



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
AÑO 2006

REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)

Tesis que para obtener el Título de Arquitecto  
Presenta:

JAVIER QUIÑÓNEZ GUZMÁN  
Asesorado por Dr. en Arq. Mario Ceballos Espigares

---

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
AÑO 2006

**JUNTA DIRECTIVA**

DECANO: Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo  
VOCAL I: Arq. Jorge Arturo González Peñate  
VOCAL II: Arq. Raúl Estuardo Monterroso Juárez  
VOCAL III: Arq. Jorge Escobar Ortiz  
VOCAL IV: Br. Pool Enrique Polanco Betancourt  
VOCAL V: Br. Eddy Alberto Popa Ixcot  
SECRETARIO: Arq. Alejandro Muñoz Calderón

**TRIBUNAL EXAMINADOR**

DECANO: Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo  
SECRETARIO: Arq. Alejandro Muñoz Calderón  
ASESOR: Dr. en Arq. Mario Francisco Ceballos Espigares  
CONSULTOR: Arq. Luis Fernando Salazar García  
CONSULTOR: Arq. Manuel Yanuario Arriola Retolaza

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

DEDICADO A:

**MIS PADRES:** Francisco Javier Quiñónez de la Cruz y Lilian Carolina Guzmán Rosales  
EL AMOR SE SIENTE, EL ESFUERZO TIENE UNA RECOMPENSA Y ESTE TRIUNFO ES TAMBIÉN DE USTEDES

**MIS HERMANOS:** Sergio Vinicio Quiñónez Guzmán y Juan Miguel Quiñónez Guzmán  
EL CARIÑO ES ESPECIAL Y ESPECIALES SON USTEDES TAMBIÉN

**MIS ABUELOS:** Guzmán – Rosales y Quiñónez – de la Cruz  
HE APRENDIDO MUCHO DE USTEDES Y SOY COSECHA DE LO QUE ALGÚN DÍA SEMBRARON

**MI FAMILIA:** Quiñónez – Guzmán  
CADA UNO OCUPA UN LUGAR DENTRO DE MÍ

**MIS AMIGOS:** TODOS SOMOS DIFERENTES Y NOS COMPLEMENTAMOS PARA LLENAR LO QUE A CADA UNO NOS FALTA

A TODAS LAS PERSONAS QUE POR FALTA DE VOLUNTAD POLÍTICA, PROFESIONAL, SOCIAL O CULTURAL HAN DEJADO DE VIVIR  
A CAUSA DE LA MORTAL ENFERMEDAD DE CHAGAS

A LOS QUE AUN CREEN QUE LA TIERRA ES EL MATERIAL MÁS NOBLE QUE EXISTE PARA LA CONSTRUCCIÓN Y LUCHAN PARA  
DARLE LA VALIDEZ QUE SE MERECE

A GUATEMALA, EL MEJOR PAÍS DEL MUNDO

Y A VOS CK.....SOS REALMENTE ESPECIAL

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

*AGRADECIMIENTOS ESPECIALES*

AL CREADOR DE LA VIDA, EL MISMO QUE NOS DA LA OPORTUNIDAD DE SONREIR, LLORAR Y DE SER.

*A mi papá:* Por su apoyo y sus enseñanzas; así como la visión optimista a la realidad y el deseo de rescatar la construcción en tierra.

*Dr. en Ing. Virgilio Ayala Zapata:* Gracias por su insistencia en aprender, aprender y aprender; y por su incondicional amistad.

*La sección de materiales y sistemas constructivos y el laboratorio de mecánica de suelos del centro de investigaciones de ingeniería de la USAC:* Por su amistad y por el tiempo que compartimos en la investigación.....

*Ing. Rocael Hurtado:* Que siga la investigación y el esfuerzo, de verdad que dan satisfacción. Gracias Roca.

*Arq. Javier Schaeffer:* Por los momentos compartidos en el desarrollo de este proyecto.

*Ing. Omar Medrano:* Por su amistad y apoyo y el buen trabajo realizado.

*Laboratorio de Entomología Aplicada de la Escuela de Biología de la USAC:* Por su amistad y por el buen trabajo realizado, sin ustedes no hubiera podido realizarse esta investigación.

*Dra. Carlota Monroy y Licda. Antonieta Rodas:* Que gran labor para nuestro país. No cabe duda que la gente de las aldeas trabajadas siempre tendrá una sonrisa para ustedes y nosotros un agradecimiento especial.

*Dr. en Arq. Mario Ceballos:* Gracias por transmitirme sus conocimientos y ese espíritu didáctico que posee; espero que sigamos en contacto en este campo de la construcción con tierra.

*Arq. Fernando Salazar:* Por su desinteresada atención y su espíritu de enseñanza.

*Arq. Manuel Arriola:* Por la semejanza de ideales, la filosofía transmitida y su amistad. Antes de ser arquitectos tenemos que ser personas. Por algún lugar aparecerá ese niño que responda: "...esa obra siempre estuvo ahí..." y de verdad que todos lo verán sorprendidos. Gracias.

A LOS HABITANTES DE LAS ALDEAS INTERVENIDAS, DEFINITIVAMENTE NO HAY NADA MAS SATISFACTORIO QUE HABER  
TRABAJADO CON USTEDES Y HABERLOS VISTO SONREÍR

GRACIAS!!!!!!!!!!

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

ÍNDICE

I. Lista de fotografías.....	9
II. Lista de gráficas.....	10
III. Glosario.....	11
IV. Introducción.....	13
V. Antecedentes.....	15
VI. Justificación.....	19
VII. Objetivos.....	21
 <u>A. MARCO TEÓRICO</u>	
I. Aspectos generales de los suelos.....	22
I.1 El suelo y su origen.....	22
I.2 Principales tipos de suelo.....	23
I.3 Suelos más comunes.....	24
II. Caracterización física, química y mineralógica.....	27
II.1 Minerales constitutivos de los suelos gruesos.....	27
II.2 Minerales constitutivos de las arcillas.....	27
II.3 Suelos cohesivos y suelos no cohesivos.....	28
II.4 Algunas características físicas de los suelos.....	28
II.5 Expansión y retracción.....	29
II.6 Acción capilar.....	30
II.7 Erosión por lluvias.....	30
II.8 Plasticidad de los suelos.....	30

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

II.9 Clasificación de los suelos.....	32
II.10 Relación con la forma de las partículas.....	33
II.11 Físico – química de las arcillas.....	33
II.12 Interacción del agua y la fase sólida.....	34
III. La Tierra como material de construcción.....	35
III.1 Desventajas en comparación con materiales industrializados.....	37
III.2 Ventajas en comparación con materiales industrializados.....	38
III.3 Técnicas constructivas de tierra más utilizadas.....	39
III.4 Componentes de una vivienda de tierra.....	39
IV. Aspectos generales de los revestimientos.....	41
IV.1 Principales causas de deterioro en muros de construcciones de tierra.....	43
IV.2 Principales efectos de deterioro en muros de construcciones de tierra.....	44
IV.3 Problemas que presentan los revestimientos en Guatemala.....	46
IV.4 Importancia de los revestimientos en la preservación de muros de construcciones de tierra....	46
IV.5 Importancia de los revestimientos en la conservación y restauración de monumentos de tierra.	47
IV.6 El revestimiento en las obras de conservación y restauración.....	50
V. Aspectos generales de los materiales utilizados para revestimientos en construcciones de tierra.....	52
V.1 Revestimientos a base de tierra.....	53
V.2 Protección de superficies de barro contra las inclemencias del tiempo.....	54
VI. El Arquitecto y la arquitectura de tierra.....	58
VII. Uso del color en los revestimientos.....	61
VII.1 Consideraciones constructivas sobre las paredes.....	63
VIII. La Transferencia de tecnología.....	68
VIII.1 Conceptos de transferencia de tecnología.....	68
VIII.2 Fases de la transferencia de tecnología.....	68

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

VIII.3 Ventajas y desventajas de los participantes en la transferencia de tecnología.....	69
VIII.4 Fracazos más frecuentes en la transferencia de tecnología.....	70
VIII.5 Actividades de un proyecto de transferencia de tecnología.....	70
VIII.6 Análisis del proceso de transferencia de tecnologías.....	70
VIII.7 Perfiles de adopción de una tecnología.....	71
VIII.8 Elementos de apoyo a la transferencia de tecnologías.....	72
VIII.9 Difusión de la tecnología.....	73
VIII.10 Aplicación de la transferencia de tecnología.....	73

B. MARCO EXPERIMENTAL

I. Visitas de campo y recolección de muestras.....	82
II. Materiales y recetas encontradas.....	85
III. Ensayos de Laboratorio.....	87
III.1 Defectos en los revocos.....	87
III.2 Características a evaluar en un revestimiento.....	87
III.3 Caracterización de las muestras.....	87
III.4 Gravedad específica.....	88
III.5 Análisis granulométrico por el método del hidrómetro.....	89
III.6 Límites de Atterberg.....	93
III.7 Caracterización mineralógica.....	99
III.8 Caracterización de las mezclas.....	100
III.9 Absorción de agua por capilaridad.....	100
III.10 Permeabilidad al agua.....	103
III.11 Adherencia por arrancamiento.....	105

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

III.12 Evaluación adicional de revestimientos para el ensayo de adherencia por arrancamiento.....	108
IV. Resultados de los ensayos de laboratorio .....	109
IV.1 Resumen caracterización de materiales.....	109
IV.2 Resultados de la caracterización mineralógica.....	111
IV.3 Resultados de los ensayos de absorción por capilaridad y permeabilidad al agua.....	114
IV.4 Resultados del ensayo de adherencia por arrancamiento.....	116
V. Propuestas de mezclas para revestimientos.....	126
VI. Experimentación y resultados utilizando color en la superficie.....	127
VII. Costos de revestimientos y pinturas.....	133
VII.1 Cuantificación de los materiales utilizados para la aplicación de un revestimiento.....	133
VII.2 Aldea El Tule.....	133
VII.3 Aldea La Brea.....	134
VII.4 Cuantificación de los materiales utilizados para pintura que sea aplicable a un revestimiento.....	136
VIII. Consideraciones para la aplicación de un buen revestimiento.....	139
IX. La transferencia de tecnología .....	144
IX.1 Metodología utilizada para la transferencia de tecnología en las mejoras técnicas.....	144
X. Evaluación general de los revestimientos aplicados después de los talleres de capacitación.....	149
XI. Aporte.....	156
XII. Conclusiones.....	158
XIII. Recomendaciones.....	161
XIV. Bibliografía.....	162

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

CONTENIDO:	Pag.
Fotografías No. 1, 2, 3, 4, 5, y 6: Recolección de los distintos materiales en los lugares indicados por los aldeanos.	23
Fotografía No. 7: Vivienda típica del área rural de Guatemala.	37
Fotografía No. 8: Deterioro de los muros de tierra.	48
Fotografía No. 9: Deterioro de los revestimientos a base de tierra.	48
Fotografía No. 10: Importancia de los revestimientos en la conservación y restauración del patrimonio construido.	48
Fotografías No. 11 y 12: Revestimientos de tierra.	54
Fotografías No. 13 y 14: Pinturas Protectoras de las construcciones de tierra.	54
Fotografías No. 15, 16, 17 y 18: Adición de colores a los revestimientos y/o a las pinturas protectoras.	64
Fotografías No. 19, 20, 21, 22, 23 y 24: Talleres de transferencia de tecnología (La Brea y El Tule de Quezada, Jutiapa).	77
Fotografías No. 25, 26, 27, 28, 29 y 30: Talleres de transferencia de tecnología (El Sitio de Salamá, Baja Verapaz).	78
Fotografías No. 31, 32 y 33: Análisis granulométrico de los materiales por el método del hidrómetro.	87
Fotografías No. 34 y 35: Ensayo de límites de Atterberg a los materiales plásticos.	95
Fotografía No. 36: Caracterización mineralógica (Ing. Julio Luna).	96
Fotografías No. 37, 38, 39 y 40: Ensayo de absorción de agua por capilaridad.	98
Fotografías No. 41, 42, 43 y 44: Ensayo de permeabilidad al agua.	100
Fotografías No. 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 y 52: Ensayo de adherencia por arrancamiento.	104
Fotografías No. 53, 54 y 55: Utilización de color sobre la superficie.	129
Fotografías No. 56, 57, 58 y 59: Aplicación de revestimientos y pinturas superficiales por metro cuadrado.	135
Fotografías No. 60, 61, 62 y 63: Importancia en la aplicación de un buen revestimiento.	140
Fotografías No. 64, 65, 66, 67, 68 y 69: Talleres de capacitación en las aldeas El Tule y La Brea de Quezada, Jutiapa.	144
Fotografía No. 70: Vista interior de una vivienda revestida.	145

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

LISTA DE GRÁFICAS

CONTENIDO:

	Pag.
Gráficas No. 1 y 2: Ejemplos de gráficas obtenidas del análisis granulométrico por el método del hidrómetro.	88 y 89
Gráficas No. 3 y 4: Ejemplos de gráficas obtenidas del ensayo de absorción de agua por capilaridad.	99
Gráficas No. 5 y 6: Ejemplos de gráficas obtenidas del ensayo de permeabilidad al agua.	101
Gráficas No. 7 y 8: Resultados post talleres de capacitación. Resultados generales de los revestimientos.	147
Gráficas No. 9 y 10: Resultados post talleres de capacitación. Quiénes aplicaron el revestimiento?.	148
Gráficas No. 11 y 12: Resultados post talleres de capacitación. Qué porcentaje terminó de revestir?.	149
Gráficas No. 13 y 14: Resultados post talleres de capacitación. Qué porcentaje siguió el proceso a cabalidad?.	150
Gráficas No. 15 y 16: Resultados post talleres de capacitación. Qué les pareció el revoco?.	151
Gráficas No. 17 y 18: Resultados post talleres de capacitación. Qué materiales utilizaron?.	152

GLOSARIO

**Acicular:** De figura de aguja. Algunos minerales fibrosos.

**Adsorción:** Penetración superficial de un gas o un líquido en un sólido.

**Alero:** Parte del tejado, que sale fuera de la pared.

**Aniso métrico:** De partes irregulares.

**Apilado:** Amontonado, puesto en montón.

**Arrancamiento:** Acción de arrancar. Sacar de raíz. Sacar con violencia. Separar.

**Átomo:** Parte menor de un elemento, capaz de intervenir en las reacciones químicas. El átomo está constituido por un núcleo formado de neutrones (partículas sin carga), protones (partículas cargadas positivamente, y rodeando a dicho núcleo, los electrones, de carga negativa.

**Ávida:** Ansiosa, codiciosa.

**Bachada:** Mezcla de materiales que se elabora repetitivamente.

**Cantera:** Sitio de donde se saca la piedra de construcción, suelen establecerse a cielo abierto.

**Carbonatación:** Que se ha carbonatado. Contiene ácido carbónico.

**Chinche picuda:** Nombre popular con que se conoce a la chinche o insecto que contiene el parásito tripanosoma cruzi, transmisor de la enfermedad de Chagas.

**Cohesión:** Adherencia, fuerza que une las moléculas de un cuerpo.

**Compresible:** Que se puede comprimir o apretar.

**Condensación:** Acción de condensar, reducir a menor volumen. Volver líquido un vapor.

**Corteza Terrestre:** Referente a la parte exterior de la tierra.

**Cuarzo:** Nombre que se le da a varias especies de sílice más o menos pura. Se le llama a veces "cristal de roca".

**Denudación:** Estado de la tierra privada de vegetación.

**Deposición:** Privación o degradación. Sinónimo de excremento.

**Feed-Back:** Retroalimentación. Volver a alimentarse o adquirir conocimientos de algo.

**Feldespatos:** Silicato de alúmina y potasa, sosa o cal, que entra en la constitución de varias rocas, especialmente del granito.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

**Fijación:** Acción de fijar. Volver firme y duradero.

**Filamento:** Cuerpo filiforme, de forma de hilo.

**Fisuración:** Que está fisurado. Hendidura en algo. Ruptura.

**Grumo:** Parte de un líquido que se coagula. Cosa apiñada.

**Hidratación:** Convertir en hidrato. Combinar un cuerpo con agua.

**Hidrómetro:** Instrumento que sirve para medir el peso, la densidad y la fuerza de los líquidos.

**Humus:** Nombre científico del mantillo o tierra vegetal. Está formado por la descomposición de materias orgánicas de origen generalmente vegetal.

**Innovación:** Acción de innovar. Novedad que se introduce en una cosa. Sinónimo de modificación.

**Ion:** Átomo o grupo de átomos que llevan una carga eléctrica, debido a la pérdida o ganancia de algún electrón.

**Manejabilidad:** Que es manejable. Fácil de manejar. Sinónimo de flexible.

**Matraz:** Frasco de cuello largo que se emplea en los laboratorios químicos.

**Mica:** Mineral hojoso, de brillo metálico, uno de los componentes del granito. Es un silicoaluminato de potasa, de hierro o magnesia.

**Oquedad:** Hueco, con vacíos en su interior.

**Oxidación:** Es una combinación con el oxígeno. Estado de lo que se oxidó o está oxidado.

**Pisón:** Instrumento que sirve para apretar tierra, piedras, etc.

**Podrido:** Que sufre pudrición. Que se descompone de su estado normal.

**Probeta:** Tubo de cristal cerrado por un extremo que sirve para diversos experimentos químicos. Trozo de algo destinado a ensayar.

**Ranurador:** Que hace ranuras, canales estrechos y largos de un pedazo de material. Que hace cortes o hendeduras.

**Reversibilidad:** Calidad de reversible. Que puede revertir. Dícese de la alteración de una función u órgano cuando puede volverse a su estado normal.

**Saturación:** Acción de saturar o saturarse. Impregnar un cuerpo en un fluido hasta el mayor punto de concentración. Sinónimo de satisfacer.

**Tamizar:** Pasar una cosa por el tamiz (cedazo muy tupido). Sinónimo de colar o crecer.

**Transferencia:** La acción y efecto de transferir. Sinónimo de transmitir. Transferencia de tecnología, transmisión, cesión de una tecnología determinada de una persona a otra.

**Zócalo:** Base o cuerpo inferior de un edificio. Pedestal.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

*INTRODUCCIÓN*

La tierra ha sido un material de construcción utilizado por miles de años y no existe la menor duda, en función de la cantidad de población, que en la actualidad es el material más accesible y disponible para construir una casa digna.

Existen estudios que afirman que el complejo arquitectónico de Kaminal Juyú fue edificado con tierra, y este complejo data de 1500 A.C. Así también, el uso del adobe apareció entre el año de 500 A.C. al 600 D.C., según su caracterización. En Teotihuacan, México, la pirámide del Sol construida sobre una base cuadrada de 225 metros de lado y una altura de 63 metros, posee un núcleo central de tierra apisonada que representa dos millones de toneladas de material trabajado.

Tratándose específicamente de los revestimientos, éstos juegan un papel arquitectónico decorativo muy importante dentro de las construcciones de tierra cruda, el cual contiene un conjunto de valores culturales y constituyen la identidad de una comunidad en un tiempo determinado.

Actualmente, un revestimiento cumple las funciones de protección hacia la pared contra el clima y el impacto, la protección a los habitantes de la edificación, la extensión de la vida útil de los muros, el mejoramiento de la apariencia, mejoramiento de confort en términos térmicos y el otorgamiento de un color atractivo u otro tipo de decoración.

La arquitectura de tierra se va deteriorando si se expone directamente a los factores climáticos, las causas humanas y biológicas y la complejidad de un lugar altamente sísmico. La mayoría de las estructuras de tierra que sufren de abandono se desgastan hasta colapsar y convertirse en un montículo de tierra.

En las últimas décadas ha existido una gran presión para desacreditar la tierra como material de construcción viable y ha habido un vacío de investigaciones serias dentro de los límites de aplicación de las paredes de tierra; y esto junto a las nuevas tecnologías de construcción, hacen que las construcciones existentes de tierra, cobren una importancia para muchos insignificante o con poco valor, negando el significado cultural e histórico que posee.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

En años recientes, sin embargo, se ha notado una preocupación por un grupo de personas por rescatar y conservar los monumentos históricos edificados de tierra que dicen algo de nuestra identidad cultural.

