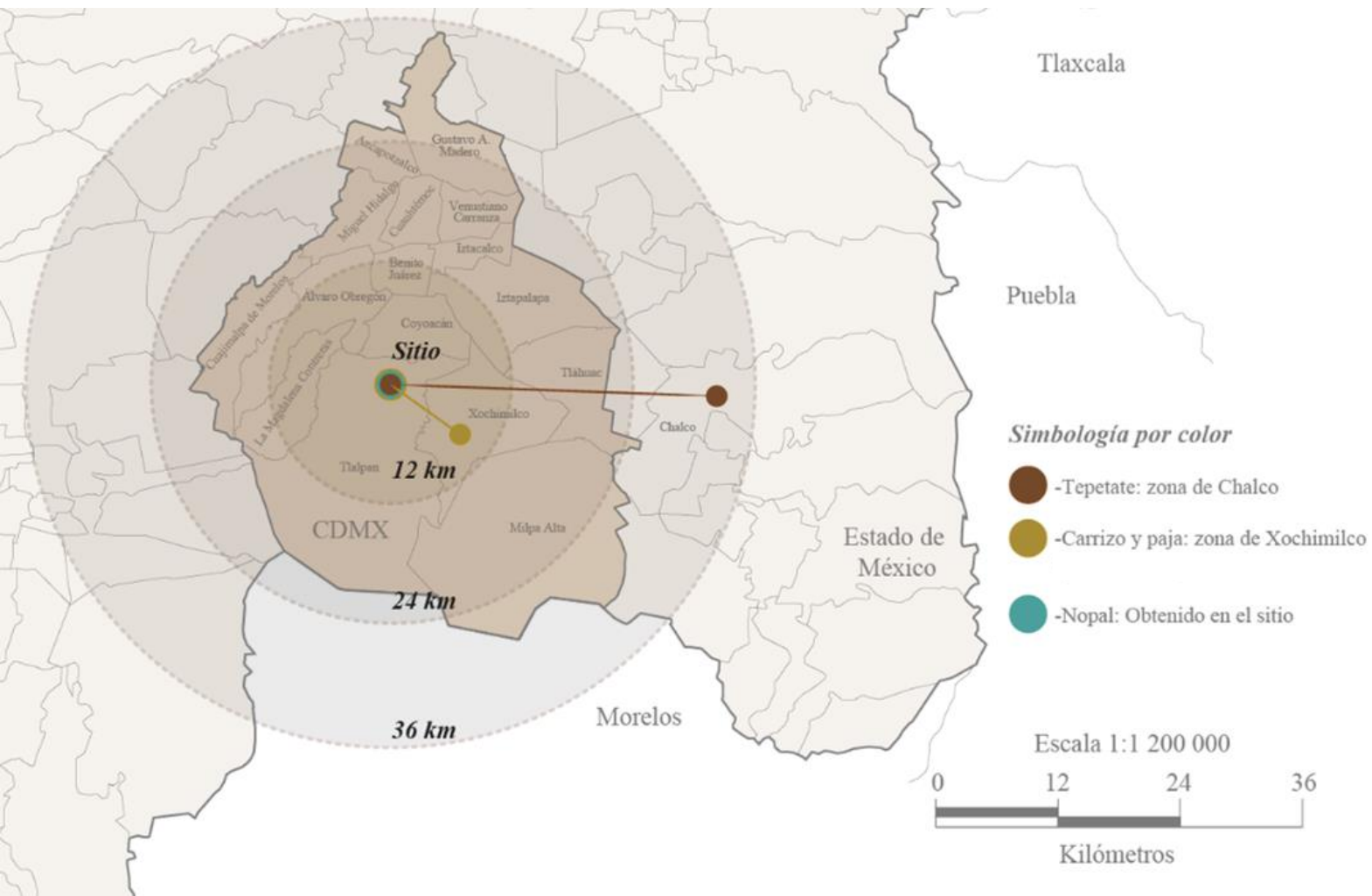
<sup>42</sup> El catalogo de empresas forestales certificadas 2018 se encuentra dividido por estados en: [https://www.conafor.gob.mx/fmfsep/docs/Catalogo\\_FSC\\_VF\\_Compressed.pdf](https://www.conafor.gob.mx/fmfsep/docs/Catalogo_FSC_VF_Compressed.pdf)



La madera representa un recurso importante, resistente al paso del tiempo si

se preserva de forma adecuada y con una apariencia estética incomparable.

A continuación, en la *Figura 28* se muestra un mapa con las distancias aproximadas entre el sitio de la construcción (zona sur de la Ciudad) y los lugares de donde se obtienen los insumos:



*Figura 28: Mapa de referencia entre el sitio y la procedencia de los insumos.*  
Fuente: Archivo personal





# Capítulo 3

## *Diseño de los elementos constructivos*

### *3.1 Diseño y capas de la mezcla*

Componentes como las gramíneas, el hidróxido de calcio y el mucílago de nopal son estabilizadores naturales que pueden potencializar a la tierra cuando esta carece de características idóneas para su aplicación en elementos constructivos tipo panel.

El tepetate puede mejorar sus propiedades de cohesión y reducir las fisuras y retracción si se mezcla adecuadamente con los agregados mencionados. Es un material que puede dar forma a paneles contenidos en bastidores de madera para viviendas sostenibles.

Se realizaron revoques para revisar las propiedades y su interacción con el tepetate antes de ser aplicados en el panel. Se revisó la cohesión de la mezcla, el número de fisuras, su ruptura y la retracción completa del componente. Todo lo anterior en un periodo de 72 horas.

Los revoques permiten comparar las variaciones del tepetate con distintos agregados. La selección cuidadosa de los elementos en recipientes por separado, su limpieza, pesaje y preparación de mezclas en forma conjunta permitió medir el tiempo de forma continua sin variar los tiempos de secado.

Se colocaron en una superficie plana y las mediciones se realizaron con vernier ya que permite tomar mediciones exteriores, interiores y de profundidad. El pesaje de los componentes se efectuó con balanza simple en recipientes independientes.

De las dosificaciones usadas en la construcción con tierra se obtuvieron los siguientes criterios de cantidad de agua; 16% para mezclas sin cal y 25% para mezclas con cal.

Los datos se corroboraron al revisar el comportamiento y plasticidad del



material que fue mezclado por medios manuales a temperatura ambiente.

El porcentaje de mucílago de nopal se estableció al 16% y en el caso de las gramíneas del 1.5% al 2% (Díaz Gutiérrez, 1984, pág. 29). El porcentaje de cal se obtuvo de mediciones de pH según la norma<sup>43</sup> ASTM-D-6276-99<sup>a</sup> que derivó en dosificaciones de 1.0% en peso seco (Guerrero Baca et al., 2011, pág. 56). Se elaboraron 16 muestras con 2 mezclas de control; Tepetate + agua y Tepetate + agua + cal, las restantes fueron las que se enlistan en la *Tabla 4 y 5*.

*Tabla 4*  
*Mezcla de componentes sin cal*

Mezcla	Tierra	Agua 16%	Mucílago 16%	Paja 1.5%	Cal 1.0%
Tepetate + agua	240 gr.	40 gr.	-	-	-
Tepetate + mucílago	240 gr.	-	40 gr.	-	-
Tepetate + agua + paja	240 gr.	40 gr.	-	3 gr.	-
Tepetate + mucílago + paja	240 gr.	-	40 gr.	3 gr.	-

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 5*  
*Mezcla de componentes con cal*

Mezcla	Tierra	Agua 25%	Mucílago 16%	Paja 1.5%	Cal 1.0%
Tepetate + agua	240 gr.	60 gr.	-	-	3 gr.
Tepetate + mucílago	240 gr.	-	60 gr.	-	3 gr.
Tepetate + agua + paja	240 gr.	40 gr.	-	3 gr.	3 gr.
Tepetate + mucílago + paja	240 gr.	-	60 gr.	3 gr.	3 gr.

*Fuente: Elaboración propia*

El espacio de experimentación debió ser cerrado, con acceso a tarja, mesas de trabajo y espacios de guardado. Se requirieron herramientas como coladeras, cubetas, martillos, clavos y cuñas. Se dividió un espacio para trabajo en seco en el que se realizó la selección y el pesaje de los componentes y otro espacio destinado a las mezclas donde se elaboraron y aplicaron los revoques. Éstos se colocaron en una tabla previamente humedecida y dividida en rectángulos de 13 x 12 cm por 1 cm de espesor con ayuda de un marco elaborado de la misma medida y una cuña. A lo largo del proceso se tomaron fotos y medidas con vernier.

De acuerdo con el análisis previo las muestras con variantes que incluyeron mucílago se debían mantener adheridas a la superficie de madera con un secado más lento y manteniendo una mayor cohesión entre las partículas de arcilla. Las gramíneas debían agregar cuerpo a la mezcla reduciendo en gran medida las fisuras en todo el revoque y la incorporación del hidróxido de calcio debía aportar resistencia y reducir la retracción del componente.

La aplicación de los revoques se realizó considerando en primer lugar las muestras de control, después las muestras

<sup>43</sup> El dato completo de la norma es: Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion

Requirement for Soil Stabilization (ASTM-D-6276-99<sup>a</sup>, 1999).



con mucílago y al final las muestras con cal para evitar combinar componentes. Todas fueron aplicadas en un lapso de 2 horas. Posterior a la aplicación se tomaron medidas en periodos continuos de 12 horas y registros fotográficos que después se

revisaron con medios digitales invirtiendo su color para hacer énfasis en las variantes generadas por fisuras.

A continuación, se enlistan los resultados de dichas mezclas.

### *Mezclas de Tepetate + Agua:*

Las mezclas presentaron adherencia deficiente a las 24 horas de la aplicación. Desde las primeras horas aparecieron grietas que iniciaron en los bordes del revoque aumentando su ancho y largo y debilitando las esquinas. La primera aplicación se colapsó por completo y la segunda permaneció adherida en un porcentaje mínimo como se aprecia en la *Figura 29*. Tuvieron un comportamiento similar y mostraron ser insuficientes para implementarse en la elaboración de elementos constructivos.

### *Mezclas de Tepetate + Mucílago:*

Las mezclas presentaron mínimas mejoras de adherencia, pero al igual que la muestra anterior tuvo un aumento paulatino de fisuras que terminaron por atravesar por completo el revoque aumentando en la parte central lo que provocó su total colapso. Las 2 muestras se comportaron de forma similar en cantidad de fisuras y retracción como se aprecia en la *Figura 30*.

*Figura 29 (izquierda): Mezclas de Tepetate + Agua al inicio de la aplicación y 72 horas después.*

*Fuente: Archivo personal*

*Figura 30 (derecha): Mezclas de Tepetate + Mucílago al inicio de la aplicación y 72 horas después.*

*Fuente: Archivo personal*



### *Mezclas de Tepetate + Agua + Paja*

Las mezclas presentaron un rendimiento adecuado manteniendo una adherencia completa en todo el análisis. Presentó algunas fisuras al centro que aumentaron su espesor, pero no su extensión por lo que no llegaron hasta los bordes. No presentó retracción significativa y en las 2 muestras el comportamiento fue similar. Después del análisis de 72 horas el revoque continuó adherido sin variaciones como se aprecia en la *Figura 31*.

### *Mezclas de Tepetate + Mucílago + Paja*

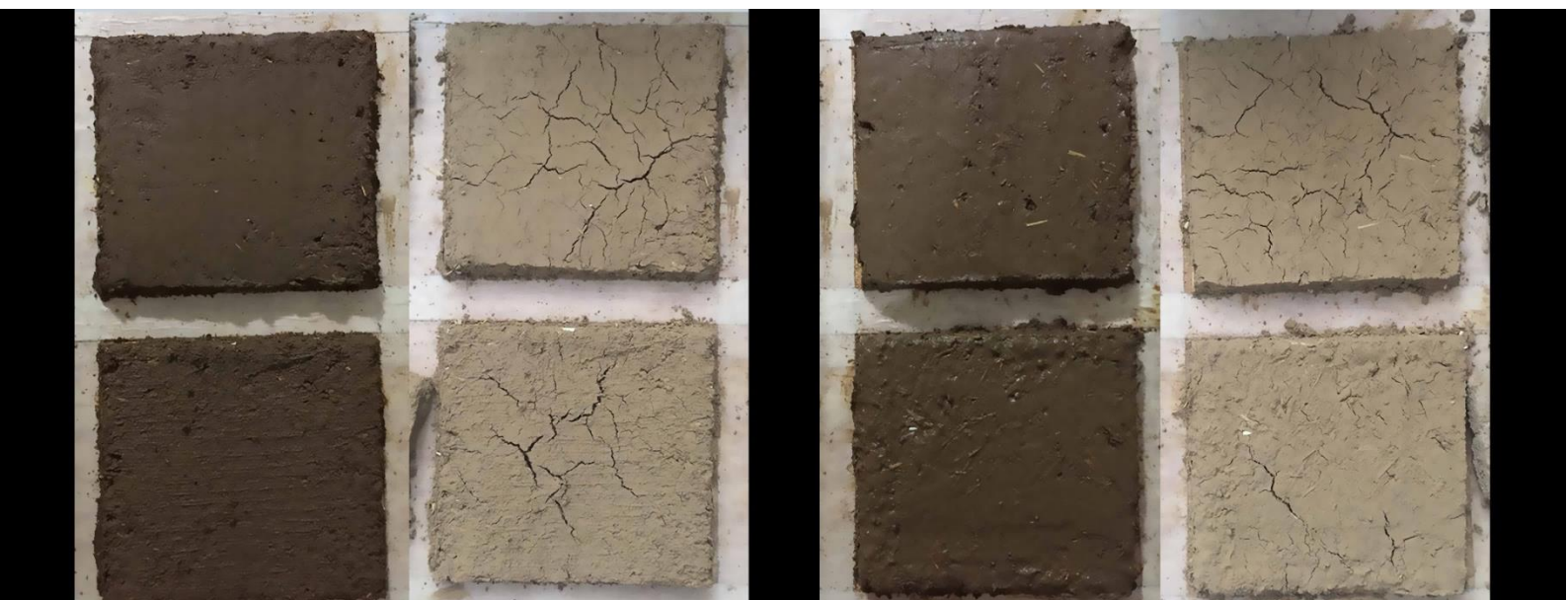
Las mezclas presentaron un comportamiento similar al de la muestra anterior manteniendo una adherencia completa a la superficie. Se presentaron menos fisuras al centro que en la muestra anterior y se mantuvieron estables reduciendo su largo y ancho. No presentó una retracción significativa como se aprecia en la *Figura 32*.

*Figura 31 (izquierda): Mezclas de Tepetate + Agua + Paja al inicio de la aplicación y 72 horas después.*

*Fuente: Archivo personal*

*Figura 32 (derecha): Mezclas de Tepetate + Mucílago + Paja al inicio de la aplicación y 72 horas después.*

*Fuente: Archivo personal*



*Mezclas de Tepetate + Agua + Cal*

Las mezclas presentaron una adherencia deficiente desprendiéndose por completo en menos de 24 horas como se aprecia en la *Figura 33* donde el componente se deslizo hacia abajo. Contaron con una retracción menor a 2 mm y fisuras que atravesaron el elemento restando su capacidad de cohesión. El comportamiento de ambas mezclas fue similar. Agregar cal a los revoques los tornó en un color más claro y una apariencia menos porosa.

*Mezclas de Tepetate + Mucílago +*

*Cal*

Las mezclas presentaron las mismas características de adherencia de la muestra anterior desprendiéndose por completo antes de las 24 horas y desplazándose hacia abajo como se aprecia en la *Figura 34*. Las fisuras fueron menores que el ancho del elemento. Las muestras presentaron una retracción mayor y en los 2 casos hubo un comportamiento similar.

*Figura 33 (izquierda): Mezclas de Tepetate + Agua + Cal al inicio de la aplicación y 72 horas después.*

*Fuente: Archivo personal*

*Figura 34 (derecha): Mezclas de Tepetate + Mucílago + Cal al inicio de la aplicación y 72 horas después.*

*Fuente: Archivo personal*





*Mezclas de Tepetate + Agua + Cal  
+ Paja*

Los revoques no presentaron una adherencia adecuada a la superficie y se desprendieron de la superficie desplazándose hacia abajo al transcurrir las 24 horas como se aprecia en la *Figura 35*. Agregar paja no aportó beneficios ya que se generaron algunas grietas al centro que fueron aumentando su espesor sin llegar a las esquinas. Se presentó retracción con un comportamiento similar en las 2 pruebas.

*Mezclas de Tepetate + Mucílago +  
Cal + Paja*

Las mezclas presentaron un comportamiento similar al anterior formando una tableta sin cohesión a la superficie, pero con fisuras menores al ancho del componente sin llegar a las esquinas como se aprecia en la *Figura 36* que redujeron su espesor y largo en comparación con la mezcla anterior. No se presentó retracción significativa y ambas se comportaron de forma similar.

*Figura 35 (izquierda): Mezclas de Tepetate + Agua + Cal + Paja al inicio de la aplicación y 72 horas después.*  
Fuente: Archivo personal

*Figura 36 (derecha): Mezclas de Tepetate + Mucílago + Cal + Paja al inicio de la aplicación y 72 horas después.*  
Fuente: Archivo personal



Resultado del análisis del comportamiento de los revoques se concluyen los siguientes puntos enlistados en la *Tabla 6*:

*Tabla 6*  
*Mezcla de componentes con cal.*

Mezcla	Adherencia	Fisuras	Retracción
Tepetate + Agua	Deficiente	Mayores al ancho del componente	Colapso total del componente
Tepetate + Mucílago	Deficiente	Mayores al ancho del componente	Colapso total del componente
Tepetate + Agua + Paja	Adecuada	Menores que el ancho del componente	Menor a 2 mm
Tepetate + Mucílago + Paja	Adecuada	Menores que el ancho del componente	Menor a 2 mm
Tepetate + Agua + Cal	Deficiente	Mayores al ancho del componente	Colapso total del componente
Tepetate + Mucílago + Cal	Deficiente	Generadas por el colapso del componente	Mayor a 2 mm
Tepetate + Agua + Paja + Cal	Deficiente	Menores que el ancho del componente	Mayor a 2 mm
Tepetate + Mucílago + Paja + Cal	Deficiente	Menores que el ancho del componente	Menor a 2 mm

*Fuente: Elaboración propia*

-Las mezclas de Tepetate + Agua y Tepetate + Agua + Cal fueron insuficientes debido a la retracción, fisuras y desprendimientos que hicieron colapsar a los revoques.

-La mezcla de Tepetate + Mucílago y Tepetate + Mucílago + Cal aumentó la adherencia del componente, pero no lo suficiente para mantener unido el revoque a la superficie de madera.

-Las mezclas de Tepetate + agua + paja y de Tepetate + Mucílago + paja brindan un mayor cuerpo, presentan una mínima retracción y mantienen una adherencia adecuada reduciendo las fisuras en toda la mezcla.

-Estas 2 últimas mezclas permanecieron adheridas a la superficie de madera después de 72 horas por lo que son la mejor alternativa para colocarlas en un panel de bajareque.

-El comportamiento de las mezclas con cal aumentó la consistencia de los revoques, pero no lograron mantenerse adheridas a la superficie por lo que no presentaron las características necesarias para usarse en elementos tipo panel.

La cal se toma en cuenta sólo como agregado para acabados finales en los que se aplique en capas delgadas o como pintura para brindar mayor resistencia a la humedad.

El tepetate contiene materiales arcillosos amorfos que generan retracción y esto provoca fisuras y desprendimientos. Agregar gramíneas del 1.5% al 2.0% y mucílago de nopal las reduce de forma significativa lo que brinda beneficios al material y posibilita su uso para aplicaciones adecuadas en paneles de bajareque.

El tepetate mezclado con los componentes revisados puede ser implementado en sistemas constructivos y puede significar una opción sustentable, accesible y abundante para satisfacer demandas de espacios habitables reduciendo la dependencia de sistemas industrializados que provocan en su manufactura, colocación y transportación altos gastos energéticos y contaminantes.

### **3.2 El panel de bajareque**

El panel propuesto se ha desarrollado en América desde hace siglos (Carranza, 2010, págs. 10-11), implementa materiales de la región con un mínimo uso en la construcción o utilizados para actividades en las cuales no se obtiene su máximo rendimiento. El panel se elabora en sitio ya que aumenta su peso hasta 7 veces

(Arriola Vigo & Tejada Schmidt, 2008, pág. 17). Aun así representa un peso significativamente menor que otros sistemas constructivos lo que repercute en la sección de los elementos estructurales y en la cimentación, Según la norma ININVI de Perú referente en toda Latinoamérica y distintos documentos de construcción<sup>44</sup> como el “Manual de quincha prefabricada para maestros de obra”, la “Guía de construcción para sísmica”, el libro “Construyendo viviendas con Quincha Mejorada - Tecnología de mitigación de riesgos - Guía práctica” y el documento “Sistema Constructivo Quincha Prefabricada” se obtuvieron criterios generales para la elaboración del panel que se analiza en esta investigación.

#### **3.2.1 Ventajas del panel de bajareque**

La propuesta busca ser una opción frente al uso de paneles convencionales industrializados generando a su vez información de técnicas constructivas ancestrales traídas al presente. De entre sus cualidades se encuentran la capacidad de ser un elemento autoportante<sup>45</sup> que puede ser incorporado a estructuras existentes o anclarse de forma lateral a otros paneles

---

<sup>44</sup> Las referencias bibliográficas de las referencias presentadas se encuentran en: (Arriola Vigo & Tejada Schmidt, 2008), (Carazas Aedo & Rivero Olmos, 2002), (Romero Zeballos, 2008) y (Díaz Gutiérrez,

1984)

<sup>45</sup> Capacidad de soportar su propio peso y el de otros elementos contiguos.

similares. Permite ser el apoyo de puertas, ventanas, mobiliario empotrado y la colocación de instalaciones en su interior. El bastidor de madera que lo contiene permite gran cantidad de anclajes, apoyos y variantes. Las opciones de paneles en el mercado contemplan materiales como el yeso, fibrocemento, poliestireno expandido, acero galvanizado, aluminio y otros compuestos. Todos ellos con requerimientos de materia prima y fabricación que generan resultados adversos en materia ambiental (Flores Meneses, 2020, pág. 23). El panel de bajareque cuenta con cualidades térmicas y acústicas por contener tierra en todo su interior (Valles Molina, 2010, págs. 29-30), se elabora en sitio con herramienta simple y se encuentra de forma accesible en casi cualquier excavación. El barro puede ser reutilizado si no es mezclado con otros componentes químicos.

### ***3.2.2 La mano de obra y la reparación***

Por la sencillez de su implementación el panel puede ser realizado por personas sin capacitación especializada o experiencia previa en la construcción lo que genera ahorros tanto en mano de obra como en herramienta y permite que los mismos habitantes intervengan en la edificación de su vivienda

lo que brinda beneficios técnicos y prácticos y sobre todo permite la consecuente adquisición de conocimientos necesarios para la reparación de los mismos ya que al elaborarlos se conoce su estructura, armado, revoque, componentes, mezclas, tiempos de secado, uniones, restricciones y limitantes, apariencia y resistencia y características generales. La remodelación de los espacios resulta ser más económica al ahorrar tiempo y dinero en demoliciones e incluso se pueden evitar gastos de transportación excesiva como sucede con otros sistemas convencionales (Flores Meneses, 2020, págs. 23-26).

### ***3.2.3 La modulación del panel de bajareque***

Configurar todo el proyecto según las medidas del panel permite reducir el desperdicio y facilita la cuantificación de espacios. La industrialización de otros componentes como pisos, puertas e instalaciones elaborados en medidas similares resulta en un proceso de diseño simple y rápido. El panel se modula según las medidas comerciales de la madera, lo que permite una organización eficaz y siempre determinada por el uso final del espacio. Derivado de los manuales de construcción con bajareque, medidas comerciales de materiales, ensayos



estandarizados y paneles industrializados resulta más sencillo integrar al mercado de la construcción componentes de medidas conocidas.

### **3.2.4 Capas de protección sobre el panel**

La cal mezclada con arena y demás partículas ha sido usada como mortero desde hace siglos (Prado Núñez, 2007, pág. 84). En muros la cal resulta en una función de sellado que se debe colocar después de la segunda capa de tierra. Para los paneles de muros se contempla la mezcla de cal y agua que será colocada con brocha. Esta debe ser espesa para cubrir las posibles grietas.

### **3.2.5 Medidas y elaboración del panel**

El componente se moduló por la altura, sección y espesor de los componentes de madera. El carrizo se obtuvo de 2 cm de diámetro y se colocaron 2 capas de tierra considerando la segunda como acabado final, a continuación, se enlistan las medidas y procedimiento de elaboración de un panel común:

-La madera debe estar seca con un contenido de humedad menor al 20%. Las uniones se realizan con 2 clavos de 3" por unión cuidando que las piezas se encuentren a escuadra.

-Se elabora un bastidor de madera compuesto de soleras perimetrales formando un marco de 1.2 x 2.4 m con 2 piezas de 2.35 m de alto y sección de 10 x 2.5 cm a los lados y 2 piezas de 1.2 m de largo y sección de 10 x 2.5 cm para la parte superior e inferior.

-Los travesaños de madera están compuestos de soleras a 1/3 de la altura de 1.15 m de largo y sección de 5 x 2.5 cm.

-Por último, se colocan 2 listones de 60 cm y sección de 5 x 2.5 cm formando un triángulo sobre y debajo de los travesaños como se muestra en la *Figura 37, 38 y 39*.

-Ya elaborado el panel, travesaños y listones se procede a colocar el carrizo el cual debe medir igual que el alto del panel trenzándolo entre los travesaños. El material debe mantener un espesor regular, en este caso de aproximadamente 2 cm.

-El carrizo debe quedar rígido en su anclaje al bastidor.

-El panel debe ser elaborado y anclado a los soportes inferiores, superiores y laterales antes de colocar el revoque por el aumento significativo de peso.

-El revoque seleccionado según las pruebas realizadas contiene tepetate, paja y mucilago de nopal y debe ser aplicado en 2 capas, la primera de 6 cm (3 cm por lado) de abajo hacia arriba integrando el material entre el carrizo y la madera y dejando secar por 24 horas.

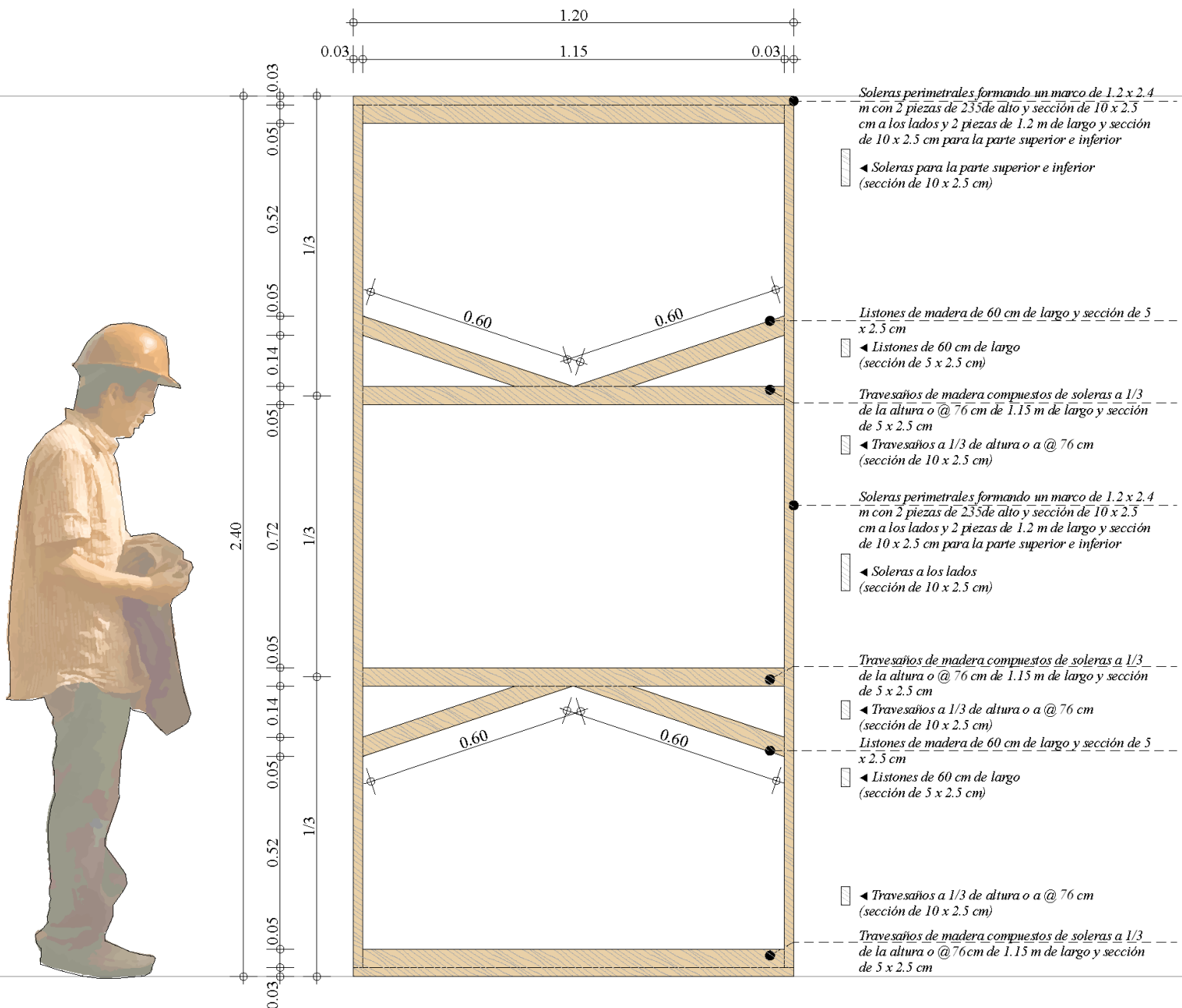
-La segunda capa del revoque o capa de acabado tendrá 4 cm de espesor (2 cm por lado) cubriendo todos los huecos y detalles buscando una apariencia regular sin grumos ni grietas. Esta capa también debe secar por 24 horas

-Se aplica con brocha de 4" la mezcla de cal y agua simulando pintar el elemento.

