



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA
VALPARAÍSO, CHILE

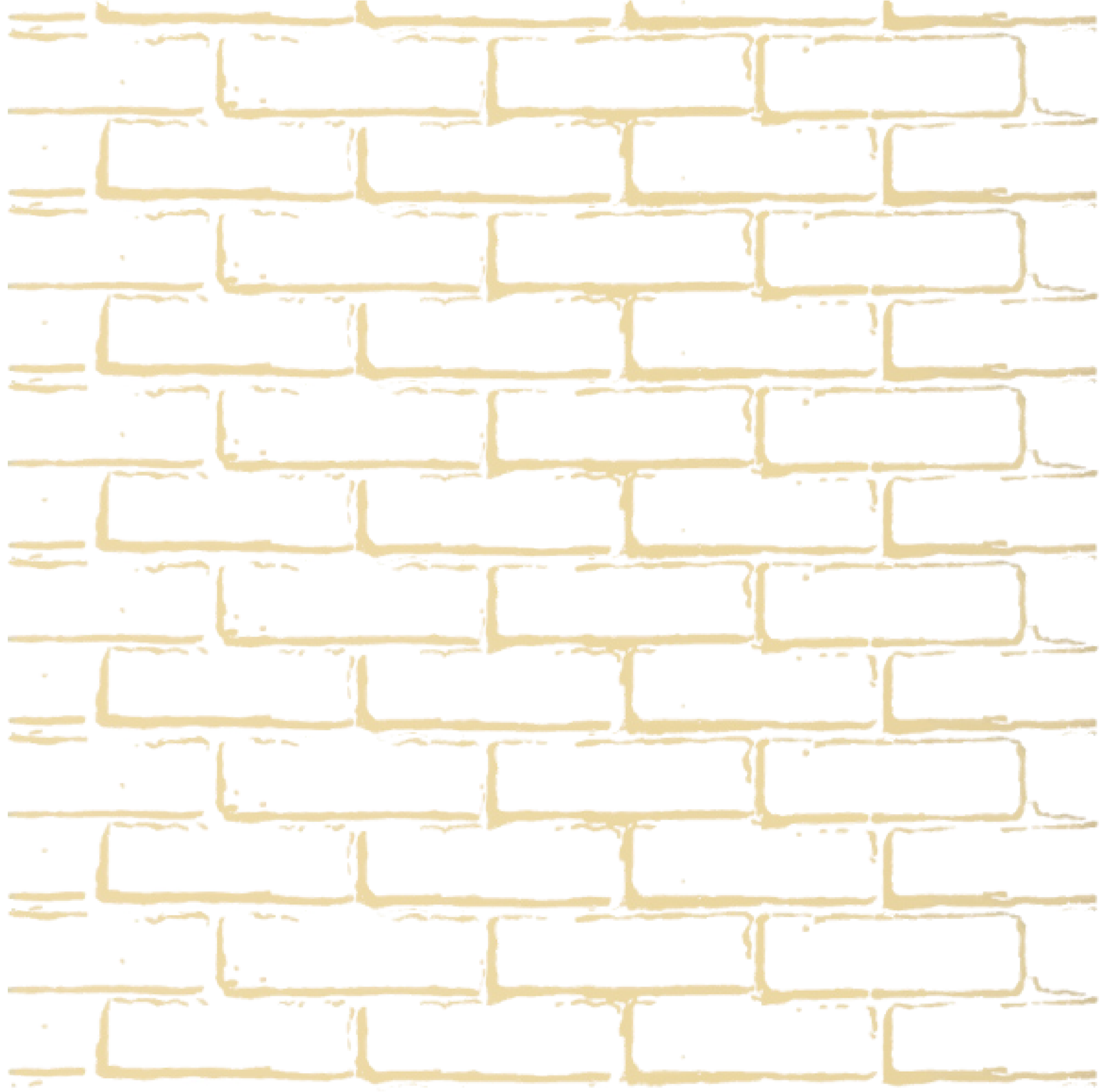
**AISLADOR SÍSMICO PARA LA TRANSICIÓN DE MURO A
TECHO EN MUROS DE ADOBE.**

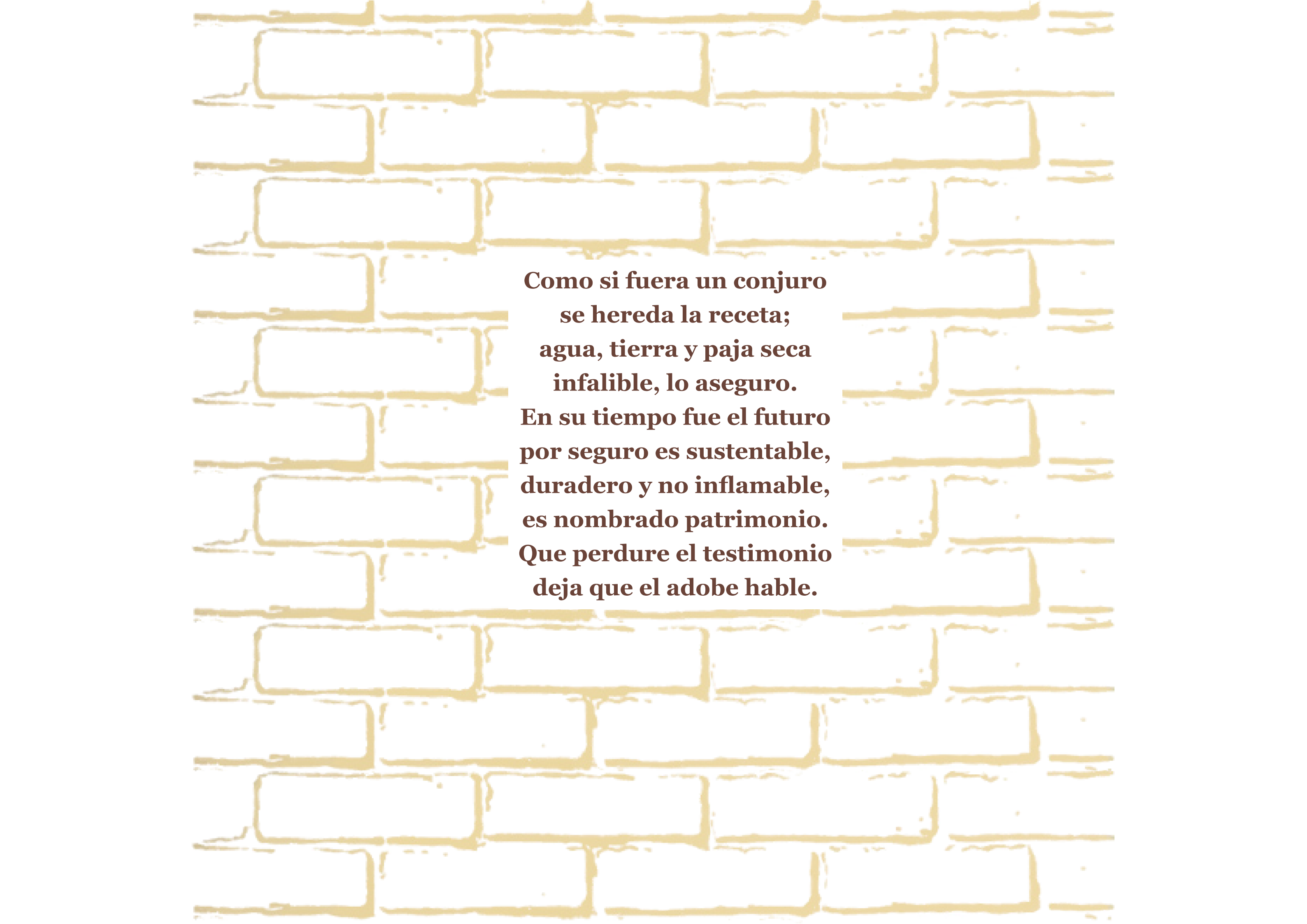
SEBASTIÁN ALEJANDRO ÁVILA SÁNCHEZ

Modalidad Investigación + Desarrollo

Profesor Guía: Gustavo Sarabia
Profesor Referente: Lauro Olfos

Julio 2023





**Como si fuera un conjuro
se hereda la receta;
agua, tierra y paja seca
infalible, lo aseguro.**

**En su tiempo fue el futuro
por seguro es sustentable,
duradero y no inflamable,
es nombrado patrimonio.
Que perdure el testimonio
deja que el adobe hable.**

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
Producto	14
Campo de aplicación	15
Motivación	16
Metodología de trabajo	17
Objetivos	18
MATERIAL	19
Estructura	20
Composición	22
Clasificación	24
SISTEMA CONSTRUCTIVO	26
Antecedentes históricos	27
El adobe en Chile	29
Proceso constructivo	32
Escantillón	37
Recomendaciones	38
Errores típicos	41
Dispositivos antisísmicos	42
MOVIMIENTOS TELÚRICOS	44
¿Por qué se generan los terremotos?	45
Elementos del sismo	47
Medición del sismo	48