En muchos lugares donde la tierra es utilizada, algunos tipos de revestimientos han sido utilizados durante cientos de años. Dichas soluciones responden al clima local, tipos de tierras, materiales adicionales disponibles, expectativas sociales y posibilidades de sus usuarios. Ellas varían de las más simples y de soluciones temporales hasta sólidos y muy atractivos revestimientos.

En el tema de la salud, los revestimientos juegan un papel importantísimo, principalmente en la erradicación del Mal de Chagas, que afecta de una forma devastadora en Guatemala y en toda Latinoamérica. El Mal de Chagas es producida por el parásito *Tripanosoma Cruzi* que es transmitido por la Chinche Picuda hacia el humano. La Chinche Picuda habita en las fisuras que se producen en paredes de tierra, por guardar estas las condiciones idóneas de habitabilidad de la chinche.

En nuestro país se han realizado investigaciones acerca del tema y en este trabajo se analizará la experiencia obtenida en dichas investigaciones y se darán a conocer los resultados que surjan de la presente, sumando a ello la transferencia de la tecnología mejorada, para la aplicación de la misma en dos comunidades elegidas por presentar altos índices de infestación de la Enfermedad de Chagas, y con ello generar una metodología que pueda servir de base para reproducirse en las comunidades que se ven afectadas por esta enfermedad y en general, como protección a los muros de las edificaciones de tierra.

El trabajo es producto de una experiencia única, que va más allá de conocimientos científicos, ensayos de laboratorio o aplicaciones técnicas; es el valor que conlleva el contacto directo con la gente para mejorar sus condiciones de vida partiendo de una investigación donde las personas de la comunidad estaban jugando el papel de protagonista.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

ANTECEDENTES

Se puede afirmar con toda seguridad que la tierra ha constituido desde tiempos muy remotos, el material fundamental con el cual el hombre ha realizado edificaciones para diversos usos tales como: religioso, cultural, social, pero fundamentalmente, habitacional.

Frente al alarmante problema del déficit habitacional que en la actualidad se enfrenta en la mayoría de países, aunado al creciente costo de los modernos materiales de construcción, la reutilización de la tierra como material de construcción, representa una opción factible de solución. Las tecnologías de construcción modernas son comercialmente mucho más atractivas que el uso de la tierra. Los productos de cemento y acero han sido propagados y la mayoría de las universidades se concentran en concreto, acero y madera.

En años recientes, sin embargo, ha llegado a ser muy claro para muchos planificadores en el tercer mundo, que la construcción de vivienda con esfuerzo propio y utilizando la tierra, debe ser incluido en su modo de pensar y de actuar. Muchos códigos de construcción prohíben la construcción con tierra y muchos otros ni siquiera la contemplan, causando fuertes discusiones entre arquitectos, ingenieros y políticos. En las escuelas de arquitectura ya no se enseña a construir con arcilla ni los procedimientos de arquitectura de tierra. Las instituciones financieras y los políticos tienden a irse por la ruta más segura y no permiten algo que no esté específicamente documentado y respaldado por ensayos realizados por especialistas.. Es por ello que, tanto a nivel nacional como internacional, actualmente, se realizan investigaciones con el objeto de determinar, las características de las edificaciones realizadas con este material.

Los resultados de estas investigaciones indican, claramente que, no obstante que las construcciones de tierra poseen características estructurales aceptables, éstas son muy vulnerables a la acción de los agentes de la intemperie, si no se protegen, adecuadamente. Como medida de protección contra la acción de la intemperie, se han utilizado, tradicionalmente, los revestimientos.

Actualmente existe buena documentación sobre el uso de la tierra y sus límites de aplicación estructural, mientras que no sucede lo mismo en el tema de durabilidad en ambientes húmedos. La capa externa de las paredes de tierra es el sujeto de muchas discusiones y muchos proyectos que han usado paredes de tierra fallaron a causa de inadecuados tratamientos superficiales, como

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

los revestimientos a base de cemento. El conocimiento empírico nos dice que en la mayoría de los casos es posible y recomendable, pero parece no haber documentación seria con profundidad científica de ese conocimiento.

En una sociedad de rápida modernización como en la mayor parte de países en Latino América, el conocimiento tradicional se está perdiendo y el conocimiento empírico ya no se respeta.

En ciencia de materiales, mucha información se ha generado sobre el tema de la tierra y sus cambios de estado en diferentes situaciones. Las combinaciones con otros materiales como arenas, cal, cemento, asfalto o bien aditivos orgánicos pueden ser analizadas desde diferentes puntos de vista.

En adición a la discusión sobre la compatibilidad física (adherencia mecánica, expansión y encogimiento bajo diferentes influencias, etc.) de revestimientos para paredes de tierra, hay también conocimiento sobre la compatibilidad química de los materiales utilizados.

Por otra parte, en nuestro país existen dentro de nuestro Patrimonio Cultural, un 65 % de construcciones a base de tierra cruda, los cuales están en constante deterioro por el transcurrir de los años. Es nuestro deber salvaguardarlos y brindarles todo lo que les ayude a alargar su vida y heredarlo a futuras generaciones como nuestros ancestros nos lo han heredado a nosotros.

En ciencias de la salud mucha discusión se ha generado con respecto al tema de la Enfermedad de Chagas, producida por el protozooario parásito *Tripanosoma cruzi*. Dicho parásito habita en las paredes de tierra, principalmente en mampuestos de adobe, debido a la fisuración que estas presentan en sus elementos estructurales o en las juntas de unión entre ellos, ya que contienen las condiciones climáticas adecuadas para que este insecto habite y se propague.

La Enfermedad de Chagas es un padecimiento crónico considerado como uno de los problemas más serios en el sistema de salud pública en Latinoamérica. Esta enfermedad es transmitida a los humanos a través de las heces de los vectores que son los insectos pertenecientes al Orden: Hemiptera, Sub familia Triatominae.

Según la OMS en América Latina, esta enfermedad afecta entre 16 – 18 millones de personas y se estima que unas 43,000 se encuentran en riesgo de contraer la enfermedad anualmente. En ausencia de control del vector, estas estadísticas pueden indicar

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

una incidencia de casi 500,000 nuevos casos al año. En Guatemala, se estima que 4 millones de personas se encuentran en riesgo de contraer la enfermedad, 730,000 personas se encuentran infectadas y 30,000 personas se infectan anualmente

En Guatemala su principal vector es *Triatoma Dimidiata*, conocida popularmente como chinche picuda, aunque también existe presencia de *Rhodnius prolixus* y *Triatoma nítida*. La chinche picuda es una especie que presenta una amplia distribución dentro del territorio nacional, ya que se encuentra en 21 de los 22 departamentos, aunque solamente habite entre los 500 y 1750 metros sobre el nivel del mar aproximadamente, debido a las condiciones climáticas.

Las organizaciones de la salud han hecho esfuerzos por contrarrestar esta enfermedad, tomando acciones de fumigación en las viviendas, pero existen datos donde indican que luego de un tiempo de realizar la fumigación el índice de reinfestación es alto. Según los especialistas en el tema, una mejora a la vivienda principalmente en sus revestimientos o tratamientos superficiales en paredes disminuiría considerablemente la presencia del vector dentro de la vivienda, salvando así una gran cantidad de vidas que se encuentran en alto riesgo de contraer la enfermedad.

Ya se ha tenido alguna experiencia respecto al tema de Chagas, habiéndose realizado un proyecto conjunto entre la Universidad del Valle de Guatemala, la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que enmarcó la necesidad de atacar el problema de dicha enfermedad lo antes posible, debido al incremento de infectados y a la falta de voluntad individual, política y social. En este proyecto se recomendaba realizar un revestimiento involucrando la cal en su mezcla, aspecto que encarecía considerablemente la aplicación y por ende, muchos pobladores en condiciones de pobreza extrema no podían acceder a dicho revestimiento.

En el Centro de Investigaciones de Ingeniería se ha trabajado el tema de los revestimientos de tierra como un tratamiento superficial de las paredes, protegiendo a dichos elementos y haciéndolos más durables en el tiempo. Se han llevado a cabo distintas investigaciones que han dado como resultado la identificación de metodologías y ensayos para los revestimientos, que dan la pauta para profundizar más en el tema.

Las investigaciones de la Facultad de Ingeniería demuestran una relación química y granulométrica entre los materiales que componen los revestimientos utilizados sobre los muros de tierra, y a la vez presentan una diversidad de materiales y recetas que se aplican empíricamente en las comunidades, sin contar con más conocimiento que el transmitido de generación en generación.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

La necesidad de la validación técnica de estos conocimientos es notoria, pero dicha validación no se puede llevar a cabo si no existe experimentación y evaluación en laboratorio. Se trata pues, de tomar esos saberes ancestrales y hacerles las mejoras técnicas pertinentes para su mejor funcionalidad, añadiendo un toque formal que pueda ser adoptado según las condiciones de cada lugar.

Pero según estas investigaciones, más difícil aún se hace la transferencia de estas nuevas o mejoradas tecnologías hacia la comunidad, siendo un reto interdisciplinario al adentrarse en la comunidad requerida. Se han identificado metodologías de transferencia de tecnologías que pueden ser aplicadas a la hora de intervenir una comunidad en el tema.

Todo indica que la necesidad de sustentar el problema de los revestimientos es una realidad, tanto para salvar vidas humanas por cuestiones de salud, como para hacer más resistentes los elementos estructurales de la arquitectura de tierra, y postergar su vida a mayor número de años, resistiendo mejor las inclemencias del tiempo y todos los deterioros que estos puedan tener por diferentes circunstancias.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

JUSTIFICACIÓN

Las construcciones de tierra se ven, frecuentemente, afectadas por radiaciones solares, cambios de temperatura, lluvias, humedades y, por el ataque de insectos. Todos estos agentes en conjunto provocan una degradación y erosión continua y constante del material, lo que hace disminuir a estas edificaciones su capacidad sísmo – resistente y colapsar muy fácilmente ante un movimiento de esta naturaleza; muchas veces el deterioro alcanzado llega a ser tan severo que las edificaciones colapsan por sí solas.

En especial, vale la pena mencionar los efectos de la humedad en las construcciones de tierra. El principal aglomerante en este caso es la “arcilla”, la cual es ávida de agua. Si el contenido de agua excede del límite líquido, la cohesión entre las partículas desaparece, lo cual se manifiesta con una pérdida total de resistencia. Por el contrario, si se pierde agua por debajo del límite plástico, la arcilla se solidificará, lo que se manifiesta por un aumento de resistencia en general.

“Dentro del Patrimonio Cultural edificado, tenemos en toda la República un 65 % de construcción a base de tierra cruda. De este total, el 50 % es de mampostería de adobe, un 25 % de usos combinados de bajareque y adobe, un 15 % de bajareque y un 10 % restante de tapial.”<sup>1</sup>

“El problema es que este tipo de construcciones con adobe, no está sistematizada científicamente, ya que los conocimientos pasan de padres a hijos, además desde épocas anteriores se relacionaba su uso con poblados poco avanzados y desarrollados...No existe en Guatemala una institución o entidad dedicada a la investigación y aprendizaje del uso del adobe...Estos sistemas constructivos no han desaparecido y a la fecha se conservan y todavía se utilizan en casi un 60 % del territorio nacional...El caso más problemático, es la falta de mantenimiento a las estructuras de adobe y aquí no solamente de casas de habitación sino, de inmuebles de valor cultural e histórico, como conventos, templos, municipalidades, torres y edificios administrativos y escolares. Así mismo la alteración de este mismo patrimonio al adosarle elementos o partes con materiales modernos y distintos como concreto, block, acero, láminas, etc.”<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Síntesis de la Importancia y Condición Actual de la Arquitectura de Tierra en Guatemala. Por Dr. En Arq. Mario Ceballos. Para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1999.

<sup>2</sup> Ob.cit

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Estas son algunas observaciones que hacen las personas especializadas en la tierra cruda como material de construcción, que evidencian la necesidad de implementar investigaciones que tomen esos conocimientos empíricos y se mejoren con los conocimientos técnicos para hacer valer la participación de los constructores locales y ayudar conjuntamente con un equipo de profesionales, a darle la importancia que este material de construcción se merece.

Dentro de estos sistemas constructivos (tapial, bajareque y adobe), los revestimientos siempre han tenido una validación especial, quizá con más valor estético que funcional. “Las casas de revoques de colores y techos aterrizados son de un sólo piso, construidas como volúmenes depurados, con adobes blanqueados a la cal...Los muros se revocan con arcilla de vivos colores rojos o amarillos...”<sup>3</sup>

Estos argumentos hacen importante que los estudios y mejoras que se puedan hacer a los revestimientos que se aplican a las edificaciones de tierra cruda tomen la validez que posee, ya que el objetivo principal de este proyecto radica en la recopilación bibliográfica y experimental de campo y laboratorio para proponer las mejoras que ayuden a la duración de dichas edificaciones y a la vez que tomen su apariencia original en cuanto a su composición, su color y su textura.

“Históricamente, los propietarios de casas hechas de adobe renovaban el repellamiento de las mismas con regularidad. Actualmente, en muchas partes del mundo, esta opción ya no es viable, debido a la reestructuración de la vida socioeconómica de una comunidad, lo que hace muy difícil que los miembros de una familia continúen llevando a cabo este tipo de tareas de mantenimiento.”<sup>4</sup>

Se ha hecho necesario implementar una búsqueda de solución en la cual el factor económico no sea un limitante para su realización, es por eso de la importancia de los materiales locales y la mano de obra del lugar.

---

<sup>3</sup> Seminario taller de conservación y restauración de la arquitectura de tierra. Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala y El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Facilitador Dr. En Arq. Mario Ceballos. 2004

<sup>4</sup> Ob.cit

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

OBJETIVOS

1. General:

- Recopilar y analizar la información bibliográfica, experimental en campo y de laboratorio con la finalidad de obtener una lista de propuestas que puedan ser aplicables verificando la metodología que se ha establecido a través de las investigaciones sobre el tema.

2. Específicos:

- Establecer un banco de información relacionado con la práctica y profundización del conocimiento de revestimientos utilizados en construcciones de tierra.
- Describir las características de los materiales utilizados para la aplicación de revestimientos en las regiones donde han aplicado los diferentes proyectos de investigación, para que puedan ser utilizados en futuros revestimientos.
- Describir las proporciones y mezclas existentes para los revestimientos ya aplicados en las construcciones de tierra.
- Verificar la metodología utilizada en los diferentes proyectos realizados.
- Analizar estadísticamente los resultados obtenidos para establecer la relación existente entre las variables determinadas.
- Analizar las principales causas y efectos del deterioro de muros de construcciones de tierra.
- Determinar los costos por metro cuadrado de revestimientos para los muros de las edificaciones levantadas con tierra cruda.
- Identificar y describir los tipos de ensayos aplicados a los materiales utilizados en revestimientos para muros de construcciones de tierra.

A. - MARCO TEÓRICO

I. ASPECTOS GENERALES DE LOS SUELOS

*I.1 EL SUELO Y SU ORIGEN:*

A través de un proceso de desintegración mecánica y descomposición química, las rocas de la corteza terrestre forman los materiales sueltos que se encuentran en ella.

Cuando el efecto alterativo de las rocas se lleva a cabo por un medio físico se produce un suelo con la misma composición de ellas. Cuando es de efecto químico el proceso por medio del cual se produce el suelo, la constitución mineralógica de él es diferente a los que poseía la roca madre.

Entre los agentes físicos que producen cambios en las rocas figuran el sol, el agua, el viento y los glaciares.

A pesar de que los agentes físicos son de mucha importancia en la formación de los suelos, ellos no son capaces de reducir los fragmentos rocosos a tamaños individuales a menos de 0.01 mm. La desintegración a tamaños menos a 0.01 mm sólo puede efectuarse por procesos químicos.

De los agentes químicos se pueden mencionar como principales la oxidación, la carbonatación y la hidratación.

La acción de los agentes de intemperismo antes mencionados se conocen más comúnmente en el medio ingenieril como meteorización y alteración que dan origen a los suelos inorgánicos. La meteorización se refiere únicamente a los cambios superficiales que sufren las rocas debido a la acción de los agentes atmosféricos.

*La meteorización:* Es un proceso dinámico donde los minerales de las rocas se rompen, cambian químicamente y se disuelven en agua. El producto final, suelo, está formado por un grupo relativamente pequeño de minerales: predominantemente cuarzo y minerales arcillosos, con cantidades variables de mica, minerales ferromagnesianos, óxidos de hierro y carbonatos.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Los restos de la vegetación y otros restos orgánicos, al ser descompuestos por la acción de los microorganismos para su propia nutrición, dejan como residuo partículas finas de tamaño coloidal denominadas humus. El humus se mezcla en diferentes proporciones con las partículas minerales, formándose de esa manera los suelos orgánicos.

Los suelos deben su origen a una tal variedad de causas que excede todo poder de descripción detallada. El resultado de ese concurso de causas, es una inmensa diversidad de tipos de suelo resultantes. También debe notarse que su formación ha ocurrido a través de las Eras Geológicas, tal como sigue ocurriendo hoy; en consecuencia, el hombre es completamente ajeno a la génesis del suelo: sólo le toca manejarlo, tal como la naturaleza se lo presenta.

***1.2 PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS:***

Los suelos se dividen en dos amplios grupos: suelos cuyo origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas, o sea los suelos inorgánicos y suelos cuyo origen es principalmente orgánico.

Si en los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó, da origen a un suelo residual; en caso contrario, forman un suelo transportado, cualquiera que haya sido el agente transportador (por gravedad: talus; por agua: aluviales o lacustres; por viento: eólicos; por glaciares: depósitos glaciales).

En cuanto a los suelos orgánicos, éstos se forman casi siempre in situ.

Los ríos acarrear materiales de muy diversas graduaciones, depositándolos a lo largo de su perfil, según varíe la velocidad de su curso; al ir disminuyendo ésta, la capacidad de acarreo de la corriente se hace menor, depositándose los materiales más gruesos. De esta manera el río transporta y deposita suelos según sus tamaños decrecientes, correspondiendo las partículas más finas (limos y arcillas) a depósitos próximos a su desembocadura.

Los vientos pueden arrastrar partículas cuyo tamaño puede variar desde el del limo hasta el de las arenas gruesas; estos arrastres pueden hacer que las partículas se depositen a muchos kilómetros de su lugar de origen.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

***1.3 SUELOS MAS COMUNES:***

*Gravas:* Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas. Sus partículas varían desde 7.62 cm (3") hasta 4.76 mm. Se encuentran en la trayectoria de los ríos, puede ser extraída de canteras a base de trituración y también se le encuentra en las laderas de las montañas o volcanes.

*Arenas:* Es un suelo compuesto en su mayor parte de partículas de 0.074 mm a 4.76 mm de diámetro. Arena sucia es una arena ligeramente limosa o arcillosa. La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial. Se le encuentra en los ríos, puede ser extraída de canteras a base de trituración y existen también bancos ubicados en posiciones geológicas determinadas. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea.

*Limos:* Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo este último caso de características plásticas. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta. Se le encuentra en las desembocaduras de ríos o donde no existe mucha corriente, en aguas estancadas y en algunos bancos con posiciones geológicas determinadas. Se le encuentra también en las faldas de los volcanes.

*Arcillas:* Se aplica este nombre a cualquier suelo que sea capaz de mantenerse plástico con variaciones relativamente amplias de humedad y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en no pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar. De hecho se puede decir que hay dos tipos clásicos de tales láminas: uno de ellos del tipo silícico y el otro del tipo aluminico. Se le encuentra en la desembocadura de ríos o donde no existe mucha corriente, en aguas estancadas y en otros lugares donde anteriormente existió una laguna, una poza o una correntada de agua. Algunas veces se le encuentra en capas inferiores a la capa vegetal.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

De acuerdo con su arreglo reticular los minerales de arcilla se pueden clasificar en tres grupos básicos, que son:

- a) El caolinítico: Las arcillas caoliníticas están formadas por una lámina silícica y una lámina alumínica superpuestas de manera indefinida y con una unión tal entre sus retículas que no permiten la penetración de moléculas de agua entre ellas, pues producen una capa electrónicamente neutral, lo que induce, desde luego, a que estas arcillas sean bastante estables en presencia del agua.
- b) El montmorilonítico: Se forman por la superposición indefinida de una lámina alumínica entre dos láminas silícicas, pero con una unión débil entre sus retículas, lo que hace que el agua pueda penetrar en su estructura con facilidad. Estas arcillas sufren fuerte expansión en contacto con agua, lo que provoca inestabilidad en ellas.
- c) El ilítico: Producto de la hidratación de las micas y que presentan un arreglo reticular similar al de las montmoriloníticas, pero no la tendencia a formar grumos por la presencia de iones de potasio, lo que reduce el área expuesta al agua, razón por la cual no son tan expansivas como las arcillas montmoriloníticas.