-Finalmente se aplica en los paneles de la cubierta jabonado de alumbre compuesto de agua, jabón en barra previamente disuelto en agua caliente y piedra alumbre, los cuales son usados para impermeabilizar superficies (Díaz Ramírez & Puyen Lamas, 2019, pág. 24).

Figura 37: Partes que componen el panel: bastidor perimetral, travesaños internos, carrizo anclado y 2 capas de mezcla.

Fuente: Archivo personal



**Figura 38:** Colocación de carrizo anclado al panel. Se colocan 2 capas de revoque y una última como acabado para superficies expuestas a la intemperie.  
Fuente: Archivo personal

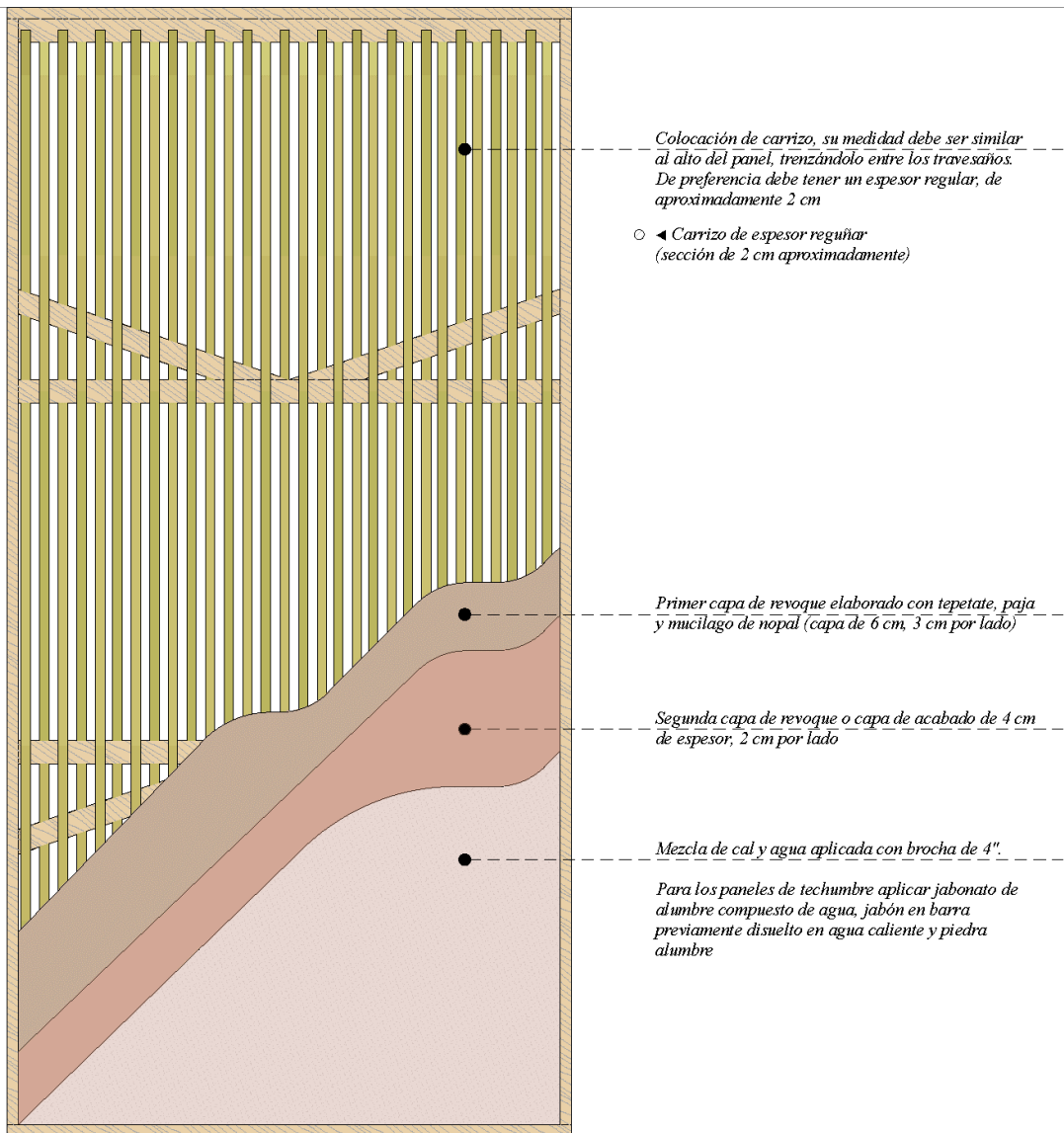
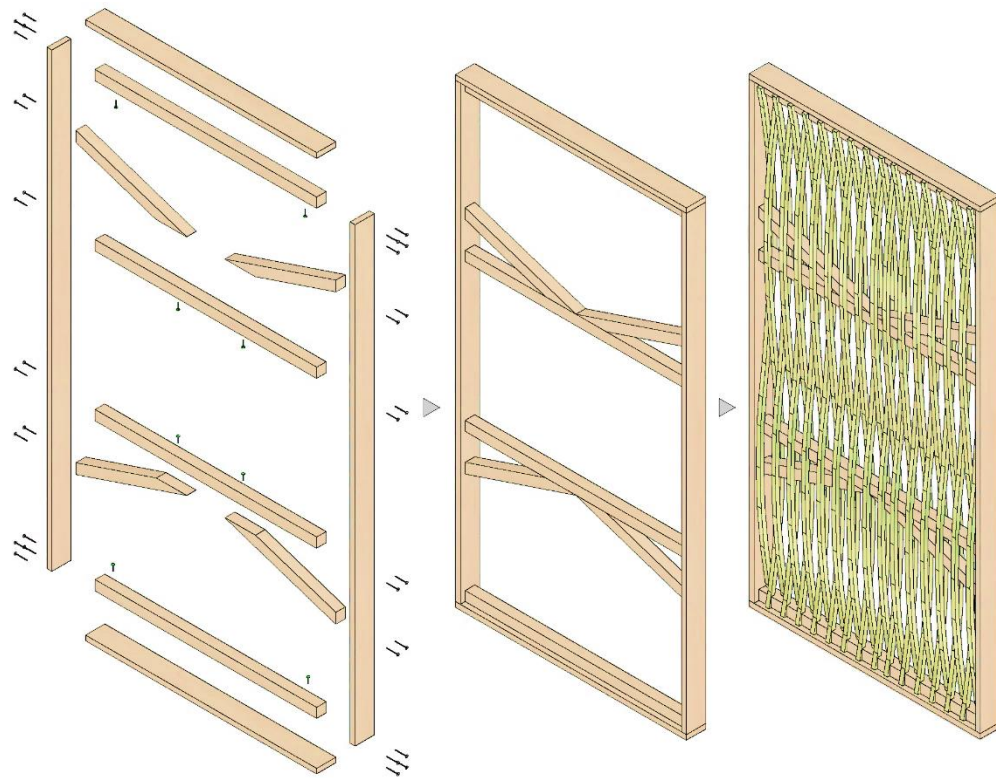


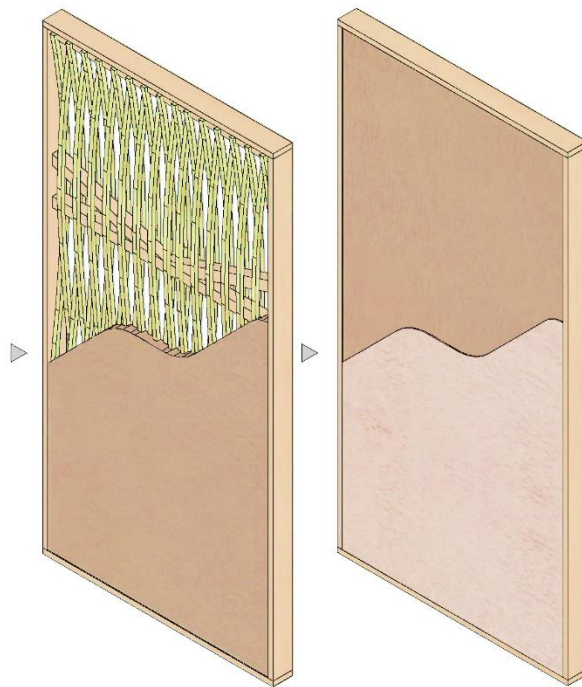
Figura 39: Esquema general del armado de panel  
Fuente: Archivo personal



▲ Despiece de componentes para marco de panel

▲ Ensamble de marco para panel

▲ Colocación de carrizo entre el marco del panel



▲ Aplicación de 1a. capa de revoque

▲ Aplicación de 2a. capa de revoque



### 3.3 Uniones entre panel y estructura de la vivienda

Según la Guía de construcción parasísmica para Bahareque (Carazas Aedo & Rivero Olmos, 2002, pág. 16), para el caso de paneles prefabricados se debe considerar un elemento de madera de 10 x10 cm como refuerzo estructural en las esquinas, encuentros en “T” o “Cruz” y claros de máximo 3.6 m (3 paneles de 1.2 m de largo unidos) contemplando 2 manos de emulsión asfáltica o su similar en pintura impermeabilizante (Díaz Gutiérrez, 1984, págs. 30-31). El anclaje del panel a la cimentación debe considerar también las siguientes condiciones<sup>46</sup>:

-Una cimentación de concreto que contemple el peso de una estructura liviana por ser de bajareque.

-Según la bibliografía el anclaje de paneles a la cimentación debe ser con amarres de alambre previamente ahogados en el concreto dejando sobresalir las puntas para su posterior unión como se muestra en la *Figura 40, 41, 42 y 43*. Se recomienda que cada panel cuente con 3 amarres y si es de menor tamaño que 1.2 m x 2.4 m pueden ser solo 2.

-Las columnas de 10 x 10 cm se

anclarán a la cimentación con 1 varilla de acero corrugado de 5/8 o 15.9 mm previamente ahogada en el cimiento en forma de “L” con un traslape mínimo de 40 cm. La varilla se introducirá en un hueco realizado en la parte central de la cabeza del polín para conectarlo a la cimentación y a la estructura sin riesgo de humedad en la madera.

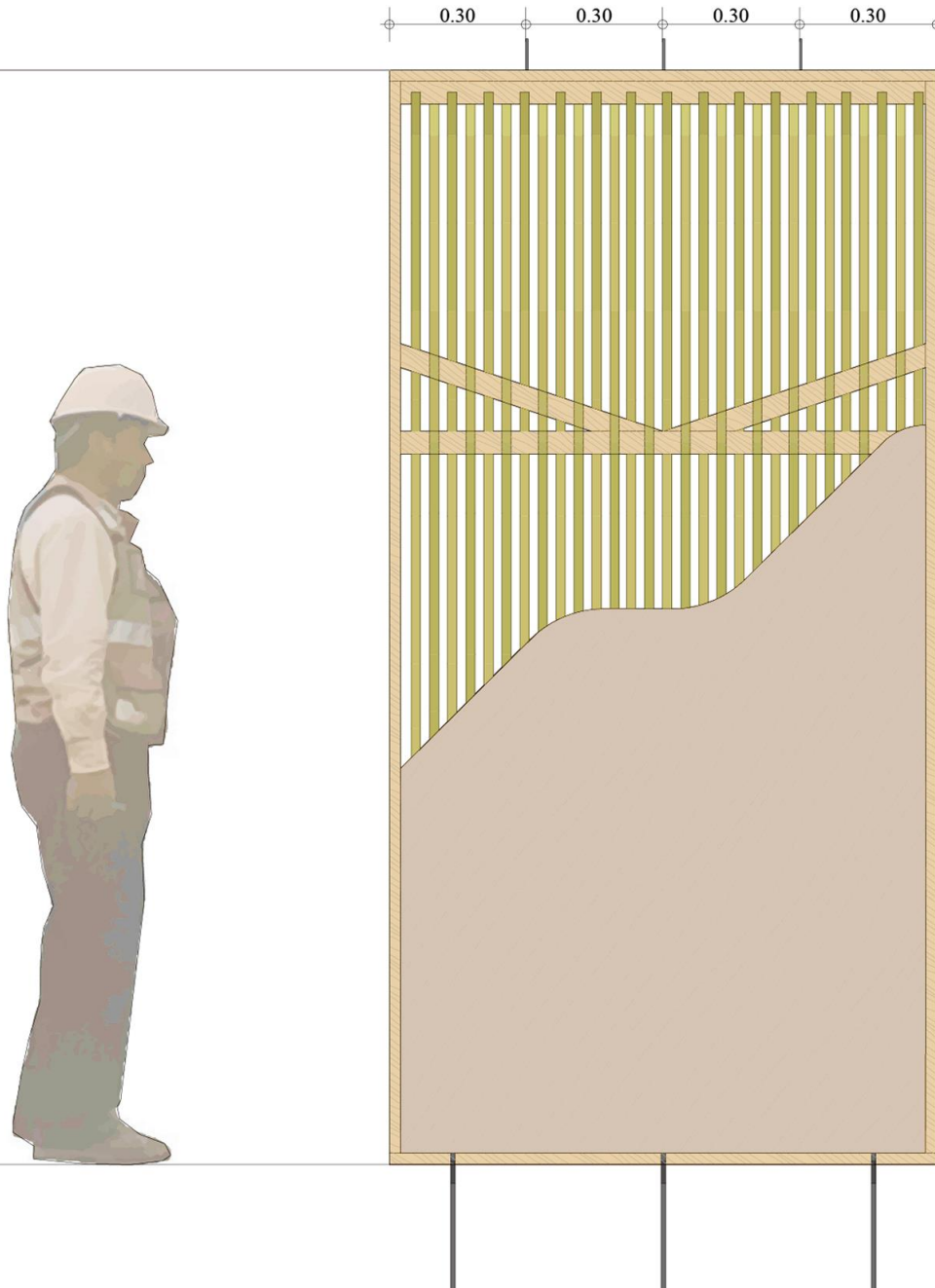
-Se debe aplicar emulsión asfáltica o su similar en pintura impermeabilizante sobre la cara de la cimentación que estará en contacto con la cara del panel.

-Los paneles se unirán entre ellos y entre las columnas de la estructura con 8 clavos de acero de 4”, 4 por lado. Así mismo se unirán con 3 clavos de 5” al sistema de cubierta. No se puede colocar un panel sobre otro debido al anclaje, espesor y peso.

<sup>46</sup> Los datos fueron obtenidos del documento “Sistema constructivo Quincha Prefabricada” (Díaz Gutiérrez, 1984) salvo la conexión de la columna de madera a la

cimentación ya que se busca evitar ahogarla en el concreto para impedir la transmisión de humedad al componente.

**Figura 40:** Anclaje del panel a cimentación y cubierta.  
Fuente: Archivo personal



**Figura 41:** Anclaje del panel a elementos laterales y a columnas de madera. En la parte inferior de la columna se aprecia la varilla insertada que se ahogará posteriormente en la cimentación.  
Fuente: Archivo personal

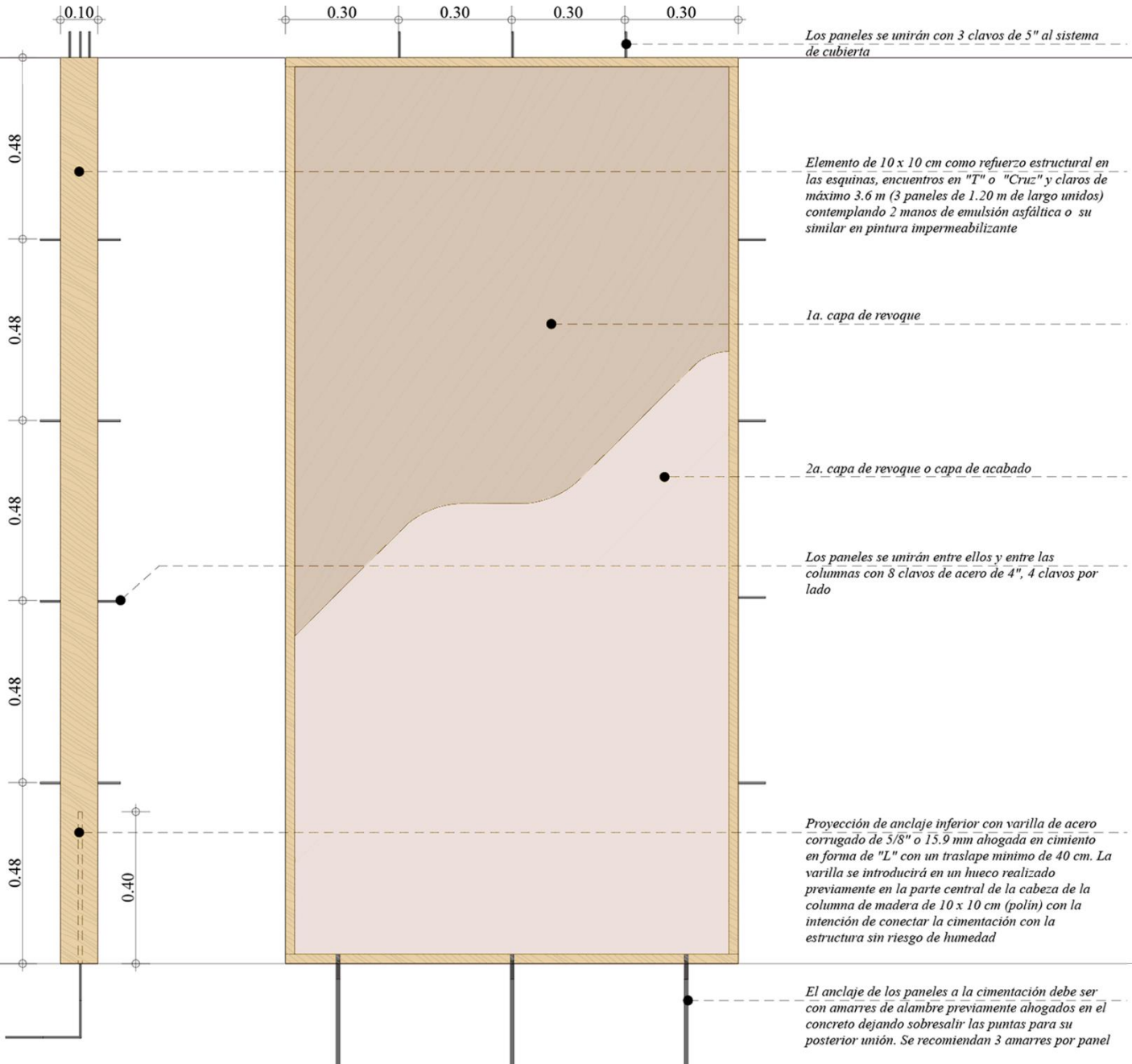
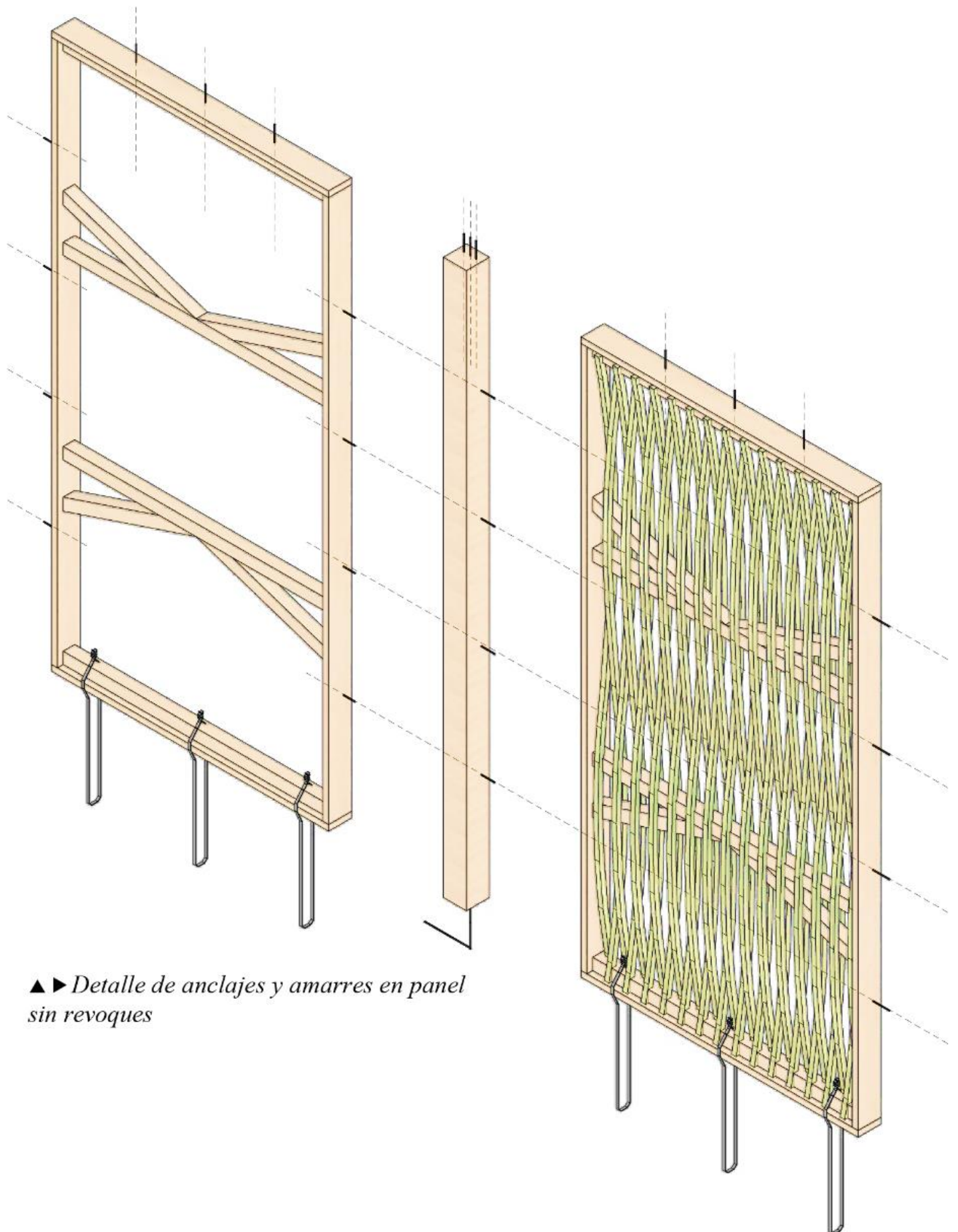


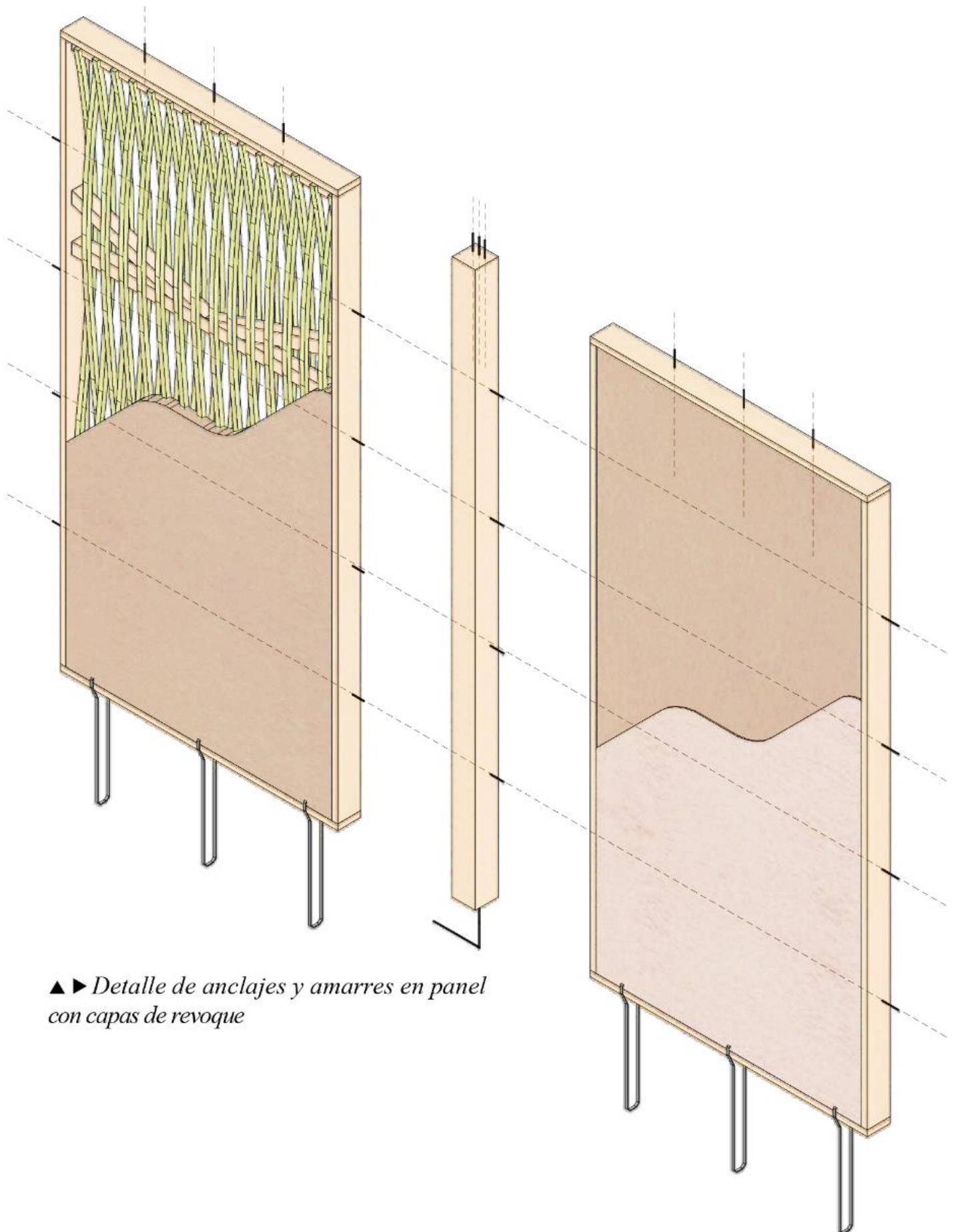
Figura 42: Esquema general de anclaje del panel a elementos laterales y a columnas de madera.  
Fuente: Archivo personal



▲► *Detalle de anclajes y amarres en panel sin revoques*



Figura 43: Esquema general de anclaje del panel y capas de revoque sobre carrizo.  
Fuente: Archivo personal



▲► Detalle de anclajes y amarres en panel con capas de revoque





# Capítulo 4

## *Análisis y desarrollo del prototipo propuesto*

### **4.1 Desarrollo del prototipo de vivienda**

Para establecer una comparativa entre un sistema convencional y un sistema de bajareque se proponen 2 modelos de casa habitación de aproximadamente 60 m<sup>2</sup> con áreas internas definidas según el reglamento de construcciones (Arnal Simón & Betancourt Suárez, 2019, pág. 260) en los que se desarrollan los sistemas constructivos desde los cimientos hasta las cubiertas. Las 2 viviendas presentan mínimas diferencias debido al espesor propio de los sistemas constructivos. Para el diseño se consideraron áreas comunes, servicios y áreas privadas.