Efectos del sismo	49
Comportamiento sísmico del adobe	50
Normas sísmicas en Chile	52
ESTADO DEL ARTE	56
Refuerzo con geomallas	58
Adobe integral	60
Estabilizadores horizontales	62
Refuerzo con caña brava	64
Refuerzo con alambre de púas	66
Refuerzo con malla de alambre galvanizado	68
Refuerzo con drizas	70
Refuerzo con zunchos diagonales	72
Refuerzo con tiras de llantas de neumáticos	74
HIPÓTESIS	76
Pregunta de investigación	77
Opción A: Techumbre pesada	78
Opción B: Techumbre liviana	79
MODELACIÓN A ESCALA REDUCIDA	80
Teoría de modelos	82
Mesa de simulación	84
Ensayos de los adobes	85
Modelos	86
Ensayo modelo N°2	87
Comentarios modelo N°2	90
Conclusiones ensayos	91
PREPARACIÓN MODELO A ESCALA	92
Materia prima	93
Fibra	94
Tierra	95
Moldaje	98

Mezcla	99
Fabricación de los adobes	101
Montaje	104
Plomos	107
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	108
Análisis granulométrico	109
Límites de Atterberg	112
Resultados granulometría	118
Resultados límites de Atterberg	119
PRIMER ENSAYO: TECHUMBRE LIVIANA	120
Secuencia primer sismo	122
Catastro de grietas	124
Comentarios	125
Secuencia segundo sismo	126
Catastro de grietas	128
Comentarios	129
Secuencia tercer sismo	130
Catastro de grietas	132
Comentarios	133
Conclusiones primer ensayo	134
TRANSICIÓN MURO A TECHO	136
Aislador sísmico	138
Modelación a escala	142
SEGUNDO ENSAYO: AISLACIÓN SÍSMICA	146
Secuencia primer sismo	148
Catastro de grietas	150
Comentarios	151
Secuencia segundo sismo	152
Catastro de grietas	154
Comentarios	155

Secuencia tercer sismo	156
Catastro de grietas	158
Comentarios	159
Secuencia cuarto sismo	160
Catastro de grietas	162
Comentarios	163
Conclusiones segundo ensayo	164
PROTOTIPO AISLADOR SÍSMICO	166
Detalle aislador sísmico	167
Componentes	168
Materialidad	169
Proceso de fabricación	170
Planimetría	172
Isométricas	174
Esbeltez	176
Escantillón	177
Secuencia constructiva	179
Costos	182
Detalle constructivo	183
CONCLUSIONES FINALES	184
BIBLIOGRAFÍA	186



cuarteta

**TRABAJARLA ES DISCIPLINA
NO ES TAREA DE CUALQUIERA
HAY BAJO IMPACTO AMBIENTAL
POR SIMPLEZA ES DURADERA**

[1]

Es la tierra el material
que mas abunda en el mundo
lo sé y no me confundo
térmicamente es lo ideal
Bien usada será inmortal
pues jamás dejará ruina;
el fuego no la calcina
pero el agua si le afecta
Para que quede perfecta
TRABAJARLA ES DISCIPLINA

[3]

El adobe es un ladrillo
fabricado en tierra cruda
el agua y la paja ayuda
en un mezclado sencillo
Clavos, madera y martillo
pal' molde es fundamental
treinta y sesenta el total
mide el bloque resultado
Y por que al sol es secado
HAY BAJO IMPACTO AMBIENTAL

[2]

De los oficios mas viejos
presente está el adobero
se encuentra en el mundo entero
dominado el aparejo
De lo simple a lo complejo;
barro en moldes de madera
dedicar la vida entera
en reconocer los suelos
La herencia de los abuelos
NO ES TAREA DE CUALQUIERA

[4]

Los ladrillos apilados
trabajan a compresión
su aparejo es solución
para que queden trabados
Los principios empleados
en la albañilería obrera
peso y masa considera
equilibrio en geometría
Tierra en masa yo diría
POR SIMPLEZA ES DURADERA

despedida

La tierra acoge a las plantas
que nos brindan la comida
y al llegar nuestra partida
bajo tierra se nos canta
Con la arcilla se levantan
arquitecto y alfarero
porque el suelo es lo primero,
la razón para existir
Por eso para construir
el barro es lo que prefiero