En general, las arcillas, ya sean caoliníticas, montmoriloníticas o ilíticas, son plásticas, se contraen al secarse, presentan marcada cohesión según su humedad, son compresibles y al aplicárseles una carga en su superficie se comprimen lentamente. Otra de sus características es que la resistencia perdida por el remoldeo se recupera parcialmente con el tiempo. Se puede también decir que un contenido mínimo del 15% de arcilla en un suelo le dará a éste las propiedades de la arcilla.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



**Fotografía No. 1: ARENA DE RÍO:**  
Extracción del río Paz (Quezada, Jutiapa)



**Fotografía No. 2: ARCILLA SUPERFICIAL:**  
Extracción de la Tejera (El Tule, Quezada)



**Fotografía No. 3: LIMO EN BANCO:**  
Extracción del Puento La Brea (La Brea, Quezada)

**RECOLECCIÓN DE MATERIALES:**

Materiales recolectados de los bancos indicados aldea El Tule y La Brea del municipio de Quezada, Jutiapa.



**Fotografía No. 4: ARCILLA DEPOSITADA:**  
Extracción del Cuje (El Tule, Quezada)



**Fotografía No. 5: ARENA EN BANCO:**  
Extracción Iglesia La Brea (La Brea, Quezada)



**Fotografía No. 6: PUZOLANA EN BANCO:**  
Extracción de puzolana en Quezada (Jutiapa)

## *II. CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MINERALÓGICA*

### *11.1 MINERALES CONSTITUTIVOS DE LOS SUELOS GRUESOS:*

Un mineral es una sustancia inorgánica y natural, que tiene una estructura interna, característica determinada por un cierto arreglo específico de sus átomos e iones. Su composición química y sus propiedades físicas o son fijas o varían dentro de límites definidos. Sus propiedades físicas más interesantes, desde el punto de vista de identificación son: el color, el lustre, la tonalidad de sus raspaduras, la forma de cristalización, la dureza, la forma de su fractura y disposición de sus planos cruceros, la tenacidad, la capacidad para permitir el paso de ondas y radiaciones (o luz) y la densidad relativa.

La estructura atómicomolecular del mineral es el factor más importante para condicionar sus propiedades físicas.

En los suelos formados por partículas gruesas, los minerales predominantes son: silicatos, principalmente feldespato (de potasio, sodio o calcio), micas, olivino, serpentina, etc.; óxidos, cuyos principales exponentes son el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), la limonita, la magnetita y el corindón; carbonatos, entre los que destacan la calcita y la dolomita y sulfatos, cuyos principales representantes son la anhidrita y el yeso.

### *11.2 MINERALES CONSTITUTIVOS DE LAS ARCILLAS:*

Partiendo de los numerosos minerales (principalmente silicatos) que se encuentran en las rocas ígneas y metamórficas, los agentes de descomposición química llegan a un producto final: la arcilla.

El comportamiento mecánico de las arcillas se ve decisivamente influido por su estructura en general y constitución mineralógica en particular.

Las arcillas están constituidas básicamente por silicatos de aluminio hidratados, presentando además, en algunas ocasiones, silicatos de magnesio, hierro u otros metales, también hidratados. Estos minerales tienen, casi siempre, una estructura cristalina definida, cuyos átomos se disponen en láminas. Existen dos variedades de tales láminas: la silícica y la aluminica.

## **REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA (ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

La descomposición de los feldespatos, micas y minerales ferromagnesianos, todos los cuales son silicatos de aluminio complejos, se produce de muchas maneras. Hay muchas formas de minerales arcillosos, con algunas semejanzas y grandes diferencias en composición, estructura y comportamiento. Todas son de grano extremadamente fino y todos son eléctricamente activos. La mayoría de los cristales de arcilla consisten en láminas atómicas de dos tipos principalmente: sílice y alúmina.

Es entonces, de acuerdo con su estructura reticular, que los minerales de arcilla se encasillan en tres grandes grupos mencionados anteriormente: caolinitas, montmorilonitas e ilitas.

### ***1.3 SUELOS COHESIVOS Y SUELOS NO COHESIVOS***

Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en “cohesivos” y “no cohesivos”. Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas. Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava.

Los suelos en los cuales el agua adsorbida y la atracción entre las partículas actúan conjuntamente para producir una masa que se mantiene unida y se deforma plásticamente con variables cantidades de agua se llaman suelos cohesivos o arcillas (porque la cohesión proviene mayormente de alguna proporción de minerales arcillosos). Los suelos compuestos de granos redondeados son no coherentes cualquiera que sea la finura de las partículas.

### ***1.4 ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS***

*Peso volumétrico:* Se denomina peso volumétrico de un suelo, al peso de dicho suelo contenido en la unidad de volumen, y generalmente se expresa en Kg/m<sup>3</sup>.

*Densidad:* La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos. La densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos.

*Absorción:* Generalmente se refiere a la determinación de la absorción del material en 24 horas.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*Granulometría:* Conocimiento de los diámetros de las partículas que forman el material. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.

*Estructura:* Como ya se sabe, los suelos están formados por gran cantidad de elementos de composición mineralógica diversa, así como también de diversos tamaños y formas, constituyendo la estructura del suelo; es decir, la estructura es la distribución y orden de las partes de un cuerpo. Se pueden distinguir tres tipos de estructuras: granular, apanalada y floculenta. La estructura granular es propia de los suelos integrados por recios granos, es típica de las gravas y arenas. La estructura apanalada es típica de los suelos limosos. La estructura floculenta es un arreglo complejo de partículas muy finas de arcilla depositadas en agua. En esta estructura las partículas ultrafinas se agrupan en flóculos antes de sedimentarse. El agrupamiento de flóculos se debe a la atracción de las partículas de carga eléctrica de signos opuestos. Ya formados los flóculos, éstos se sedimentan y luego de sedimentados se agrupan unos con otros, dejando algunos espacios vacíos. Tanto los suelos de estructura apanalada como los de estructura floculenta presentan una capacidad relativamente alta de carga mientras su estructura permanezca inalterada. Las partículas del suelo no son esféricas, sino anisométricas.

Existen por otra parte, las estructuras compuestas o cementadas, que consisten en una armazón de granos redondeados, dispuestos como en la estructura granular, que se mantienen unidos por un agente cementante que los liga. Se puede producir una gran variedad de estas estructuras, de acuerdo con las cantidades relativas del agente cementante y los granos redondeados, el tipo de agente cementante y el método de deposición.

### ***1.1.5 EXPANSIÓN Y RETRACCIÓN***

La expansión del barro (arcilla) al entrar en contacto con el agua así como su retracción al secarse son desventajosos para su uso como material de construcción. La expansión ocurre solamente si el barro entra en contacto directo con mucho agua perdiendo así su estado sólido. La absorción de humedad del aire sin embargo no conduce a la expansión.

La magnitud de la expansión y la retracción depende del tipo y cantidad de arcilla (la arcilla montmorilonita tiene un efecto mayor que la caolinita o la illita) y también de la distribución granulométrica del limo y la arena.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

### *1.1.6 ACCIÓN CAPILAR*

Todos los materiales con una estructura porosa como el barro con capaces de almacenar y transportar agua a través de sus vasos capilares. De ese modo el agua se mueve de regiones de mayor humedad hacia regiones de menor humedad. La capacidad del agua para ser absorbida se denomina “capilaridad” y el proceso de transportación de agua se denomina “acción capilar”.

El problema con el barro es que se expande y erosiona bajo el agua.

### *1.1.7 EROSIÓN POR LLUVIAS*

Es bien sabido que la erosión por lluvias es un desgaste producido por la caída vertical y/o semi inclinada, del agua de lluvia.

La tierra es resistente a este fenómeno dependiendo de las características que esta presente.

Una tierra con alto contenido de arenas, es muy susceptible a la erosión, mientras que una tierra limo arcillosa es menos propensa a este fenómeno. Es difícil encontrar un equilibrio con respecto a la erosión, ya que se tienen que tomar en cuenta los otros factores que afectan a la arcilla como la expansión y la retracción de las mismas. Una tierra arcillosa es más resistente a la erosión pero tiene cambios más bruscos en su expansión y retracción. Una tierra arenosa es susceptible a la erosión pero es menos expansiva que la otra.

### *1.1.8 PLASTICIDAD DE LOS SUELOS*

Existen suelos que al ser remoldeados, cambiando su contenido de agua si es necesario, adoptan una consistencia característica, que desde épocas antiguas se ha denominado Plástica. Estos suelos han sido llamados arcillas, originalmente, por los hombres dedicados a la cerámica; la palabra pasó a la mecánica de suelos, en épocas más recientes, con idéntico significado.

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable.

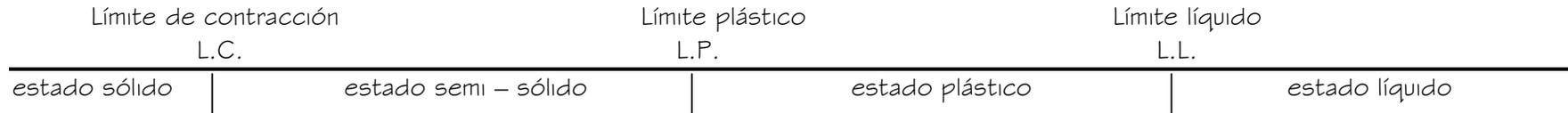
**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

La forma laminar de las partículas de los suelos ejerce una influencia importante en la compresibilidad de los mismos, mientras que el pequeño tamaño propio de esas partículas hace que la permeabilidad del conjunto sea muy baja; existe, así, una relación entre la plasticidad y éstas y otras propiedades físicas de importancia.

Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes: Estado sólido, estado semi – sólido, estado plástico y estado líquido.



La diferencia entre los límites representa la variación en el contenido de agua o humedad dentro de la cual el suelo se mantiene en un cierto estado.

Cuando no se puede determinar el límite plástico de un suelo se dice que es no plástico, y en este caso el índice plástico se dice que es igual a cero. El índice de plasticidad indica el rango de humedad a través del cual los suelos con cohesión tienen propiedades de un material plástico.

Según Atterberg, cuando un suelo tiene un índice plástico igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo presenta baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

*Índice de plasticidad:* Se denomina índice de plasticidad o índice plástico a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

### *1.1.9 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS*

Dada la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza, la mecánica de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado.

*Clasificación por tamaño de las partículas:* Dada la diversidad de tamaños de los granos que un suelo posee, es posible clasificarlo según los porcentajes de los mismos. La clasificación granulométrica se puede llevar a cabo por diferentes métodos.

El tamaño de los granos es sólo uno de los diferentes factores de los cuales dependen ciertas propiedades físicas importantes de los suelos, tales como la permeabilidad y la cohesión.

*Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S):* Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande. Un suelo se considera grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en la malla No. 200, y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicha malla.

Suelos gruesos: En los suelos gruesos se tienen las gravas y las arenas, de tal modo que un suelo pertenece al grupo de las gravas si más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4, y pertenece al grupo de las arenas en caso contrario.

Suelos finos: También en los suelos finos el sistema unificado los considera agrupados en tres grupos para los limos y arcillas con límite líquido menor de 50%, en tres grupos para los limos y arcillas con límite mayor de 50% y en un grupo para los suelos finos altamente orgánicos.

En general, las gravas son granos mayores que el tamiz No. 4 (4.76 mm.), las arenas son granos menos que el tamiz No. 4 y mayores que el No. 200 (0.074mm.) y los granos menores que el tamiz No. 200 son los finos. Esta última sección se subdivide algunas veces en limos, que son las partículas mayores que 0.002 mm: y arcillas, que son las menores que 0.002mm.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*11.10 RELACIÓN CON LA FORMA DE LAS PARTÍCULAS*

La forma de los granos puede ser de tres clases: granos redondeados, granos laminares o escamosos y granos aciculares.

La cantidad de superficie por unidad de masa, o de volumen, varía con la forma de las partículas. También cambia con la forma la cantidad de contacto por unidad de superficie. Es bien sabido que una esfera tiene la menor cantidad de superficie por unidad de volumen. Si la esfera se deforma hasta convertirse en un bastón, en un disco o en una placa, la superficie aumenta y las partículas en forma de placa son las que exhiben la mayor área superficial.

Además de tener mayor superficie por unidad de volumen, las partículas en forma de disco hacen contactos más íntimos que las esféricas. Cuatro esferas pueden tener seis puntos de contacto. En cambio, cuatro discos de un mismo tamaño hacen contacto íntimo en casi tres cuartas partes de la superficie total si están apilados. Así, pues, las partículas esféricas no ofrecen condiciones favorables de contacto superficial para una gran cohesión. Pero las partículas en forma de disco producen gran cohesión cuando su orientación es máxima. Además, las partículas laminares se deslizan unas sobre otras bajo la acción de una fuerza, mientras que las esferas permitirán una deformación sólo al romperse o al disgregarse del arreglo esférico.

El estudio de la estructura de los minerales de arcilla demuestra que todos los grupos tienen superficies planas y cantos.

*11.11 FÍSICO – QUÍMICA DE LAS ARCILLAS:*

En los granos gruesos de los suelos, las fuerzas de gravitación predominan fuertemente sobre cualesquiera otras fuerzas; por ello, todas las partículas gruesas tienen un comportamiento similar. El comportamiento mecánico e hidráulico de tales suelos está definido por características circunstanciales, tales como la compacidad del depósito y la orientación de sus partículas individuales.

En los suelos de grano muy fino, sin embargo, fuerzas de otros tipos ejercen acción importantísima; ello es debido a que en estos granos, la relación de área a volumen alcanza valores de consideración y fuerzas electromagnéticas desarrolladas en la superficie de los compuestos minerales que cobran significación. En general, se estima que esta actividad en la superficie de la partícula individual es fundamental para tamaños menores que dos micras (0.002mm).

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*1.1.2 INTERACCIÓN DEL AGUA Y LA FASE SÓLIDA:*

En el caso de los minerales arcillosos se produce una reacción entre los sólidos y el agua que cambia las características de ambos; este fenómeno se llama adsorción, que es la adherencia del agua a la superficie de los sólidos, y tiene un efecto profundo en las propiedades físicas de cualquier suelo que contenga minerales que tengan esa propiedad.

Las causas de la adsorción no son totalmente conocidas, pero indudablemente están relacionadas con las cargas eléctricas de la superficie del material.

Las cargas en las caras de los minerales arcillosos son generalmente negativas, debido a la substitución isomorfa, y positivas las de las aristas, y hay áreas locales de altas y bajas cargas eléctricas.

La molécula de agua es peculiar debido a la asimétrica distribución de los átomos positivos de hidrógeno con respecto al negativo de oxígeno. La molécula de agua, aunque neutra, es polar con una carga positiva en un lado y una negativa en el otro. Esta molécula polar o dipolo, es atraída a la superficie de los sólidos, y particularmente en los materiales arcillosos con sus grandes cargas electrostáticas superficiales. Esto se debe a las siguientes causas:

1. El dipolo –atracción electrostática.
2. El enlace de hidrógeno –participación de los átomos de hidrógeno con la arcilla.
3. La hidratación de los cationes que son atraídos a la superficie de la arcilla para compensar la substitución isomorfa.

Cuando se humedecen las partículas de arcilla se comportan de muy diferente manera de como lo hacen otros minerales, debido a la interacción de los campos electrostáticos y las dobles capas de difusión.

Un suelo de arcilla se puede deformar plásticamente sin romperse, con distintas humedades; cuanto mayor sea la humedad, mayor es la separación de las partículas, menor la atracción entre ellas y mayor la movilidad de las mismas. La misma arcilla menos húmeda tendrá las partículas más próximas, habrá más atracción entre ellas y formará una masa más rígida.

### *III. LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN*

Ningún libro de teoría puede reemplazar la experiencia práctica de construir con barro (arcilla). Los datos, experiencias y ejemplos de construcción con tierra pueden ser utilizados como bases para todos los procesos de construcción y para su posible aplicación por parte de ingenieros, arquitectos, empresarios, artesanos, autoconstructores o representantes públicos, que quieran construir con el material más antiguo de la humanidad, la tierra (suelo).

En casi todos los climas cálido – seco y templados del mundo, la tierra ha sido el material de construcción predominante. Aún en la actualidad un tercio de la humanidad vive en viviendas de tierra, y en países en vías de desarrollo esto representa más de la mitad.

No ha sido posible resolver los inmensos requerimientos de hábitat en los países en vías de desarrollo con materiales industrializados como ladrillo, hormigón y acero, ni con técnicas de producción industrializadas. No existen en el mundo las capacidades productivas y financieras para satisfacer esta demanda. Las necesidades de hábitat en los países en vías de desarrollo solo se pueden encarar utilizando materiales de construcción locales y técnicas de autoconstrucción.

La tierra es el material de construcción natural más importante y abundante en la mayoría de las regiones del mundo. Este se obtiene frecuentemente directamente en el sitio cuando se excavan los cimientos. En los países industrializados la desmedida explotación de los recursos naturales y los sistemas de producción centralizados intensivos en capital y energía no solo generan desperdicios sino que contaminan el medio ambiente, incrementando el desempleo. En esos países la tierra a resurgido como material de construcción.

Se ha comprendido que la tierra como material de construcción natural tiene mejores cualidades que los materiales industriales como el hormigón, los ladrillos y los silicocalcáreos.

Técnicas de construcción con tierra recientemente desarrolladas demuestran el valor de la tierra no sólo para la autoconstrucción sino también para la construcción industrializada a cargo de contratistas.

Las técnicas de construcción con barro datan de hace más de 9000 años. En el Turquestán fueron descubiertas viviendas de tierra del período 8000 – 6000 a.C.

## **REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA (ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

En Asiría fueron encontrados cimientos de tierra apisonada que datan del 5000 a.C. Todas las culturas antiguas utilizaron la tierra no solo en la construcción de viviendas sino también en fortalezas y obras religiosas.

La Gran Muralla China se construyó hace 4000 años, inicialmente casi toda con tierra apisonada (tapial) y posteriormente fue enchapada con piedras naturales y ladrillos, dándole la apariencia de una muralla de piedra. El centro de la Pirámide del Sol en Teotihuacan, México, esta constituido por 2 millones de toneladas de tierra apisonada y fue construida entre los años 300 – 900.

En China viven aproximadamente 20 millones de personas en viviendas subterráneas, cuevas que fueron excavadas en suelo limoso.

En Francia la técnica del tapial llamada “terre pisé” estuvo muy extendida desde el siglo XV al XIX.

Hoy en América Central y en América del Sur, el adobe, el bajareque y el tapial siguen siendo los materiales predominantes.