Se contemplaron áreas cubiertas o marquesinas en la parte frontal y en la parte posterior como elemento protector de la construcción.

### **4.1.1 Módulo de vivienda**

El módulo de vivienda propuesto cuenta con un desplante aproximado de 8.00 metros de frente por 7.40 metros de profundidad con un total de 59.20 m<sup>2</sup>. El programa arquitectónico se compone de sala, comedor, cocina, recamara 1, recamara 2, baño y áreas cubiertas junto al acceso frontal y posterior. Los espacios se modularon a cada 3 m contemplando un núcleo central de 1.80 para el baño principal. La altura de los entrepisos es de 2.40 m en toda la vivienda.

Para el análisis del modelo convencional se contemplaron zapatas corridas de concreto armado como cimentación, aplanados de mortero-cemento-arena y muros de block de concreto, estructura de concreto armado, losa de vigueta-bovedilla con relleno de concreto y pendiente del 5%, castillos, trabes y columnas de concreto armado con

varillas de 3/8". Para el análisis del modelo de bajareque se contemplaron zapatas corridas de piedra como cimentación, paneles de tepetate, mucilago, carrizo y madera con una capa de cal como protección para los muros y cubierta elaborada con paneles de tepetate de forma similar a los muros. En este caso la pendiente la da la misma estructura sin necesidad de rellenos extra. Las vigas y columnas son de madera y actúan como soporte principal.

El módulo de vivienda es simétrico para facilitar su análisis como se aprecia en la *Figura 44*.

A continuación, se presenta la planta arquitectónica, fachadas frontales y posteriores y cortes de ambos sistemas.

En la *Figura 45, 46 y 47* se presenta el sistema de bajareque y en la *Figura 48, 49 y 50* el sistema convencional.

*Figura 44: Comparativa entre 2 sistemas constructivos, bajareque a la izquierda y convencional a la derecha. Fuente: Archivo personal*

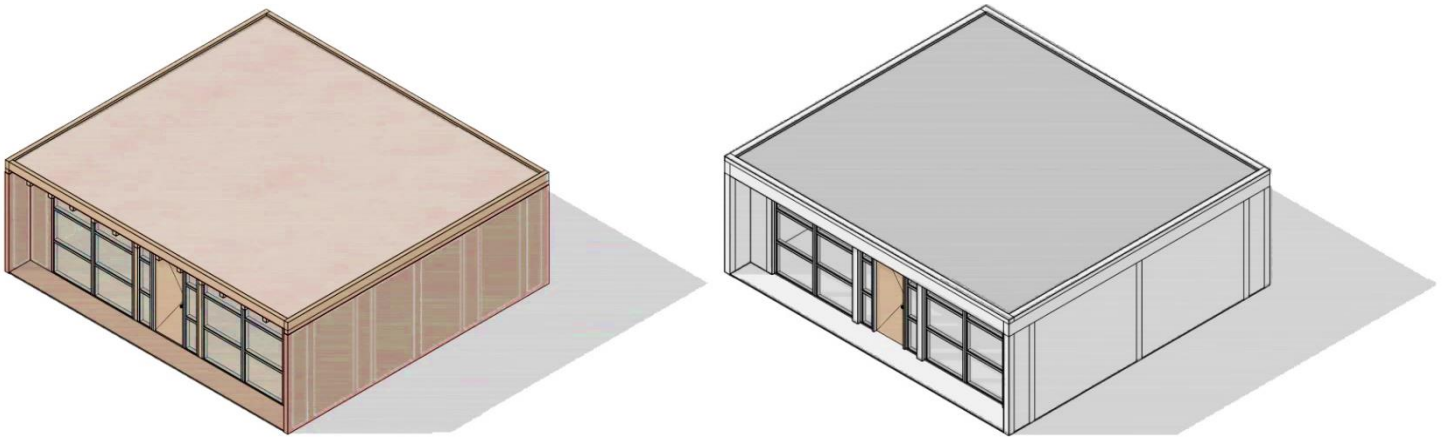
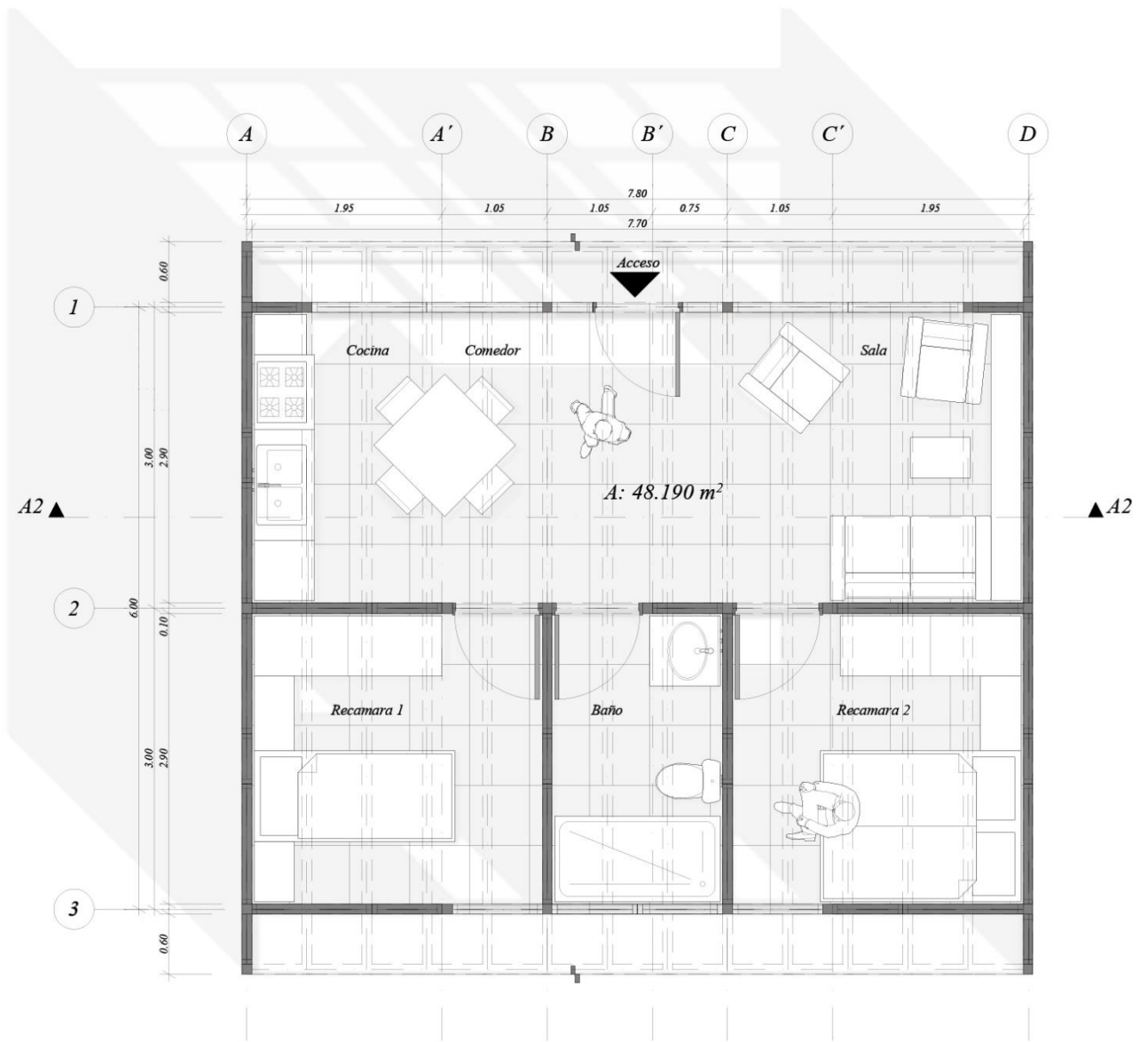




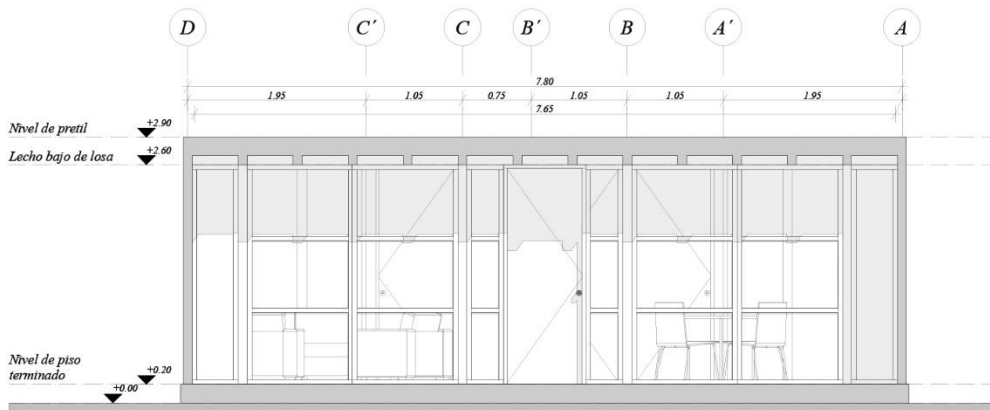
Figura 45: Planta Arquitectónica - Sistema de bajareque.  
Fuente: Archivo personal



## Planta Arquitectónica

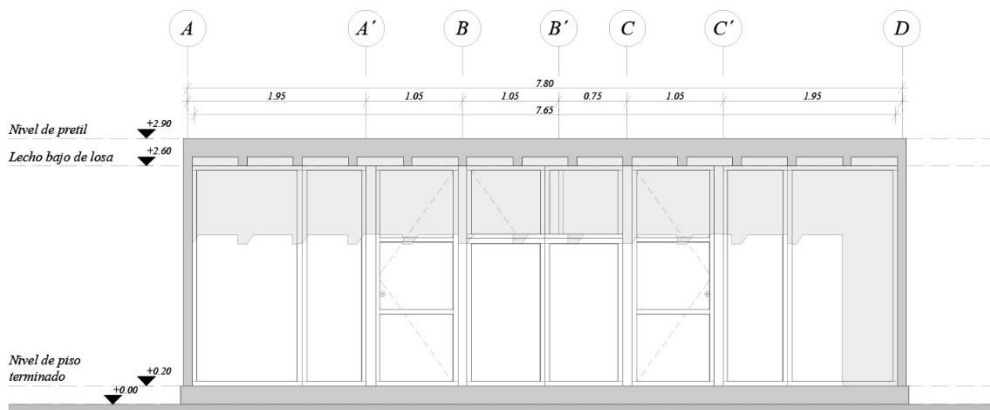
### Sistema de bajareque

Figura 46: Fachadas y Corte Arquitectónico - Sistema de bajareque.  
Fuente: Archivo personal



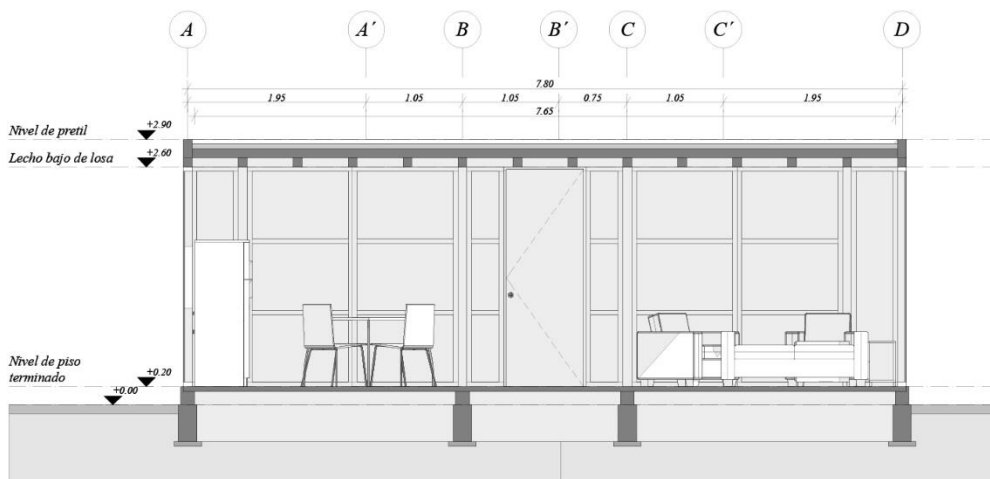
Fachada frontal

Sistema de bajareque



Fachada posterior

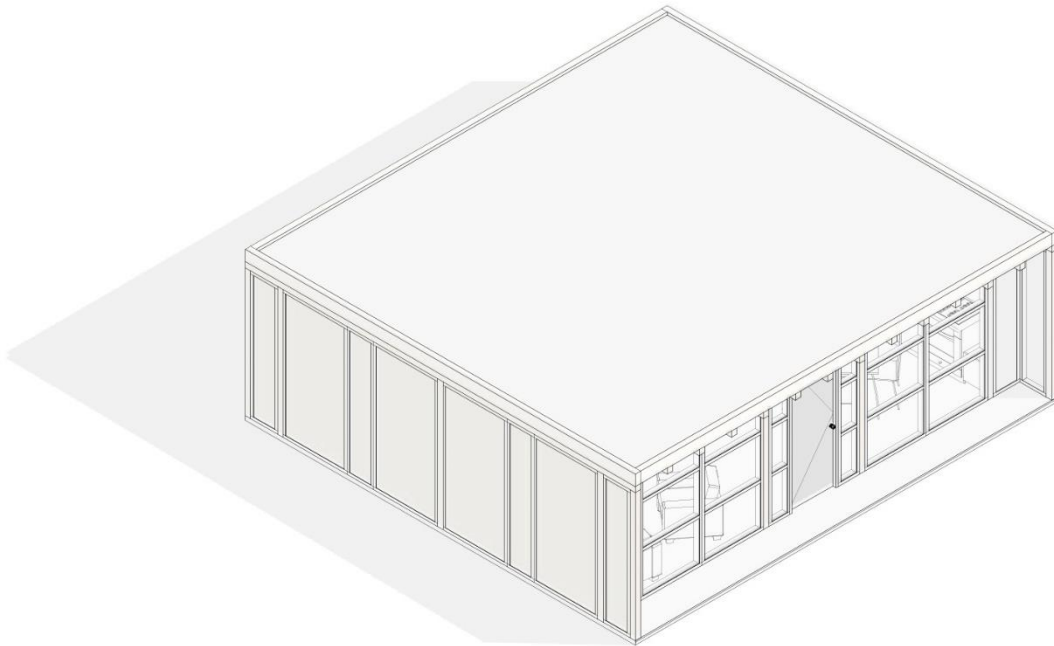
Sistema de bajareque



Corte A2

Sistema de bajareque

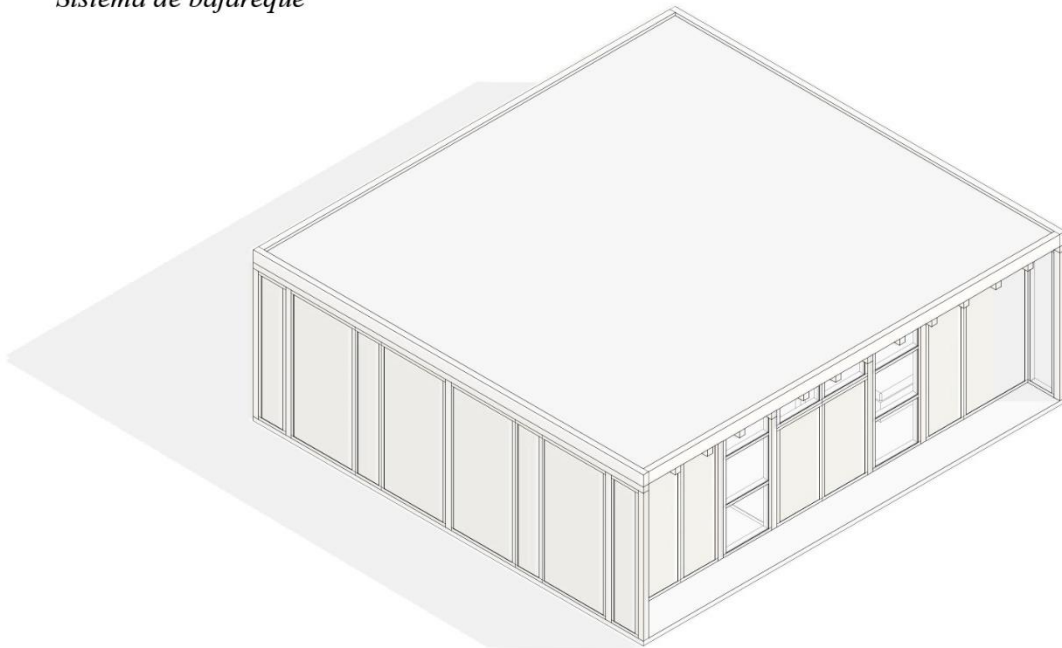
*Figura 47: Fachadas y Corte Arquitectónico - Sistema de bajareque.  
Fuente: Archivo personal*



*Fachada frontal*

*Sistema de bajareque*

---

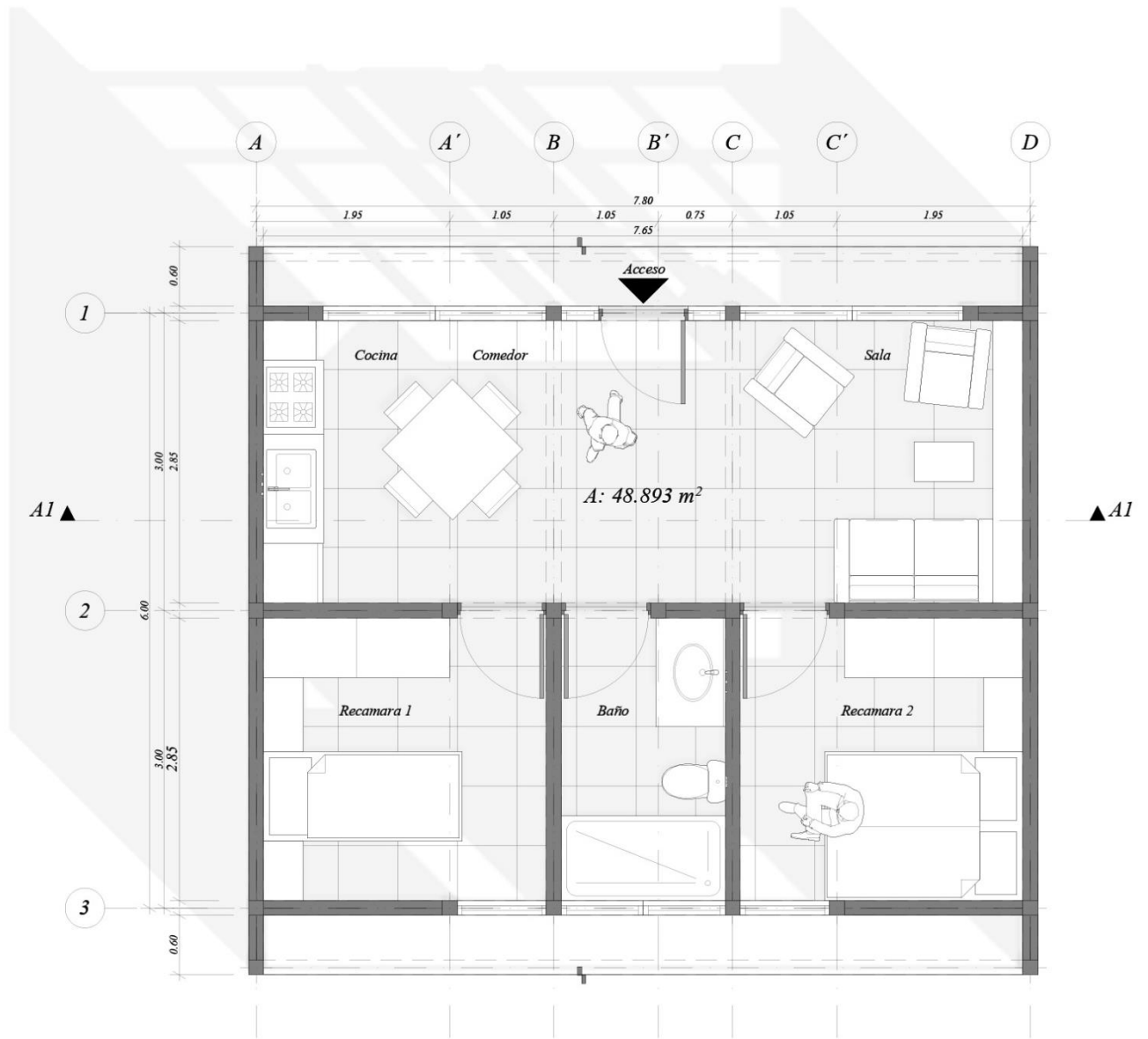


*Fachada frontal*

*Sistema de bajareque*

---

Figura 48: Planta Arquitectónica - Sistema convencional.  
Fuente: Archivo personal

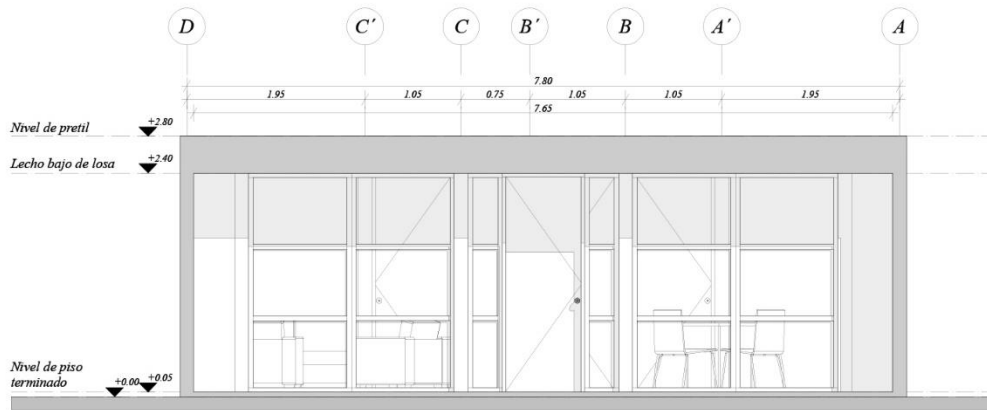


*Planta Arquitectónica*

*Sistema convencional*

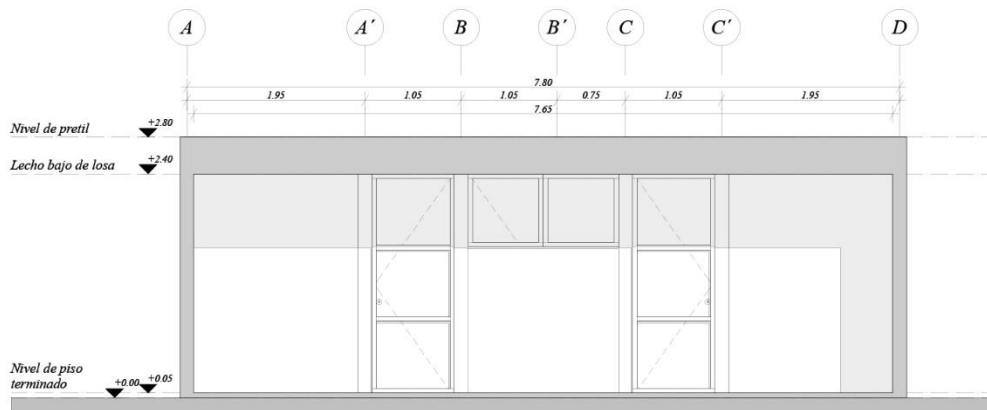


Figura 49: Fachadas y Corte Arquitectónico - Sistema convencional.  
Fuente: Archivo personal



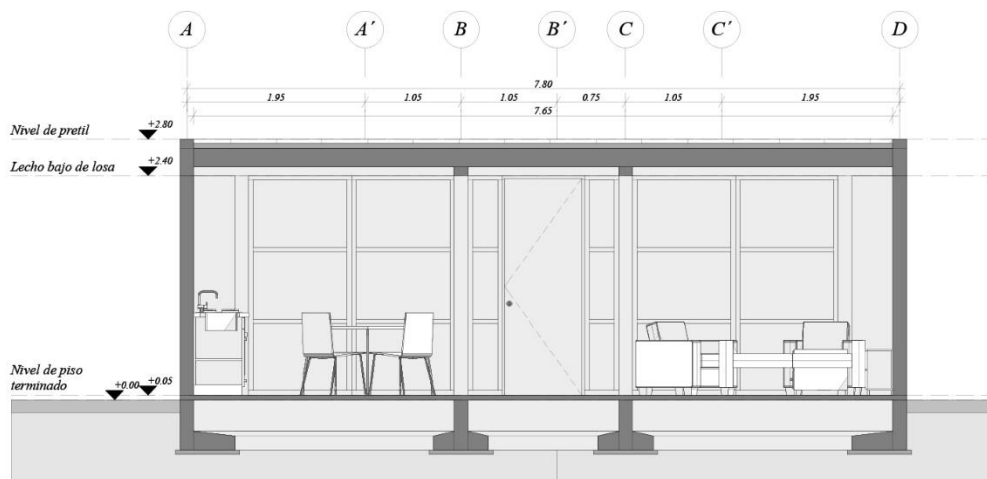
Fachada frontal

Sistema convencional



Fachada posterior

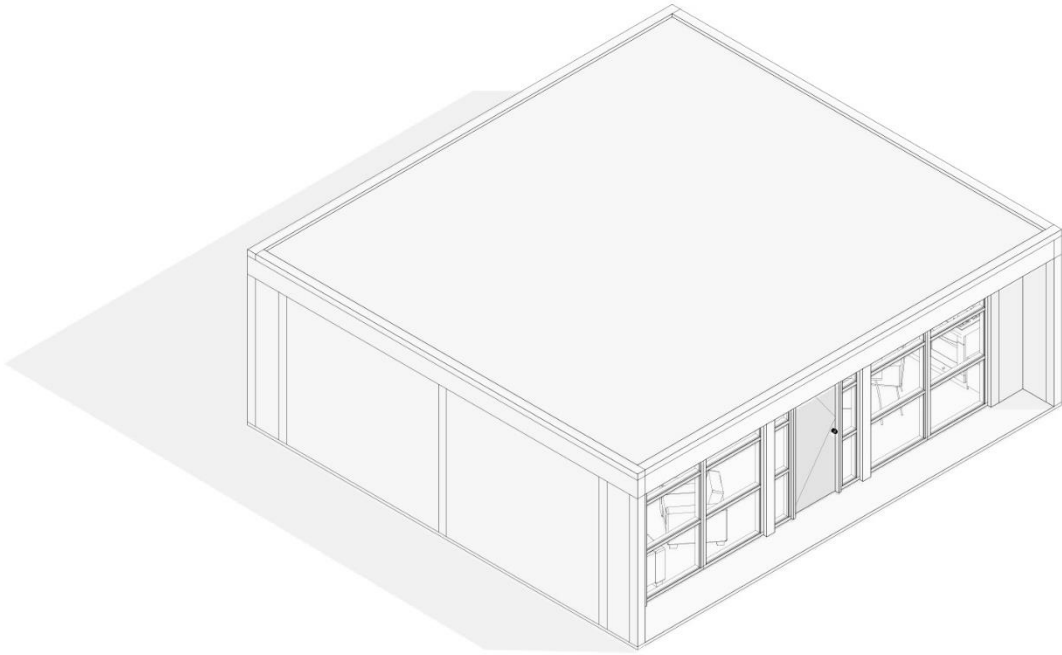
Sistema convencional



Corte A1

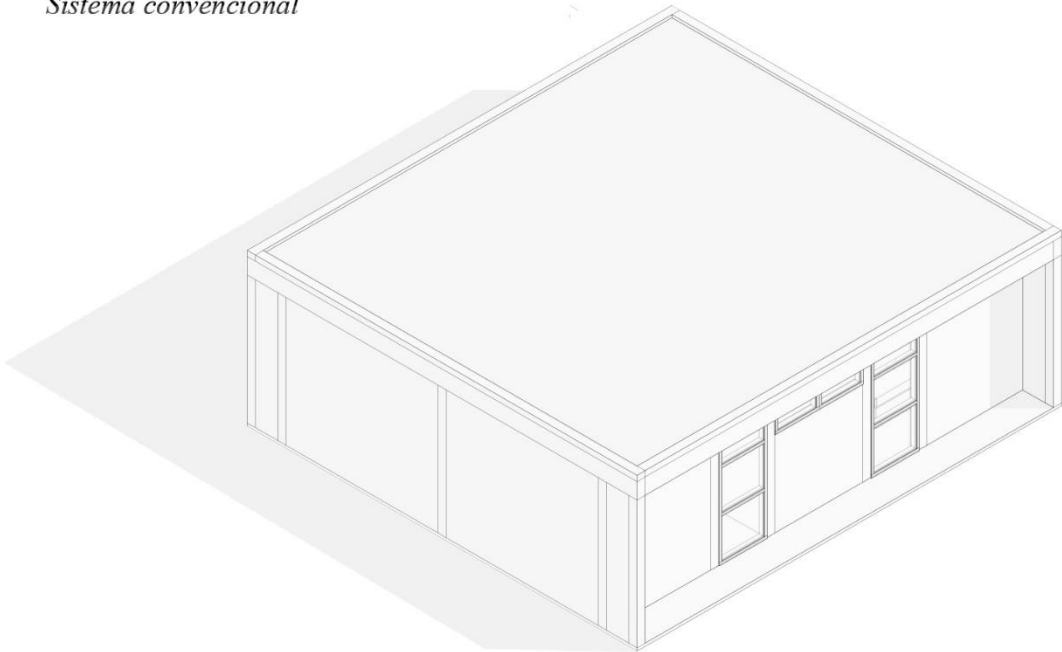
Sistema convencional

*Figura 50: Fachadas y Corte Arquitectónico - Sistema convencional.  
Fuente: Archivo personal*



*Fachada frontal*

*Sistema convencional*



*Fachada posterior*

*Sistema convencional*

## 4.2 Análisis de costos

Para el análisis económico de las propuestas se determinó el listado de conceptos mostrado a continuación por sistema constructivo:

### 4.2.1 Sistema convencional

#### -Partida de cimentación:

Trazo y nivelación, excavación, plantilla, zapata corrida de concreto armado, impermeabilización en cimentación, relleno y piso de concreto.