CONTRAPUNTO ENTRE LA TIERRA Y EL CEMENTO

tierra

Me presento soy la tierra
fui material de fenicios
Y mi uso se remonta
desde los tiempos egipcios.

cemento

Yo acompaño a los humanos
desde que industrializaron
La ciudad y la vivienda
que arquitectos proyectaron.

tierra

Claro que no eres problema
si eres sustancia sintética
Nacida de experimentos
yo si soy materia auténtica.

cemento

Tu proceso artesanal
ya no cabe en este mundo
Si no han de industrializarte
tu olvido será profundo.

cemento

Buen día soy el cemento
mi historia no es tan lejana
La cal fue mi bisabuela
desde la época romana.

tierra

Mi desarrollo fue lento
siglos de ensayo y error
Y porque soy tan variable
a la ciencia le doy temor.

cemento

Y por ser tan natural
tu legado se ha olvidado
El futuro es mas moderno
ya eres parte del pasado.

tierra

Mientras exista la industria
que me olviden puede ser
Si se les corta la luz
a la tierra han de volver.

tierra

La historia de tantos pueblos
se ha escrito con mi nombre
Fui el cobijo primitivo
de mucha mujer y hombre.

cemento

A mi la ciencia moderna
me dió muy rápido avance
Y por ser tan uniforme
no sufrí tanto percance.

tierra

Yo no creo en el futuro
que se echa el planeta al hombro
Yo ofrezco una alternativa
a tanto ruido y escombros.

cemento

Mientras tanto seré rey
de edificios y viviendas
Hasta que no te valoren
seguirás solo en leyendas.

CUECAS DE LOS GRANOS

arcilla

La arcilla es aglutinante
De los granos de la tierra
El agua que ella retiene
En sus láminas encierra

arena

La arena es un grano inerte
De rocas ya fragmentadas
Que se mueven por el viento
Y por agua transportadas

limo

El limo es un sedimento
Que no tiene cohesión
Es de textura rugosa
Y es negro como el carbón

Es el grano mas fino
Que hay en el suelo
Da vida a la greda
Del alfarero

En las playas del mundo
Y en el desierto
El agua no retiene
Es suelo muerto

Vuelve el suelo más fértil
Filtrando el agua
Carece de estructura
Por que no fragua

Del alfarero sí
Es muy moldeable
Al saturar con agua
Es inestable

Es suelo muerto sí
Al ser quemada
Llega a formar el vidrio
De una ventana

Por que no fragua sí
El río Nilo
Regó suelos de Egipto
Con mucho limo

Un suelo con arcilla
Es maravilla

Suelo con mucha arena
Plantas condena

Un suelo que es limoso
Es generoso

AGRADECIMIENTOS

A mi escuela yo le expreso
Un amor por su doctrina
Fue cuna de disciplina
Testigo de mi progreso
Por su apoyo en el proceso
Pablo Encina siempre ha estado
También a Lauro y Gustavo
Que la investigación guiaron
Y a los que participaron
Les dedico el resultado

Muchas fueron las personas
Que en mi camino aportaron
Profesores, profesoras
Con cariño me formaron

Al apoyo familiar
Xime y Miguel
Que me han dado en la vida
Amor mas fiel

Amor mas fiel ay sí
Me acompañaron
Mis amigos del alma
No me dejaron

Con amor me estremezco
Les agradezco.

RESUMEN

La situación actual de la industria de la construcción es alarmante, según el "Global Status Report for Buildings and Construction 2019" el sector de la construcción es responsable de 39% de emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía, los procesos, el transporte y la fabricación de materiales de construcción. Por lo tanto, aportar a revertir esta situación debe ser prioridad para los futuros profesionales del rubro.

A raíz de esto la presente investigación se desarrolla en torno al sistema de albañilería de adobe. Este sistema se vale casi únicamente de la tierra para conformar estructura portante, por lo que se posiciona como una opción radicalmente sustentable ya que disminuye al máximo la utilización de materiales de mayor huella de carbono como el cemento, el acero y el aluminio.

El objetivo de esta tesis consta de desarrollar una solución tecnológica que permita el uso de techos livianos en viviendas de albañilería de adobe. Se pretende lograr un prototipo que aporte a la sismo resistencia del sistema y contribuya a su utilización en obra nueva.