En Guatemala, se han utilizado estos tres sistemas principalmente: el bajareque, el tapial y la mampostería de adobes, todos ellos con amplia tradición prehispánica ya utilizada desde hace 3,500 años por los habitantes de Kaminal Juyú en el período pre – clásico tardío (1500 a.C. – 200 d. C.), localizada en la Nueva Guatemala de la Asunción, capital de la República. Aquí se utilizó la tierra apisonada y los mampuestos de adobe, para la construcción de sus templos y monumentos sagrados. En cuanto al bajareque fue el sistema utilizado por los mayas para construir sus viviendas en varias partes de mesoamérica, como en Joya de Cerén, en El Salvador (600 d.C.). El adobe se utilizó en construcciones religiosas, civiles y militares de los conquistadores españoles. A pesar de la independencia, la República, la industrialización y la era moderna, caracterizadas por la ejecución de proyectos de gran envergadura en donde se hizo notorio el uso de materiales modernos e industrializados, no lograron desplazar al adobe, ya que se siguió utilizando sobre todo en el área rural, en la costa y las tierras áridas, como parte de la arquitectura popular y vernácula. El adobe surgió un estancamiento, pues se dejó de utilizar en gran escala después del terremoto de 1976, debido a la campaña de desprestigio por parte del gobierno de turno y los medios de comunicación. Actualmente han tenido un resurgimiento en el ámbito popular debido sobre todo al alto costo de vida y al encarecimiento de los materiales de construcción. Con el resultado de la firma de la paz y la posguerra, los tratados han logrado que los refugiados retornen al país, lo que ha hecho necesario construir nuevos poblados o centros de poblamiento en diferentes regiones. En lo referente a la educación para el uso del adobe, su manejo y mantenimiento, no existe ninguna institución que se dedique a esta tarea. En general se puede decir que no existen normativas

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

oficiales para poderlas aplicar específicamente a los tres sistemas más conocidos, tapial, bajareque y mampuestos de adobe, los reglamentos de construcción solo contemplan normas para el concreto, block y prefabricados de metal. Para poder entender la situación del adobe en Guatemala, es necesario hacer referencia a los factores climáticos propios de las regiones del país, además de la humedad promedio mayor del 80% en la mayoría del territorio nacional. Es importante recordar que Guatemala es un país con historial sísmico y que desde la época colonial, ésta ha sido la mayor preocupación para los constructores, debido a que el país se ubica entre la placa de Cocos y la del Caribe que están en constante acomodamiento, además de contar con la Falla del Motagua que traspasa el país. El adobe se usó, se usa y seguirá usando en Guatemala a pesar de que las políticas oficiales lo desconozcan como sistema constructivo. Se sigue usando pero con los mismos errores del pasado que provocaron su desconfianza. La idea central para enfocar el camino a seguir es primero, concienciar a las autoridades y habitantes de su importancia, economía y disponibilidad, para la realización de obras en el interior del país; segundo, propiciar la investigación en el campo de mejoramiento, uso, manejo y mantenimiento adecuado, principalmente en la universidad estatal, que juega un papel muy importante en esta tarea; así también en las instituciones técnicas dedicadas al campo de la construcción.

***1.1.1 DESVENTAJAS EN COMPARACIÓN CON MATERIALES INDUSTRIALIZADOS:***

1. El barro no es un material de construcción estandarizado: Su composición depende del lugar de donde se extrae, puede contener diferentes cantidades y tipos de arcilla, limo, arena y agregados. Por eso sus características pueden variar de lugar a lugar y la preparación de la mezcla correcta para una aplicación específica puede variar también. Resulta necesario saber la composición específica del barro para poder juzgar sus características y modificarlas con aditivos si fuera necesario.
2. El barro se contrae al secarse: A través de la evaporación del agua de amasado (necesaria para activar la capacidad aglomerante de la arcilla y para poder ser manipulado) pueden aparecer fisuras. La retracción se puede disminuir reduciendo la cantidad de agua y arcilla, optimizando la composición granulométrica o mediante el empleo de aditivos.
3. El barro no es impermeable: El barro debe ser protegido contra la lluvia y las heladas especialmente en estado húmedo. Las paredes de tierra pueden protegerse con aleros, barreras impermeabilizantes, tratamientos de superficies, revestimientos, etc.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

*1.1.2 VENTAJAS EN COMPARACIÓN CON MATERIALES INDUSTRIALIZADOS:*

1. El barro regula la humedad ambiental: El barro tiene la capacidad de absorber humedad más rápido y en mayor cantidad que los demás materiales de construcción.
2. El barro almacena calor: Al igual que otros materiales densos, el barro almacena calor. En zonas climáticas donde las diferencias de temperaturas son amplias, o donde es necesario almacenar la ganancia térmica por vías pasivas, el barro puede balancear el clima interior.
3. El barro ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental: El barro prácticamente no produce contaminación ambiental en relación a los otros materiales de uso frecuente, para preparar, transportar y trabajar el barro en el sitio se necesita solo 1% de la energía requerida para la preparación, transporte y elaboración de hormigón armado o ladrillo cocidos.
4. El barro es reutilizable: El barro crudo se puede volver a utilizar ilimitadamente. Solo necesita ser triturado y humedecido con agua para ser reutilizado. El barro en comparación con otros materiales no será nunca un escombros que contamine el medio ambiente.
5. El barro economiza materiales de construcción y costos de transporte: Generalmente el barro que se encuentra en la mayoría de las obras producto de la excavación de cimientos puede ser utilizado para construcción. Si este no contiene suficiente arcilla, esta será añadida y si contiene mucha arcilla deberá mezclarse con arena lo que significa modificar la composición del barro.
6. El barro es apropiado para la autoconstrucción: Las técnicas de construcción con tierra pueden ser ejecutadas por personas no especializadas en construcción, es suficiente la presencia de una persona experimentada controlando el proceso de construcción.
7. El barro preserva la madera y otros materiales orgánicos: El barro mantiene secos los elementos de madera y los preserva cuando están en directo contacto con él, debido a su bajo equilibrio de humedad y a su alta capilaridad.
8. El barro absorbe contaminantes: Se ha dicho muchas veces que el barro contribuye a purificar el aire de un ambiente interior pero hasta el momento esto no ha sido científicamente comprobado. Es una realidad que el barro puede absorber contaminantes disueltos en agua.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

### *1.1.3 TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE TIERRA MÁS UTILIZADAS*

Existen varias técnicas que se han utilizado a lo largo del tiempo en diferentes lugares del mundo, estas responden al tipo de tierra del lugar, al clima, a las condiciones sísmicas, etc.

Pero dentro de las más utilizadas en la construcción con tierra podemos citar tres como las más importantes:

- ✓ Tapial: La técnica consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra de 10 a 15 cm compactando cada una de ellas con un pisón, formando los muros en bloques grandes según el tamaño del encofrado. El encofrado está compuesto por dos tablonces paralelos separados, unidos por un travesaño, aunque en realidad la idea del encofrado puede variar según las condiciones de cada caso.
- ✓ Adobe: Los bloques de barro producidos a mano rellenando barro en moldes y secados al aire libre se denominan adobes. Se pueden utilizar diferentes tipos de moldes. La forma de ir formando los muros con esta técnica consiste en ir colocando los adobes uno sobre otro alternando las sisas que provocan entre sí.
- ✓ Bajareque: Consiste en realizar un entramado con cañas u otro tipo de madera que constituyan la base de los muros y divisiones de la construcción; el entramado es cubierto por barro generalmente bastante plástico, a manera de cubrir el entramado base.

### *1.1.4 COMPONENTES DE UNA VIVIENDA DE TIERRA*

Dentro de los principales sistemas constructivos a base de tierra cruda podemos mencionar componentes que son comunes en los mismos:

1. Ubicación de la vivienda: Factor importantísimo que varía según las condiciones del terreno donde se edificará la vivienda.
2. Cimientos: Generalmente son de piedra o de las mismas características de los muros hundidos dentro del suelo.
3. Muros: Es donde varían más notoriamente según la técnica utilizada, adobe, tapial o bajareque.
4. Pisos: Generalmente son apisonados o fundidos.
5. Techos: Pueden ser de lámina de zinc, de teja o techo vegetal, según las condiciones climáticas, así como la economía de los habitantes.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

6. Revestimientos: Utilizados como protección a los muros o como elementos decorativos en fachadas principales, aunque en algunos lugares ya se utiliza como factor de salubridad.



**Fotografía No. 7: VIVIENDA TÍPICA DEL ÁREA RURAL DE GUATEMALA:**

Se observan dos viviendas con las mismas características en su construcción, a excepción que una de ellas está revestida y la otra no presenta ningún tratamiento superficial.

Viviendas ubicadas en Salamá, Baja Verapaz.

#### *IV. ASPECTOS GENERALES DE LOS REVESTIMIENTOS*

Cuando el hombre inicia el proceso constructivo, con fines de refugiarse de los fenómenos climáticos como también de los agentes biológicos, utilizó para ello diversos tipos de materiales que le proporcionó la naturaleza; además se vio en la necesidad de buscar opciones que de cierta forma le brindaran mayor protección a las edificaciones y le garantizaran un ambiente agradable.

Esto generó lo que actualmente conocemos como revestimientos, enlucidos o revoques, los cuales son elaborados de diversos materiales de acuerdo a los recursos disponibles con los que la gente cuenta, con la finalidad de prestar una condición adecuada a las edificaciones contra los efectos de intemperie, humedad ambiental, insectos, hongos, etc. e involucrando a su vez una serie de factores determinantes tales como resistencia a la erosión, abrasión, impacto, adherencia mecánica y química entre otros.

En general los enlucidos deben ser capaces de proteger una edificación, contra la acción conjunta de los diversos elementos antes mencionados, ya que estos casi nunca se presentan de manera aislada. Esta condición da la pauta que los enlucidos deben tener un comportamiento adecuado durante los distintos fenómenos ya que estos tendrán que soportar fuerzas de tensión, compresión, desgaste, etc.

Por ello en las construcciones de tierra, la protección que prestan los acabados es determinante, ya que aquí se propicia una acción erosiva producida por las lluvias, así como también un fenómeno de humedad debido al suelo y a su vez una disminución progresiva del muro por la presencia de los agentes biológicos.

La elección del tipo de enlucido a utilizar en estos casos debe ser sumamente cuidadosa y tener como fundamento los resultados combinados de la experimentación empírica y de laboratorio.

Un buen revestimiento protector debe adherirse bien al soporte sin provocar la pérdida del material del muro, ser flexible para permitir la deformación del soporte sin quebrarse, ser impermeable a la lluvia, ser permeable al vapor de agua en el muro mismo, ser resistente a la helada y tener un color y textura compatibles con el entorno local.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

Los revestimientos juegan un papel arquitectónico decorativo. La decoración es el vehículo de un sistema de valores de una cultura, y constituye la identidad de la comunidad, transmitiendo los símbolos necesarios al sistema moral y ético de un pueblo. La arquitectura tradicional de tierra es incomparablemente rica en este aspecto. La decoración es o bien estética, mágica o religiosa y destinada a conjurar las influencias demoníacas, o bien tiene un propósito funcional.

La estética de las edificaciones dentro de las comunidades rurales manifiesta en la mayoría de los casos un estatus social, por lo cual las personas se ven motivadas a revestir su vivienda logrando con ello no solo darle una apariencia agradable sino también la protegen a su vez de todos los actores que producen deterioro.

En los revestimientos interiores, se debe indicar que obtener superficies lisas y fáciles de limpiar, a parte de aspectos estéticos, contribuye a mantener la salud de los ocupantes, evitando la presencia de insectos dañinos, que se esconden en las oquedades de muros y techos, picando a los ocupantes en las noches.

En general, los revestimientos son elementos constructivos que recubren las estructura portante o los cerramientos de una edificación. Dentro de sus principales funciones están la de conservar, proteger los cerramientos, la ornamentación de fachadas e interiores, la de aislamiento (térmico y acústico), etc. Los revestimientos tienen tres renglones principales de aplicación: los muros, los pisos y los techos.

Los revestimientos encierran una gran gama de nombres con los que se conocen en diversas partes del mundo: acabado, enlucido, capas superficiales, guarnecidos, tendidos, estucos, aplacados, enfoscados, revocos.

Los revestimientos cumplen un papel importantísimo a la hora de salvaguardar los principales elementos constructivos de una vivienda de tierra (los muros). Los muros pueden sufrir una gran variedad de deterioros por los cuales muchas de las veces llegan a su colapso o a una mínima parte en su masa.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*IV. 1 PRINCIPALES CAUSAS DE DETERIORO EN MUROS DE CONSTRUCCIONES DE TIERRA*

Las causas de deterioro de los muros de construcciones de tierra son a menudo producto final de más de uno de los productos que se describen a continuación:

*CAUSAS HUMANAS:* Las causas de alteraciones espaciales y funcionales de una vivienda son producidas por cambio de material y elementos agregados al inmueble en diferentes etapas de construcción.

*CAUSAS BIOLÓGICAS:*

- ✓ Agentes biológicos autotróficos: Organismos vivos que toman su alimento de sustancias simples, entre los que se mencionan las plantas superiores y los líquenes.
- ✓ Agentes biológicos heterotróficos: Organismos vivos que no pueden tomar su alimento de sustancias simples, como pueden ser los insectos y animales superiores. Entre estos organismos se encuentra el transmisor del Mal de Chagas, que tiene como agente causal al parásito *Tripanosoma*.
- ✓ Agentes biológicos saprofitos: Organismos que no pueden elaborar su alimento y lo absorben de la materia orgánica donde se desarrollan. A este grupo, pertenecen los hongos y las bacterias.

*CAUSAS CLIMÁTICAS:*

- ✓ Lluvia: Es una de las principales causas de alteración y deterioro, ya que provoca infiltraciones de agua y presencia de humedad.
- ✓ Asoleamiento: Las causas de asoleamiento están relacionadas con la orientación de la vivienda. Las fachadas oriente y poniente tienen asoleamiento profundo difícil de controlar mediante aleros, la fachada sur tiene asoleamiento durante todo el día en invierno.
- ✓ Viento: El viento junto con la lluvia, impacta en las viviendas dependiendo de su velocidad y dirección. Provoca infiltraciones y debilita los materiales de construcción. Provoca desgaste del material componente del muro.
- ✓ Humedad: Puede presentarse por capilaridad, infiltración y por condensación y es consecuencia de otros factores climáticos. En Guatemala la humedad relativa varía desde 60 % hasta 85% en el país.
- ✓ Temperatura: Dos son los factores básicos que influyen en nuestra temperatura; la latitud y la altura sobre el nivel del mar. La temperatura media de Guatemala oscila entre 16 y 30 grados centígrados, aunque entre regiones varía considerablemente.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

A pesar de que la temperatura promedio al día sube sosteniblemente, el espesor de los muros no permite que estos logren un secado total.

*CAUSAS SÍSMICAS:* Una de las fuertes razones por las cuales la tierra ha sufrido golpes en su contra, debido a la mala construcción o al mal uso de este material en sus muros y cimientos. Los sismos pueden ser de origen tectónico y volcánico.

#### ***IV.2 PRINCIPALES EFECTOS DE DETERIORO EN MUROS DE CONSTRUCCIONES DE TIERRA***

Los efectos pueden ser intrínsecos o extrínsecos, según sea su naturaleza.

Los efectos intrínsecos son los que sufre el muro en sus elementos constructivos al paso del tiempo. Por ejemplo disgregación del material, falla del muro y del revestimiento.

Los efectos extrínsecos son los producidos por agentes externos como la humedad, modificaciones, sismos, asentamientos, etc.

##### *EFECTOS DE DETERIORO INTRÍNSECOS:*

- ✓ Disgregación del material: Producto de la carencia de un revestimiento adecuado.
- ✓ Topología de fallas: a) Fallas del muro, clasificándose dentro de alguna de las siguientes categorías: efectos de configuración estructural, debilidad del terreno de cimentación, debilidad en muros y marcos, carencia de interconexiones adecuadas entre elementos, calidad de la construcción, aunque también cabe mencionar la deficiente calidad de mano de obra y pobreza de la construcción. b) Fallas del revestimiento, clasificándose entre otras en cuarteaduras, grietas y fisuras, causadas por la diferencia de los coeficientes de expansión / contracción inherentes a dos materiales distintos. Otras causas de agrietamiento en los revestimientos pueden ser: la acción erosiva del agua de lluvia y de la sequedad subsiguiente, debido a las aberturas constantes de puertas y ventanas y la incompatibilidad con los revestimientos utilizados en el muro de tierra.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*EFECTOS DE DETERIORO EXTRÍNSECOS:*

- ✓ Daños estructurales: Los daños estructurales en el revestimiento de los muros hechos de adobe o tierra apisonada dependen de la adherencia existente entre los adobes y la resistencia a los revestimientos ante esfuerzos de tracción. Estos efectos son originados por aplicaciones incorrectas, materiales débiles e inadecuados o de los efectos de fuerzas externas tales como el viento, agua o movimientos sísmicos. Estos efectos pueden solucionarse realineando las paredes que se inclinan y que se bombean, reforzando y/o sustituyendo los deteriorados.
- ✓ Relación agua (humedad): El agua será retenida con mayor avidez por suelos secos y tendrán más afinidad por el agua los suelos más plásticos. Dentro de los hechos con mayor resultado se encuentran: a) Capilaridad: en elementos de revestimientos y/o acabados en los muros sobre todo en la parte inferior. B) Infiltración de agua de lluvia: se da por la acción de la precipitación pluvial en muros y revestimientos y/o acabados, unidas a la velocidad del viento y a la capacidad de absorción de los materiales empleados en la construcción de la vivienda. C) Condensación: se da por falta de ventilación y asoleamiento, por lo que se produce concentración de humedad en el interior del revestimiento y/o acabado.
- ✓ Erosión – viento: Erosión de la textura del revestimiento provocados en los muros de construcciones de tierra. El mantenimiento es la llave para atenuar los efectos destructivos de la erosión del viento.
- ✓ Capacidad, conductividad e inercia térmica: Indica la cantidad de calor que pasa por una superficie en cierta unidad de tiempo que tarda en fluir el calor almacenado en un muro o una techumbre.
- ✓ Asoleamiento: El efecto producido por el asoleamiento se manifiesta por cambios dimensionales (dilatación), que son mayores cuando los cambios de temperatura y humedad relativa son violentos. Los asoleamientos producen efectos mecánicos y degradan los materiales de construcción, presentándose en el exterior de los muros.
- ✓ Efectos causados por tripanosoma cruzi: El parásito Tripanosoma Cruzi, es el transmisor del Mal de Chagas y habita en los muros de construcciones de tierra que no cuentan con un revestimiento. Se puede tener el control de esta enfermedad a través del mantenimiento de las viviendas por medio de un buen revestimiento y acabado de los muros de construcciones de tierra.
- ✓ Efectos causados por sismicidad: Depende de la intensidad de cada sismo, esta varía desde un sismo de grado I que son los que nadie siente, excepto los sismógrafos; hasta uno de grado XII que produce cambios totales del paisaje y de la topografía. Se pueden medir los efectos en el interior de las viviendas de tierra según varias características: agrietamiento y caída de repello, agrietamiento de paredes, y caída de repellos y tejas, grietas muy anchas en los revestimientos y algunos desplomes de muros, derrumbamiento parcial de paredes y derrumbamiento total de la construcción.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

***IV.3 PROBLEMAS QUE PRESENTAN LOS REVESTIMIENTOS EN GUATEMALA***

Los revestimientos en Guatemala presentan deficiencias de varios tipos, siendo ellas los materiales que los constituyen, la mezcla de los materiales utilizados, el muro sobre el que se colocan, durabilidad de los revestimientos, adherencia de los revestimientos, fisuración de los revestimientos, erosión de los revestimientos; provocados por el clima, la pobreza, la ignorancia, la falta de voluntad de los habitantes, la falta de voluntad política, la dificultad de acceso de los materiales, el peso de los materiales y otras. Todo esto evidencia la necesidad de dar aporte técnico y asesoría en transferencia de tecnologías mejoradas para que estos problemas no se sigan dando de generación en generación.

***IV.4 IMPORTANCIA DE LOS REVESTIMIENTOS EN LA PRESERVACIÓN DE LOS MUROS DE CONSTRUCCIONES DE TIERRA***

Los revestimientos son el modo más directo de defenderse de las agresiones del mundo exterior, luchando contra el calor, el frío, el ruido, la humedad, etc. Los materiales electos para un buen revestimiento deben contar generalmente con las siguientes condiciones:

- ✓ Proteger de la humedad de condensación
- ✓ Ser poco combustible
- ✓ Ser fáciles de aplicar
- ✓ No deteriorarse, resistiéndose a los efectos físicos y a las reacciones químicas.
- ✓ No deteriorar a los materiales sobre los que hayan sido colocados en contacto directo, ni ser afectados por ellos.
- ✓ Tener una duración apreciable.
- ✓ Requerir poco gasto de mantenimiento
- ✓ Permitir las reparaciones, facilitando la reposición de una pieza o materiales, en caso de ser necesario.
- ✓ Ofrecer comodidad a sus habitantes de manera durable.

Dentro del papel de un buen revestimiento están la reducción de los siguientes fenómenos:

- ✓ Protección térmico acústica: Creando discontinuidad en las ondas que generan el ruido y el calor.
- ✓ Protección contra la humedad: Creando discontinuidad en el paso de humedad o creando una capa impermeable.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

- ✓ Protección contra las radiaciones solares: Principalmente en el agregado de color en las superficies ya que afectan desde 3 puntos de vista: a) térmico, reduciendo o aumentando las ganancias del calor solar. b) psicológico, deprimiendo o motivando. c) de reflexión, ocasionando deslumbramiento.