#### -Partida de estructura:

Muros de block de concreto, castillos de concreto armado, aplanados y emboquillados.

#### -Partida de cubierta:

Cadena de concreto armado, losa de vigueta bovedilla, relleno de tezontle, pretil de block de concreto e impermeabilización.

El sistema convencional tiene gran aplicación en viviendas de la ciudad, los materiales se consiguen con relativa facilidad y se detallan en la *Figura 51* y *52*. En la *Tabla 7* se muestra el metraje y precios unitarios por partida.

*Figura 51: Detalle esquemático del sistema constructivo convencional de concreto armado.*

*Fuente: Archivo personal*

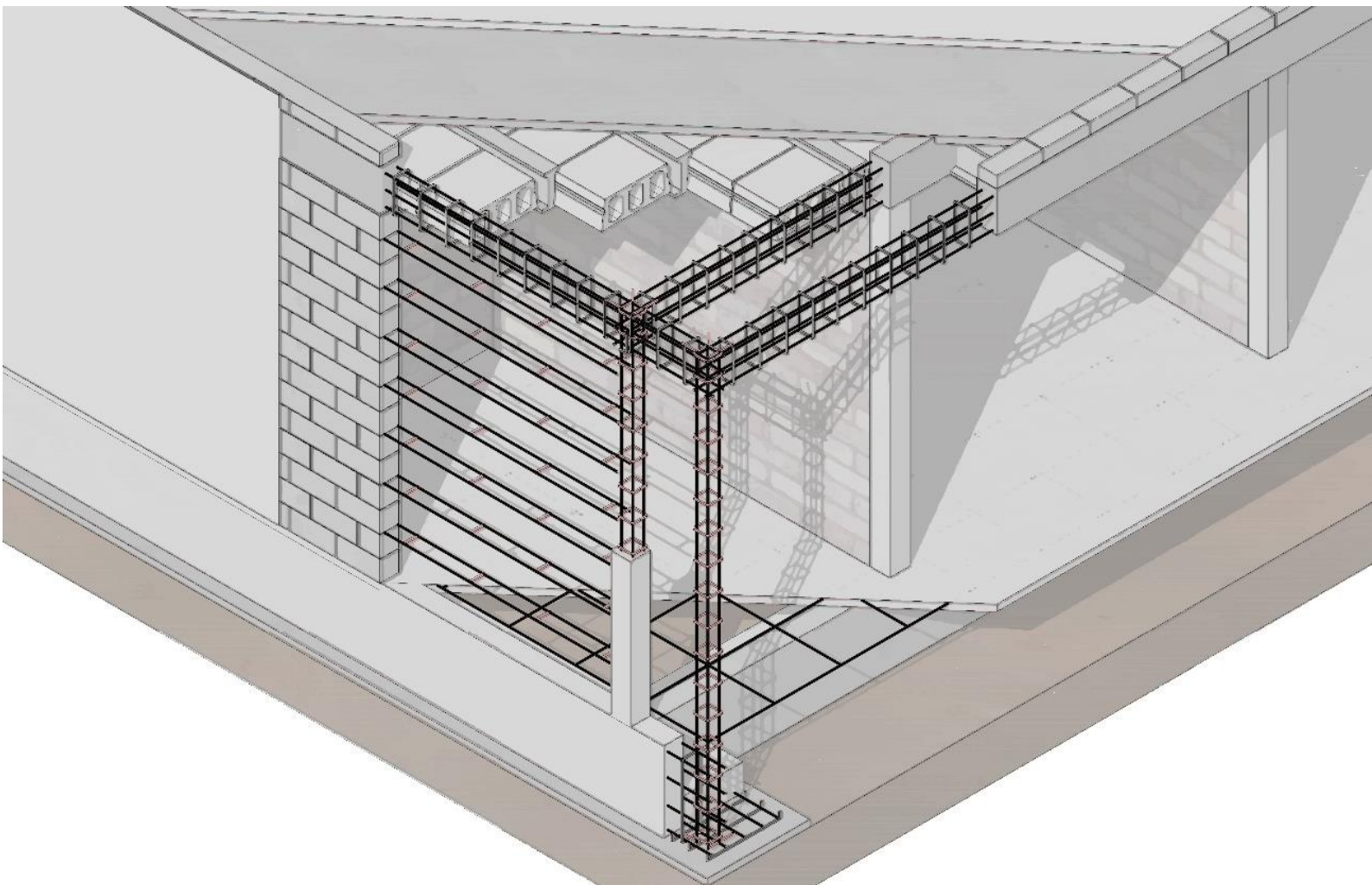


Figura 52: Lista de conceptos del sistema constructivo convencional de concreto armado.  
Fuente: Archivo personal

## Sistema convencional

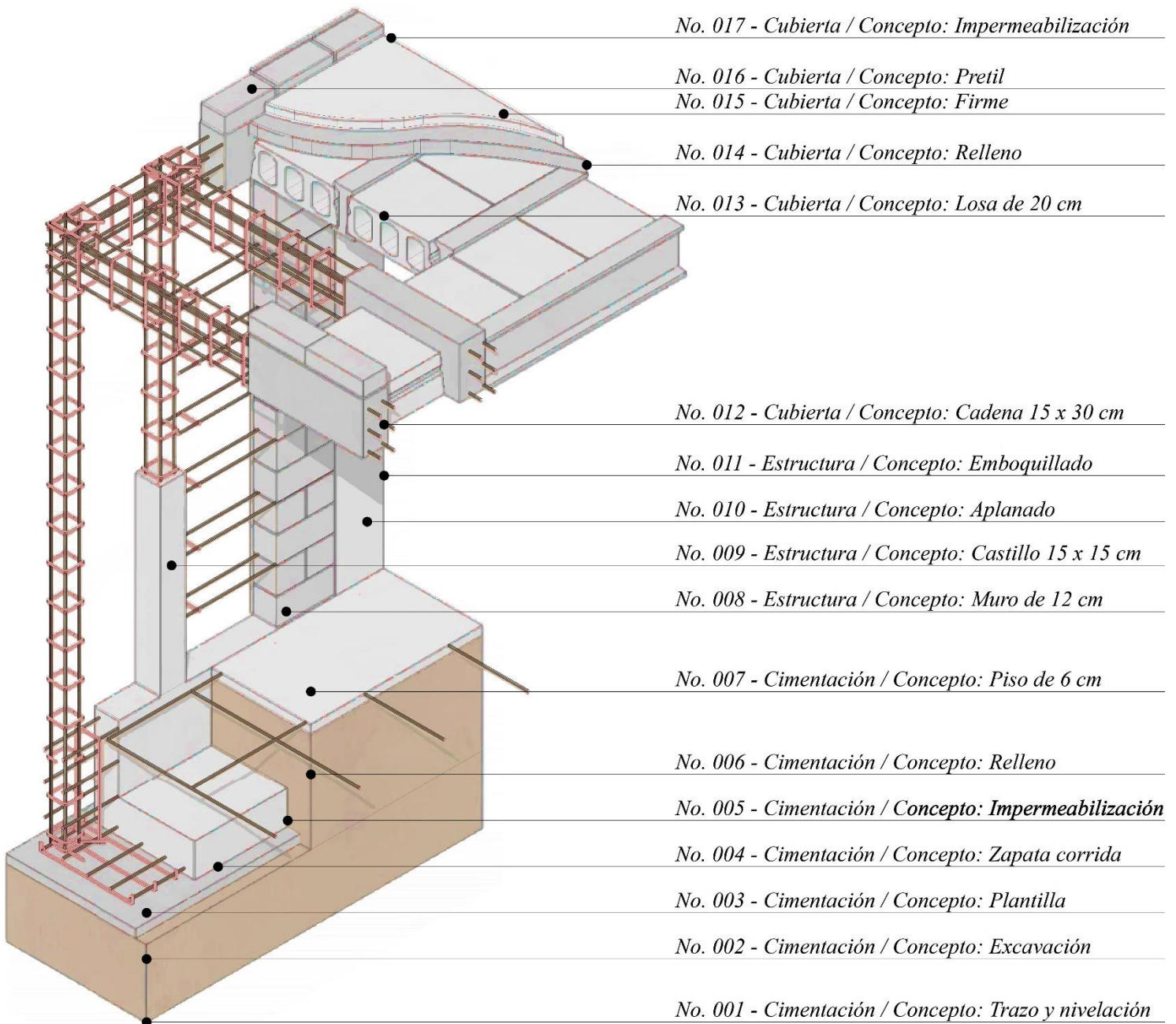




Tabla 7  
Análisis de impacto económico de un sistema convencional

### Sistema convencional

#### Cimientos, muros, castillos, traveses y losa de concreto armado

No.	Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
<b>Cimentación</b>					<b>\$120,982.34</b>	<b>40%</b>
001	Trazo y nivelación manual para establecer ejes y referencias, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	58.04	\$9.75	\$565.84	0.2%
002	Excavación a mano en cepas de material tipo I, en zona "A", hasta 2.00 m de profundidad. Incluye: retiro del material hasta 4.00 m de distancia horizontal, afine de fondo y taludes, medido en banco.	m <sup>3</sup>	20.79	\$211.29	\$4,392.80	1.5%
003	Plantilla de 5 cm, de espesor de concreto hecho en obra de f'c=100 kg / cm <sup>2</sup> , incluye: preparación de la superficie, nivelación, maestreado, colado, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	31.99	\$135.34	\$4,329.38	1.4%
004	Zapata corrida de cimentación, de 0.60 x 0.60 X 0.20 cm de espesor de concreto hecho en obra f'c=200 kg / cm <sup>2</sup> , armada con varilla de 3/8" de diámetro, estribos con varilla del n°3 @ 20 cm e incluye: cimbra, mano de obra y rodo lo necesario para su correcta ejecución.	m	45.80	\$1,868.48	\$85,576.45	28.5%
005	Impermeabilización en cimentación a base de una capa Vaportite 500, incluye materiales, mano de obra, fletes y todo lo necesario para su correcta aplicación.	m <sup>2</sup>	54.96	\$185.60	\$10,200.60	3.4%
006	Relleno con material producto de la excavación compactado con pisón de mano en capas no mayores de 20 cm. incluye: adición de agua, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>3</sup>	4.30	\$256.45	\$1,102.75	0.4%
007	Piso de 6 cm acabado escobillado, armado con malla 6 x 6 / 10-10, de concreto f'c=200 kg / cm <sup>2</sup> , incluye: suministro de materiales, acarreo, nivelación, cimbrado de fronteras, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	51.95	\$285.17	\$14,814.52	4.9%
<b>Estructura</b>					<b>\$79,541.12</b>	<b>26%</b>
008	Muro de 12 cm de block de concreto de 12 x 20 x 40 cm asentado con mezcla cemento arena 1:5, acabado común, con refuerzos horizontales a base de escalerilla a cada 2 hiladas, incluye: materiales, acarreo, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	68.88	\$370.34	\$25,509.10	8.5%
009	Castillo de 15 x 15 cm de concreto hecho en obra de f'c=150 kg / cm <sup>2</sup> , acabado común, armado con 4 varillas de 3/8" de y estribos del no. 2 @ 20 cm, incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, colado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	m	55.20	\$305.02	\$16,837.17	5.6%
010	Aplanado acabado repellido sobre muros, con mezcla cemento arena en proporción de 1:5, incluye: suministro de materiales, acarreo, andamios, limpieza, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	183.04	\$186.03	\$34,050.11	11.3%
011	Emboquillado de aplanado acabado repellido, con mezcla cemento arena en proporción de 1:5, incluye: suministro de materiales, acarreo, andamios, limpieza, mano de obra, equipo y herramienta.	m	41.65	\$75.50	\$3,144.74	1.0%
<b>Cubierta</b>					<b>\$99,899.13</b>	<b>33%</b>

012	Cadena de 15 x 30 cm de concreto hecho en obra de $f_c=200$ kg / cm <sup>2</sup> , acabado común, armada con 4 varillas de 3/8" y estribos del no. 2 @ 20 cm., incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, colado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	m	64.25	\$447.01	\$28,720.16	9.6%
013	Losa de 20 cm. a base de vigueta y bovedilla para un claro máximo de 4.00 m, con viguetas colocadas a cada 75 cm, con bovedilla de poliestireno de 15 cm, con capa de compresión de 5 cm. de espesor armado con malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10, acabado pulido integral, incluye: cimbrado, descimbrado, bombeo, colado, vibrado, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	58.04	\$587.54	\$34,100.77	11.4%
014	Relleno de tezontle en azotea para dar pendientes, incluye: suministro de materiales, acarreo, elevación, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>3</sup>	2.68	\$648.09	\$1,736.89	0.6%
015	Firme de 5 cm de espesor en azotea, de concreto hecho en obra, $f_c=150$ kg / cm <sup>2</sup> , resistencia normal y tamaño máximo de agregado de 38 mm, incluye: materiales, mano de obra, equipo, herramienta, acarreo y desperdicios.	m <sup>2</sup>	53.55	\$161.71	\$8,659.67	2.9%
016	Pretil de block de concreto hueco vertical de 12 x 20 x 40 cm. asentado con mortero cemento arena 1:4 escalerilla con 1 hiladas en azotea, incluye mano de obra, materiales, herramienta equipo y limpieza.	m <sup>2</sup>	12.20	\$370.34	\$4,518.16	1.5%
017	Impermeabilización a base de una impregnación de Hidro primer y dos capas de Vaportite 550 alternadas con una malla de Festerflex, una capa de arena cernida y como acabado final una aplicación de Festerblanc color blanco, incluye: materiales, acarreo, elevación, desperdicio, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	53.55	\$413.88	\$22,163.49	7.4%
<b>Total</b>					<b>\$300,422.59</b>	<b>100%</b>

Fuente: Archivo personal

#### 4.2.2 Sistema de bajareque

-Partida de cimentación:

Trazo y nivelación, excavación, plantilla, zapata corrida de concreto ciclópeo, impermeabilización en cimentación y piso de concreto.

-Partida de estructura:

Columnas de madera, panel de bajareque de distintas medidas para muros y encalados.

-Partida de cubierta:

Cadena de madera, paneles de

bajareque, vigas de madera en todo el perímetro, pretil de madera e impermeabilización de cubierta.

El sistema de bajareque tiene mínima o nula aplicación en viviendas de la ciudad, los materiales se consiguen en la periferia y se detallan de forma esquemática en la *Figura 53 y 54*. El despiece de paneles se muestra en la *Figura 55, 56, 57, 58, 59 y 60*. En la *Tabla 8* se muestra el metraje y precios unitarios por partida.

*Figura 53: Detalle esquemático del sistema constructivo de paneles de bajareque.*  
Fuente: Archivo personal

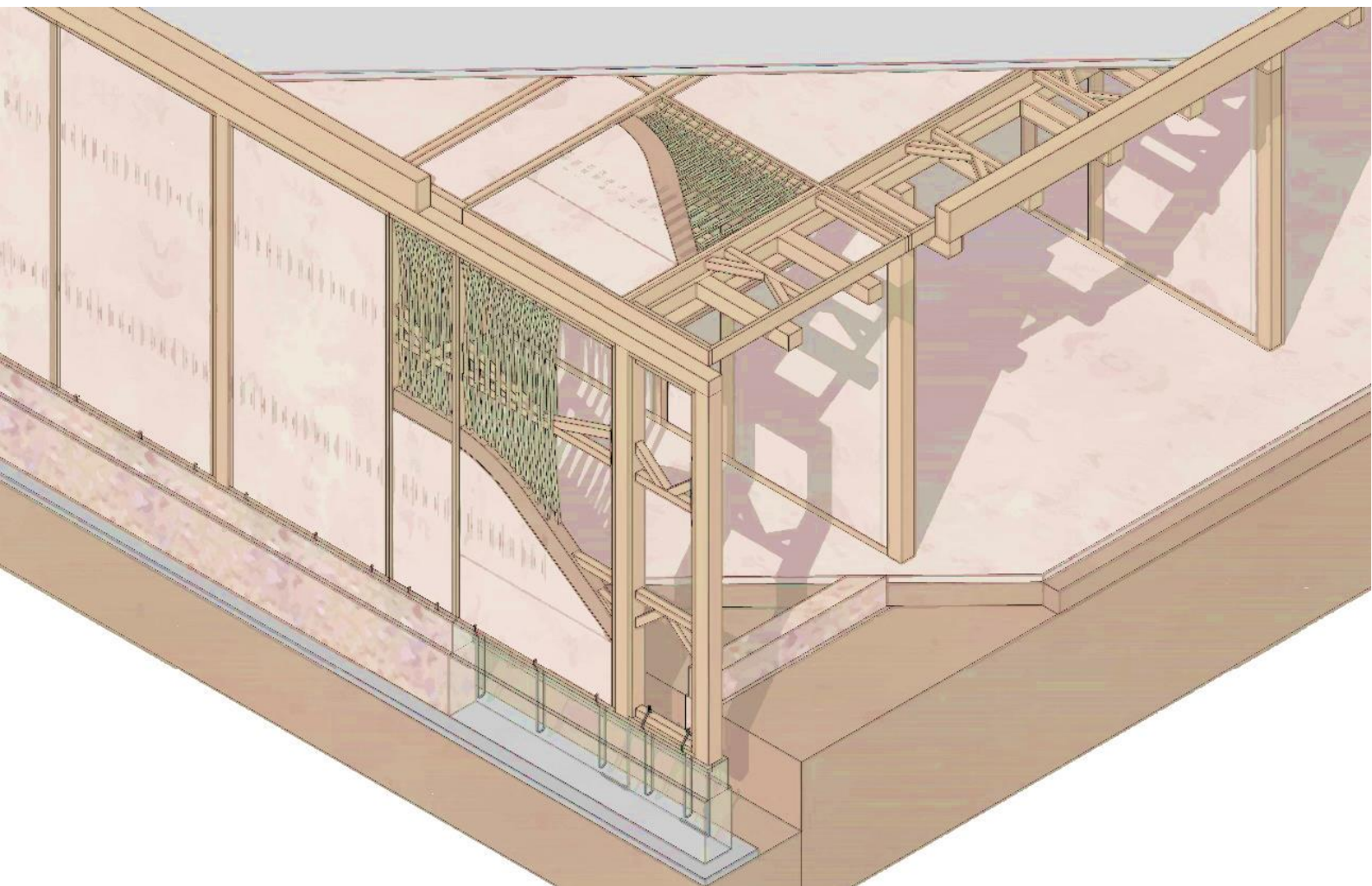
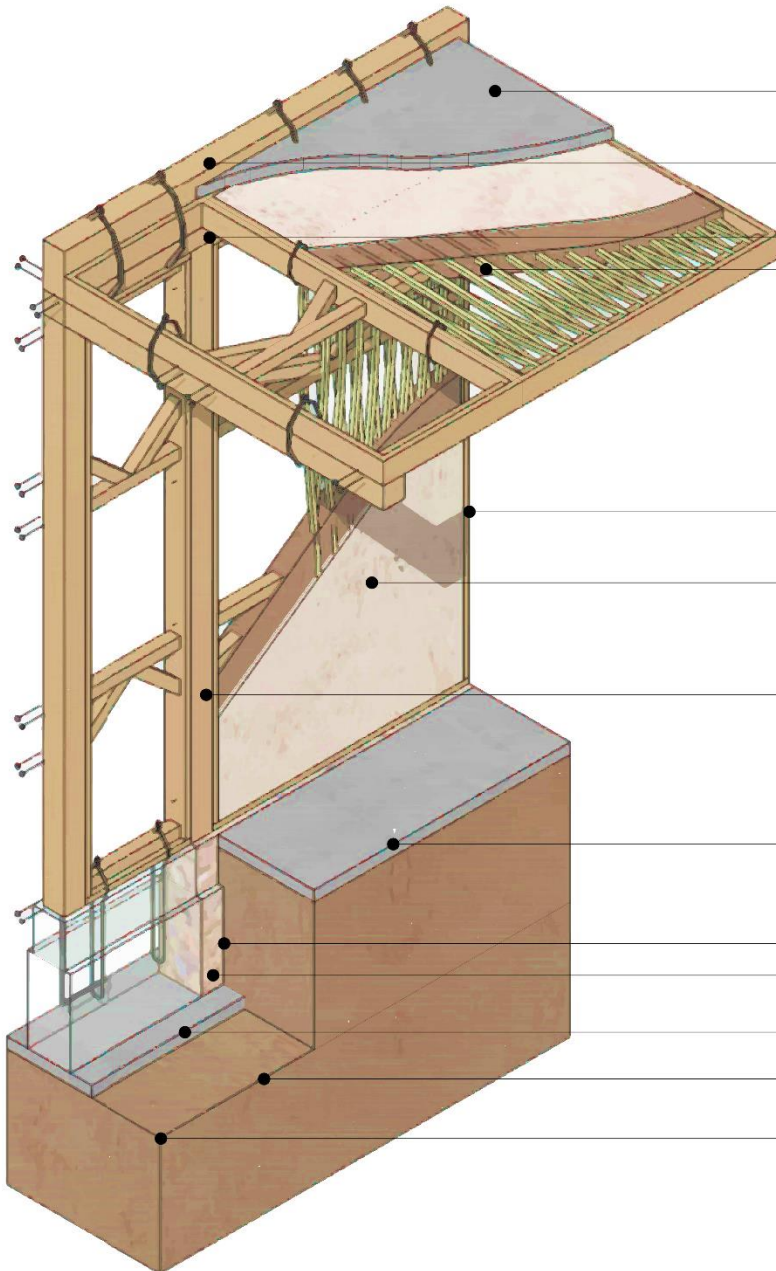


Figura 54: Lista de conceptos del sistema constructivo de bajareque.  
Fuente: Archivo personal

## Sistema de bajareque



No. 021 - Cubierta / Concepto: Impermeabilización

No. 020 - Estructura / Concepto: Pretil

No. 019 - Estructura / Concepto: Estructura

No. 013-0.18 - Cubierta / Concepto: Panel 1,2,3,4,5 y 6

No. 012 - Estructura / Concepto: Encalado

No. 008-011 - Estructura / Concepto: Panel 1,2,3 y 4

No. 007 - Estructura / Concepto: Poste de madera

No. 006 - Cimentación / Concepto: Firme

No. 005 - Cimentación / Concepto: Impermeabilización

No. 004 - Cimentación / Concepto: Cimentación

No. 003 - Cimentación / Concepto: Plantilla

No. 002 - Cimentación / Concepto: Excavación

No. 001 - Cimentación / Concepto: Trazo y nivelación



Figura 55: Planta de azotea con despiece de paneles por color.  
Fuente: Archivo personal