Como metodología de trabajo se plantea estudiar el suelo como material de construcción, los sismos y el sistema constructivo. Luego recopilar el estado del arte del adobe sismo resistente y evaluar mediante ensayos a escala el sistema con techumbre liviana y su posible mejora tecnológica. Finalmente desarrollar un prototipo a nivel de prueba de conceptos.

De forma práctica se recurrió al Laboratorio de Mecánica de Suelos donde se verificó la calidad de la tierra a utilizar y se realizaron dos ensayos sísmicos a escala. Respecto a los ensayos el primero usó un modelo casi idéntico a uno ya ensayado con el que se compararon resultados, mientras que al segundo se le realizó una modificación constructiva para mejorar su desempeño.

Ambos ensayos tuvieron resultados satisfactorios, manteniéndose en pie tras la aplicación de un sismo de 9.5 grados. Se despejaron dudas respecto al comportamiento del sistema al aligerar la techumbre y se mostraron conclusiones favorables ante la utilización del prototipo diseñado a partir de los resultados del primer ensayo.

Palabras clave: Adobe, sismo resistencia, tierra cruda, modelación a escala.

ABSTRACT

The current situation of the construction industry is alarming, according to the "Global Status Report for Buildings and Construction 2019" the construction sector is responsible for 39% of carbon dioxide emissions related to energy, processes, transportation and the manufacture of construction materials. Therefore, contributing to reverse this situation should be a priority for future professionals in the field.

As a result of this, the present investigation is developed around the adobe masonry system. This system uses almost only the earth from soil to form a supporting structure, which is why it is positioned as a radically sustainable option since it minimizes the use of materials with a greater carbon footprint such as cement, steel and aluminum.

The objective of this thesis is to develop a technological solution that allows the use of lightweight roofs in adobe masonry houses. It is intended to achieve a prototype that contributes to the earthquake resistance of the system and contributes to its use in new construction.

As a work methodology, it is proposed to study the soil as a construction material, earthquakes and the construction system. Then compile the state of the art of earthquake resistant adobe and evaluate the system with lightweight roofing and its possible technological improvement through scale tests. Finally develop a prototype at proof of concept level.

In a practical way, the Soil Mechanics Laboratory was used to verify the quality of the soil to be used and two scale seismic tests were carried on. Regarding the tests, the first model was almost identical to one already tested with which results were compared, while the second underwent a constructive modification to improve its performance.

Both tests had satisfactory results, remaining standing after the application of a 9.5 degree earthquake. Doubts regarding the behavior of the system when lightening the roof were cleared up and favorable conclusions were shown regarding the use of the prototype designed from the results of the first test.

Keywords: Adobe, earthquake resistance, raw earth, scale modeling.

INTRODUCCIÓN

En Chile, construir con tierra cruda tiene un largo desarrollo de técnicas constructivas, tanto modernas como ancestrales, que se posicionan como una opción sustentable y de bajo costo para la edificación de vivienda. Chile es un país sísmico y el desempeño de este tipo de estructuras ante eventos telúricos ha proferido una demonización, algo injusta, respecto a su comportamiento. No obstante, muchos profesionales han entendido que la estructura en sí misma puede tener un proceso de actualización que la lleve a los estándares de confianza necesarios para volver a ser una opción posible para obra nueva.

Este proceso de título I+D versa en torno al sistema constructivo de albañilería en adobe. Se busca estudiar los sistemas de refuerzos existentes para luego proponer y probar opciones de mejora intentando conferirle mayor resistencia y, por lo tanto, un mejor grado confianza. El campo de aplicación está referido a viviendas de un piso en zonas rurales o suburbanas en climas cálido-seco y templados, vale decir, la zona central del país. El estudio se apoya mediante pruebas en la mesa de sismo bajo condiciones controladas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USM.

Como referencia se toma la investigación realizada por profesionales y académicos expertos en la materia. Entre ellos se encuentran el arquitecto Marcelo Cortés (referencia internacional en el tema) y la académica experta en estructuras de tierra Natalia Jorquera, además de otros. Como apoyo al estudio se encuentra el académico ingeniero René Tobar, experto en sismos. Como punto de partida de la investigación se toman las tesis de pregrado “Muros masa con suelo cemento compactado” (Imhoff, 2009) y “Modelación a escala reducida de viviendas de adobe sometidas a sismos” (Berríos, 2007).

Producto

Es un dispositivo que aísla el movimiento del muro de la techumbre con el objeto de independizar su desplazamiento ante movimientos sísmicos y evitar fallas en el tercio superior.