#### *IV.5 IMPORTANCIA DE LOS REVESTIMIENTOS EN LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS DE TIERRA*

Los habitantes de una región determinada tienen la responsabilidad de custodiar, preservar y conservar los testimonios que los antepasados han heredado, porque constituyen el legado de las generaciones que han precedido y porque son un acervo que pertenece a toda la humanidad.

Es pues una herencia del pasado que no debe destruirse por indiferencia o negligencia, ya que se tiene la obligación de transmitirla a las generaciones venideras, que como en la actualidad, encontrarán en esos monumentos un ejemplo de la capacidad técnica y artística de las culturas que constituyen los ancestros, y que puede permitir definir la identidad y personalidad propias.

#### *INFORMACIÓN GENERAL SOBRE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS:*

- ✓ Patrimonio: Es lo que se considera como propiedad transmitida por los antepasados.
- ✓ Cultura: Conjunto de los rasgos distintivos espirituales y materiales, intelectuales y afectivos que caracterizan una sociedad o un grupo social. Ella engloba además de las artes y las letras, los modos de vida, los derechos fundamentales del ser humano, los sistemas de valores, las tradiciones y las creencias.
- ✓ Patrimonio Cultural: Toda la cultura que nos han heredado nuestros antepasados, lo tangible e intangible.
- ✓ Identidad: Conocimiento y asimilación del pasado, comprensión del presente y voluntad hacia el porvenir.
- ✓ Monumento: Todo aquello que puede representar valor para el conocimiento de la cultura del pasado histórico.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

- ✓ Historia: Todo lo que ha ocurrido en el pasado, que es recordado luego en el presente y será recordado en el futuro.
- ✓ Monumento Histórico: Es una obra digna de pasar a la posteridad.

*CONSERVACIÓN:* Aquellas medidas preventivas curativas y correctivas dirigidas a asegurar la integridad de los bienes del patrimonio cultural de la nación.

*RESTAURACIÓN:* Toda acción que se efectúe sobre un bien cultural cuya realización requiera procedimientos técnicos aceptados internacionalmente, para conservarlo y protegerlo.

La conservación y la restauración de los monumentos, tienen como fin salvaguardar, tanto la obra de arte como el testimonio histórico.

*PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN:*

- ✓ Primero preservar que restaurar
- ✓ Principio de reversibilidad
- ✓ La conservación se apoya en el uso económicamente viable del patrimonio arquitectónico
- ✓ Principio de no aislamiento del contexto
- ✓ La conservación es una actividad sistemática
- ✓ Conservar implica una elección

*CRITERIOS DE CONSERVACIÓN:*

1) Relativos a su preservación, o realizables aún antes de que el objeto arquitectónico sufra una alteración o deterioro que requiera intervenirlo físicamente, envolviendo una idea de prevención.

- ✓ Investigación de factores que justifican la conservación. Investigación histórica, económica, socio – cultural, político – jurídica, investigación de usos y tenencias del objeto arquitectónico, etc.
- ✓ Planeación , estableciendo principios para realizar las acciones. Diagnóstico, delimitación del objeto arquitectónico, sitio, conjunto, etc.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

✓ Implementación de las actividades propuestas en la planeación.

2) Relativos a su Intervención Física (restauración):

- ✓ Previa a la elaboración del proyecto. Investigación
- ✓ Proyecto de restauración: valoración de criterios, selección de actividades – tiempo, operabilidad del proyecto, delimitación de zonas de protección, reglamentación.
- ✓ Previa a la restauración: implementación jurídica, operabilidad constructiva (materiales, tecnologías, mano de obra, etc.), distribución de responsabilidades
- ✓ Actividades prácticas: Liberación, consolidación, reintegración, integración, reciclaje (adecuación), etc.

3) Relativos a su mantenimiento: Fundamentado en el Artículo 4to. De la Carta de Venecia “La conservación de monumentos impone en primer lugar un cuidado permanente de los mismos”. Estas acciones pueden ir desde las meramente físicas, a las sofisticadas como el evitar las repercusiones negativas de la penetración cultural, pudiendo así denotar actividades tanto restauratorias como de preservación.

Para emitir un juicio válido y completo sobre una obra de restauración individual, es necesario conocer en detalle el estado previo, el proceso y el resultado de la intervención.

La arquitectura se produce en un momento social determinado, y el momento de su restauración también está bajo las condiciones de una estructura social determinada. Por tal motivo es necesario conocer los elementos de la estructura social actual y las bases con que cada uno de estos elementos sustenta la actividad restauratoria.

*INTERVENCIONES DE RESTAURACIÓN:*

- ✓ Obras de conservación: Podría decirse que es la más importante de las actividades dentro de la restauración de monumentos. Con una conservación adecuadamente manejada, la restauración no tendría mucho que hacer. En otras palabras, los trabajos de conservación son preventivos, en tanto que los de restauración son curativos.
- ✓ Obras de liberación: Libera al monumento objeto de la intervención, de aquellos elementos yuxtapuestos, adosados o cercanos a él, que lo afecten devaluándolo, o que impidan apreciarlo dentro de un medio apropiado.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

- ✓ Obras de consolidación: Tienen como finalidad conservar o devolver la estabilidad a estructuras que acusan peligro de perderla, o que la han perdido en mayor o menor grado.
- ✓ Obras de integración: Consiste en agregar al monumento uno o varios elementos que no existen en su contexto en el momento de efectuarse los trabajos. Estos pueden ser elementos que ha perdido el monumento, pero que formaban parte de él, y por alguna causa han desaparecido, y elementos que, sin haber formado nunca parte de su construcción son necesarios a él para su funcionamiento.
- ✓ Obras de reintegración: Consiste en volver a su lugar aquellos elementos originales que por alguna causa han sido desplazados de su sitio.
- ✓ Obras de adaptación o adecuación: Son aquellas que se realizan, casi siempre, con el fin de adaptarlos a una nueva función.

#### ***IV.6 EL REVESTIMIENTO EN LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN:***

Los revestimientos juegan un papel importante en esta rama, ya que puede haber acciones de conservación para proteger un monumento sin llegar a intervenir directamente, o bien ser parte de la adopción de algún criterio de restauración, principalmente en elementos de integración, reposición o reparación.

Es decir que las características de los revestimientos deben cumplir con las exigencias que estos criterios puedan adoptar según sea el caso del monumento en estudio; ya que cada proyecto es diferente en su propuesta, porque pertenece a un estilo determinado, dentro de una sociedad particular, en un entorno físico con características concretas y muchas veces con un uso diferente con el que se concibió el edificio.

El uso de un buen revestimiento sobre la intervención de un monumento que forme parte del patrimonio construido es determinante para el funcionamiento de la intervención a largo plazo, pues este lo protegerá de todos los posibles deterioros que pueda tener, principalmente por la humedad, las radiaciones solares y por el ataque del calor y el ruido.

No se puede generalizar una receta mágica de un revestimiento para la protección o para los criterios de intervención de un monumento, ya que como se mencionó, cada caso de conservación y restauración difiere de cualquier otro; pero sí puede servir una metodología o el conocimiento de la diversidad de recetas existentes, así como la diversidad de materiales que se pueden utilizar, para elegir la mejor opción a la hora de intervenir el objeto arquitectónico.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---



**Fotografía No. 8: DETERIORO EN LOS MUROS:**

Ejemplo de falla en muro ocasionada por sismos.  
Módulo de adobe ubicado en la Sección de Materiales  
y Sistemas Constructivos del Centro de Investigaciones  
de Ingeniería, USAC.



**Fotografía No. 9: DETERIORO EN LOS REVESTIMIENTOS:**

Ejemplo de falla de revestimiento por mala adherencia entre sus elementos, a  
causa del mal manejo de los materiales. Vivienda en Jocotenango,  
Sacatepéquez.



**Fotografía No. 10: IMPORTANCIA EN LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN:** Los  
revestimientos juegan un papel importantísimo en los criterios de conservación y restauración, así como en el  
mantenimiento de monumentos. Iglesia La Merced, La Antigua Guatemala.

## *V. ASPECTOS GENERALES DE LOS MATERIALES UTILIZADOS PARA REVESTIMIENTOS EN CONSTRUCCIONES DE TIERRA*

Existe una gran variedad de materiales que se utilizan en todas las regiones del país, ellos difieren en sus características físicas y reacciones químicas entre ellos. La lista que se describirá a continuación son solo algunos de estos materiales:

*AGUA:* Es quizá el más importante para llevar a cabo cualquier tipo de revestimiento, ya que sin ella no se adquieren las propiedades plásticas de cualquier material. Está compuesto por dos átomos de Hidrógeno y uno de oxígeno, y puede ser alterado por varios productos, entre ellos: los sulfatos, la acidez, el cloro, las sustancias disueltas, hidratos de carbono, materia orgánica y otras sustancias perjudiciales.

*CEMENTO:* Es un material generalmente en forma pulverulenta, que puede transformarse en pasta, habitualmente por agregado de agua, pasta que si se coloca en moldes o se vierte sobre una superficie, se endurece, dando lugar a una masa dura y consistente. Este material se conjuga con arenas, limos, arcillas, puzolanas, cal y con otros para formar algún tipo de revestimiento.

*CAL:* Es óxido de calcio, conocido químicamente como calcia, se presenta en gran abundancia en la naturaleza, principalmente en combinaciones con el dióxido de carbono en forma de carbonato de calcio, piedra caliza, mármol, tiza, coral y conchillas. Se obtiene calcinando piedra caliza en un horno común, o rotatorio a 540°C, con lo cual se elimina el gas dióxido de carbono. El residuo se llama cal viva o cal cáustica. La cal hidratada se hace moliendo la cal viva, apagando el polvo con agua y transformándolo luego en un polvo fino. Este material, al igual que el cemento, se conjuga con arenas, limos, arcillas, puzolanas, yeso, etc., para formar algún tipo de revestimiento.

*YESO:* Se llama yeso al conglomerante obtenido por deshidratación del aljez, cuyo producto resultante, finamente molturado, se endurece al amasarlo con agua por reincorporación de la que perdió al calentarlo. Mineral ampliamente distribuido. Es el sulfato hidratado de calcio, utilizado para enlucidos, como absorbente para productos químicos, y también para revestir papeles. El color natural del yeso es blanco, pero puede utilizarse para revestimientos de exteriores. El enlucido natural para paredes es de yeso sin mezcla con arena.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*NOPAL:* Es un cactus de 3 – 8 metros de alto, con ramas aplastadas compuestas de piezas articuladas, espinosas, impropriamente llamadas hojas. En la construcción la liga de tuna (liga de las hojas) mejora bastante la calidad de los revestimientos, haciéndolos más resistentes contra los daños causados por las lluvias y la humedad.

*AZUFRE, FLOR DE AZUFRE O PIEDRA LUMBRE:* El nombre con que se identifica este mineral es Alunita. La alunita, llamada también piedra lumbre, se forma generalmente, por las soluciones de ácido sulfúrico que actúan sobre las rocas ricas en feldespato y en algunos lugares se han formado grandes masas de este material. Se halla en pequeñas cantidades cerca de los cráteres volcánicos. En la construcción se utiliza para dar consistencia a las mezclas de revestimientos y acabados o enlucidos.

*JABÓN NEGRO O JABÓN DE COCHE:* Material elaborado del cebo del coche mezclado con otros materiales. Es utilizado también para darle características impermeables a los revestimientos.

*FIBRAS:* Existen una gran cantidad de fibras que se utilizan en los revestimientos, estas van desde fibras naturales (de paja, pino, etc), heces fecales de animales (principalmente de caballo, llamado también carajón de caballo), hasta pelos de animales o humanos. Estas le dan más elasticidad al revestimiento e impiden en gran forma la fisuración. Existen también fibras artificiales que son usadas en algunos lugares.

*TIERRA (SUELO):* La tierra o el suelo está compuesto generalmente por arenas, limos y arcillas, que en un sin número de mezclas, pueden dar de igual manera, un sin número de resultados y tipos de revestimientos. En la mayoría de revestimientos, se utiliza la tierra mezclada con alguno de los materiales arriba expuestos, aunque también es posible realizar revestimientos solamente al conyugar los tres tipos de granos de ésta (los limos, las arcillas y la arena).

#### ***V.1 REVESTIMIENTOS A BASE DE TIERRA***

Los revestimientos a base de tierra están compuestos principalmente por arenas y limo, con solo la cantidad de arcilla que sea necesaria (usualmente entre 5 a 12%) para activar la cohesividad y la adherencia. Es difícil establecer cuales deberían ser las proporciones ideales para un revestimiento o revoque de tierra, ya que no solo influyen en las propiedades las proporciones de arena, limo y la arcilla, sino principalmente la granulometría de la arena, el contenido de agua, el tipo de arcilla, la forma de

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

preparación, el tipo y la cantidad de los aditivos, etc. Por ese motivo es necesario hacer revoques de prueba con mezclas variadas para poder determinar cual es la más adecuada.

*REVESTIMIENTOS EXTERIORES:* Los revestimientos exteriores expuestos a las inclemencias del tiempo deben ser resistentes a los cambios climáticos o deben protegerse mediante la aplicación de pinturas impermeables. Es importante en climas fríos que el revestimiento exterior y la pintura tengan una buena resistencia a la difusión del vapor para que el agua condensada en el muro pueda ser fácilmente transportada hacia el exterior. El revestimiento exterior debe ser más elástico que la superficie donde se aplicó para poder resistir influencias hídricas y térmicas sin que aparezcan fisuras. Por lo general en climas fríos no se recomiendan revestimientos externos de barro a menos que se cuente con un adecuado alero, protección del zócalo y una buena pintura impermeable. Debido a que los bordes de los muros revocados se dañan con facilidad estos deben redondearse o protegerse con un elemento rígido.

*REVESTIMIENTOS INTERIORES:* Los revestimientos interiores de tierra son menos problemáticos que los exteriores y usualmente no crean problemas si presentan pequeñas fisuras ya que estas pueden ser selladas con pintura. Las superficies para revestimientos pueden ser alisadas después del secado con una brocha previamente empapada de agua. Si la superficie requiere un revestimiento con un espesor mayor a 15 mm entonces se aconseja aplicar el mismo en dos capas, la primera capa debe contener más arcilla y agregados gruesos que la segunda. Si en la primera capa aparecen fisuras de retracción no es problemático debido a que estas proveen al revestimiento final una mejor adherencia.

## ***V.2 PROTECCIÓN DE SUPERFICIES DE BARRO CONTRA LAS INCLEMENCIAS DEL TIEMPO:***

No es siempre necesario que las superficies de barro tengan aditivos para hacerlas resistentes a las inclemencias del tiempo. Es a veces suficiente proteger o reforzar la superficie con un revoque o pintura.

El método más simple de reforzar una superficie especialmente contra la erosión por lluvia y viento es consolidándola. Esto se puede hacer alisando la superficie con un elemento de metal ejerciendo presión, cuando este húmeda y ligeramente plástica. El tratamiento es adecuado cuando la superficie se pone brillante y no quedan visibles poros o fisuras. Aunque esta acción no altera la composición del material se crea una sorprendente resistencia a las inclemencias del tiempo.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*PINTURAS:* Las pinturas en las superficies expuestas deben ser periódicamente renovadas. La pintura puede ser erosionada físicamente por el viento, el congelamiento o la lluvia o químicamente erosionada por la radiación ultravioleta y la lluvia ácida. Las pinturas exteriores deben ser hidrófobas (repelentes al agua) y al mismo tiempo especialmente para climas fríos deben ser porosas con una red continua de micro – poros con el objetivo de permitir la difusión del vapor hacia el exterior.

*MEZCLAS RECOMENDADAS PARA PINTURA:*

- ✓ Lechada de cal pura: Debe ser muy fina para que pueda penetrar profundamente en la superficie, para que cuando seque no hayan desconchados. Por ellos se recomienda aplicar tres o cuatro capas siendo la primera la más líquida. Debido a que la lechada de cal pura es blanca al secarse, para obtener un color distinto se puede agregar arcilla o polvos de barro u otros pigmentos de tierra resistentes a la cal. Para una mejor adherencia de la lechada de cal sin desprendimientos a la hora de secarse, se puede utilizar azúcar, sal o detergente en algunos casos.
- ✓ Lechada de cal – caseínas: Las lechadas de cal son más resistentes a efecto de la limpieza y son más durables si se les añade suero, cuajada descremada o polvo de caseína. La cuajada se obtiene cuando el cuajo de reces jóvenes se añade a la leche descremada. Una pintura más fuerte y resistente a la limpieza se obtiene mezclando cal hidráulica, cuajada descremada y barro en proporciones 1:5:5
- ✓ Lechada de bórax – caseína. El bórax es una sal blanca compuesta de ácido bórico, sosa y agua empleada en medicina y en industria. El bórax se puede utilizar en vez de cal hidráulica. Este reacciona químicamente con la caseína de una forma similar a la sal. A diferencia de la cal, el bórax no da como resultado un color blanco que es preferible si se desean colores oscuros.

Existen un sin número de pinturas que se aplican similares a las anteriores. Entre éstas están: la pintura incolora de caseína, la pintura de sebo – cal, pinturas con cola de harina de centeno, pinturas con savia de agave, con jugo de hojas de plátano cocidas, aceite de linaza natural o doblemente cocido, pintura de cola de celulosa, etc.

*REVESTIMIENTOS DE CAL:* Las superficies expuestas normalmente no deben tener revoques de tierra siendo la alternativa más común los revoques de cal. Los revoques de cemento no son apropiados debido a que son muy frágiles. Estos usualmente no resisten cargas térmicas e higrométricas sin fisurarse permitiendo así la penetración de agua en la tierra y generando así expansión la misma que a su vez engrandece las fisuras o causa desconchados en el revoque. Las proporciones y grosores pueden variar según las condiciones propias de cada caso.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

*PROTECCIÓN CONTRA LA LLUVIA:* Un método para prevenir que la lluvia llegue a tener contacto con el muro de barro es hacer un alero. Un método para prevenir el salpicado de la lluvia es hacer un zócalo suficientemente alto (30 a 50 cm). La junta entre el muro y el zócalo debe ser cuidadosamente diseñada de tal manera que el agua de lluvia pueda escurrirse sin problemas y no penetre en esta junta.

*PROTECCIÓN CONTRA LA HUMEDAD ASCENDENTE:* Los muros exteriores de barro deben protegerse de la humedad ascendente de la misma manera que los muros de ladrillo cocido o los de piedra. Para esto se emplea una capa impermeable, usualmente cartón asfáltico (fieltro bituminoso) y otras veces planchas metálicas o plásticas. Debido a que estos tienen un costo elevado en los países en vías de desarrollo se emplea como alternativa una capa de 3 a 4 cm. De espesor de hormigón rico en cemento. Este debe impregnarse con asfalto (bitumen) o aceite de automóvil usado.

*PROTECCIÓN CONTRA LA INUNDACIÓN:* En baños y cocinas el zócalo debe tener revestimiento impermeable que puede ser de tejas, de piezas para zócalos, o un revoque rico en cemento. El diseño del revestimiento debe ser tal que el agua de roturas en tuberías e inundaciones de piso no llegue a tener contacto con el muro de barro.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



**Fotografía No. 11:** Recetas aplicadas en cuadros de 10 cm. \* 10 cm. En distintas proporciones de arcilla: arena, desde 1:1 hasta 1:5.

**Fotografía No. 12:** Gama de revestimientos aplicados, reproduciendo recetas encontradas en campo. Distintos materiales,



**REVESTIMIENTOS DE TIERRA:**

Reproducción de revestimientos en laboratorio, diferentes proporciones y materiales. Sección de Materiales y Sistemas Constructivos, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



**Fotografía No. 13:** Pinturas elaboradas a base de cal y agua, encontrando la proporción ideal entre ambas.

**Fotografía No. 14:** Añadidura del aditivo de fijación, en distintas proporciones para encontrar la idónea.



**PINTURAS PROTECTORAS:**

Reproducción de pinturas a base de cal y agua en laboratorio, diferentes proporciones y aditivos de fijación (sal, azúcar y detergente) Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

## *VI. EL ARQUITECTO Y LA ARQUITECTURA DE TIERRA*

Como principio se puede afirmar que la arquitectura es reflejo de una cultura en un lugar determinado, es decir que el arquitecto para crear o valorar una obra arquitectónica debe tener bien arraigada su cultura; y para tener bien arraigada la cultura se debe tener una identidad cultural bastante estable, y una identidad estable se obtiene al conocer el pasado, aceptar nuestro presente y valorar nuestro patrimonio cultural. "...no podemos amar lo que no conocemos...".