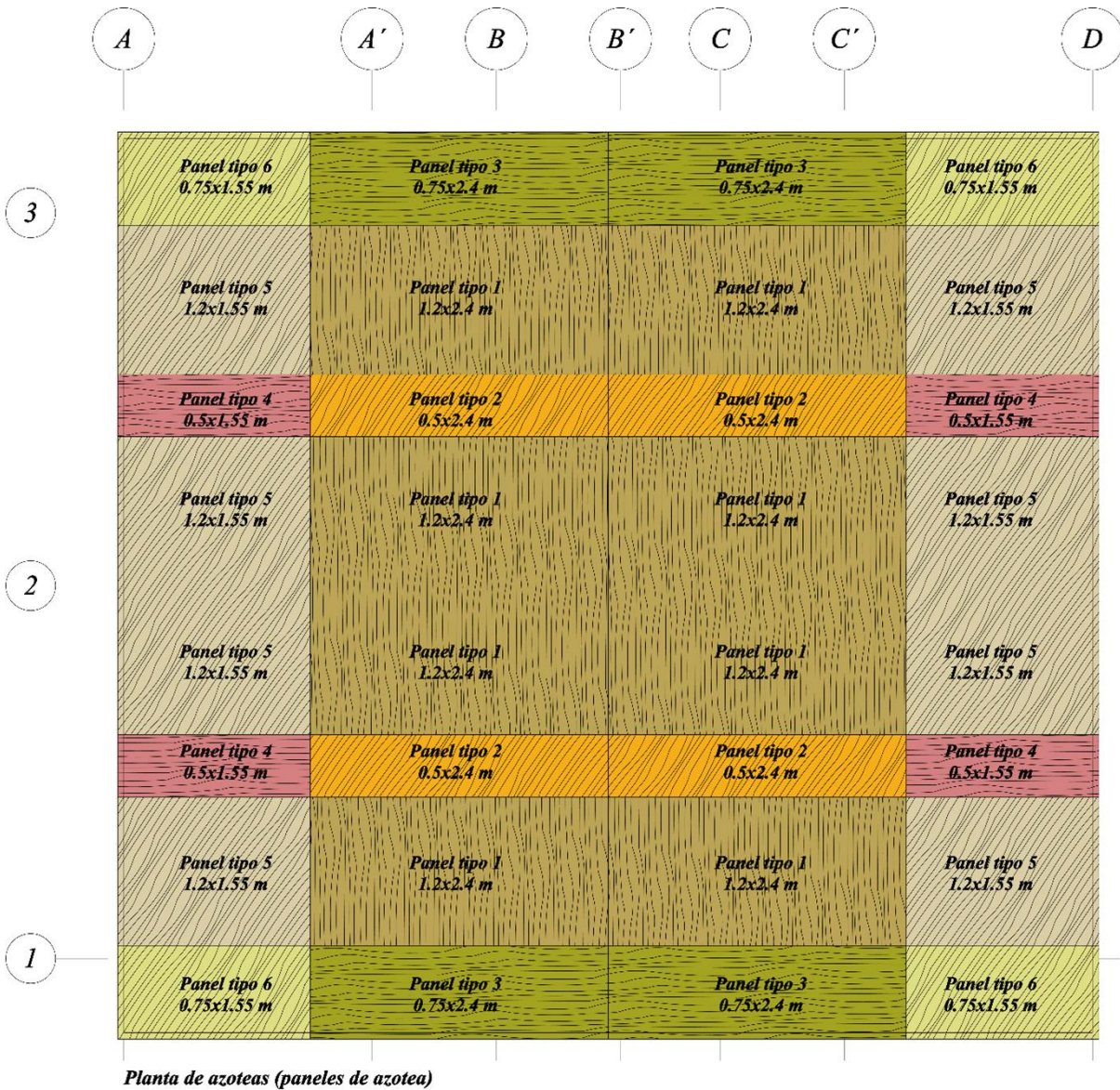


Figura 56: Esquema de paneles para planta de azotea.  
Fuente: Archivo personal

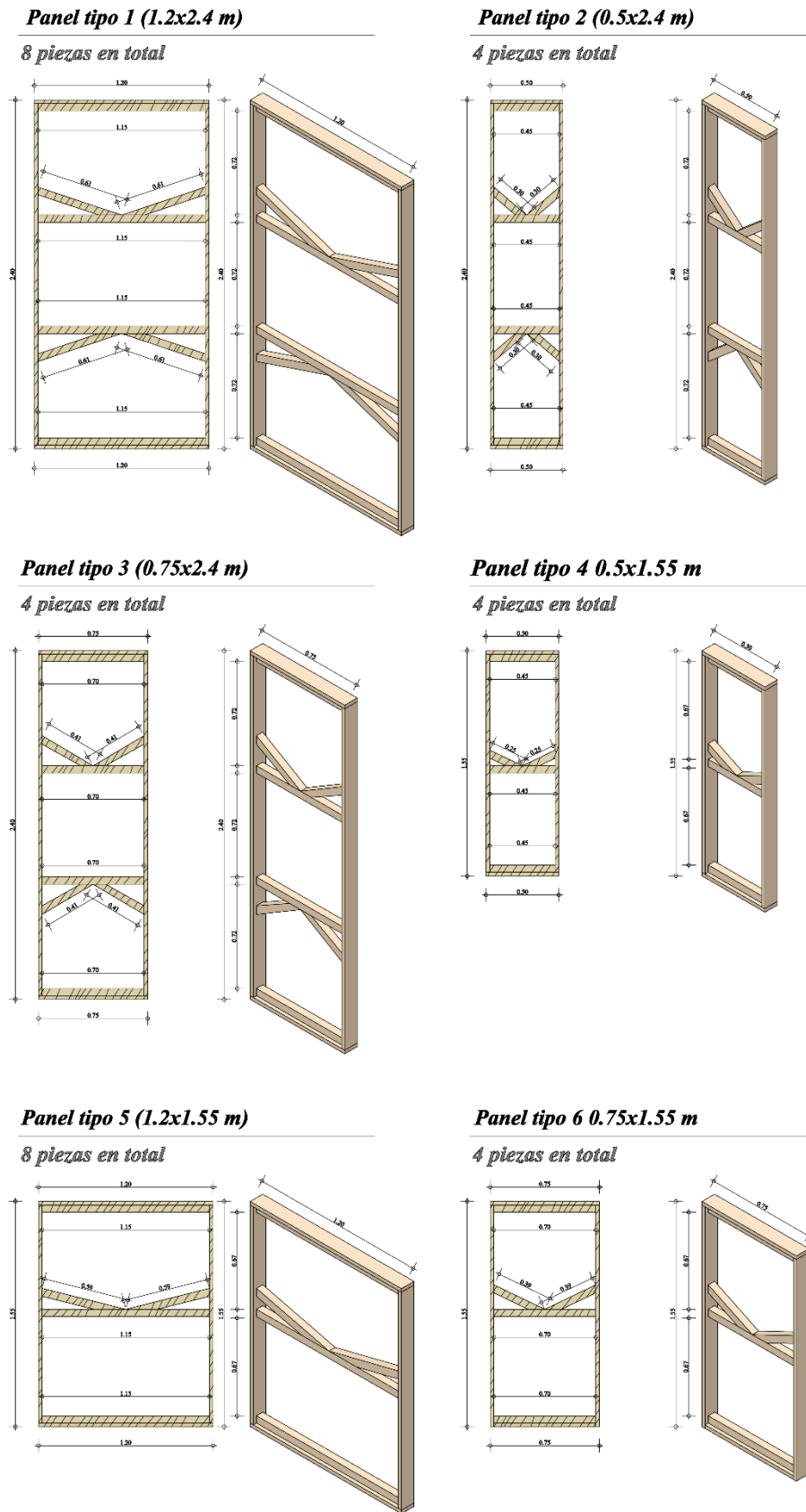


Figura 57: Planta arquitectónica con despiece de paneles en muros por color.  
Fuente: Archivo personal

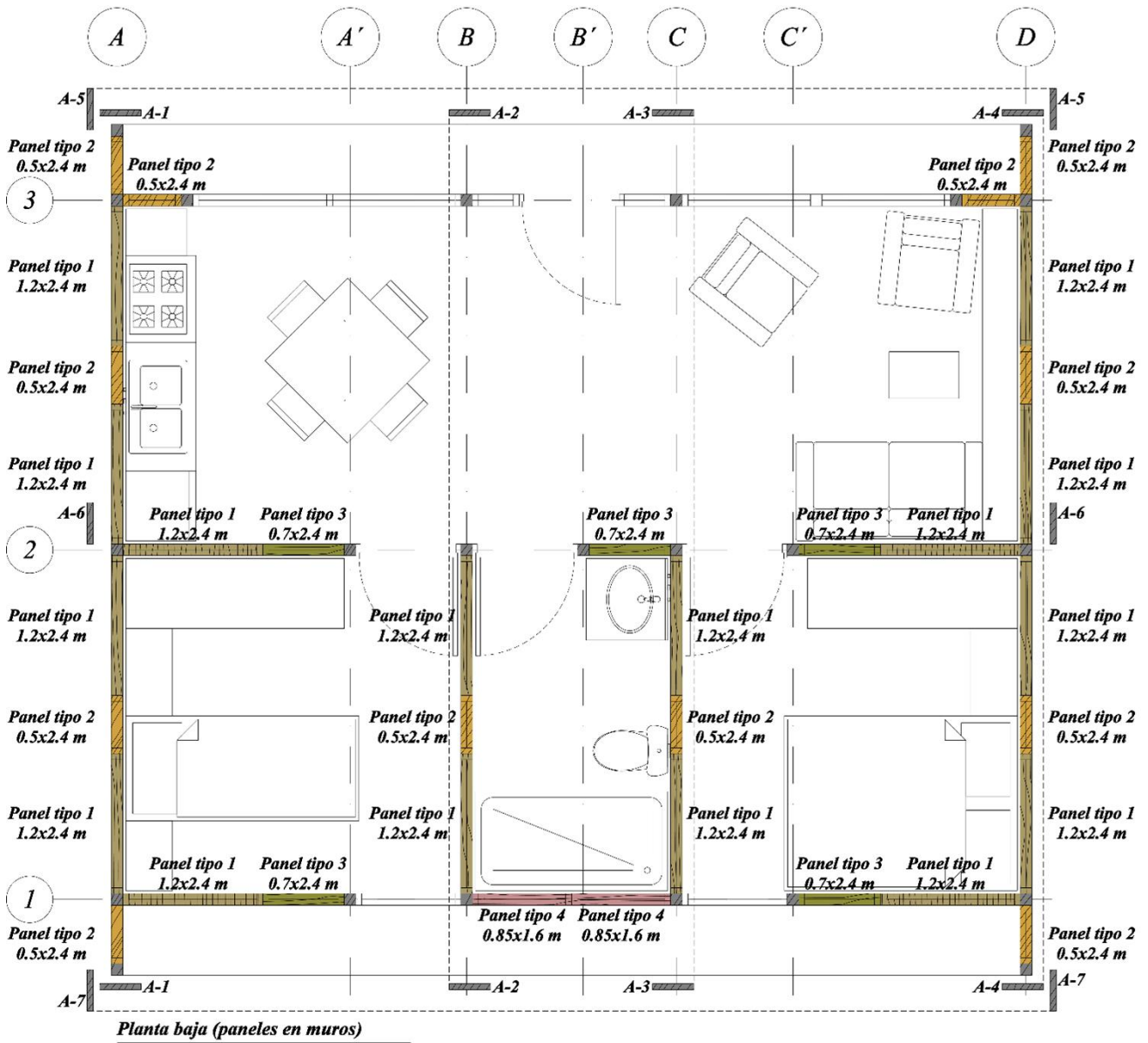


Figura 58: Esquema de paneles para muros.  
Fuente: Archivo personal

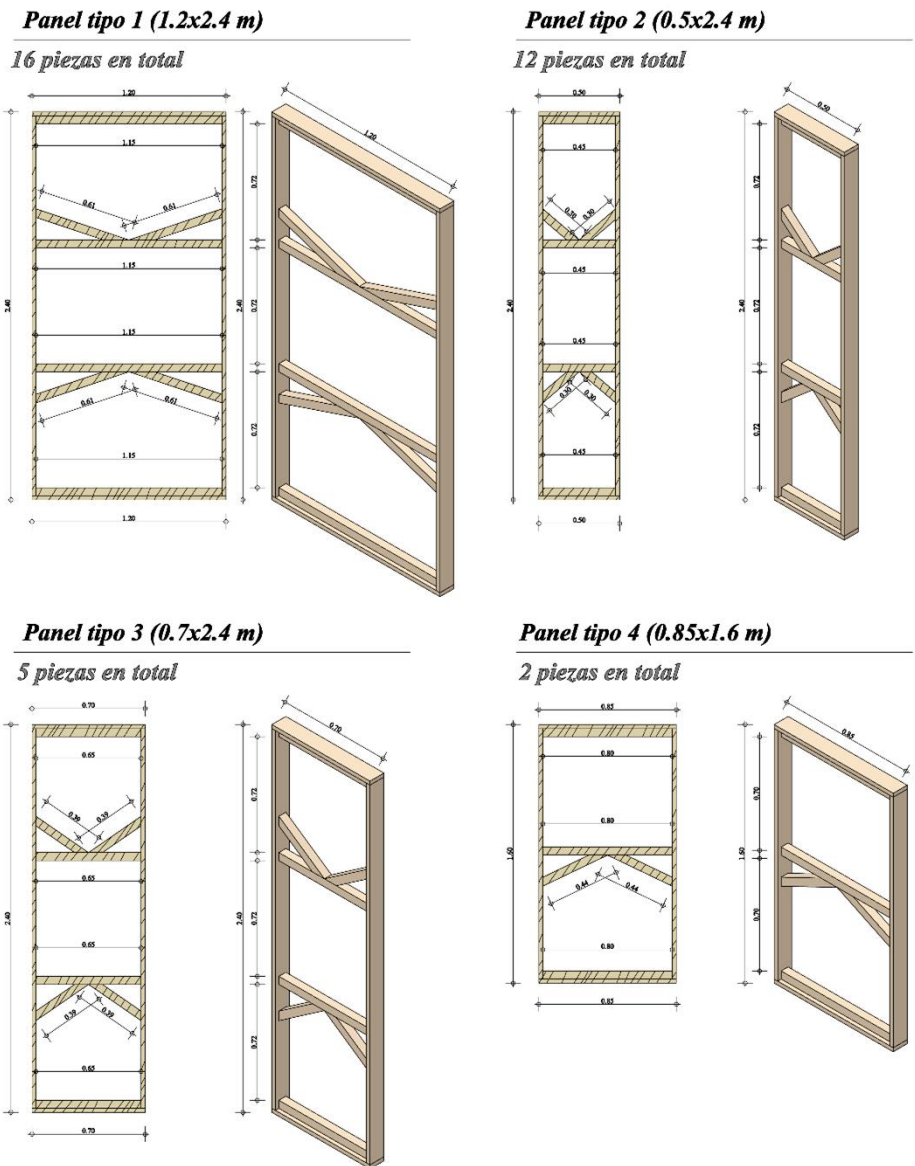




Figura 59: Alzados de los muros con paneles por color (1 de 2).  
Fuente: Archivo personal

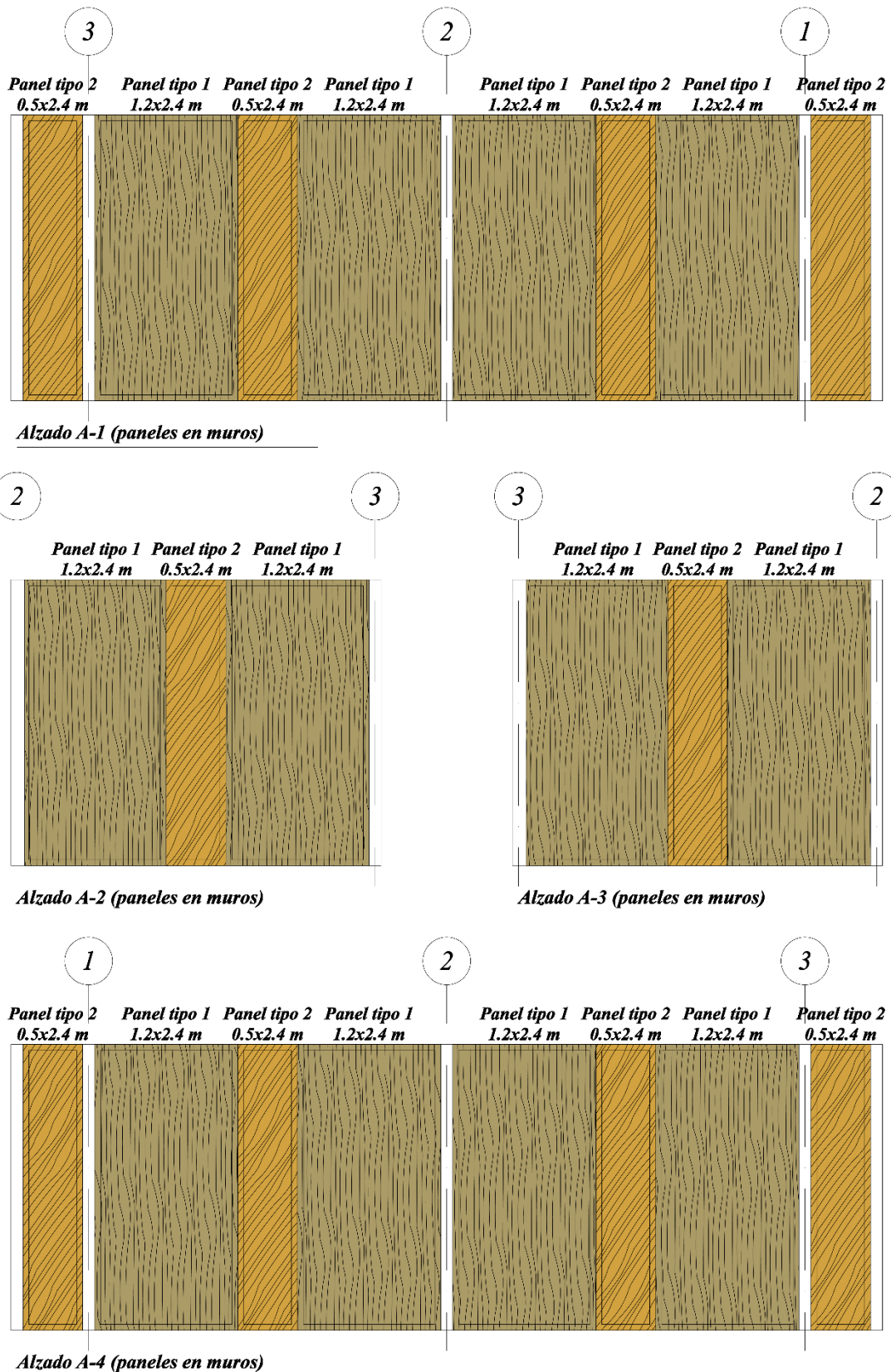
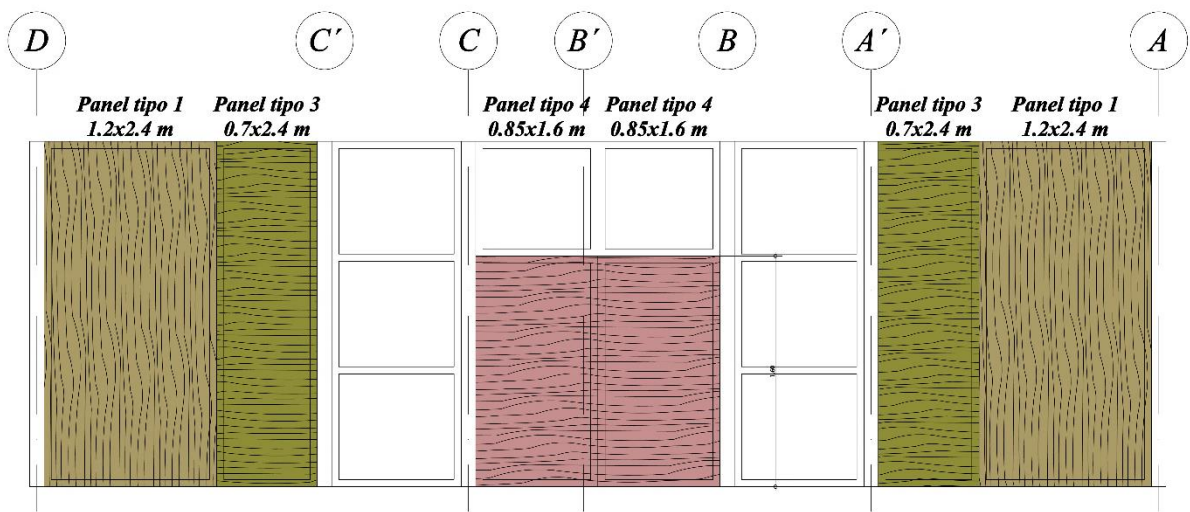
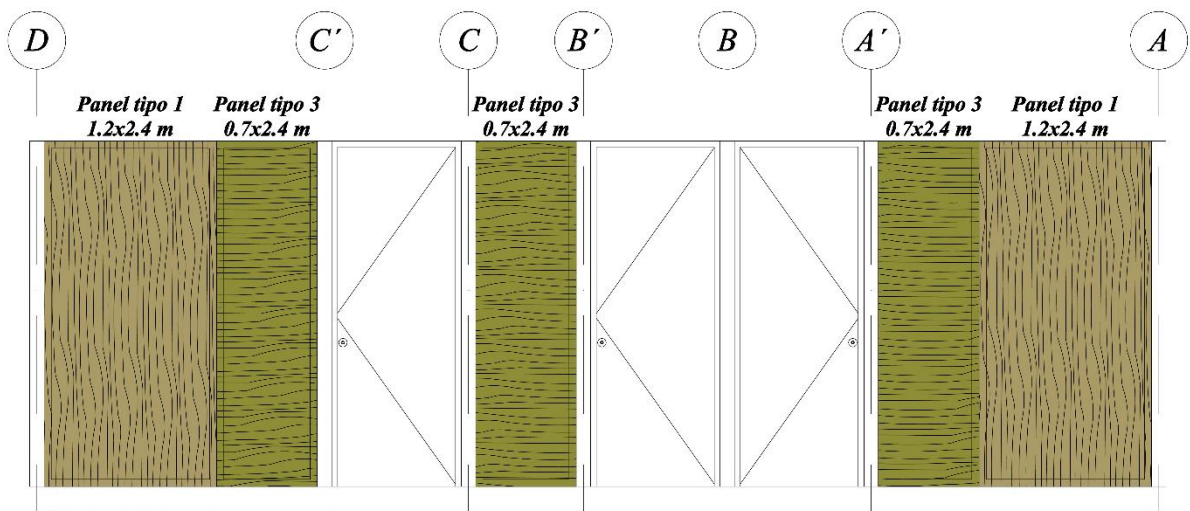
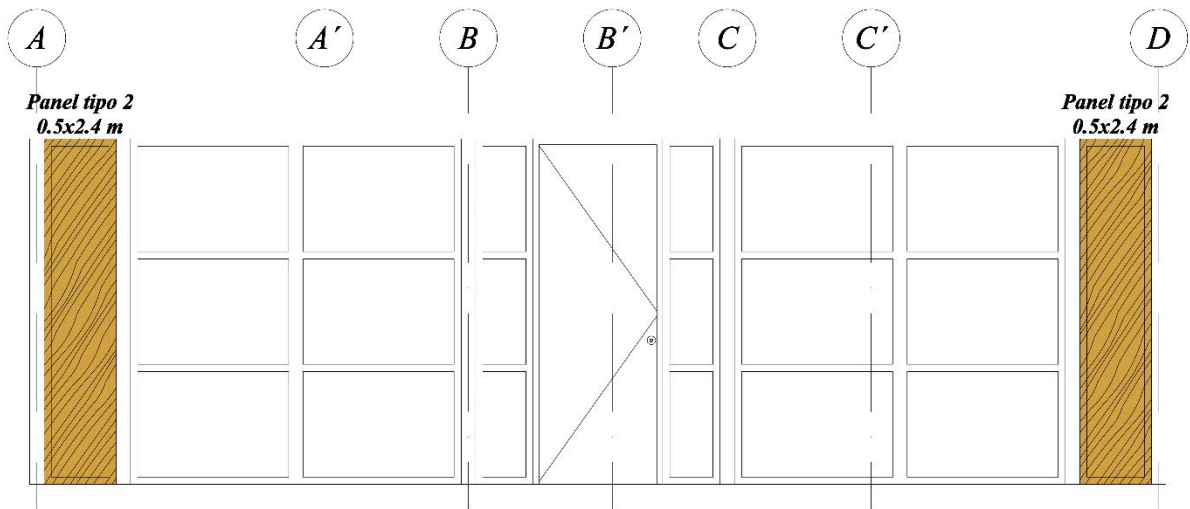


Figura 60: Alzados de los muros con paneles por color (2 de 2).  
Fuente: Archivo personal



**Tabla 8**  
Análisis de impacto económico de un sistema de bajareque

**Sistema de bajareque**

Cimientos de concreto, muros y cubierta de bajareque y estructura de madera

No.	Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
					<b>\$38,327.91</b>	<b>19%</b>
<b>Cimentación</b>						
001	Trazo y nivelación manual para establecer ejes y referencias, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	58.03	\$9.75	\$565.74	0.3%
002	Excavación a mano en cepas de material tipo I, en zona "A", hasta 2.00 m de profundidad. Incluye: retiro del material hasta 4.00 m de distancia horizontal, afine de fondo y taludes, medido en banco.	m <sup>3</sup>	9.38	\$211.29	\$1,981.94	1.0%
003	Plantilla de 5 cm de espesor de concreto hecho en obra de f'c=100 kg / cm <sup>2</sup> , incluye: preparación de la superficie, nivelación, maestreado, colado, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	14.49	\$135.34	\$1,961.01	1.0%
004	Cimentación corrida de 60 x 20 cm, a base de concreto ciclópeo, realizada con concreto f'c=150 kg / cm <sup>2</sup> tamaño máximo del agregado 40 mm, revenimiento de 5 a 10 cm, hecho en obra y colado con medios manuales (60% de volumen) incluyendo piedra bola de 15 a 30 cm de diámetro (40% de volumen), para formación de cimentación.	m <sup>3</sup>	5.83	\$1,879.19	\$10,955.65	5.4%
005	Impermeabilización en cimentación a base de una capa Vaportite 500, incluye materiales, mano de obra, fletes y todo lo necesario para su correcta aplicación.	m <sup>2</sup>	67.20	\$185.60	\$12,472.35	6.2%
006	Firme de 5 cm acabado común, de concreto f'c= 150 kg / cm <sup>2</sup> , incluye: suministro de materiales, acarreos, nivelación, cimbrado de fronteras, mano de obra, equipo y herramienta.	m <sup>2</sup>	58.03	\$179.07	\$10,391.22	5.2%
					<b>\$55,526.88</b>	<b>29%</b>
<b>Estructura</b>						
007	Poste de madera de 4" x 4" a cada 3 m, con madera anclada con varilla de 80 cm de longitud de 3/8" (40 cm en poste estructural y 40 cm en cimentación de concreto), incluye: material, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	23.00	\$283.13	\$6,512.04	3.2%
008	Panel de bajareque tipo 1 muro elaborado en sitio con medidas de 1.20 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, anclado a cimentación con alambre galvanizado del no.8 de 1.7 m de largo en forma de "U" (3 piezas) Incluye: mano de obra, materiales, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	16.00	\$1,826.64	\$29,226.29	14.5%
009	Panel de bajareque tipo 2 muro elaborado en sitio con medidas de 0.50 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, anclado a cimentación con alambre galvanizado del no.8 de 1.7 m de largo en forma de "U" (2 piezas) Incluye: mano de obra, materiales,	pza	12.00	\$808.02	\$9,696.27	4.8%

	herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.					
010	Panel de bajareque tipo 3 muro elaborado en sitio con medidas de 0.70 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, anclado a cimentación con alambre galvanizado del no.8 de 1.7 m de largo en forma de "U" (2 piezas) Incluye: mano de obra, materiales, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	5.00	\$1,043.99	\$5,219.94	2.6%
011	Panel de bajareque tipo 4 muro elaborado en sitio con medidas de 0.85 x 1.60 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, anclado a cimentación con alambre galvanizado del no.8 de 1.7 m de largo en forma de "U" (2 piezas) Incluye: mano de obra, materiales, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	2.00	\$814.13	\$1,628.26	0.8%
012	Encalado tradicional en muros y cubierta con dos manos de cal, previa aplicación de una mano de cal apagada diluida, sobre paramento exterior de muro de panel de bajareque. Incluye: mano de obra, herramientas, materiales y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m <sup>2</sup>	252.38	\$25.66	\$6,476.17	3.2%
<b>Cubierta</b>					<b>\$104,463.46</b>	<b>52%</b>
013	Panel de bajareque tipo 1 de cubierta elaborado en sitio con medidas de 1.20 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras. Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	8.00	\$1,826.64	\$14,613.15	7.3%
014	Panel de bajareque tipo 2 de cubierta elaborado en sitio con medidas de 0.50 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	4.00	\$808.02	\$3,232.09	1.6%
015	Panel de bajareque tipo 3 cubierta elaborado en sitio con medidas de 0.75 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre	pza	4.00	\$1,168.45	\$4,673.81	2.3%



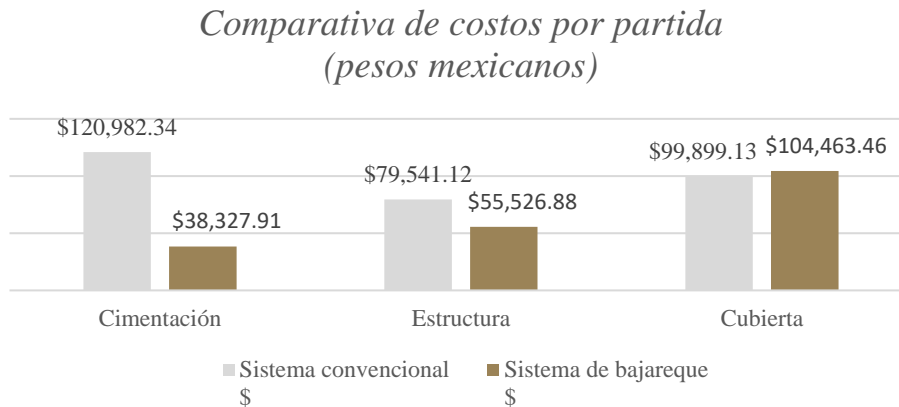
	galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.					
016	Panel de bajareque tipo 4 cubierta elaborado en sitio con medidas de 0.50 x 1.55 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	4.00	\$581.00	\$2,323.99	1.2%
017	Panel de bajareque tipo 5 cubierta elaborado en sitio con medidas de 1.20 x 1.55 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	8.00	\$1,144.14	\$9,153.08	4.5%
018	Panel de bajareque tipo 6 cubierta elaborado en sitio con medidas de 0.75 x 1.55 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	4.00	\$762.95	\$3,051.78	1.5%
019	Estructura de cubierta con entramado de vigas de soporte de madera de 4" x 4" @ 60 cm en un solo sentido para apoyar los paneles, y vigas perimetrales de cierre de 4" x 4", incluye: mano de obra, materiales, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ml	121.70	\$481.78	\$58,633.10	29.1%
020	Pretil a base de viga de madera de 2" X 4" en todo el perímetro de la cubierta, con preservador de madera a base de sales de boro, Incluye materiales mano de obra, herramienta y equipo.	ml	30.00	\$220.97	\$6,629.23	3.3%
021	Impermeabilizante ecológico en cubierta a base de jabón de pasta de lavandería y piedra alumbre, Incluye: mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m <sup>2</sup>	58.03	\$37.11	\$2,153.22	1.1%
<b>Total</b>					<b>\$198,318.25</b>	<b>100%</b>

Fuente: Archivo personal

El análisis comparativo muestra claras diferencias de costo entre los 2 sistemas que se muestran en la *Figura 61*. El sistema de cubierta es similar en ambos

casos y la cimentación resulta con variaciones debido el peso y al mismo sistema convencional.