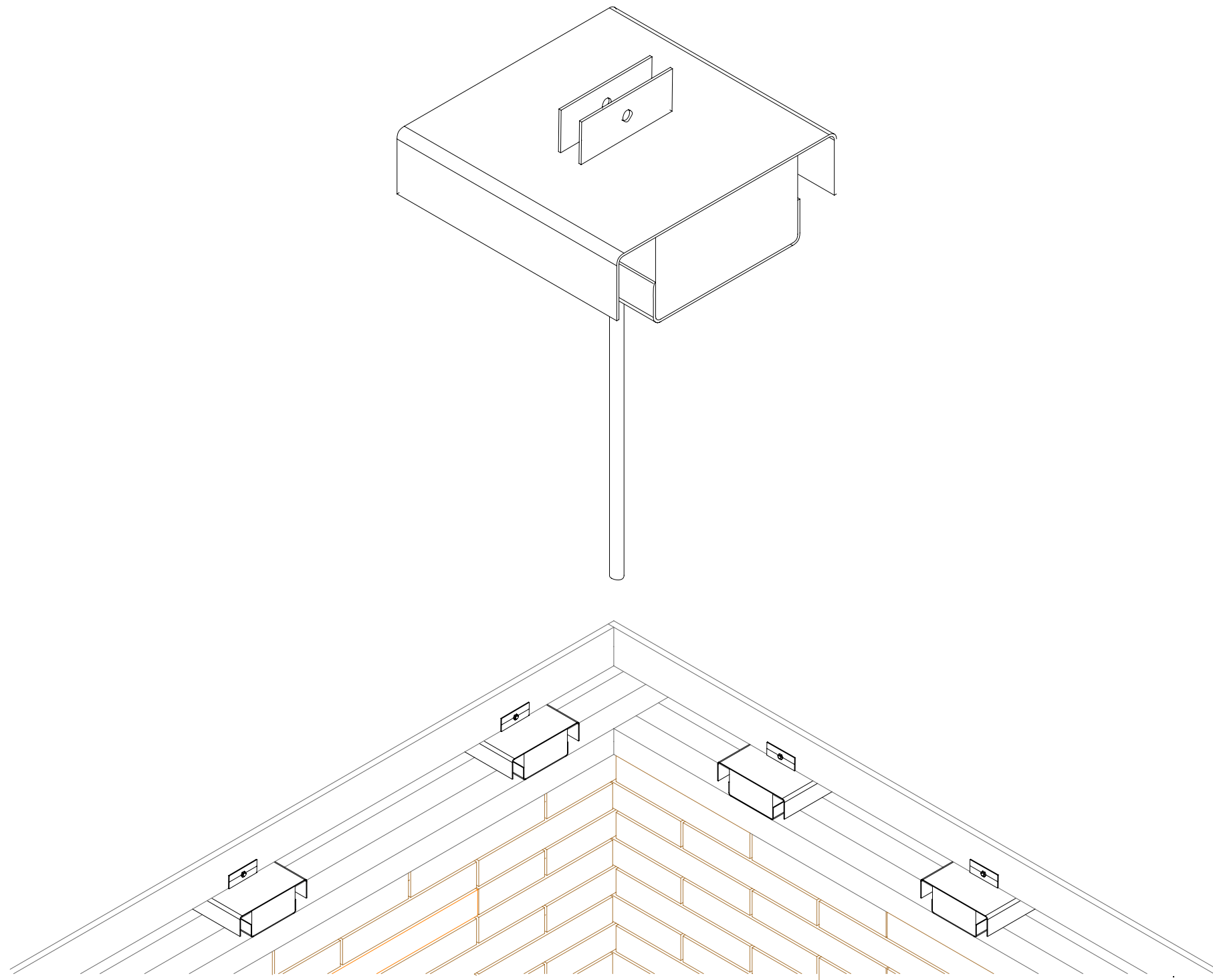


Figura: Isométrica aislador sísmico
Fuente: Elaboración propia

Campo de aplicación

El producto se aplica en viviendas de albañilería de adobe de un solo piso en regiones sísmicas, tanto obra nueva como restauraciones.



Figura: Vivienda tradicional de adobe en la zona central de Chile.
Fuente: www.cabalgataschile.cl

Motivación

Reducir las tasas de accidentabilidad por colapso de techos pesados al interior de la vivienda y aportar al uso de materiales biodegradables que reducen el impacto ambiental de una obra.



ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: ~

STACK:

-saveLevel-