"...Una solución sería involucrar de alguna forma a la juventud, en especial a los estudiantes de arquitectura y otras carreras humanísticas desde los primeros años en el conocimiento de su Guatemala, de esa Guatemala que hemos heredado, tan indígena y tan española, tan única y tan especial..." (Arq. Verónica Carrera).

El problema del arquitecto para con su patrimonio construido se puede resumir en la carencia, total o parcial, del respeto debido a la ignorancia de los testimonios históricos arquitectónicos.

Un arquitecto conciente de la importancia que juega la arquitectura de tierra en nuestro pasado y presente debe fomentar la investigación en este campo, concientizar a los demás profesionales y a los alumnos que pronto lo serán, además de ejercer su profesión honestamente.

Como cualquier profesión contemporánea, la arquitectura requiere de la actividad interdisciplinaria, para no desperdiciar los avances de otras ciencias, para la mejor conclusión de sus fines.

En la actualidad, la carencia de un equipo profesional suficiente, así como la intervención de otros profesionales con una comprensión parcial o nula sobre la naturaleza de la arquitectura, genera una injerencia de éstos, quienes critican, intervienen, obstaculizan o promueven en forma caótica, causan desconcierto y crean una falsa imagen del profesional y de la profesión.

Es obvio que existe una urgente necesidad de un grupo de profesionales organizado y suficiente en número y capacidad para elaborar proyectos, ejecutar obras y coordinar los equipos interdisciplinarios, así como dar sentido a la promoción, difusión,

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

financiamiento y apoyos científicos, técnicos y humanísticos imprescindibles para enfrentar, profesionalmente, los problemas de protección del patrimonio arquitectónico.

Cultura “Es el conjunto de elementos que definen una formación social y que, al mismo tiempo, permiten establecer diferencias entre una etnia y otra”. De esta manera, vemos que la arquitectura, ya sea que se considere resto, tradición o práctica cultural vigente, está determinada por los elementos de la formación social relacionada en forma dialéctica. En el pasado la práctica de la arquitectura, ha estado desvinculada tanto de la formación social o comunidad como del esfuerzo integrado de todas las disciplinas y ciencias que aportan algo a la cultura y al desarrollo integral de la comunidad.

Cada comunidad tiene un corazón y un alma propios, y por principio, busca distinguirse de las demás comunidades, y no depender de patrones centralistas, muchas veces impositivos y ajenos a la problemática de cada una.

El objeto de estudio deberá ser entonces el objeto arquitectónico (o urbano) considerado integralmente con la comunidad, la sociedad y la cultura en la que se inserta, y de la cual no solamente es un receptáculo espacial, sino que forma parte de ella.

Lo edificado en cualquier lugar y tiempo es fuente de conocimiento, no sólo cronológico sino también de las sociedades existentes o desaparecidas, y todo lo que el término “sociedades” implica. De ahí que lo edificado tenga un valor didáctico tanto para la comprensión del pasado como para la construcción del futuro.

Cada una de las creaciones arquitectónicas constituye una demostración de la creatividad artística expresiva y reflejo del desarrollo cultural y técnico del hombre y de la sociedad que la creó. La validez de la obra arquitectónica es una expresión de la cultura de la que forma parte (es historia) y ésta subsiste en la medida en que subsisten los elementos que forman parte de la obra arquitectónica.

Con todo lo anterior, es necesario que el arquitecto se adentre en la comunidad antes de llevar a cabo alguna intervención arquitectónica dentro de la misma.

El arquitecto está desligado casi completamente de la arquitectura de tierra, principalmente habitacional. Si bien es sabido en el área rural existe una gran cantidad de viviendas hechas con este material además de existir en la actualidad un déficit habitacional

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

alto en nuestro país. Es entonces obligación de los técnicos en la construcción preocuparse por dicha necesidad y promover acciones que puedan ayudar al desarrollo del país.

La tierra es un material que puede ser solución para ese déficit habitacional, tomando en cuenta que promueve la autoconstrucción y que valora el medio ambiente; pero hace falta investigación, involucrar a los profesionales de la construcción y realizar una normativa que avale la utilización de este material. El trabajo es arduo pero la necesidad es mucho peor, hay que realizar acciones dentro de la arquitectura que generen propuestas viables para sustentar este problema habitacional tomando en cuenta las mejorar técnicas que puedan hacerse al saber ancestral y corregir el rumbo de la arquitectura de tierra.

La necesidad de implementar acciones de investigación y aplicación de esos conocimientos generados es importantísima. La mayoría de investigaciones se engavetan y se quedan para la posteridad. Cada investigación debe ir acompañada de una transferencia tecnológica para que dicha investigación no haya sido en vano. La transferencia de tecnología es quizás la parte más dificultosa del proceso de investigación, pero es obligatoria para el desarrollo de un pueblo.

El mejoramiento de las técnicas utilizadas actualmente para la construcción de casas con tierra se hace cada vez más necesario, debido a la gran cantidad de personas que aún construyen con este material, y a la necesidad grande de promover acciones que contribuyan a generar opciones de habitación económicas que disminuyan en una medida, el déficit habitacional.

## *VII. USO DEL COLOR EN LOS REVESTIMIENTOS*

El color puede ser percibido de manera distinta de una persona a otra, de allí su complejidad en su correcto uso. Mucho tiene que ver la personalidad de la persona, su estado de ánimo, su cultura y la influencia de luz que la superficie que emana el color posee.

Existen una gran gama de colores que son aplicables sobre superficies lisas o porosas, siendo en este caso específico, la aplicación sobre los revestimientos de arquitectura de tierra principalmente.

Aun con esta amplia gama de colores, resulta delicado el aspecto de aplicar un color o imponerlo dentro de una comunidad que difícilmente llega a utilizar el mismo dentro de sus construcciones habitacionales. Mucho más dificultoso resulta el saber que es una comunidad entera la que será intervenida visualmente, debido a las influencias socioculturales que las personas puedan tener. Si a esto se suma el factor de la personalidad que difiere de persona en persona y su estado de ánimo, se percibe que la aplicación de un color hacia una superficie revestida debe contemplar el análisis de todos los factores que influyen en el.

Asimismo, no se puede proponer una gama de colores que surja de un estudio eminentemente teórico y técnico, ya que como anteriormente se dijo, el color es percibido desde el punto de vista social y desde el punto de vista individual; lo que indica que el colorido puede influenciar en estados de ánimo, envolviendo a las personas en una actitud activa o pasiva con solo cambiar la vista de una casa a otra.

Tampoco es correcto dejar abierta la elección de color por parte de cada una de las personas, ya que podría llegarse a detectar, como en muchas comunidades, una evidente contaminación visual, que en lugar de formar una analogía o un ordenamiento por contrastes o degradaciones, forman un impacto visual que cansa la vista y que puede llegar a ser agobiante el caminar en medio de casas que posean dicho desorden visual.

Es por eso que la recomendación que se da después de un estudio preliminar, es la elección de una cantidad de colores que formen una gama variada en donde las personas elijan según su personalidad o por la percepción visual que estas tengan hacia ciertos colores. Claro está que para la elección de esta gama de colores, se necesita tomar en cuenta las opiniones de los habitantes de la comunidad mediante una metodología bien definida que pueda ayudar a relacionar los resultados con los demás factores técnicos que se deben de tomar en cuenta.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

Dichos factores técnicos radican en la importancia de hacer que un espacio parezca más grande o más pequeño de lo que es, la importancia de aplicación de colores acordes a las fachadas Norte, Sur, Este y Oeste, la posibilidad de transmitir una motivación con dichos colores y la más importante; la percepción de un ordenamiento estético formal que pueda ser percibido a simple vista.

Los colores se ven influenciados por el ambiente que los rodea; no es lo mismo aplicar un verde oscuro en una casa rodeada de bosque, que en una casa de ciudad rodeada de otras edificaciones.

Los colores son percibidos de distinta forma de persona en persona, de allí nuestro agrado hacia cierto colorido. A una persona, el rojo puede motivarle y a otra puede producirle cansancio.

No se percibe igual un amarillo en una tarde fría que en una tarde calurosa.

En fin, el cuidado que se debe tener al introducir un color en una comunidad no es tan fácil como parece, es necesario tomar en cuenta los factores socioculturales, entorno ambientales, económicos y técnicos, entre otros; para no caer como ya se indicó, en una contaminación visual y en un desordenamiento estético formal de una comunidad. Asimismo, el resultado de la aplicación en masa de colores que contengan ciertos aspectos comunes como analogías, contrastes, composiciones, etc. Y que tomen en cuenta dichos factores es bastante agradable y contiene un aspecto de ordenamiento visual, higiene y que refleja los sentimientos que una comunidad determinada pueda tener.

En arquitectura el color contribuye a la aceptación o rechazo de la obra.

El color es aquel aspecto de la apariencia de objetos y luces que dependen de la composición espectral de luz que llega a la retina del ojo y de las variaciones de esta composición en tiempo y espacio. Es un aspecto de las percepciones visuales.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*VII.1 CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS SOBRE LAS PAREDES:*

Es necesario que las paredes exteriores protejan al ocupante contra agentes exteriores perjudiciales, que sean estéticas, que brinden confortabilidad y que armonicen con todo lo que las rodea. Al lado de estas consideraciones técnicas y arquitectónicas hay que tener en cuenta las condiciones económicas.

Para revestimientos de paramentos exteriores se prefieren materiales resistentes a los choques, los lisos, los que rechazan el agua y el polvo, a los materiales blandos y porosos.

*Paredes exteriores simples:* Con los sistemas tradicionales (madera tratada, ladrillo, piedra natural), adaptados a las condiciones locales, proporcionan suficiente resistencia a la atmósfera. Las paredes simples son empleadas en la mayoría de las construcciones, deben, sin embargo, disponerse revoques o revestimientos exteriores para conseguir suficiente protección contra los agentes atmosféricos.

*Paredes combinadas:* En éstas el revestimiento exterior está en contacto con el grueso del muro o bien existente una cámara de aire entre ellas. La superficie exterior debe proteger la pared contra los agentes atmosféricos (lluvia, granizo, viento, radiación solar y oscilaciones térmicas exteriores), cuando la pared por sí sola no pueda resistirlos. Además, los acabados pueden dar un carácter propio a un edificio, hacerlo destacar o hacer que armonice con los que lo rodean.

Los revestimientos de paredes y acabados de superficies usuales en la construcción de edificios pueden clasificarse en la siguiente forma:

- *Simple protecciones:* pintura, recubrimiento con plásticos y masas endurecibles, revoques (con o sin impregnación o pintura)
- *Fábrica de albañilería:* piedra natural, revestimientos de piedra, ladrillo.
- *Hormigón* (impermeabilizado o sin impermeabilizar)
- *Placas:* cerámicas, fibrocemento, piedra artificial, metálicas, acero, metal ligero, plásticas, vidrio, madera.

En el caso del adobe, el cual se usa como material para muros, éste siempre debe ir repellido para protegerlo de la humedad. Puede ir encalado sobre el repello, o bien, pintado..

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

Las paredes exteriores con acabado blanco ayudan a mantener el interior a temperatura agradable, reflejando el calor del sol; sin embargo, en un conjunto de construcciones puede llegar a molestar a las personas que estén en el exterior, por mucha reflexión de la luz.

El acabado puede ser aplicado para proveer una superficie completamente lisa o una textura característica puede ser dada rayando, adulterando o peinando. En muros interiores también se aplican acabados de yeso para darles una apariencia uniforme; además, permiten pintar los muros con mayor facilidad.

La pintura da colorido y aumenta la duración de ciertas partes de la construcción. Viene en una amplia gama de colores y costos diversos. La pintura a la cal –preparada en obra- se aplica sobre acabados de mezcla o directamente sobre muros de ladrillo, no se recomienda sobre acabados de yeso.

En arquitectura el color no sólo influye en el efecto óptico de los edificios, ya que muchas veces influye también en la elección del tipo de acabados de las paredes exteriores.

A causa de las variaciones que experimenta la temperatura durante el día pueden producirse notables tensiones en los revestimientos, lo que causa muchas veces dilataciones y contracciones de los materiales, que pueden producir desperfectos de costosa reparación. Los efectos térmicos se manifiestan especialmente en verano en las superficies orientadas a poniente. Influye desfavorablemente el haber hecho las capas exteriores de las paredes con materiales aislantes, de baja conductibilidad térmica.

Guatemala se caracteriza por ser un país lleno de colorido y de contrastes. La mayor influencia, en lo que a construcción se refiere, por siglos, ha provenido de nuestra cultura ancestral, los mayas, y de la cultura española. La misma naturaleza ha servido de inspiración para la elección de colores. La cultura española trajo colores como rosado encendido, celeste, amarillo ocre, blanco.

Existen diferentes comunidades del país en donde casualmente pintan las casas del mismo color o bastante análogos, siendo los más usados los siguientes: celeste, rosado, blanco (quizá por ser lo más barato), amarillo con una ligera mezcla de rojo, colores encendidos sin tomar en cuenta la integración del paisaje urbano, verde turquesa, naranja, rojo, beige, colores claros.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Para escoger los colores hay que tomar en cuenta su coeficiente de reflexión, claridad de la superficie, propósito para el que se usará, efectos predominantes, efectos psíquicos, actitudes que provocarán, efectos ópticos según la colocación del color y, en el exterior, también hay que tomar en consideración la temperatura que tendrá. El lugar, si es en ciudad o en el campo, clima, materiales a emplear y el factor económico son también importantes.

En el exterior, se deben tener a mano factores como el clima y las áreas de mayor insolación, así como la influencia del color en las variaciones de la temperatura superficial de los revoques exteriores.

Las temperaturas más elevadas se dan en las fachadas que dan al oriente, poniente y poco menos elevadas al sur. Se tiene que armonizar los colores entre sí, en el interior, en el exterior, el interior con el exterior, el exterior con lo que lo rodea.

Los colores de las fachadas deben ser acordes al uso del inmueble (vivienda), al microclima de la ciudad de Guatemala, al medio ambiente que lo rodea (árboles y grama del jardín –verde-, el cielo –celeste-, el interior –a través de ventanas y puertas-). También hay que tomar en cuenta las horas de uso de los ambientes y para qué serán utilizados. Por el clima, se pueden colocar colores oscuros en las fachadas norte y sur y claros en las fachadas este y oeste. Se debe cumplir también con las necesidades psicológicas del habitante. En las paredes interiores se recomienda usar colores claros, que harán que el ambiente parezca más grande y refleje más luz.

El mantenimiento es un factor de suma importancia. Cuando hay que darle mantenimiento a los recubrimientos es el momento de tomar decisiones, como lo es el seguir con el mismo tipo de colores escogidos anteriormente o variarlos para evitar monotonía, si se varían hay que cumplir nuevamente con todos los factores expuestos.

El color puede modificar las actitudes de las personas y en su aplicación hay que observar las costumbres sociales y las personalidades de los habitantes; los colores vivos animan el ambiente y alegran a la población, por lo que hay que evitar colores lúgubres en lugares peligrosos; los colores claros en un conjunto urbano no cansan la vista. El color blanco en exteriores puede causar molestias ópticas al transeúnte, por la gran reflexión de la luz. Siempre hay que brindar armonía entre el carácter de la arquitectura y su apariencia.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

- “Los colores resultan la manifestación exterior de una convicción íntima”  
Antoni Munnè
- “El color es una de las delicias naturales de este mundo”  
Faber Birren
- “El color es el camino del artista de hacer la vida soportable. Este es terapéutico. Los arquitectos que no lo utilizan ahora no están conforme la vibración de la época”  
John Johanson
- “El color tiene un valor terapéutico, es interesante, atractivo y distrae de la depresión. Pero tiene que ser refrescante y cambiante”  
Farren Birren
- “Los colores se añaden a la densidad del espacio, la construcción se enriquece por éste”  
Peter Eisenman
- “El objeto mismo del color es el de explicar y definir, al servicio de la concepción arquitectónica, la integración y la composición, así como el valor de ciertos elementos de construcción y del conjunto, sirviendo de este modo a la forma”  
Max Laeuger
- “Los efectos de color son transitorios y el impacto de un color placentero puede ser seguido por una desilusión”  
Faber Birren
- “El color enfatiza la forma, define el espacio, agrega espíritu”  
House y Garden Guide

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---



**Fotografía No. 15:** Gama de colores propuesta para la aplicación en campo, colores para exteriores e interiores.



**Fotografía No. 16:** Colorante agregado a la mezcla de barro y arena como experimentación.

**COLORES EN LOS REVESTIMIENTOS:**

Análisis de proporciones ideales de colorantes y de la gama posible de colores que se pueden utilizar. Estudio de la posibilidad de añadirle colorante a la mezcla de revestimiento a base de tierra y/o la aplicación de una pintura sobre los mampuestos de adobe que releve la necesidad de la aplicación de un revestimiento a base de tierra. Sección de Materiales y Sistemas Constructivos, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



**Fotografía No. 17:** Colorante en la mezcla, además de utilización de una textura distinta elaborada con la



**Fotografía No. 18:** Aplicación de distintos colores sobre revestimientos y sobre los mampuestos de adobe

## *VIII. LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA*

### VIII.1 CONCEPTOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Es el proceso de transmisión de tecnología y su absorción, adaptación, difusión y reproducción por un aparato productivo distinto al que la ha generado.

La transferencia de tecnología constituye la transferencia de los conocimientos que son necesarios para la fabricación de un producto, la aplicación de un procedimiento o la prestación de un servicio. No se extiende, sin embargo, a aquellas transacciones que implican únicamente la venta de un producto.

La transferencia de tecnología es la transmisión asimilada de un cedente, del conocimiento que se tiene, por resultado de una innovación. También se considera transferencia de tecnología cuando el conocimiento se transfiere de un centro de investigación y desarrollo a algún otro receptor.

### VIII.2 FASES DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

- Adquisición (posibilidad de llevar a cabo la transferencia de tecnología entre un cedente y un receptor)
- Asimilación (adopción de la innovación e la tecnología por parte de los receptores)
- Desarrollo (aplicación de la tecnología adoptada por parte de los receptores).

Además de la adquisición es también necesario incorporar otros muchos elementos que conforman la adopción, lo que se denomina paquete tecnológico. Dentro de este paquete tecnológico se encuentran las tecnologías habilitadoras y tecnologías optimizadoras que permitan mejorar la adopción de las tecnologías.

Elementos que acompañan el proceso de adopción:

- Formación de las personas que acompañan el proceso de adopción de una tecnología.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

- Evaluación y adaptación de algunas características de la tecnología o de otras asociadas a las necesidades de la organización receptora.
- Soporte a la operación durante el tiempo necesario para culminar el proceso de adopción.

### VIII.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PARTICIPANTES EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Ventajas de la parte cedente de la tecnología:

- Obtiene feed-back tecnológico en el proceso de transferencia de tecnología, así como en el proceso de brindar asesoría técnica.

Riesgos de la parte cedente de la tecnología:

- Puede asumir problemas de calidad; siendo visto como el primer culpable de que la adopción o el proceso no hayan sido adquiridos por el receptor, y
- Pierde parte del control de su tecnología; al ceder todos los procesos de la innovación, dejando en las manos del receptor la correcta aplicación de dichos procesos.

Ventajas de la parte receptora de la tecnología:

- Reduce costo en técnicas de prueba y error, confiando en la innovación tecnológica.
- Recibe apoyo técnico del cedente, logrando garantizar en gran medida la funcionalidad de la asimilación o adopción.
- Ahorro de tiempo y riesgo gastados en el transcurrir de las generaciones, transmitiendo entre ellas procesos no innovados o tecnificados.
- Tiene prestigio y calidad de la parte cedente, contando con la ayuda necesaria y la asesoría técnica, así como todo el proceso de adopción de la tecnología.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Riesgos de la parte receptora de la tecnología:

- Pérdida de grado de libertad para realizar los procesos ancestrales que han venido caracterizando la cultura, aunque es bien sabido que la innovación y transferencia de tecnología en ningún caso debe ser forzosa o impuesta.