*Figura 61: Diferencias entre costos por partida de los 2 sistemas constructivos.*



*Nota. El gráfico muestra las variantes por partida con valores en moneda nacional. Elaboración propia*

En el resumen final se presenta la misma tendencia siendo más económico el sistema de bajareque frente al sistema convencional como se muestra en la *Figura 62*. El costo por m<sup>2</sup> del sistema convencional resulta en \$5,007.04 frente al costo del sistema de bajareque de \$3,305.30. Una diferencia del 33.98%.

*Figura 62: Diferencias entre costos totales de los 2 sistemas constructivos.*



*Nota. El gráfico representa la comparativa de costos final en moneda nacional de los sistemas constructivos que, aunque cuentan con similitudes en la partida de cubierta terminan con diferencias importantes a favor del sistema de bajareque. Elaboración propia*

### 4.3 Análisis de impacto ambiental

La construcción representa una gran

presión sobre el medio ambiente, es responsable de un importante porcentaje del consumo energético mundial

incluyendo también materiales, agua y desechos (González Calderón & Guerrero Baca, 2022, pág. 10). Al ser la construcción responsable de gran parte del consumo energético resulta importante buscar alternativas sustentables calculando su impacto. Cuantificar los gases que se emiten a la atmósfera a partir de emisiones de CO<sub>2</sub> brinda información acerca del impacto de la construcción con base en sus materiales. El CO<sub>2</sub> es un parámetro internacional que sirve de referencia para conocer el estado en el que se encuentran las condiciones medioambientales.

El análisis de recursos usados en la producción utiliza la medida de energía que se empleó para transformar la materia prima en productos de construcción y es lo que se define como energía incorporada. Los materiales usados en la construcción generan CO<sub>2</sub>, sin embargo, los de origen vegetal lo absorben durante su desarrollo.

Componentes del panel como la madera, la paja o el carrizo acumulan CO<sub>2</sub> en procesos de cultivo adecuado<sup>47</sup>. Es por eso que dichos materiales presentan cifras negativas dada su capacidad de absorción en su etapa de vida, los valores positivos por otro lado se refieren a los procesos

específicos en que dichos materiales son transformados como en el caso de la madera y aun así en su gran mayoría siguen aportando valores mucho menores en comparación con los sistemas convencionales.

Conocer estos datos permite ponderar sistemas constructivos para revisar su contribución real a la reducción de recursos y evaluar el uso de materiales naturales de la región. El análisis de sus beneficios proporciona información de sus características y aportaciones al medio ambiente. El presente estudio de impacto ambiental contempló la energía incorporada, el peso de los componentes y las emisiones de CO<sub>2</sub> de los materiales que fueron cuantificados y divididos por partidas.

Después de desarrollar el proyecto arquitectónico de los 2 sistemas se dividen los conceptos en las siguientes partidas: cimientos, columnas, vigas, piso, muros y cubierta. Tanto para el sistema de bajareque como para el sistema convencional se obtuvieron volúmenes en metros cúbicos de concreto, acero, madera y tierra-paja. Después se multiplicó el peso volumétrico de cada uno de los materiales en m<sup>3</sup> por el

---

<sup>47</sup> A la energía incorporada también se le denomina energía embebida, es la energía que se usó para producir un determinado material, esta información y los datos referentes a la absorción de CO<sub>2</sub> de materiales vegetales se retoman del artículo “Bajareque

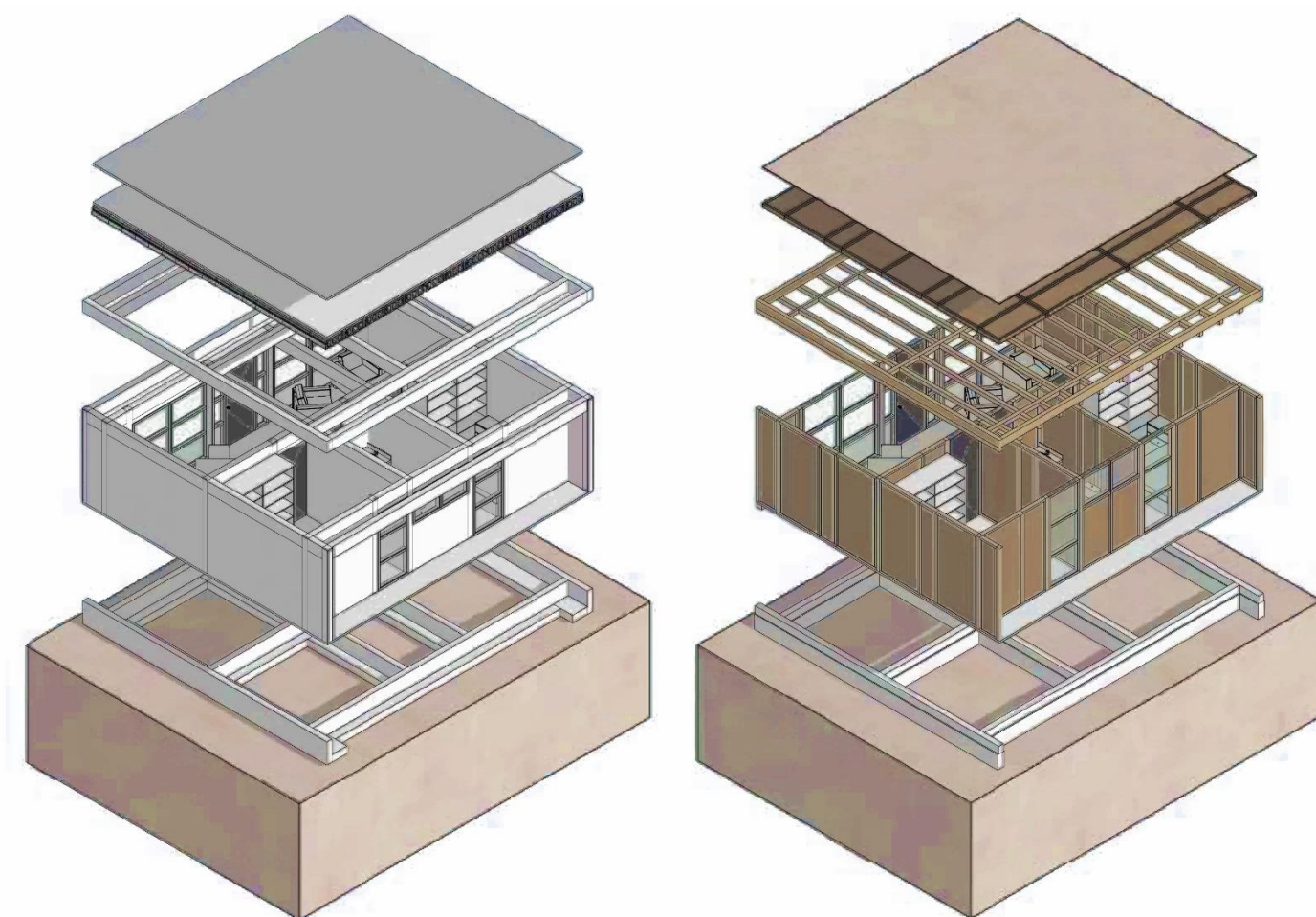
tecnificado. Evaluación de energía incorporada y emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con la edificación convencional: Sistema constructivo alternativo para la vivienda rural de Torreón, México” (González Calderón & Guerrero Baca, 2022, págs. 11-13)

peso correspondiente en  $\text{kg/m}^3$  según los datos del Manual del constructor de CEMEX (CEMEX, 2005). Con los datos de los materiales se realizó la multiplicación por los valores de  $\text{MJ/Kg}^{48}$  para obtener la energía incorporada y los coeficientes de  $\text{gCO}_2/\text{kg}^{49}$  lo que da como resultado los datos totales de emisiones de dióxido de carbono de los 2 sistemas (González Calderón & Guerrero Baca, 2022, pág. 16). Los valores de los coeficientes se obtuvieron de una base de datos de

referencia internacional la cual se encuentra en el documento “Global Sustainability and the New Zealand House” (Alcorn, 2010). Ya con los 2 datos se realiza la tabla de datos comparativos por cada sistema constructivo. En la *Figura 63* se aprecian las diferencias entre los sistemas constructivos analizados.

*Figura 63: Detalle esquemático de las capas que componen a los diversos sistemas constructivos. A la izquierda el sistema convencional y a la derecha el sistema de bajareque.*

*Fuente: Archivo personal*



<sup>48</sup> Se refiere a unidades de mega julio por kilogramo, es la energía requerida para elaborar un kilogramo de algún material.

<sup>49</sup> Se refiere a las emisiones de carbono en gramos por cada kilogramo de material (González Calderón & Guerrero Baca, 2022, pág. 16).



En la *Tabla 9* se enlistan los conceptos, cantidades y factores utilizados para analizar el impacto ambiental del sistema convencional.

**Tabla 9**  
*Análisis de impacto ambiental de un sistema convencional*

**Sistema convencional**

*Volumen, peso, energía incorporada y emisiones de sistema constructivo convencional (cimientos, castillos y trabes de concreto armado)*

Componentes	Materiales	Sistema convencional Volumen M3	(CEMEX) Peso Vol. Kg / m <sup>3</sup>	Sistema convencional Peso Vol. Kg / m <sup>3</sup>	(Alcorn) Energía Embebida MJ / Kg	Sistema convencional Energía Embebida MJ / Kg	(Alcorn) Emisiones g CO <sup>2</sup> / Kg	Sistema convencional Emisiones g CO <sup>2</sup> / Kg
Cimientos	Concreto	11.680	2300.00	26864.00	0.90	24177.60	106.00	2847584.00
	Acero	0.086	7900.00	683.27	31.30	21386.38	1242.00	848622.58
<b>Subtotal</b>		<b>11.766</b>		<b>27547.27</b>		<b>45563.98</b>		<b>3696206.58</b>
Columnas	Concreto	1.366	2300.00	3142.26	0.90	2828.03	106.00	333079.56
	Acero	0.021	7900.00	165.71	31.30	5186.74	1242.00	205812.32
<b>Subtotal</b>		<b>1.387</b>		<b>3307.97</b>		<b>8014.77</b>		<b>538891.88</b>
Vigas	Concreto	3.020	2300.00	6945.31	0.90	6250.78	106.00	736202.86
	Acero	0.027	7900.00	217.24	31.30	6800.55	1242.00	269814.69
<b>Subtotal</b>		<b>3.047</b>		<b>7162.55</b>		<b>13051.33</b>		<b>1006017.55</b>
Piso	Concreto	3.377	2300.00	7766.41	0.90	6989.77	106.00	823239.46
	Acero	0.000	7900.00	0.24	31.30	7.42	1242.00	294.35
<b>Subtotal</b>		<b>3.377</b>		<b>7766.65</b>		<b>6997.19</b>		<b>823533.81</b>
Muros	Block Concreto	8.266	2300.00	19010.88	0.90	17109.79	106.00	2015153.28
	Concreto (juntas)	1.289	2300.00	2965.62	0.90	2669.06	106.00	314355.72
<b>Subtotal</b>		<b>9.555</b>		<b>21976.50</b>		<b>19778.85</b>		<b>2329509.00</b>
Cubierta	Concreto	3.642	2300.00	8375.80	0.90	7538.22	106.00	887834.27
	Acero	0.000	7900.00	2.79	31.30	87.29	1242.00	3463.57
	Poliestireno	8.706	8.00	69.65	58.40	4067.44	2495.00	173771.76
<b>Subtotal</b>		<b>12.348</b>		<b>8448.23</b>		<b>11692.95</b>		<b>1065069.60</b>
<b>Totales</b>		<b>41.48</b>		<b>76209.17</b>		<b>105099.06</b>		<b>9459228.42</b>

*Fuente: Archivo personal*

En la *Tabla 10* se enlistan los conceptos, cantidades y factores utilizados para analizar el impacto ambiental del sistema de bajareque.

**Tabla 10**  
Análisis de impacto ambiental de un sistema de bajareque

**Sistema de bajareque**

Volumen, peso, energía incorporada y emisiones de sistema de bajareque  
(cimientos de concreto, columnas y vigas de madera y muros y techumbre de bajareque)

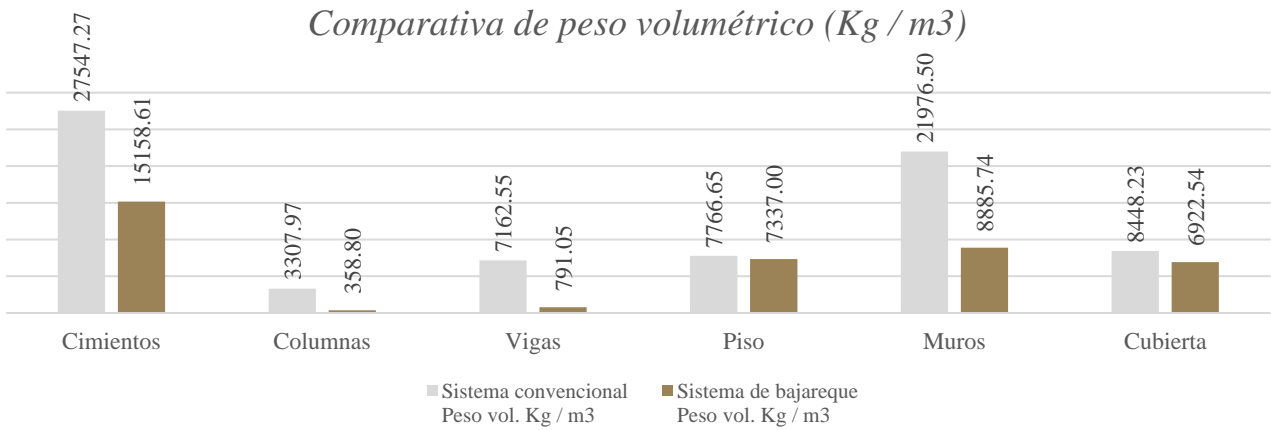
Componentes	Materiales	Sistema de bajareque Volumen M <sup>3</sup>	(CEMEX) Peso Vol. Kg / m <sup>3</sup>	Sistema de bajareque Peso Vol. Kg / m <sup>3</sup>	(Alcorn) Energía Embebida MJ / Kg	Sistema de bajareque Energía Embebida MJ / Kg	(Alcorn) Emisiones g CO <sup>2</sup> / Kg	Sistema de bajareque Emisiones g CO <sup>2</sup> / Kg
Cimientos	Concreto	6.591	2300.00	15158.61	0.90	13642.75	106.00	1606812.66
	Acero	0.000	7900.00	0.00	31.30	0.00	1242.00	0.00
<b>Subtotal</b>		<b>6.591</b>		<b>15158.61</b>		<b>13642.75</b>		<b>1606812.66</b>
Columnas	Madera	0.552	650.00	358.80	2.80	1004.64	-1665.00	-597402.00
<b>Subtotal</b>		<b>0.552</b>		<b>358.80</b>		<b>1004.64</b>		<b>-597402.00</b>
Vigas	Madera	1.217	650.00	791.05	2.80	2214.94	-1665.00	-1317098.25
<b>Subtotal</b>		<b>1.217</b>		<b>791.05</b>		<b>2214.94</b>		<b>-1317098.25</b>
Piso	Concreto	3.190	2300.00	7337.00	0.90	6603.30	106.00	777722.00
	Acero	0.000	7900.00	0.00	31.30	0.00	1242.00	0.00
<b>Subtotal</b>		<b>3.190</b>		<b>7337.00</b>		<b>6603.30</b>		<b>777722.00</b>
Muros	Madera	1.256	650.00	816.27	2.80	2285.56	-1665.00	-1359089.55
	Tierra-paja	6.606	1220.00	8059.81	0.15	1208.97	-12.00	-96717.70
	Acero	0.001	7900.00	9.66	31.30	302.41	1242.00	11999.83
<b>Subtotal</b>		<b>7.863</b>		<b>8885.74</b>		<b>3796.94</b>		<b>-1443807.41</b>
Cubierta	Madera	0.663	650.00	431.03	2.80	1206.89	-1665.00	-717669.74
	Tierra-paja	5.314	1220.00	6482.59	0.15	972.39	-12.00	-77791.10
	Acero	0.001	7900.00	8.92	31.30	279.17	1242.00	11077.52
<b>Subtotal</b>		<b>5.978</b>		<b>6922.54</b>		<b>2458.45</b>		<b>-784383.32</b>
<b>Totales</b>		<b>25.391</b>		<b>39453.74</b>		<b>29721.02</b>		<b>-1758156.32</b>

Fuente: Archivo personal

A continuación, se muestran las gráficas finales del análisis económico en las que se muestra la comparativa de peso volumétrico (Figura 64), la comparativa de

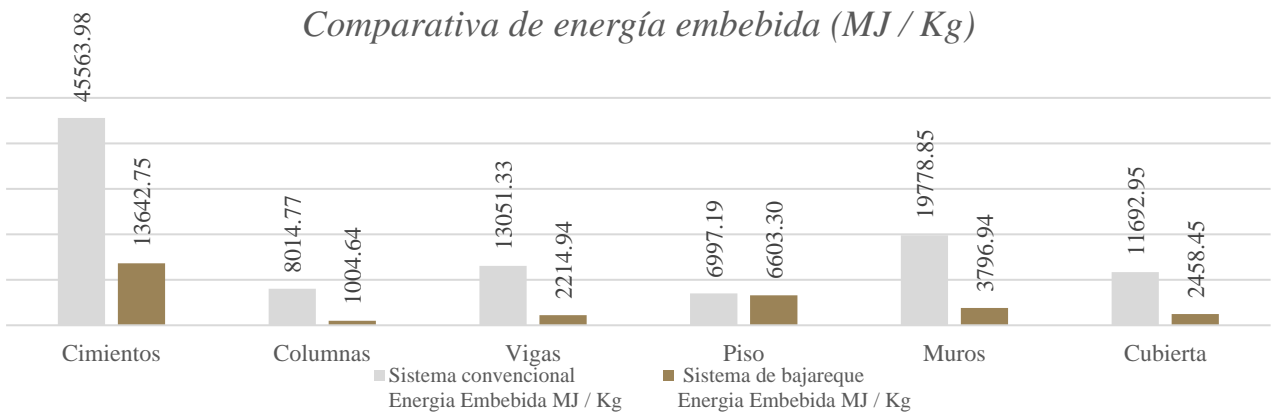
energía incorporada o embebida (Figura 65) y la comparativa de emisiones de carbono (Figura 66).

Figura 64: Comparativa del peso volumétrico entre los 2 sistemas constructivos por partida.



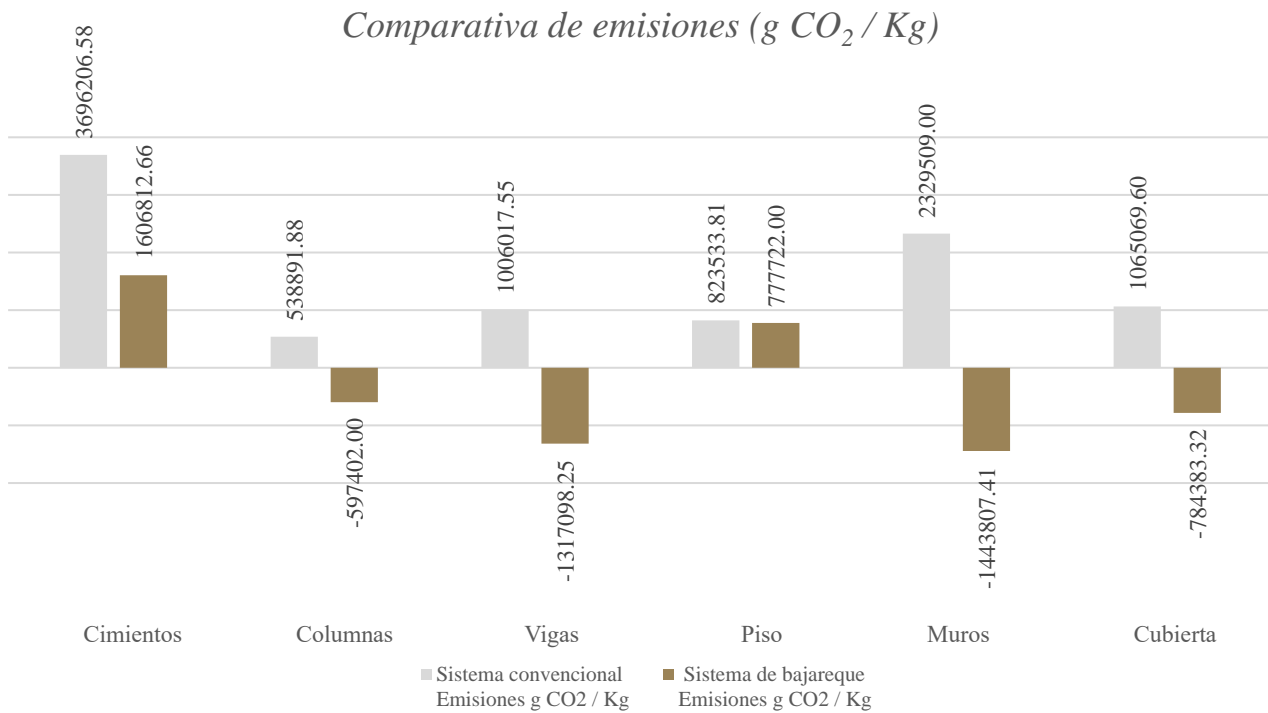
Nota. El gráfico muestra claras diferencias de peso lo que repercute en una mayor estructura de todos los componentes.  
Elaboración propia

Figura 65: Comparativa de la energía embebida entre los 2 sistemas constructivos por partida.



Nota. La diferencia en este rubro es mucho mayor debido a las características inherentes de los 2 sistemas.  
Elaboración propia

Figura 66: Comparativa de las emisiones de carbono entre los 2 sistemas constructivos por partida.



Nota. El gráfico muestra valores negativos por las características y factores de la madera.  
Elaboración propia

#### 4.4 Ventajas y desventajas de un sistema industrializado.

Aunque la construcción convencional permite facilidad en la obtención de los componentes y mano de obra capacitada casi en cualquier parte de la ciudad esta genera, por el uso de los materiales empleados, gran cantidad de contaminantes y una estructura pesada que repercute en mayor cantidad de acero y concreto, así como gastos excesivos de transportación. Así mismo requiere de mantenimiento menor y existen múltiples productos industrializados similares que facilitan la toma de decisiones tanto

técnicas como económicas, así como una gran cantidad de difusión, fichas, manuales y demás documentación.

#### 4.5 Ventajas y desventajas de un sistema vernáculo.

El sistema de bajareque representa una opción sustentable tanto en energía incorporada como en emisiones de carbono.

El peso de la estructura permite reducir la cimentación y con eso también los costos en su elaboración ya que se reducen las dimensiones de la zapata. Por otro lado, requiere de la capacitación de los participantes y la caracterización de los

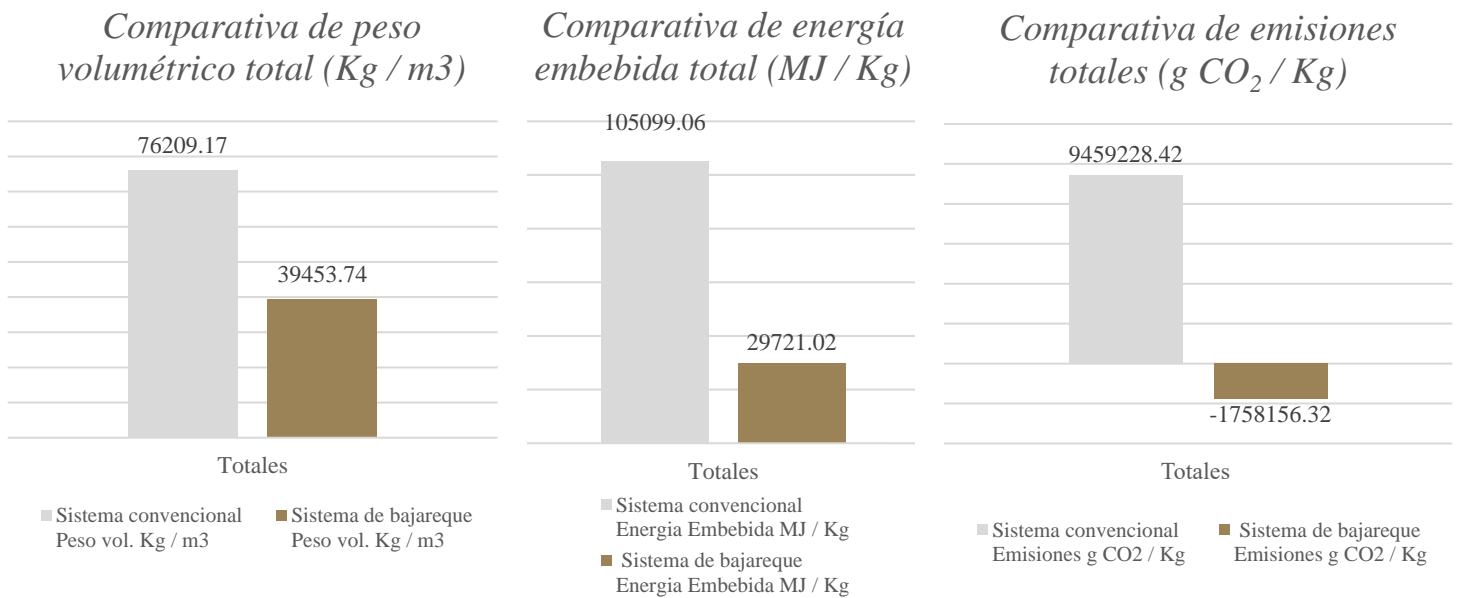


materiales que en muchas ocasiones no se consiguen de forma constante por las variaciones de un mercado que no cuenta con una demanda tal que permita generar existencias todo el año. La mayoría de las soluciones son tradicionales por lo que no existe gran difusión y datos técnicos salvo los artículos científicos y tesis a las que

gran parte de la población no tiene acceso.

En la *Figura 67* se muestran los datos finales de las comparativas de peso, energía incorporada y emisiones de carbono en donde el sistema de bajareque resulta en una opción adecuada, sostenible y oportuna para las problemáticas medio ambientales actuales.

*Figura 67: Gráficas de comparativas de peso volumétrico, energía embebida y emisiones de carbono totales.*



*Nota. Los gráficos dan cuenta de las ventajas del sistema de bajareque contra el sistema convencional.  
 Elaboración propia*

# Conclusiones

## *y consideraciones finales*

### **5.1 Conclusiones de los sistemas constructivos analizados**

Los resultados obtenidos en el análisis del sistema constructivo de bajareque dan cuenta de los beneficios de explorar nuevas vertientes más allá de los materiales que se encuentran con facilidad en el mercado.

La reducción del peso de los elementos propios del bajareque contra los del concreto genera grandes cambios en toda la estructura y en su costo económico y ecológico. Los materiales naturales representan una opción real ante las problemáticas climáticas actuales. Retomar una técnica ancestral e implementar un material destinado a rellenos y usos secundarios genera alternativas que logran aventajar incluso a supuestos sistemas sustentables convencionales que se han posicionado en el mercado de la construcción. El uso de la madera como

estructura principal y del carrizo como material de soporte en el entramado no solo reducen los valores de dióxido de carbono, sino que provocan que estos sean negativos. Esta reducción más la inclusión de materiales de la región como el tepetate y las gramíneas dejan de manifiesto que es un sistema con gran potencial para afrontar los requerimientos actuales de sustentabilidad y más aún en un ámbito como la vivienda que es y será una urgente necesidad humana.