#### VIII.4 FRACASOS MÁS FRECUENTES EN LA TRASFERENCIA DE TECNOLOGÍA

- Barreras tecnológicas: Caso en el que las tecnologías no son adecuadas para los problemas que se pretenden resolver.
- Barreras organizativas: El proceso de transferencia de tecnología no ha sido adecuadamente planificado o controlado.
- Barreras personales: Rechazo a la nueva tecnología.

#### VIII.5 ACTIVIDADES DE UN PROYECTO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

- Selección de la tecnología
- Evaluación del uso de la tecnología para el proyecto en cuestión.
- Adecuación de los procedimientos internos, tomando en cuenta las experiencias ancestrales por parte de los receptores, para el uso óptimo de la tecnología en el proyecto
- Formación de los usuarios
- Adquisición de la tecnología
- Incorporación efectiva en el proyecto

#### VIII.6 ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS

- Factores relacionados con la tecnología: Permiten entender el efecto que tendrán los nuevos procedimientos y su relación con la tecnología empleada actualmente.
- Factores relacionados con la organización: Permiten medir la forma en que la transferencia de tecnología se gestiona y las personas implicadas.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*Factores relacionados con la tecnología:*

- Impacto de la tecnología sobre la organización receptora medida en el número de procesos internos que se van a ver alterados
- Madurez o estado de desarrollo de la tecnología
- Adaptabilidad de los componentes tecnológicos (capacidad de modificar algunos de los componentes de la tecnología por la organización receptora)
- Distancia con respecto a la tecnología actualmente empleada

*Factores relacionados con la organización:*

- Tipo de gestión: Considera la forma en la que se va a desarrollar el proyecto de transferencia de tecnología y su grado de formalización (fases, controles, etc.)
- Actitud de la organización receptora, la cual cambia mucho en el caso de que sea una decisión impuesta desde el exterior o surja de una discusión y análisis interno.
- Dependencia de los receptores. Este factor está ligado a los grados de libertad que tiene la organización receptora para aceptar una tecnología.
- Presiones para comenzar el proceso de adopción.

#### **VIII.7 PERFILES DE ADOPCIÓN DE UNA TECNOLOGÍA**

- Actitud del receptor: Cooperativa, activa y pasiva
- Formalidad del proceso: Progresiva, planificada e informal
- Impacto: Alto, moderado y bajo
- Distancia: Larga, media y corta
- Madurez: Inestable, mejorada y estable
- Adaptabilidad: Fija. Personalizable y abierta
- Presiones: Ninguna, moderada y alta

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

- Dependencia de los receptores: Independiente, subsidiaria y encadenada.

*Madurez de la tecnología:* La madurez mide el grado en el que los componentes de la tecnología están completamente soportados y estables. Si alguno de los componentes de la tecnología a incorporar no está suficiente desarrollado, el proceso de adopción debe ser más largo para que estos componentes maduren durante el proceso de adopción.

*Adaptabilidad de la tecnología:*

- Modificación del nivel de uso
- Coexistencia con otros componentes preexistentes
- Sustitución aislada de componentes tecnológicos
- Bajo acoplamiento entre los componentes tecnológicos para facilitar la evolución.

*Distancia tecnológica:* Se define la distancia tecnológica como el grado en el que la tecnología fuente difiere de la tecnología objetivo. Dado que cada una de las tecnologías posee un conjunto de componentes identificables, estas diferencias no son iguales para cada uno de los componentes. Se puede hablar de distancia de cada uno de los componentes.

### VIII.8 ELEMENTOS DE APOYO A LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS

- Centros tecnológicos: Han sido creados como forma de estimular la innovación de forma cooperativa con las pequeñas y medianas empresas que no tienen la capacidad de atender a estas necesidades de forma diferente.
- Oficinas de transferencia de tecnologías: Son unidades especiales creadas en los centros públicos y han sido motivadas para incrementar la tasa de transferencia de resultados desde el sector de investigación y desarrollo a la empresa.
- Centros de apoyo a la innovación: Su objetivo es crear estrategias regionales de innovación.

### VIII.9 DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Se conoce por difusión el proceso por el que el uso de una tecnología se expande a lo largo del tiempo en una comunidad de usuarios. Este proceso puede prolongarse durante un número elevado de años hasta que alcanza un número suficiente como para hacer irreversible su utilización.

Macro difusión: Difusión de una tecnología en una zona

Micro difusión: Difusión interna de una tecnología en una organización

*Dos enfoques de difusión:*

- *Semilla única:* Se identifica un pequeño grupo de usuarios a los que se les proporciona la tecnología. La difusión sigue círculos concéntricos hasta alcanzar a toda la organización. El proceso se gestiona de forma muy directa, pero el tiempo requerido para que la tecnología penetre en toda la organización es más considerable.
- *Semilla múltiple:* Se activan varios tipos de usuarios simultáneamente con el objetivo de acelerar el proceso.

### VIII.10 APLICACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Con la transferencia de tecnología se trata de crear espacios de diálogo, reflexión, debate y co-construcción, que permitan una nueva condición social del saber, del saber hacer y del saber ser, sin que se repliquen las relaciones de poder asimétricas que han primado hasta hoy. Se trata de construir un ambiente de ambientes en el que se potencie y emerja la interculturalidad, los talentos humanos con identidad, se privilegie el rescate, la experiencia, revaloración y aplicación de los saberes ancestrales y actuales.

Se trata también de estimular la acumulación, investigación, y desarrollo de procesos sociales de transferencia y técnicas constructivas apropiadas al hábitat popular que generen ocupación y capacitación de la comunidad a la vez que transferencias de tecnologías sociales.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Deberá ser enriquecida por la participación comunitaria indígena en su propio hábitat, se perfilan nuevas posibilidades de cooperación, con nuevas experiencias que pudieran ser reproducidas con sus particularidades en comunidades de otros países Latinoamericanos.

Los proyectos de investigación conmueven o persuaden a la opinión pública, aunque en el camino se afinen, resultado de una participación realmente colectiva.

Se necesita buscar una tecnología tal que garantice la superación objetiva del productor y usuario, implica generar modelos técnicos que atiendan, por un lado, a un uso eficiente y científico de los materiales, a la geometría y al cálculo, lo suficientemente avanzados, para que sean viables frente a la escasez de recursos (tecnología apropiada); pero, por otro, mucha tecnología debe ser captada y practicada por el usuario sin formación específica, así como por ancianos, mujeres y niños que, por igual, participan de la edificación. Debe por lo tanto, estimular su comprensión y creatividad (tecnología apropiable).

Buscar esa tecnología, fue la necesidad de lograr un bajo costo, que además debía realizarse con mano de obra que mayoritariamente carece de capacitación específica. Además, la tecnología debía ser lo suficientemente versátil para ajustarse a los más variados casos y al uso de equipo de apoyo mínimo e improvisado.

La tecnología debe constituirse en una alternativa que recoja la tendencia implícita en la demanda de los usuarios que nos piden: “y si además de barata y fácil, fuera amplia, espaciosa ¿... y bonita?”

La práctica de la transferencia de tecnología es una experiencia rica en hallazgos y relaciones. Se muestra como la convicción en la participación y la auto construcción, mediante capacitación y transferencias con apoyo técnico solidario, dan casi siempre magníficos resultados y sobre todo contribuyen a lograr unos ámbitos habitables más gratos, y en que los usuarios se identifican a la vez: con su cultura e historia y con la modernidad apropiada y apropiable: la posible. Y, en donde los técnicos, aprenden a producir creativamente, “arquitectura pobre” por el diálogo progresivo-regresivo entre: “la necesidad, la posibilidad y el deseo”, el de los habitantes y sus vecinos aledaños.

Renace la necesidad de la Investigación, experimentación y desenvolvimiento de tecnologías constructivas, abordadas integralmente desde sus múltiples facetas, entre las que la organización de producción, la de capacitación y la de transferencia tecnológica,

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

ocupan un lugar destacado. Sistemas de fácil manejo (para pobladores de escasos recursos), consumidores de mano de obra (abundantes en países con alta tasa de desempleo), con aprovechamiento de materiales locales (abundantes y aceptados por la cultura popular), listos y adecuados, así como posibles de ser asumidos y ejecutados por las comunidades auto constructoras y familias carentes de recursos.

Mediante la investigación en esta disciplina se optimizan los recursos humanos y materiales tanto en costos de fabricación de componentes como en el montaje en obra, mejorando las condiciones de trabajo y calidad de vida de muchas poblaciones que deben participar directamente en la producción de sus viviendas.

Una vez avalados los conocimientos empíricos mediante la validación técnica están en condiciones de ser transferidos para su aplicación en mayor escala. De modo de ir tejiendo la compleja trama del proceso de apropiación y reproducción de la innovación tecnológica. De tal manera la tecnología y sus secretos, lejos de constituir un obstáculo se convierten, por el contrario, en complemento eficaz que posibilite y potencie sus propias capacidades desconocidas.

Todas las propuestas realizadas por el hombre para resolver las tecnologías aplicadas a la vivienda desde tiempos ancestrales han sido producto absoluto de la necesidad, por ello es que se ha dado por nombrarla tecnología de lo necesario. Esta tecnología se realiza con la mínima energía con el mínimo peso, con el mínimo de materiales, no existe en absoluto despilfarro.

Son lecciones aprendidas casi siempre de los procesos de la naturaleza donde todo esta hecho a la justa medida al tamaño óptimo, solo lo necesario.

Es necesario investigar a las culturas ancestrales para determinar las transferencias que se han realizado en los procesos culturales, de fusión, de tecnologías primitivas, con tecnologías de otras culturas y con culturas contemporáneas.

Las tecnologías y su transferencia, constituyen en elementos esenciales sin los que no es posible hablar de un desarrollo integral de la sociedad y de sus distintos actores o comunidades. Sin embargo, con mucha frecuencia se trata el estudio y aplicación de tecnologías de manera aislada del contexto o entorno en el que son aplicados, generándose así el fracaso y por ende el no cumplimiento de los objetivos planteados en la ejecución de distintos proyectos.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

La no consideración del entorno, población y cultura, conlleva al desprecio de las distintas manifestaciones culturales de cada zona, a las cuales se las define de deficientes o “primitivas” a pesar de que constituyen en varios casos, valores de una arquitectura, fruto de un proceso cultural de adaptación y manejo y respeto del medio ambiente.

Se gastan recursos económicos y naturales, eliminando la posibilidad de una solución integral y terminada, provocando la frustración y la introducción de técnicas y formas ajenas o inadecuadas al medio y cultura., es por eso la importancia de la validación empírica mediante el estudio técnico.

El desarrollo tecnológico que se propone, forma parte de la cultura y están fuertemente influenciadas por el ambiente cultural en el cual se generan e implanta, manteniendo una influencia entre tecnología-cultura-entorno.

Es necesaria la capacitación y formación de profesionales, estudiantes y gente de comunidades con quienes más se trabaja, a través de la construcción de prototipos, talleres o de experiencias participativas. Es importante la asistencia técnica y la transferencia de tecnologías a grupos y organizaciones, iniciando con una práctica de capacitación de técnico a campesino y terminando su proceso en una ampliación o difusión de este conocimiento de campesino a campesino.

Es indispensable potenciar los recursos locales: identificándolos y promoviéndolos teniendo en cuenta las condicionantes del ecosistema, las características socioeconómicas y culturales de la población que lo habita y promover una democracia participativa local responsable que impulse la cogestión comunitaria de los recursos lo cual permitirá el compromiso de la sociedad civil de aportar al desarrollo sustentable.

Es prioritario reconocer que la sociedad es pluriétnica y pluricultural y que es necesario resolver los problemas de los habitantes desde su realidad local y con su participación integral.

Es posible el desarrollo sustentable si existe participación integral y comprometida de la comunidad. No existe participación de la comunidad, si esta no está involucrada en la gestión de los recursos y en el control de los procesos y productos.

Si se avanza a proyectos participativos en el ámbito de la construcción, podremos tener soluciones integrales que generen proyectos prioritarios, empresas de la comunidad y diseño que potencien los recursos locales.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

El problema, por lo general, es que las experiencias tecnológicas en la construcción de vivienda popular, son mínimos los mecanismos de transferencia tecnológica tanto en el ámbito nacional y regional. La transferencia tecnológica tiene que darse en el más amplio sentido, considerando las obras físicas, los procesos de producción, las acciones legales y administrativas, los mecanismos de financiación de participación de los técnicos e instituciones y las formas de organización y promoción comunitaria.

La innovación y transferencia tecnológica, es el resultado de las políticas, planes y programas de investigación científica, aspecto que requiere del apoyo decidido de diversas instituciones públicas y privadas, lamentablemente en el país, los recursos que se asignan a estas actividades son ínfimos (0.03 % en Guatemala), y los resultados están a la vista, en estas condiciones se tienen que emprender urgentes acciones que permitan, no sólo, destinar mayores recursos económicos para desarrollar planes de investigación y desarrollo tecnológico, sino también, programas de transferencia tecnológica a las empresas y la comunidad, visualizando el impacto en la economía local y empleo.

Resaltar la importancia de la transferencia tecnológica, y de los resultados de las investigaciones realizadas en los centros universitarios, resultados que muchas veces, son poco conocidos en el mundo empresarial y peor aún en las comunidades, que requieren resolver sus necesidades básicas insatisfechas, un mejor conocimiento de los esfuerzos realizados en los centros de investigación públicos y privados, sin duda, tendrán impactos positivos en el desarrollo económico local, y el reto en los actuales momentos está en hacer posible esta transferencia tecnológica.

La metodología intercultural, en el campo de la transferencia tecnológica aunque el propio término transferencia puede ser cuestionado, sugiere un proceso de discusión entre los actores involucrados, adaptación al entorno socioeconómico y cultural, y utilización de los recursos naturales y humanos locales, así como respetuoso de los valores e identidad cultural.

Pretende ayudar a resolver los problemas concretos de las comunidades, a través del rescate y mejoramiento de las técnicas constructivas locales, el involucramiento de docentes y estudiantes en la solución de la problemática habitacional, y la creación de empresas comunitarias para favorecer el aprovechamiento de los saberes y mano de obra local, e incidan en la generación de empleo.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Se mencionan algunas sugerencias para abordar proyectos de desarrollo y cooperación comunitaria, dichas sugerencias contemplan los siguientes puntos:

- Aprovechamiento racional y manejo integrado de los recursos naturales (tierra, agua, aire, sol, energías, etc.).
- Utilización de materiales y fuentes energéticas renovables.
- Desarrollo o transferencia de tecnologías limpias con mínimo impacto en la naturaleza.
- Preservación del ambiente natural y conservación de la biodiversidad.
- Respeto por las costumbres y formas de vida locales (uso y manejo del espacio doméstico y comunal o público).
- Apoyo a la autogestión comunitaria.
- Potenciación del saber, las técnicas e inventiva local.
- Formación y capacitación de recursos humanos.
- Participación activa de todos los actores involucrados en el proyecto: administración local y nacional, universidades, centros de investigación, comunidad, ONG´S, etc.

Para las universidades y centros de investigación especializados en la temática habitacional se sugiere las siguientes tareas:

- Realización de un inventario de las soluciones tecnológicas referidas al hábitat en general, tanto en la construcción de viviendas, como en el aprovechamiento energético e invención de aparatos de uso doméstico que faciliten y ayuden a las actividades relacionadas.
- Conformación de una red virtual de transferencia tecnológica.
- Incorporación de los problemas habitacionales de las comunidades, en el pánsum del centro de la universidad.
- Identificación y formulación de cursos de capacitación intercultural para la población y mano de obra local.
- Identificación de proyectos pilotos, para realizar con los propios beneficiarios.
- Finalmente, para ejercer la interculturalidad, es preciso tener una disposición para aprender (conocer al otro), y un profundo respeto de la sabiduría indígena ancestral, hasta ahora insuficientemente valorada y que propende al respeto por la tierra y el desarrollo auto sostenido, ahora tan en boga; en este sentido, debe estar claro que los pueblos y nacionalidades necesitan ciencia y tecnología pensadas desde y para su desarrollo propio, y ello constituye uno de los desafíos culturales de nuestro tiempo, por ser de profunda trascendencia liberadora.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

En la región y en el proceso de globalización de la economía mundial la población de bajos ingresos está en un proceso acelerado de deterioro económico, que se profundizará aún más si no se realizan cambios novedosos que potencien algunos logros socioeconómicos y tecnológicos que se han dado en procesos de desarrollo local en circunstancias similares.

Es también prioritario aunar procesos de capacitación, investigación y acción que permita un desarrollo sustentable, que tenga en cuenta el ecosistema, la diversidad cultural, y la necesidad de una conducción responsable y comprometida con el desarrollo regional y haga posible aprender produciendo y comprometerse interactuando con la biodiversidad.

Es necesario considerar, dentro de la metodología adoptada, algunos aspectos que posibilitan el éxito en la transferencia de tecnología, entre estas se pueden citar:

- Sensibilidad para absorber la información de los hábitos culturales de los beneficiarios.
- Considerar como punto de partida los recursos naturales y la mano de obra local.
- Procurar siempre obtener un resultado agradable en los beneficiarios.
- Utilizar un lenguaje adecuado, según la cultura del beneficiario, principalmente en el proceso de transferencia.

La tecnología seleccionada debe cumplir con determinadas características:

- Facilidad de transmisión de la tecnología en sí, así como las pruebas y ensayos efectuados.
- Facilidad de ejecución, control y seguimiento.
- Rapidez de ejecución.
- Los materiales utilizados deben ser los existentes en obra y de bajo costo.
- Utilización de mano de obra comunitaria y poco capacitada

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



**Fotografía No. 19:** Congregación de los participantes en la casa escogida para el taller



**Fotografía No. 20:** Charla de introducción por parte de la antropóloga Xochitl Castro



**Fotografía No 21:** Explicación de la elaboración de la mezcla ideal

**TALLERES DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA:**

Es importante tomar en cuenta los saberes ancestrales para tener un vehículo adecuado por el cual entrar en el proceso de la transferencia de tecnologías. La metodología utilizada debe conllevar el adentramiento adecuado a las comunidades, ya que puede causar un impacto negativo dentro de la comunidad. Es importante la transdisciplinaridad en el proceso, ya que es necesario el apoyo de sociólogos y antropólogos que faciliten el proceso y los cedentes de la tecnología estén optimistas a la recepción de la nueva tecnología. Taller impartido en El Tule, Quezada, Jutiapa.



**Fotografía No. 22:** Demostración de la forma de aplicar el revestimiento



**Fotografía No. 23:** Interactuando con los participantes en la elaboración de la mezcla



**Fotografía No. 24:** Interactuando con los participantes en la aplicación del revestimiento

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



**Fotografía No. 25:** Charla de introducción a los participantes



**Fotografía No. 26:** Aplicación del revestimiento de forma manual



**Fotografía No. 27:** Aplicación del revestimiento por parte de los participantes

**TALLERES DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA:**

Cada comunidad es distinta y difiere de las otras, se recalca entonces la necesidad del apoyo de un antropólogo y sociólogo que facilite la entrada y nos genere un campo de acción adentrado exclusivamente en la transmisión – recepción de la nueva tecnología. La metodología a utilizar debe llevar todas las características necesarias para el bienestar del cedente (receptor) para que el se preocupe exclusivamente de la adopción, sabiendo el beneficio que esta le traerá. Taller impartido en la aldea El Sitio de Salamá, Baja Verapaz.



**Fotografía No. 28:** Aplicación del revestimiento con ayuda de instrumentos de albañilería



**Fotografía No. 29:** Aplicación del revestimiento por parte de los participantes con ayuda de instrumentos de albañilería



**Fotografía No. 30:** Revestimiento aplicado totalmente, ahora en proceso de secado.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*B.- MARCO EXPERIMENTAL*

El marco experimental está basado en los resultados obtenidos dentro del proyecto “Disminución de la Reinfestación Intradomiciliar de *Triatoma Dimidiata* en Guatemala, por medio de control integrado basado en el manejo ambiental con participación comunitaria”, en el cual se estuvo a cargo del desarrollo de todos los ensayos de laboratorio y la interpretación de los resultados, para dar una solución viable de un buen revestimiento, considerando la transferencia de tecnología de acuerdo a los resultados obtenidos.