No se pueden pasar por alto las vicisitudes presentadas en esta investigación y que resultan obvias para materiales no convencionales tales como la falta de información precisa de rendimientos en la mano de obra lo que da cuenta de la novedad de la técnica. Estos datos pueden brindar más herramientas para la pronta incorporación del panel de bajareque a gran escala.

Las características y propiedades de

la madera y el carrizo en la construcción han sido ampliamente demostradas en todo el mundo sin embargo aún no existe una industria que genere una demanda considerable en el país y que reduzca los precios por lo que se consiguen en ocasiones como componentes ornamentales que elevan su costo.

El carrizo puede aportar enormes beneficios en el impacto ambiental si se profundizan aspectos de manufactura y producción.

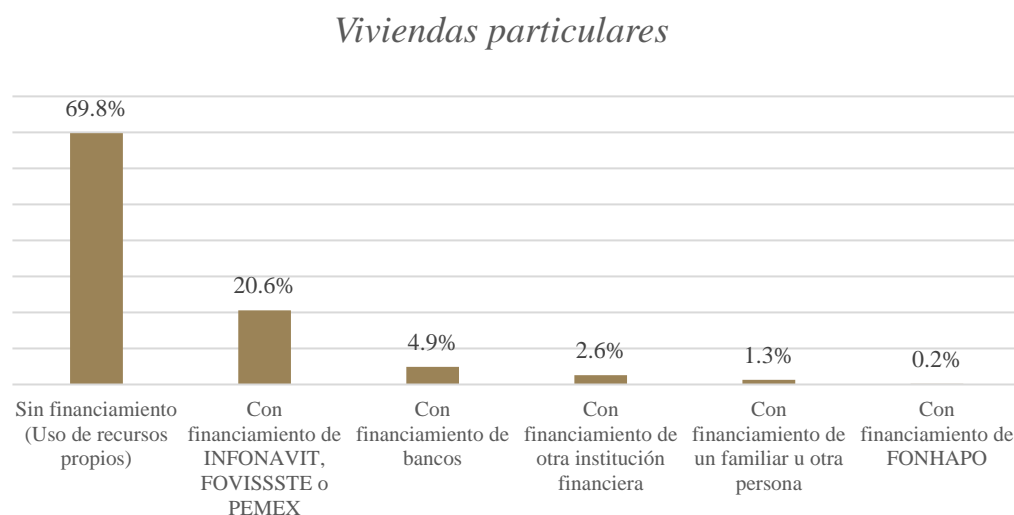
### 5.1.1 La vivienda y apropiación social como futuras líneas de investigación

El tema social resulta de gran

importancia para la incorporación del panel ya que una de las ventajas es su capacidad de apropiación y la sencillez en su manufactura.

Los problemas de vivienda abarcan temas políticos, tecnológicos, demográficos, de tramitación y normativos (Ortiz Flores, 2012, pág. 21), según la encuesta intercensal 2015 (INEGI, 2015, pág. 69) en México el 69.8% del financiamiento utilizado para adquirir o construir vivienda corresponde al uso de recursos propios sin ningún tipo de financiamiento. Los resultados presentados en la *Figura 68* indican la distribución de dichos financiamientos.

*Figura 68: Porcentaje de financiamiento de vivienda particular.*



*Nota. El gráfico representa la comparativa entre diversos financiamientos para viviendas particulares. Elaboración propia, con datos de la Encuesta intercensal del INEGI 2015 (INEGI, 2015, pág. 69)*

La vivienda es edificada con medios que obtienen los mismos habitantes (Quiroa Herrera et al., 2022, pág. 67). Según Ortiz

Flores (2012) “por producción social del hábitat entendemos todos aquellos procesos generadores de espacios habitables,

componentes urbanos y viviendas que se realizan bajo el control de auto productores y otros agentes sociales que operan sin fines de lucro” (p.73). Esta definición aplica para ciudades y entornos rurales considerando diversas escalas de organización tales como familias, grupos, asociaciones, etc.

La apropiación de conocimientos constructivos por parte de los habitantes permite que estos sean replicados en procesos similares (González Calderón & Quiroa Herrera, 2019, pág. 10). Su desarrollo debe satisfacer desde la gestión del suelo hasta su edificación y uso. La falta de apoyo profesional puede derivar en viviendas deficientes por la zona en que fueron construidas o por el incorrecto e insuficiente uso de materiales y sistemas constructivos. Una producción de vivienda que incorpore a sus habitantes permite que estos decidan sobre su espacio y paulatino desarrollo a través del tiempo. Por otro lado, el uso de tecnologías complejas, costosas y con necesidad de equipos y asesoría técnica dificultan la participación de los futuros habitantes (Ortiz Flores, 2012, págs. 31-32).

Transferir tecnologías a la población requiere pautas que contemplen un lenguaje comprensible para el contexto, seguimiento en todo el proceso, capacitación, calendarios de actividades en obra y presupuestales, entre otros

(Rotondaro, 2020, pág. 25). La transferencia adecuada de tecnologías se puede asociar a la innovación social y comercial al desarrollar sistemas que contemplen la manufactura local (Vila Seoane et al., 2013).

Dentro de este desarrollo de tecnologías la elaboración de paneles de bajareque por parte del usuario final facilita la apropiación de la técnica constructiva y permite un profundo conocimiento de componentes, mezclas y medidas, así como la posibilidad de experimentación y mejora.

El plan de trabajo debe considerar desde el diseño básico de la unidad de vivienda hasta su posterior transferencia y apropiación (González Calderón & Quiroa Herrera, 2019, pág. 9). La correcta enseñanza teórica y práctica en la fase preliminar, constructiva y de conservación son factores importantes para evitar que suceda cualquier tipo de desvalorización.

### ***5.1.2 Estrategias de producción social***

Como parte fundamental de la estrategia de apropiación se considera la capacitación previa con el objetivo de evitar errores técnicos que propicien pérdidas económicas y de tiempos de ejecución en obra. Permite aclarar cualquier tipo de duda y facilita su implementación.

Se deben tener en cuenta aspectos



de seguridad y capacitación en el uso de herramientas a utilizar en los procesos constructivos. Tanto en la formación previa como en la incorporación de todos los participantes considerando tareas de diseño preliminar, ejecución de obra, seguimiento constante, retroalimentación y mantenimiento tanto correctivo como preventivo para potenciar la asimilación y valoración de la técnica del bajareque (González Calderón & Quiroa Herrera, 2019, pág. 19).

Como indica Ortiz Flores (2012) “En el caso de la producción social, es fundamental la primera fase destinada a la integración, formación básica y organización del grupo participante” (p.46), lo que implica ampliar el interés inicial por la técnica constructiva e indagar posibles prejuicios para después conocer sus requerimientos espaciales, capacidades constructivas e interés en el aprendizaje.

La creación de talleres teórico-prácticos posibilita la constante retroalimentación, así como posibilidades creativas y mejoras por parte de la comunidad. Ya formados los grupos de trabajo se pueden asignar tareas, responsabilidades y demás actividades.

Resulta adecuado aplicar el conocimiento adquirido a un proyecto y un

terreno específico para continuar la capacitación de forma integral, considerando modulaciones, alturas, limitantes, acabados, cancelería, pisos, mobiliario y demás componentes que integrarán la vivienda. Se debe contemplar tanto la participación como la adquisición de materiales y herramienta para proseguir con actividades de limpieza, organización y supervisión. Es ideal que las actividades contemplen la integración al contexto social inmediato para fortalecer la convivencia y aumentar el alcance del proyecto.

La autoproducción<sup>50</sup> a diferencia de la autoconstrucción<sup>51</sup> contempla a la vivienda de inicio a fin, desde la fase preliminar hasta su posterior uso, lo cual puede implicar su ampliación adecuación y consolidación como parte del proceso. Al dejar de ser un objeto y convertirse en un acto implica otro enfoque cultural que evoluciona con el entorno tanto de forma física como social (Ortiz Flores, 2012, pág. 63).

La producción social de vivienda permite construir sin la necesidad de financiamiento, se adapta a presupuestos, espacios y problemáticas únicas de cada usuario incorporando materiales y sistemas constructivos de la región creando espacios

---

<sup>50</sup> Producción integral de vivienda edificada por los mismos habitantes sin intenciones comerciales.

<sup>51</sup> Se refiere solo a la fase constructiva por parte de los usuarios.

más sustentables y con apropiación de técnicas que abren la posibilidad a una posterior replicación, comercialización e incluso difusión en forma de eventos y demás actividades afines (Chuquipoma Moreno, 2015, pág. 6). Los colores y texturas que presentan estos sistemas abren posibilidades estéticas únicas (*Figura 69*).

Las líneas de investigación propuestas deben ampliar el conocimiento en materia de normatividad, así como de aspectos de resistencia, cualidades higrotérmicas propias del sistema y costos ya que resulta necesario poner en práctica

la información de manuales, artículos, tesis y libros que tratan el tema pero que requieren de la experiencia directa del usuario final para así poder corregir o mejorar la técnica.

Es necesaria la constante búsqueda de opciones que consideren materiales de la región para poder adecuarlos a las necesidades de espacio y construcción. No se debe olvidar que la posibilidad de adquirir conocimientos de técnicas tradicionales permitirá en el futuro contar con herramientas revisadas y probadas ante la crisis ecológica, económica y social.

*Figura 69: Visualizaciones arquitectónicas incorporando texturas propias del bajareque.  
Fuente: Archivo personal*







## Bibliografía

- Abraján Villaseñor, M. A. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (Opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. [Tesis doctoral no publicada, Universitat Politècnica de València]. <https://doi.org/https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/3794>
- Alcorn, A. (2010). *Global Sustainability and the New Zealand House*. [Doctoral thesis, Victoria University, Wellington, New Zealand].
- Arnal Simón, L., & Betancourt Suárez, M. (2019). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. Trillas.
- Arriola Vigo, V., & Tejada Schmidt, U. (2008). *Manual de quincha pre-fabricada para maestros de obra. Elaboración de paneles y proceso constructivo*. Lima: Centro de Investigación, Documentación y Asesoría Poblacional - CIDAP.
- ASTM-D-6276-99<sup>a</sup>. (1999). *Standard Test Method for Using pH to Estimate* .
- Avila Boyas, E. (2019). *Epidermis arquitectónica. Recubrimientos de tierra estabilizada aplicados a la vivienda sostenible*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Baculima Estrella, M. A., & Marín Lazo, L. F. (2019). *Estudio de variables geométricas y disposición de elementos estructurales en muros de bahareque*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Cuenca].
- Barba Pingarrón, L., & Villaseñor Alonso, I. (2013). *La Cal Historia, Propiedades y Usos*. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- Bestraten, S., Hormías, E., & Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*, 63(523), 5-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/ic.10.046>
- Briones Alva, M. E., & Irigoín González, N. U. (2015). *Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo Lucmacucho Alto - sector Lucmacucho, distrito de Cajamarca*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/6679>
- Calderon Peñafiel, J. C. (2013). *Tecnologías para la fabricación de bloques de tierra de gran resistencia*. [Master Oficial en Tecnología de la Arquitectura - Universidad Politécnica de Catalunya].
- Carazas Aedo, W. (2021). *Construir con bajareque Cerén. Experiencias en el contexto de Oaxaca, México*. Ciudad de México.
- Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). *Bahareque Guía de construcción parasísmica*. CRATerre.
- Cárdenas Álvarez, A. A., Cárdenas Haro, X. R., & Sarmiento Avilés, J. I. (2018). El alivianamiento en el tapial. *ASRI: Arte y sociedad. Revista de investigación*, 14, 280-294.
- Carranza, M. (2010). *¿Existen técnicas adecuadas de construcción con tierra para países sísmicos?* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya].
- CEMEX. (2005). *Manual del constructor*. Ciudad de México, México: Talleres de proceso gráfico.
- Chuquipoma Moreno, P. (2015). Proceso de apropiación social del patrimonio: el caso del centro poblado rural Huaycán De Cieneguilla. *Ministerio de Cultura*, 1-8. <http://repositorio.cultura.gob.pe/handle/CULTURA/278>
- Comisión Nacional de Vivienda. (2016). *NAMA Mexicana de Vivienda Sustentable*.

- <https://www.gob.mx/conavi/documentos/nama-mexicana-de-vivienda-sustentable-28728>
- Cuitiño, G., Esteves, A., Rotondaro, R., Maldonado, G., & Alejandro, H. (2011). Análisis del comportamiento térmico en muros de Quincha. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15, 23-26.
- Cuitiño Rosales, G., Esteves, A., Maldonado, N. G., & Rotondaro, R. (s.f.). Comportamiento mecánico de muros prefabricados de Quincha - INCIHUSA-CONICET-MENDOZA. *Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda*.
- Cuitiño, G., Esteves, A., Rotondaro, R., & Maldonado, G. (2009). Análisis económico comparativo de soluciones habitacionales alternativas con Quincha respecto de las construcciones tradicionales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13, 23-29.
- Dethier, J. (2019). *Arquitecturas de tierra: El arte de construir con tierra: pasado, presente y porvenir*. Blume.
- Díaz Gutiérrez, A. (1984). Sistema Constructivo "Quincha Prefabricada". *Informes de la Construcción*, 36(361), 25-33.
- Díaz Ramírez, C. D., & Puyen Lamas, V. E. (2019). *Evaluación de la resistencia del adobe estabilizado a la acción del agua adicionando jabonado de alumbre o mucílago de cactus de San Pedro*. Chiclayo: [Tesis de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].
- Díaz, C., Jiménez, M., Navacerrada, M. Á., & Pedrero, A. (2012). Propiedades acústicas de los paneles de carrizo. *Materiales de Construcción*, 62(305), 55-66. <https://doi.org/0.3989/mc.2010.60510>
- Febres Torres, B. R. (2011). *Vivienda de interés social de dos plantas en base a tapial como una alternativa para el barrio "Mirador" situada en la parroquia de Malacatos, ciudad de Loja: Materiales y estructuras*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Loja].
- Flores Meneses, A. N. (2020). *Panel ligero de tierra, cartón triturado y mucílago de nopal para vivienda rural en México*. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional].
- Gatti, F. (2012). *Arquitectura y construcción en tierra: Estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra*. [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya].
- Gonzales Fuentes, C. S., Ccorisapra Altamirano, C., Chuqui Paucar, J. G., & Herrera Vargas, J. L. (s.f.). *La quincha: Tecnología constructiva tradicional y mejorada*. UNSAAC - FAAP.
- González Calderón, A. J. (mayo-octubre de 2022). Análisis comparativo de tres sistemas constructivos de tierra. Energía embebida y emisiones de CO<sub>2</sub>. *AREA*, 28(2), 1-15. [https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2802/2802\\_gonzalez-calderon.pdf](https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2802/2802_gonzalez-calderon.pdf)
- González Calderón, A. J., & Guerrero Baca, L. F. (2022). Bajareque tecnificado. Evaluación de energía incorporada y emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con la edificación convencional: Sistema constructivo alternativo para la vivienda rural de Torreón, México. *Vivienda Y Comunidades Sustentables*, (11). <https://doi.org/https://doi.org/10.32870/rves.v0i11.177>
- González Calderón, A. J., & Quiroa Herrera, J. A. (2019). Diseño y tecnología en procesos de Producción Social del Hábitat. Sistemas constructivos de bambú en Manizales, Colombia. *Cuestión de Diseño*, 8(11), 7-22.
- Guerrero Baca, L. F. (2007). Arquitectura en tierra Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes: Revista De Estudios Sobre Patrimonio Cultural*, 20(2), 182-201. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8976>
- Guerrero Baca, L. F. (2011). Pasado y porvenir de la arquitectura de tapia. *Bitácora*

- Arquitectura*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22201/fa.14058901p.2011.22.25519>
- Guerrero Baca, L. F. (2016). Certificación de materiales sostenibles para la conservación arquitectónica. *Conservación y restauración*, 10(1), 15-20.
- Guerrero Baca, L. F. (2017). Pasado y porvenir de la construcción con bajareque. *Revista Restauro*, 4(8), 69-80. <https://editorialrestauro.com.mx/pasado-y-porvenir-de-la-construccion-con-bajareque/>
- Guerrero Baca, L. F., & Ávila, E. (2019). Pañetes de tierra estabilizada con nopal. *Revista Nodo*, 14(27), 53-62. <https://doi.org/https://doi.org/10.54104/nodo.v14n27.167>
- Guerrero Baca, L. F., Roux Gutierrez, R. S., & Soria López, F. J. (2011). Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. *Palapa*, V(10), 45-57. <https://www.redalyc.org/pdf/948/94820714005.pdf>
- Gutiérrez Salgado, J. J. (2016). *[Tapia] estabilización microbiológica una forma de autoconstrucción*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2016/noviembre/0753425/Index.html>
- Hernández Macías, H. (2017). *Tierra vertida + PET, una aportación al sistema constructivo de muros de botellas de PET rellenas de tierra; Caso Centro Comunitario la Mezquitera*. [Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente]. <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/4865/TOG%20PET%2bTIERRA%20HUMBERTO%20MACIAS%20MAESTRIA%20EN%20PROYECTOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Hernández Pocero, J. (2016). *Construcción con tierra: Análisis, conservación y mejora. Un caso práctico en Senegal*. [Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona]. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:KXz2hsfRVZsJ:https://upcommons.upc.edu/handle/2117/107822+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d>
- Ibañez Asensio, S., & Moreno Ramón, H. (2011). Estructura general de los silicatos. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería*.
- INEGI. (2015). *Encuesta Intercensal 2015. Principales resultados*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/doc/eic\\_2015\\_presentacion.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/doc/eic_2015_presentacion.pdf)
- Jiménez Vicario, P. M., García Martínez, P., & López Jiménez, J. M. (2016). Torres de adobe: Análisis gráfico y constructivo de las casas-torre de Yemen. *Anuario de Jóvenes Investigadores*, 9, 38-41.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos* (Segunda ed.). México, D.F.: Limusa.
- Lazcano Araujo, A. (1998). *El origen de la vida: evolución química y evolución biológica* (3a ed.). México: Trillas.
- Lemarquis, A., & Rivera Vidal, A. (2015). Escuela de construcción en tierra. Valorización contemporánea de un saber ancestral y local. *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con tierra 15° SIACOT*, 1-12.
- López Dávalos, A. (2018). *Desarrollo de un nuevo bloque de tierra mejorado, con la incorporación de aditivos de compuestos orgánicos*. [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]. <https://doi.org/https://upcommons.upc.edu/handle/2117/121597>
- Minke, G. (2005). *Manual de construcción en tierra*. Montevideo, Uruguay: Fin de siglo.
- Neves, C., Faria, O., Rotondaro, R., Salas, P., & Hoffmann, M. (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra –prácticas de campo. *Red PROTERRA*, 1(33).
- Orozco Centeno, W. P., Branch Bedoya, J. W., & Jiménez Builes, J. A. (2014). Clasificación de

- rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas en secciones delgadas a través programación estructurada. *Boletín de Ciencias de la Tierra* (36), 5-9.
- Orozco Martín, S. O. (2015). *Caracterización de arenas pumíticas del área metropolitana de Guadalajara para su uso en muros de tierra compactada*. [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente]. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ayeF4IC5pWAJ:https://rei.iteso.mx/handle/11117/3224+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d>
- Ortiz Flores, E. (2012). *Producción social de la vivienda y el hábitat. Bases conceptuales y correlación con los procesos habitacionales*. HIC.
- Pereyra, J. A., Fabrega, M., Vega, L. B., & Castilla, J. (2014). Pautas para una normativa de construcción con tierra cruda para la provincia de San Juan - Argentina. *Arquitectura de tierra: Patrimonio y sustentabilidad en regiones sísmicas*. 14° SIACOT, 259.
- Pérez Castellanos, N. A. (2010). Formulación de un mortero de inyección con mucilago de nopal para restauración de pintura mural. *Foro Académico*,(2), 16-20. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/foro/article/view/4611>
- Pérez Castellanos, N. A. (2016). *Los adobes arqueológicos de la Gran Pirámide de Cholula: Caracterización detallada de su composición relacionada con sus propiedades como material de construcción*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Prado Núñez, R. (2007). *Procedimientos de Restauración y Materiales*. México D.F.: Trillas.
- Quiroa Herrera, J. A., González Calderón, A. J., & Salazar Estrada, D. L. (2022). *Transferencia tecnológica y producción social del hábitat. Mujeres en la construcción*. Universidad Autónoma del Estado de México. <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/112851/Desaf%0c3%0ados%20del%20dise%0c3%0blo%20social.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española* (23 ed.). <https://dle.rae.es>
- Rodríguez Ruiz, J. L., Castañeda Hernández, C. G., Cruz López, R., & Neria Hernández, R. (2021). Diseño de un módulo de bahareque autoconstructivo de bajo costo e impacto ambiental para viviendas unifamiliares. *RedCA*, 3(9), 158-181.
- Rodríguez Viqueira, M., Figueroa Castrejón, A., Fuentes Freixanet, V., Castorena Espinosa, G., Huerta Velázquez, V., García Chavez, J. R., . . . Guerrero Baca, L. F. (2001). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. México: LIMUSA, UAM Azcapotzalco.
- Romero Zeballos, G. (2008). *Construyendo viviendas con Quincha Mejorada - Tecnología de mitigación de riesgos - Guía práctica*. PREDES, Fondo editorial.
- Rotondaro, R. (2020). Transferencia tecnológica en el hábitat popular de Argentina. *Construcción Con Tierra*, 1(3), 16-31. <https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/construccioncontierra/article/view/960>
- SEMARNAT. (2021). *Anuario estadístico de la producción forestal 2018*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- Sepulcre Aguilar, A. (2005). *Influencia de las Adiciones Puzolánicas en los Morteros de Restauración de Fábricas de Interés Histórico-Artístico*. Madrid: [Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura].
- Serra Puche, M. C., & Lazcano Arce, J. C. (2015). *Vida Cotidiana Xochitecatl-Cacaxtla Dias Años Milenios*. Distrito Federal: Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Silva Cascante, A. V., Vázquez Mora, C. A., & Uría Cevallos, G. R. (s.f.). Determinación del uso del mucilago de nopal en la construcción de la época colonial (caso Convento de San Diego). *Project, Design and Management*, 2(2), 95-118. <https://doi.org/10.29314/pdm.v2i1.43>



- Sociedad Hipotecaria Federal. (2019). *Programa Nacional de Vivienda (PNV) 2019-2024*. Sociedad Hipotecaria Federal. <https://www.gob.mx/shf/documentos/plan-nacional-de-vivienda-pnv-2019-2024>
- Suarez Dominguez, E. J., Aranda Jiménez, Y. G., & Roux Gutiérrez, R. S. (2016). *Tierra Vertida: Una descripción Global*.
- Taghiloha, L. (2013). *Using rammed earth mixed with recycled aggregate as a construction material*. [Tesis de Maestría, Escola de Camins].
- Thouvenot, M. (2014). *Diccionario náhuatl-español basado en los diccionarios de Alonso de Molina con el náhuatl normalizado y el español modernizado*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas. <https://historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/diccionario/nahuatl.html>
- Urbán Brotóns, P. (2012). *Construcción de estructuras de madera*. Club Universitario.
- Valles Molina, N. C. (2010). *Muros de tierra compactada-Tapia: Caracterización de sus propiedades*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000654088](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000654088)
- Vargas del Río, D., Zárate del Valle, P. F., & Gutiérrez Pulido, H. (2005). Actividad puzolánica de las tobas pumíticas de la zona metropolitana de Guadalajara. *e-Gnosis* (3). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000309>
- Vila Seoane, M. F., Guagliano, L. M., Galante, O., & Arcienaga Morales, A. A. (2013). Transferencia de Tecnologías a una Cooperativa en Argentina: Un Estudio de Casos. *Journal of technology management & innovation*, 8(Supl. 1), 18. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242013000300018>
- Villalobos Ruiz, R. (2014). *Morteros de Cal con Mucílago de Nopal (Opuntia Ficus-Indica) como aditivo: Evaluación de las propiedades mecánicas en base al método de extracción empleado*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. [https://www.researchgate.net/publication/327289123\\_MORTEROS\\_DE\\_CAL\\_CON\\_MUCILAGO\\_DE\\_NOPAL\\_OPUNTIA\\_FICUS-INDICA\\_COMO\\_ADITIVO\\_Evaluacion\\_de\\_las\\_propiedades\\_mecanicas\\_en\\_base\\_a\\_l\\_metodo\\_de\\_extraccion\\_empleado](https://www.researchgate.net/publication/327289123_MORTEROS_DE_CAL_CON_MUCILAGO_DE_NOPAL_OPUNTIA_FICUS-INDICA_COMO_ADITIVO_Evaluacion_de_las_propiedades_mecanicas_en_base_a_l_metodo_de_extraccion_empleado)
- Von Mag, A., & Rauch, M. (2011). Paredes de tapial y su industrialización (encofrados y sistemas de compactación). *Informes de la Construcción*, 63(523), 35–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/ic.10.013>

## Glosario

- Adobe.** Elemento constructivo que se elabora con la mezcla de tierra y fibras vegetales que comúnmente se secan al sol.
- Agua.** Elemento compuesto por oxígeno e hidrógeno, activa las fuerzas que unen la arcilla.
- Apisonar.** Acción de presionar el suelo con herramienta manual y/o mecánica con la intención de compactarlo y reducir su humedad interna.
- Bajareque.** Sistema constructivo a base de fibras, mallas o elementos de refuerzo que son recubiertos con mezclas de tierra las cuales se colocan por capas y a las que se les da un acabado final del mismo material u otro similar. La estructura completa se encuentra confinada en marcos reforzados comúnmente de madera.
- Construcción.** Fabricación o desarrollo de una edificación de manera adecuada según los lineamientos establecidos para dicha práctica.
- Gramíneas.** Tallos secos de trigo, arroz, entre otros.
- Hidróxido de calcio.** Sustancia que se obtiene por hidratación del óxido de calcio. incrementa la resistencia mecánica a compresión y la absorción del agua.
- Entramado.** Sistema estructural básico de los muros de bajareque elaborado con diversas fibras naturales o artificiales.
- Madera.** Material formado por fibras de celulosa y lignina.
- Muro.** Elemento divisor de dimensiones variables.
- Muro divisorio.** Muros que solo delimitan espacios sin cargar fuerzas superiores o laterales del edificio. Se pueden remover sin consecuencias en la estructura principal.
- Mezcla.** Combinación de componentes de forma homogénea para generar un elemento con características diferentes a las que tendrían los mismos por separado.
- Mucílago de nopal.** Es un polímero que retiene agua. Contiene mucho más tiempo material humectante.
- Panel.** Elemento constructivo de dimensiones estandarizadas y con espesores mínimos que permiten colocarlo en paredes, plafones y demás divisiones.
- Paja.** Tallos secos que se obtienen del trigo, cebada, centeno, etc. Se encuentra de diversos tamaños por lo que se debe recortar para su correcta incorporación en el panel.
- Revoque.** Recubrimiento que se aplica de forma manual o con herramienta simple con el fin de rellenar espacios. Es un acabado continuo que utiliza diversos materiales industriales u orgánicos.
- Sistema.** Conjunto ordenado de procedimientos para realizar una actividad.
- Tapia.** Sistema constructivo a base de cimbras en las cuales se vierte tierra previamente seleccionada colocando entre capa y capa estabilizadores (impermeabilizantes y aglutinantes) y agua para después apisonar y descimbrar el elemento.
- Tierra.** Material compuesto por diversas partículas que según su tamaño se clasifican en gravas, arenas, limos y arcillas.
- Tierra vertida.** Mezcla de gravas, arenas, limos y arcillas con una proporción de agua mayor que otros sistemas lo que le brinda propiedades de esbeltez y resistencia a la compresión.
- Suelo.** Es la superficie de la capa terrestre que se compone de elementos orgánicos e inertes según su profundidad.

## Anexo 1

Anexo de precios unitarios (*Sistema de Bajareque*):

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
001	Trazo y nivelación manual para establecer ejes y referencias, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Calidra	kg	0.1000	\$2.93
	Duela de pino	pza	0.0200	\$35.00
	Hilo para albañil de 65 m	pza	0.0154	\$15.00
	Varilla de 3/8"	kg	0.1000	\$23.28
	Concreto f'c=100 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.0005	\$1,544.48
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$4.32</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0040	\$1,316.76
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$5.27
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$5.43</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$9.75</b>
CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>3</sup>	
002	Excavación a mano en cepas de material tipo I, en zona "A", hasta 2.00 m de profundidad. Incluye: retiro del material hasta 4.00 m de distancia horizontal, afine de fondo y taludes, medido en banco.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>0.00</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Ayudante	jor	0.3333	\$615.42
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$205.14
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$211.29</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$211.29</b>
CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
003	Plantilla de 5 cm de espesor de concreto hecho en obra de f'c=100 kg / cm <sup>2</sup> , incluye: preparación de la superficie, nivelación, maestreado, colado, mano de obra, equipo y herramienta.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Concreto f'c = 100 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.0525	\$1,544.48
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$81.08</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0400	\$1,316.76
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$52.67
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$54.25</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$135.34</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>3</sup>	
004	Cimentación corrida de 60 x 20 cm, a base de concreto ciclópeo, realizada con concreto f'c=150 kg / cm <sup>2</sup> tamaño máximo del agregado 40 mm, revenimiento de 5 a 10 cm, hecho en obra y colado con medios manuales (60% de volumen) incluyendo piedra bola de 15 a 30 cm de diámetro (40% de volumen), para formación de cimentación.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Cemento gris (incluye acarreo 2 km)	ton	0.2030	\$3,700.00
	Piedra de banco (incluye acarreo 2 km)	m <sup>3</sup>	0.4200	\$618.88
	Grava de 1 1/2" (38 mm) incluye acarreo	m <sup>3</sup>	0.7000	\$287.36
	Arena	m <sup>3</sup>	0.3500	\$258.62
	Agua	m <sup>3</sup>	0.1770	\$29.00
	Cimbra de madera	m <sup>2</sup>	0.8640	\$195.31
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$1,476.58</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla de Albañil + 5 Ayudante	jor	0.1000	3,336.78
	Cuadrilla Carpintero O.N. + Ayudante	jor	0.0500	\$1,338.36
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$66.92
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$402.60</b>
	<b>MAQUINARIA</b>			
	Revolvedora de trompo de gasolina 8 H.P.	h	0.5000	130.00
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$1,879.19</b>
CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
005	Impermeabilización en cimentación a base de una capa Vaportite 500, incluye materiales, mano de obra, fletes y todo lo necesario para su correcta aplicación.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Vaportite 550	litro	1.0000	\$131.35
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$131.35</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0400	\$1,316.76
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$52.67
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$54.25</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$185.60</b>



CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD		m <sup>2</sup>
006	Firme de 5 cm acabado común, de concreto f'c= 150 kg / cm <sup>2</sup> , incluye: suministro de materiales, acarreos, nivelación, cimbrado de fronteras, mano de obra, equipo y herramienta.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Concreto f'c=150 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.0550	\$1,698.52
	Cimbra	m <sup>2</sup>	0.0500	\$195.31
	Clavo de 4" para madera	kg	0.1000	\$45.00
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$107.68</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla de Albañil +Ayudante	jor	0.0526	\$1,316.76
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$69.30
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$71.38</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$179.07</b>
CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD		pza
007	Poste de madera de 4" x 4" a cada 3 m, con madera anclada con varilla de 80 cm de longitud de 3/8" (40 cm en poste estructural y 40 cm en cimentación de concreto), incluye: material, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Poste de madera de 4" x 4" de 3ra (Polín)	pza	1.0000	\$180.00
	Varilla de 3/8"	kg	0.4570	\$23.28
	Preservador de madera a base de sales de boro	litro	0.0100	\$633.62
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$196.98</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Carpintero O.N. + Ayudante	jor	0.0625	\$1,338.36
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$83.65
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$86.16</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$283.13</b>

**CLAVE**   **ESPECIFICACIÓN**   **UNIDAD**   **pza**

**008** Panel de bajareque tipo 1 muro elaborado en sitio con medidas de 1.20 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, anclado a cimentación con alambre galvanizado del no.8 de 1.7 m de largo en forma de "U" (3 piezas) Incluye: mano de obra, materiales, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
<b>MATERIALES</b>				
Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	7.4970	\$32.00	\$239.90
Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	7.3500	\$16.00	\$117.60
Carrizo de 1" de diámetro	ml	54.0000	\$5.00	\$270.00
Clavo de 4" para madera	kg	0.5000	\$45.00	\$22.50
Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.2267	\$911.44	\$206.62
Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100 m)	kg	0.5304	\$41.38	\$21.95
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$878.58</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.6667	\$1,316.76	\$877.84
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$877.84	\$26.34
Andamios	%M.O.	0.0500	\$877.84	\$43.89
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$948.07</b>
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$1,826.64</b>

**CLAVE**   **ESPECIFICACIÓN**   **UNIDAD**   **pza**

**009** Panel de bajareque tipo 2 muro elaborado en sitio con medidas de 0.50 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, anclado a cimentación con alambre galvanizado del no.8 de 1.7 m de largo en forma de "U" (2 piezas) Incluye: mano de obra, materiales, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C.U.	IMPORTE
<b>MATERIALES</b>				
Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	6.0375	\$32.00	\$193.20
Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	3.1500	\$16.00	\$50.40
Carrizo de 1" de diámetro	ml	21.1500	\$5.00	\$105.75
Clavo de 4" para madera	kg	0.2000	\$45.00	\$9.00
Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.0872	\$911.44	\$79.52
Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100 m)	kg	0.3536	\$41.38	\$14.63
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$452.50
<b>MANO DE OBRA</b>				
Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.2500	\$1,316.76	\$329.19
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$329.19	\$9.88
Andamios	%M.O.	0.0500	\$329.19	\$16.46
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$355.53
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$808.02</b>

**CLAVE**   **ESPECIFICACIÓN**   **UNIDAD**   **pza**

**010** Panel de bajareque tipo 3 muro elaborado en sitio con medidas de 0.70 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, anclado a cimentación con alambre galvanizado del no.8 de 1.7 m de largo en forma de "U" (2 piezas) Incluye: mano de obra, materiales, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
<b>MATERIALES</b>				
Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	6.4050	\$32.00	\$204.96
Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	4.3260	\$16.00	\$69.22
Carrizo de 1" de diámetro	ml	30.5500	\$5.00	\$152.75
Clavo de 4" para madera	kg	0.3000	\$45.00	\$13.50
Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.1261	\$911.44	\$114.90
Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100 m)	kg	0.3536	\$41.38	\$14.63
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$569.95
<b>MANO DE OBRA</b>				
Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.3333	\$1,316.76	\$438.92
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$438.92	\$13.17
Andamios	%M.O.	0.0500	\$438.92	\$21.95
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$474.03
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$1,043.99</b>



**CLAVE ESPECIFICACIÓN UNIDAD pza**

**011** Panel de bajareque tipo 4 muro elaborado en sitio con medidas de 0.85 x 1.60 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, anclado a cimentación con alambre galvanizado del no.8 de 1.7 m de largo en forma de "U" (2 piezas) Incluye: mano de obra, materiales, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C.U.	IMPORTE
<b>MATERIALES</b>				
Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	5.0400	\$32.00	\$161.28
Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	3.4440	\$16.00	\$55.10
Carrizo de 1" de diámetro	ml	24.8000	\$5.00	\$124.00
Clavo de 4" para madera	kg	0.2300	\$45.00	\$10.35
Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.1023	\$911.44	\$93.24
Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100 m)	kg	0.3536	\$41.38	\$14.63
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$458.61</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.2500	\$1,316.76	\$329.19
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$329.19	\$9.88
Andamios	%M.O.	0.0500	\$329.19	\$16.46
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$355.53</b>
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$814.13</b>

**CLAVE ESPECIFICACIÓN UNIDAD m<sup>2</sup>**

**012** Encalado tradicional en muros y cubierta con dos manos de cal, previa aplicación de una mano de cal apagada diluida, sobre paramento exterior de muro de panel de bajareque. Incluye: mano de obra, herramientas, materiales y todo lo necesario para su correcta ejecución.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C.U.	IMPORTE
<b>MATERIALES</b>				
Cal	kg	0.6000	\$3.00	\$1.80
Agua	m <sup>3</sup>	0.0700	\$29.00	\$2.03
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$3.83</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Cuadrilla Pintura + Ayudante	jor	0.0167	\$1,212.80	\$20.21
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$20.21	\$0.61
Andamios	%M.O.	0.0500	20.21	\$1.01
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$21.83</b>
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$25.66</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	pza		
013	Panel de bajareque tipo 1 de cubierta elaborado en sitio con medidas de 1.20 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucilago de nopal en ambas caras. Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.				
	<b>C O N C E P T O</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>M A T E R I A L E S</b>				
	Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	7.4970	\$32.00	\$239.90
	Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	7.3500	\$16.00	\$117.60
	Carrizo de 1" de diámetro	ml	54.0000	\$5.00	\$270.00
	Clavo de 4" para madera	kg	0.5000	\$45.00	\$22.50
	Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.2267	\$911.44	\$206.62
	Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100m)	kg	0.5304	\$41.38	\$21.95
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$878.58</b>
	<b>M A N O D E O B R A</b>				
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.6667	\$1,316.76	\$877.84
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$877.84	\$26.34
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$877.84	\$43.89
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$948.07</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$1,826.64</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	pza		
014	Panel de bajareque tipo 2 de cubierta elaborado en sitio con medidas de 0.50 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	6.0375	\$32.00	\$193.20
	Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	3.1500	\$16.00	\$50.40
	Carrizo de 1" de diámetro	ml	21.1500	\$5.00	\$105.75
	Clavo de 4" para madera	kg	0.2000	\$45.00	\$9.00
	Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.0872	\$911.44	\$79.52
	Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100m)	kg	0.3536	\$41.38	\$14.63
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$452.50
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.2500	\$1,316.76	\$329.19
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$329.19	\$9.88
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$329.19	\$16.46
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$355.53
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$808.02</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	pza		
015	Panel de bajareque tipo 3 cubierta elaborado en sitio con medidas de 0.75 x 2.40 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	6.5100	\$32.00	\$208.32
	Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	4.6620	\$16.00	\$74.59
	Carrizo de 1" de diámetro	ml	32.9000	\$5.00	\$164.50
	Clavo de 4" para madera	kg	0.3100	\$45.00	\$13.95
	Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.1356	\$911.44	\$123.62
	Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100m)	kg	0.3536	\$41.38	\$14.63
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$599.61
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.4000	\$1,316.76	\$526.70
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$526.70	\$15.80
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$526.70	\$26.34
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$568.84
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$1,168.45</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	pza		
016	Panel de bajareque tipo 4 cubierta elaborado en sitio con medidas de 0.50 x 1.55 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	4.0950	\$32.00	\$131.04
	Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	1.9425	\$16.00	\$31.08
	Carrizo de 1" de diámetro	ml	12.6000	\$5.00	\$63.00
	Clavo de 4" para madera	kg	0.1350	\$45.00	\$6.08
	Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.0557	\$911.44	\$50.75
	Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100m)	kg	0.3536	\$41.38	\$14.63
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$296.58
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.2000	\$1,316.76	\$263.35
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$263.35	\$7.90
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$263.35	\$13.17
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$284.42
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$581.00</b>



CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	pza		
017	Panel de bajareque tipo 5 cubierta elaborado en sitio con medidas de 1.20 x 1.55 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	5.5650	\$32.00	\$178.08
	Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	4.8405	\$16.00	\$77.45
	Carrizo de 1" de diámetro	ml	32.2000	\$5.00	\$161.00
	Clavo de 4" para madera	kg	0.3200	\$45.00	\$14.40
	Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.1423	\$911.44	\$129.73
	Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100m)	kg	0.3536	\$41.38	\$14.63
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$575.29
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.4000	\$1,316.76	\$526.70
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$526.70	\$15.80
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$526.70	\$26.34
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$568.84
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$1,144.14</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	pza		
018	Panel de bajareque tipo 6 cubierta elaborado en sitio con medidas de 0.75 x 1.55 m, realizado con marco perimetral de madera de 3ra de 4" x 1" y con travesaños interiores e intermedios con madera de 3ra de 2" x 1", con un entramado de carrizo de 1" de diámetro para darle soporte, con 2 capas de mezcla de tepetate con agua y mucílago de nopal en ambas caras, Incluye: mano de obra, materiales, herramienta, amarre de panel con alambre galvanizado a vigas de madera y todo lo necesario para su correcta ejecución.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Madera de pino de 3ra de 4"x1" perimetral de panel	ml	4.7250	\$32.00	\$151.20
	Madera de pino de 3ra de 2"x1" intermedios y travesaños de panel	ml	3.0240	\$16.00	\$48.38
	Carrizo de 1" de diámetro	ml	21.0000	\$5.00	\$105.00
	Clavo de 4" para madera	kg	0.2000	\$45.00	\$9.00
	Mezcla de Tepetate con mucílago	m <sup>3</sup>	0.0869	\$911.44	\$79.20
	Alambre galvanizado del no. 8 (10.16 kg / 100m)	kg	0.3536	\$41.38	\$14.63
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$407.42</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.2500	\$1,316.76	\$329.19
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$329.19	\$9.88
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$329.19	\$16.46
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$355.53</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$762.95</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	ml		
019	Estructura de cubierta con entramado de vigas de soporte de madera de 4" x 4" @ 60 cm en un solo sentido para apoyar los paneles, y vigas perimetrales de cierre de 4" x 4", incluye: mano de obra, materiales, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Madera de pino de 3ra de 4 x 4" perimetral de estructura	ml	1.0500	\$360.64	\$378.67
	Clavo de 4" para madera	kg	0.1500	\$45.00	\$6.75
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$385.42</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Carpintero O.N. + Ayudante	jor	0.0667	\$1,338.36	\$89.22
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$89.22	\$4.46
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$89.22	\$2.68
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$96.36</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$481.78</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	ml	
020	Pretil a base de viga de madera de 2" X 4" en todo el perímetro de la cubierta, con preservador de madera a base de sales de boro, Incluye materiales mano de obra, herramienta y equipo.			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C.U.	IMPORTE
MATERIALES				
Viga de madera de 2" x 4"	ml	1.0300	\$180.32	\$185.73
Preservador de madera a base de sales de boro	litro	0.0100	\$633.62	\$6.34
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$192.07
MANO DE OBRA				
Cuadrilla Carpintero O.N. + Ayudante	jor	0.0200	\$1,338.36	\$26.77
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$26.77	\$0.80
Andamios	%M.O.	0.0500	26.77	\$1.34
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$28.91
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$220.97</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
021	Impermeabilizante ecológico en cubierta a base de jabón de pasta de lavandería y piedra alumbre, Incluye: mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C.U.	IMPORTE
MATERIALES				
Jabón de pasta de lavandería	pza	0.2000	\$26.50	\$5.30
Piedra Alumbre	kg	0.2000	\$70.00	\$14.00
Agua	m <sup>3</sup>	0.0010	\$29.00	\$0.03
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$19.33
MANO DE OBRA				
Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0125	\$1,316.76	\$16.46
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$16.46	\$0.49
Andamios	%M.O.	0.0500	16.46	\$0.82
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$17.78
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$37.11</b>

## Anexo 2

Anexo de precios unitarios (*Sistema Convencional*):

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD		
001	Trazo y nivelación manual para establecer ejes y referencias, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.			m <sup>2</sup>
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Calidra	kg	0.1000	\$2.93
	Duela de pino	pza	0.0200	\$35.00
	Hilo para albañil de 65 m	pza	0.0154	\$15.00
	Varilla de 3/8"	kg	0.1000	\$23.28
	Concreto f'c=100 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.0005	\$1,544.48
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$4.32</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0040	\$1,316.76
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$5.27
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$5.43</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$9.75</b>
CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD		m <sup>3</sup>
002	Excavación a mano en cepas de material tipo I, en zona "A", hasta 2.00 m de profundidad. Incluye: retiro del material hasta 4.00 m de distancia horizontal, afine de fondo y taludes, medido en banco.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>0.00</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Ayudante	jor	0.3333	\$615.42
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$205.14
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$211.29</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$211.29</b>
CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD		m <sup>2</sup>
003	Plantilla de 5 cm, de espesor de concreto hecho en obra de f'c=100 kg / cm <sup>2</sup> , incluye: preparación de la superficie, nivelación, maestreado, colado, mano de obra, equipo y herramienta.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Concreto f'c = 100 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.0525	\$1,544.48
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$81.08</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0400	\$1,316.76
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$52.67
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$54.25</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$135.34</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	ml		
004	Zapata corrida de cimentación, de 0.60 x 0.60 X 0.20 cm de espesor de concreto hecho en obra $f'c=200$ kg / cm <sup>2</sup> , armada con varilla de 3/8" de diámetro, estribos con varilla del n°3 @ 20 cm e incluye: cimbra, mano de obra y rodo lo necesario para su correcta ejecución.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Concreto $f'c= 200$ kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.2200	\$1,887.43	\$415.23
	Varilla de 3/8"	kg	15.5295	\$23.28	\$361.53
	Cimbra de madera	m <sup>2</sup>	1.2500	\$195.31	\$244.14
	Alambre recocido cal.16	kg	0.0667	\$40.51	\$2.70
	Clavos para madera 2 1/2"	kg	1.0000	\$38.79	\$38.79
	Desmoldante para cimbra Sika	litro	0.0714	\$88.15	\$6.30
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$1,068.69
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Albañil + 5 Ayudantes	jor	0.1667	\$3,778.44	\$629.74
	Cuadrilla Fierrero + Ayudante	jor	0.1250	\$1,320.80	\$165.10
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$165.10	\$4.95
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$799.79
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$1,868.48</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>		
005	Impermeabilización en cimentación a base de una capa Vaportite 500, incluye materiales, mano de obra, fletes y todo lo necesario para su correcta aplicación.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Vaportite 550	litro	1.0000	\$131.35	\$131.35
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$131.35
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0400	\$1,316.76	\$52.67
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$52.67	\$1.58
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$54.25
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$185.60</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>3</sup>		
006	Relleno con material producto de la excavación compactado con pisón de mano en capas no mayores de 20 cm. incluye: adición de agua, mano de obra, equipo y herramienta.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Agua	m <sup>3</sup>	0.1000	\$29.00	\$2.90
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				\$2.90
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Ayudante	jor	0.4000	\$615.42	\$246.17
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$246.17	\$7.39
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				\$253.55
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$256.45</b>



CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
007	Piso de 6 cm acabado escobillado, armado con malla 6 x 6 / 10-10, de concreto f'c= 200 kg / cm <sup>2</sup> , incluye: suministro de materiales, acarreos, nivelación, cimbrado de fronteras, mano de obra, equipo y herramienta.			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C.U.	IMPORTE
MATERIALES				
Concreto f'c=200 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.0650	\$1,887.43	\$122.68
Alambre recocido cal.16	kg	0.0556	\$40.51	\$2.25
Duela de pino de 3ra	pza	0.0840	\$40.00	\$3.36
Cemento gris	ton	0.0010	\$3,190.00	\$3.19
Malla electrosoldada 6 x 6 / 10-10	m <sup>2</sup>	1.1000	\$43.10	\$47.41
Clavos para madera 2 1/2"	kg	0.0800	\$38.79	\$3.10
Desmoldante para cimbra Sika	litro	0.0714	\$88.15	\$6.30
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$188.29</b>
MANO DE OBRA				
Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0714	\$1,316.76	\$94.05
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$94.05	\$2.82
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$96.88</b>
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$285.17</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
008	Muro de 12 cm de block de concreto de 12 x 20 x 40 cm asentado con mezcla cemento arena 1:5, acabado común, con refuerzos horizontales a base de escalerilla a cada 2 hiladas, incluye: materiales, acarreos, mano de obra, equipo y herramienta.			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C.U.	IMPORTE
MATERIALES				
Block de concreto hueco 12 x 20 x 40 cm	pza	14.0000	\$8.00	\$112.00
Mortero cemento arena 1:5	m <sup>3</sup>	0.0300	\$1,472.62	\$44.18
Escalerilla 12-2	m	2.6000	\$14.00	\$36.40
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$192.58</b>
MANO DE OBRA				
Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.1250	\$1,316.76	\$164.60
Andamios	%M.O.	0.0500	\$164.60	\$8.23
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$164.60	\$4.94
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$177.76</b>
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$370.34</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m	
009	Castillo de 15 x 15 cm de concreto hecho en obra de $f'c=150 \text{ kg / cm}^2$ , acabado común, armado con 4 varillas de 3/8" de y estribos del no. 2 @ 20 cm, incluye: materiales, acarreos, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, colado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C.U.	IMPORTE
MATERIALES				
Concreto $f'c=150 \text{ kg / cm}^2$	m <sup>3</sup>	0.0240	\$1,762.85	\$42.31
Alambre recocido cal.16	kg	0.0833	\$40.51	\$3.38
Duela de pino de 3ra	pza	0.4167	\$40.00	\$16.67
Barrote de pino de 3ra	pza	0.1667	\$60.00	\$10.00
Polín de pino de 3ra	pza	0.0833	\$180.00	\$15.00
Clavos para madera 2 1/2"	kg	0.0800	\$38.79	\$3.10
Desmoldante para cimbra Sika	litro	0.0714	\$88.15	\$6.30
Varilla de 3/8"	kg	2.3400	\$23.28	\$54.48
Varilla del no. 2 (1/4")	kg	0.7900	\$31.03	\$24.51
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$175.74</b>
MANO DE OBRA				
Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0909	\$1,316.76	\$119.71
Andamios	%M.O.	0.0500	\$119.71	\$5.99
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$119.71	\$3.59
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$129.28</b>
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$305.02</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
010	Aplanado acabado repellido sobre muros, con mezcla cemento arena en proporción de 1:5, incluye: suministro de materiales, acarreos, andamios, limpieza, mano de obra, equipo y herramienta.			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C.U.	IMPORTE
MATERIALES				
Duela de pino de 3ra	pza	0.2000	\$35.00	\$7.00
Mortero cemento arena 1:5	m <sup>3</sup>	0.0250	\$1,472.62	\$36.82
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$43.82</b>
MANO DE OBRA				
Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.1000	\$1,316.76	\$131.68
Andamios	%M.O.	0.0500	\$131.68	\$6.58
Herramienta	%M.O.	0.0300	\$131.68	\$3.95
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$142.21</b>
<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$186.03</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	ml	
011	Emboquillado de aplanado acabado repellido, con mezcla cemento arena en proporción de 1:5, incluye: suministro de materiales, acarreos, andamios, limpieza, mano de obra, equipo y herramienta.			
	<b>C O N C E P T O</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>M A T E R I A L E S</b>			<b>IMPORTE</b>
	Duela de pino de 3ra	pza	0.1000	\$35.00
	Mortero cemento arena 1:5	m <sup>3</sup>	0.0050	\$1,472.62
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$10.86</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0455	\$1,316.76
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$59.85
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$59.85
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$64.64</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$75.50</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m	
012	Cadena de 15 x 30 cm de concreto hecho en obra de f'c=200 kg / cm <sup>2</sup> , acabado común, armada con 4 varillas de 3/8" y estribos del no. 2 @ 20 cm., incluye: materiales, acarreos, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, soldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.			
	<b>C O N C E P T O</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>M A T E R I A L E S</b>			<b>IMPORTE</b>
	Concreto f'c=200 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.0470	\$1,887.43
	Alambre recocido cal.16	kg	0.2100	\$40.51
	Duela de pino de 3ra	pza	0.7407	\$35.00
	Barrote de pino de 3ra	pza	0.2500	\$58.00
	Agua	m <sup>3</sup>	0.0500	\$29.00
	Clavos para madera 2 1/2"	kg	0.1500	\$38.79
	Desmoldante para cimbra Sika	litro	0.0714	\$88.15
	Varilla de 3/8"	kg	2.3400	\$23.28
	Varilla del no. 2 (1/4")	kg	1.2300	\$31.03
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$243.85</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.1429	\$1,316.76
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$188.11
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$188.11
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$203.16</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$447.01</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>		
013	Losa de 20 cm. a base de vigueta y bovedilla para un claro máximo de 4.00 m, con viguetas colocadas a cada 75 cm, con bovedilla de poliestireno de 15 cm, con capa de compresión de 5 cm. de espesor armado con malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10, acabado pulido integral, incluye: cimbrado, descimbrado, bombeo, colado, vibrado, mano de obra, equipo y herramienta.				
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>MATERIALES</b>				
	Semi vigueta patín de 12 x 5 H = 15 (para losa de 20)	m	1.5000	\$140.00	\$210.00
	Bovedilla de Poliestireno de 61x122x15	pza	1.2500	\$120.00	\$150.00
	Polín de pino de 3ra de 3 1/2 x 3 1/2 x 8"	pza	0.1000	\$106.00	\$10.60
	Duela de pino de 3ra de 4 x 8"	pza	0.2000	\$35.00	\$7.00
	Clavos para madera de 2 1/2"	kg	0.1000	\$38.79	\$3.88
	Concreto f'c= 250 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.0120	\$63.07	\$0.76
	Agua toma	m <sup>3</sup>	0.0630	\$29.00	\$1.83
	Malla electrosoldada 6 x 6 / 10-10	m <sup>2</sup>	1.1000	\$43.10	\$47.41
	Alambre recocido cal. 16	kg	0.0250	\$40.51	\$1.01
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$432.49</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0556	\$1,316.76	\$73.15
			0.0333		
	Cuadrilla Carpintero O.N. + Ayudante	jor		\$1,338.36	\$44.61
	Cuadrilla Fierro + Ayudante	jor	0.0100	\$1,320.80	\$13.21
	Cuadrilla Albañil + 5 Ayudante	jor	0.0033	\$3,778.44	\$12.59
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$143.57	\$7.18
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$143.57	\$4.31
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>\$155.05</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>				<b>\$587.54</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>3</sup>	
014	Relleno de tezontle en azotea para dar pendientes, incluye: suministro de materiales, acarreo, elevación, mano de obra, equipo y herramienta.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Tezontle	m <sup>3</sup>	1.1000	\$287.06
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$315.77</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Ayudante	jor	0.5000	\$615.42
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$307.71
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$307.71
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$332.33</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$648.09</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
015	Firme de 5 cm de espesor en azotea, de concreto hecho en obra, f'c= 150 kg / cm <sup>2</sup> , resistencia normal y tamaño máximo de agregado de 38 mm, incluye: materiales, mano de obra, equipo, herramienta, acarreo y desperdicios.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Concreto f'c=150 kg / cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.0550	\$1,762.85
	Duela de pino de 3ra	pza	0.0680	\$35.00
	Clavos para madera 2 1/2"	kg	0.0150	\$38.79
	Agua	m <sup>3</sup>	0.0050	\$29.00
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$100.06</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0455	\$1,316.76
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$59.85
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$61.65</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$161.71</b>

CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
016	Pretil de block de concreto hueco vertical de 12 x 20 x 40 cm. asentado con mortero cemento arena 1:4 escalerilla con 1 hiladas en azotea, incluye mano de obra, materiales, herramienta equipo y limpieza.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Block de concreto hueco 12 x 20 x 40 cm	pza	14.0000	\$8.00
	Mortero cemento arena 1:5	m <sup>3</sup>	0.0300	\$1,472.62
	Escalerilla 12-2	m	2.6000	\$14.00
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$192.58</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.1250	\$1,316.76
	Andamios	%M.O.	0.0500	\$164.60
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$164.60
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$177.76</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$370.34</b>



CLAVE	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	m <sup>2</sup>	
017	Impermeabilización a base de una impregnación de Hidro primer y dos capas de Vaportite 550 alternadas con una malla de Festerflex, una capa de arena cernida y como acabado final una aplicación de Festerblanc color blanco, incluye: materiales, acarreos, elevación, desperdicio, mano de obra, equipo y herramienta.			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.U.</b>
	<b>MATERIALES</b>			<b>IMPORTE</b>
	Hidro primer Cubeta 19 litros	cubeta	0.0132	\$2,311.00
	Vaportite 550 Cubeta 19 litros	cubeta	0.1052	\$2,503.00
	Festerflex rolo	rollo	0.0110	\$987.00
	Arena	m <sup>3</sup>	0.0100	\$258.62
	Fester Blanc	cubeta	0.0132	\$3,610.00
	<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>			<b>\$354.92</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>			
	Cuadrilla Albañil + Ayudante	jor	0.0435	\$1,316.76
	Herramienta	%M.O.	0.0300	\$57.25
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$58.97</b>
	<b>COSTO DIRECTO:</b>			<b>\$413.88</b>