*I. VISITAS DE CAMPO Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS*

El trabajo de campo se realizó en dos aldeas del departamento de Jutiapa, seleccionadas debido a la cantidad de casas de adobe que existen en el lugar y la alta vulnerabilidad que estas tienen a la Enfermedad de Chagas.

En las aldeas se contactó a pobladores quienes hablaron sobre su conocimiento acerca de revestimientos de viviendas de una manera parcial o total. También se pudo compartir con ellos sus costumbres, su cultura, experiencia y vivencias; tradiciones propias de su lugar de origen, lo cual permitió lograr un mejor conocimiento en el trabajo de campo. La información se obtuvo mediante la observación, la entrevista, la inspección y por muestras de material y fotografías de los lugares visitados. Se contactaron algunos albañiles que han construido con la tierra y de ellos se obtuvieron la mayoría de las recetas utilizadas en las comunidades, que según ellos se han transmitido por varias generaciones hasta nuestros días.

En los recorridos se observó que existen diferentes tipos de revestimientos, los cuales varían dependiendo de su espesor, número de capas, materiales, sus métodos de aplicación y mano de obra calificada. Se identificaron los materiales utilizados en los revestimientos de las aldeas, así como los bancos de donde se extrajeron los mismos.

Se localizaron los bancos de materiales que se consideraron con buenas características, como de ubicación y posición estratigráfica. Se recolectaron las muestras de los materiales utilizados por los pobladores para la aplicación de los revestimientos en sus viviendas. Se obtuvo información de las viviendas, de la manera de aplicar sus revestimientos, de las costumbres y de algunos consejos que se tomarían en cuenta para la reproducción de las recetas en el laboratorio.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



GUATEMALA



**JUTIAPA:** Es uno de los departamentos con más alto índice de presencia de la Enfermedad de Chagas, el 85% de sus localidades tienen presencia de *Triatoma Dimidiata*; además de presentar grandes índices de reinfestación luego de varias fumigaciones. Jutiapa se localiza al Sur -Este de la Ciudad Capital de Guatemala y colinda con El Salvador, Jalapa, Chiquimula, Santa Rosa y el Océano Pacífico. Comprende 3,219 kilómetros cuadrados. Posee alrededor de 390,000 personas y 91.8 % de ellos pertenecen al grupo ladino. Se encuentra a 119 kilómetros de la Ciudad de Guatemala. Su altitud oscila entre 500 – 900 metros, con algunos lugares entre 2,000 – 3,700 metros. Su temperatura oscila entre 15°C y 28°C.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



**QUEZADA (ALDEA EL TULE Y ALDEA LA BREA):** El municipio de Quezada está localizado a 40 kilómetros al Oeste de la cabecera departamental (Jutiapa). Las aldeas fueron escogidas por la infestación que poseen y la reinfestación post – rociamiento.

	<b>La Brea</b>	<b>El Tule</b>
Localización geográfica	Lat. 14°19'43", long. 90°03'50"	Lat. 14°19'35", long 90°01'46"
Distancia desde Quezada	8 Km.	6 Km.
Altitud	1,250 metros S.N.M.	1,060 metros S.N.M.
Número de casas	152	255
Habitantes	760	1275
Infestación (antes de rociamiento)	63.6%	100%

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

*II. MATERIALES Y RECETAS ENCONTRADAS*

Dentro de las dos aldeas visitadas tomadas como base para esta investigación se recolectaron los siguientes materiales y las mezclas respectivas, según las recetas que los habitantes del lugar afirmaban que utilizaban en sus revestimientos.

No.	MATERIAL					PROPORCIÓN					ALDEA
	Arena	Arcilla	Puzo- lana	Cal	Cemento	Arena	Arcilla	Puzo- lana	Cal	Cemento	
1	AP	TC				3	1				LA BREA
2	AP	AD				3	1				
3	AP	BC				3	1				
4	AP	TC	AB			2	1	1			
5	AP	AD	AB			2	1	1			
6	AP	BC	AB			2	1	2			
7		TC,BC	AB				2,1	2			
8		TC									
9		TC	AB				3	1			
10		TC,BC	AB				1,1	2			
11	P	T				2	1				EL TULE
12	P	T				3	1				
13	P	T				4	1				
14	P	C				2	1				
15	P	C				3	1				
16	P	C				4	1				
17	P	G				2	1				
18	P	G				3	1				
19	P	G				4	1				
20			A	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>			1	0.25	0.25	
21			A	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>			2	0.25	0.25	
22			A								

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

*SIMBOLOGÍA*

Abreviatura	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SUELO (Según Análisis Granulométrico)	ALDEA
TC	Tejera del Coche	Limo areno-arcilloso	LA BREA
AD	Tierra de adobera (cerca del puente)	Arena Arcillo-limosa	
BC	Tierra de callejón Carlos Hernández	Limo areno-arcilloso	
AP	Arena del puente	Arena	
AB	El Bordo	Arena limosa	
T	Tejera	Arcilla limo-arenosa	EL TULE
P	Arena Río de Paz	Arena	
C	El cuje	Limo arcilloso	
G	Guayabal	Arcilla limo-arenosa	
A	Astillero	Arena limo-arcillosa	

Cal = Cal hidratada

Cemento = Cemento Pórtland

### *III. ENSAYOS DE LABORATORIO*

#### **III.1 DEFECTOS EN LOS REVOCOS**

Los principales defectos que se detectan en los revestimientos son:

- EROSIÓN DE LA SUPERFICIE (viento, lluvia, sol, raspado y ataque de insectos y humanos)
- DERRUMBAMIENTOS PARCIALES (falta de adherencia, exceso de rigidez, reflejo del muro base, impacto)
- CONDICIONES INSALUBRES (humedad, insectos, hongos)

#### **III.2 CARACTERÍSTICAS A EVALUAR EN UN REVESTIMIENTO**

En la interacción muro-revestimiento se puede producir desgaste, punzonamiento, fisuración, filtración, esfuerzo cortante entre capas y conjuntamente con otros actores, producen un efecto determinante en la adherencia del muro y el revestimiento. Los aspectos que se consideran más importantes de evaluar son:

- FISURACIÓN (es función de la Contracción, del Módulo de Elasticidad y la Resistencia a la Tracción)
- IMPERMEABILIDAD (es función de el Coeficiente de Capilaridad y Permeabilidad al Agua)
- ADHERENCIA (depende del muro y del revestimiento)

#### **III.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS**

En el recorrido realizado por las dos aldeas, se recolectaron las muestras de los materiales (arcillas, arenas y limos), los cuales fueron ensayados y caracterizados en los laboratorios de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CII-USAC) y El Centro de Investigaciones de Energía y Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CESEM – USAC).

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

### III.4 GRAVEDAD ESPECÍFICA:

Este ensayo consiste en el peso relativo de un material con respecto a otro tomado como base, en este caso el agua. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

1. Se utilizan dos matraces de capacidad de 500 ml.
2. 70 gramos de material
3. Se pesan dos matraces vacíos. ( $W_m$ )
4. Se pesa el matraz mas suelo seco. ( $W_{ms}$ )
5. Se agrega agua al matraz con suelo seco hasta un limite que permita agitar la mezcla y expulsar los vacíos que pueda tener el material agitando el matraz por 5 minutos.
6. Se llena el matraz con material y agua hasta la capacidad nominal y se toma el peso. ( $W_{msw}$ )
7. Se pesa el matraz agregándoles agua a la capacidad nominal del matraz, en este caso 500 ml. ( $W_w$ )
8. Se hace una relación de todas las variables antes mencionadas de la siguiente forma:

$$GS = W_s / (W_s + W_{mw} - W_{msw})$$

En donde:

$GS$  = Gravedad específica del material.

$W_s$  = Peso del suelo seco

$W_{mw}$  = Peso de matraz mas agua

$W_{msw}$  = Peso del matraz mas suelo mas agua.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

### III.5 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO:

El análisis se realizó según la norma ASTM C-33-67. Este ensayo sirve para determinar los porcentajes de granos que posee la muestra del material, lo cual da una caracterización del mismo.

El ensayo del hidrómetro se realiza de la siguiente manera:

1. se toman exactamente 70 gramos de suelo secado al horno y pulverizado y se mezclan con 125 ml de solución al 4% de NaPO<sub>3</sub>. Una solución de 4% de meta fosfato de sodio puede hacerse mezclando 40 g de material seco con suficiente agua hasta completar 1000 ml. La solución debe ser siempre fresca y en ningún caso haber sido preparada con un mes de anterioridad.
2. Dejar asentar la muestra de suelo cerca de una hora (la ASTM sugiere 16 horas para suelos arcillosos, pero esto generalmente es innecesario). Transferir la mezcla al vaso de una máquina batidora y mezclarlo 1 minuto.
3. Transferir el contenido del vaso a una probeta graduada de 1000ml.
4. Se toma un tapón de goma y se tapa la probeta para agitarla cuidadosamente por 1 minuto, poner sobre la mesa el cilindro, remover el tapón, inmediatamente insertar el hidrómetro y tomar lecturas con los siguientes intervalos de tiempo: 3, 5, 15, 30, 60, 300 y 1440 minutos
5. Las lecturas que deben tomarse serán por las dadas por el hidrómetro y la temperatura correspondiente.
6. Con los datos obtenidos en las lecturas se procede a los cálculos que no se describen por ser muy extensos.

Aproximadamente el ensayo dura 24 horas por lo que el avance de éstos es lento.

Luego de obtenidas las lecturas del hidrómetro, se procede a lavar el material utilizado en el ensayo; este lavado se hace en un tamiz No. 200, el material retenido en el tamiz se deja secar en un horno a una temperatura adecuada. El material lavado, ya seco, se tamiza por cinco minutos por los tamices 10, 40, 80 y 200 para luego utilizar los resultados de peso obtenido en el material retenido en cada tamiz para elaborar la tabla según la norma. (ASTM C-33-67).

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



**Fotografía No. 31:** Preparación del material a ensayar mezclado con  $\text{NaPO}_3$



**Fotografía No. 32:** Vaciado luego de la última lectura de 24 horas sobre un tamiz 200

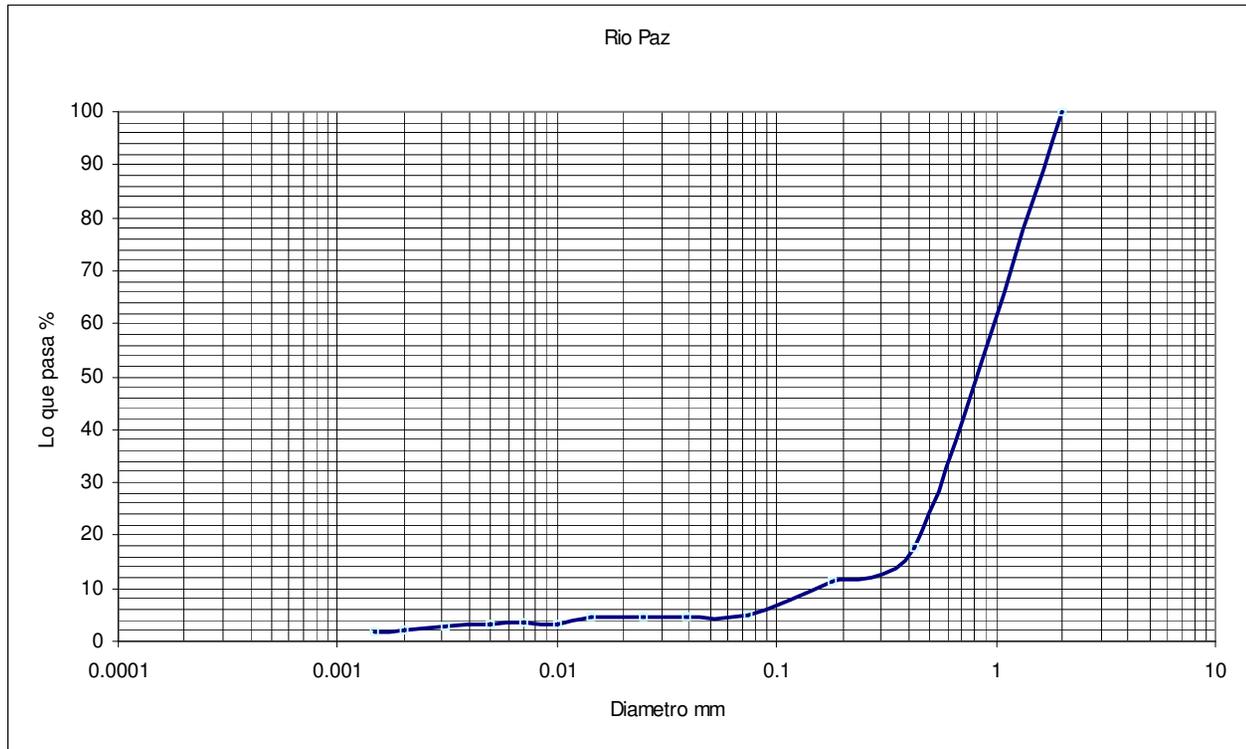
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MÉTODO DEL HIDRÓMETRO:**

Este ensayo tiene la finalidad de clasificar el suelo por los diferentes porcentajes que contenga de los diferentes diámetros de suelo existentes dentro del mismo. El ensayo genera porcentajes de arenas, limos y arcillas que el suelo contiene. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



**Fotografía No. 33:** Vaciado del material seco para determinar porcentajes de finos

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

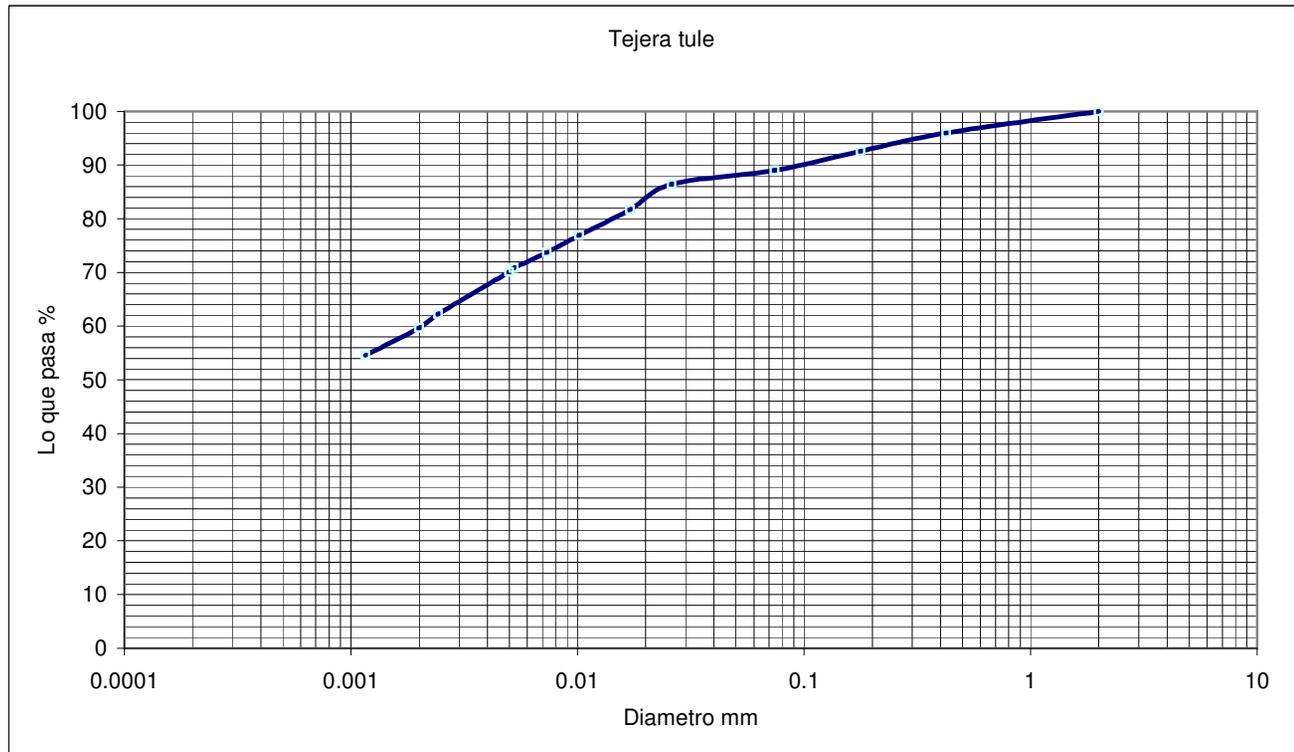


ARENA DEL RÍO PAZ (ARENA LIMO-ARCILLOSA)

% arena	95.2
% Limos	1.8
% arcilla	3

Gráfica No. 1 : EJEMPLO DE GRÁFICA Y RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO DE CADA MUESTRA

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



TEJERA EL TULE (ARCILLA LIMO-ARENOSA)

% arena	11
% Limos	29
% arcilla	60

Gráfica No. 2: EJEMPLO DE GRÁFICA Y RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO DE CADA MUESTRA

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

### III.6 LÍMITES DE ATTERBERG:

El procedimiento para la realización del ensayo para determinar los límites de Atterberg en suelos plásticos, es el siguiente:

Primero se calcula el límite líquido:

Se toman unos 100g de material que pasa por la malla No. 40, se colocan en una cápsula de porcelana y con una espátula se hace la mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante el mezclado. Esta mezcla se deja húmeda por aproximadamente 24 horas para luego seguir con el ensayo. (esto último se hace con el fin de que todas las partículas de suelo queden completamente húmedas y saturadas para que no haya ninguna irregularidad con el ensayo

- a) Un poco de esta mezcla se coloca, con una espátula, en la copa de Casagrande, formando una torta alisada de un espesor de 1 cm. en la parte de máxima profundidad. Una altura mayor de 1 centímetro disminuye el valor del límite líquido (L.L), y una altura menor aumenta dicho valor.
- b) El suelo colocado en la copa de Casagrande se divide en la parte media en dos porciones, utilizando para ello un ranurador. El ranurador deberá mantenerse, en todo el recorrido, normal a la superficie de la copa. El movimiento del ranurador debe ser de arriba hacia abajo. Con cierta práctica se adquiere soltura para que, en un suelo arcilloso bien mezclado, se pueda hacer la ranura con una pasada del ranurador trapecial. En los suelos arenosos, es preferible hacer uso del ranurador laminar en vez del trapecial, ya que este último al ranurar no rebana al suelo si no que lo desplaza, lo que provoca que se rompa la adherencia entre el suelo y la copa y que los resultados no sean correctos. En los suelos arenosos la profundidad del surco debe incrementarse en cada pasada del ranurador laminar, y solo en la última pasada debe rascarse en el fondo de la copa. Cuando no se pueda hacer la ranura ni siquiera con el ranurador laminar, es necesario entonces hacer la ranura con una espátula y comprobar las dimensiones con el ranurador.
- c) Hecha la ranura sobre el suelo, se acciona la copa a razón de dos golpes por segundo, contando el número de golpes necesario para que la parte inferior del talud de la ranura hecha se cierre precisamente a 1.27 cm. (1/2"). Si la ranura no se cierra a los 1.27 cm. (1/2") entre los 6 y 35 golpes, se recoge el material de la copa, se añade agua y se vuelve a mezclar, o sea seca la muestra hasta que alcance una consistencia dentro de este intervalo.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

- d) Cuando se ha obtenido un valor consistente del número de golpes, comprendido entre 6 y 35 golpes, se toman unos 10 gramos, aproximadamente de suelo de la zona próxima a la ranura cerrada y se determina el contenido de agua de inmediato. Se repite el ensaye y si se obtiene el mismo numero de golpes que el primero o no hay diferencia en mas de un golpe, se anotaran ambos números en la hoja de datos. Si la diferencia es mayor de un golpe, se repite el ensaye hasta tres ensayes, consecutivos den una conveniente serie de números, tales como 10-12-10, 30-28-30.
- e) Se repiten los pasos b) a e), teniendo el suelo otros contenidos de humedad. Para humedecer el suelo se hace uso de un gotero, remoldeando la mezcla hasta que el agua añadida quede uniformemente incorporada. Para secar el suelo se usa la espátula remezclando el suelo para producir evaporación. De ninguna manera debe secarse el suelo añadiendo suelo seco a la mezcla sometiéndola a algún proceso de evaporación violenta. De este modo deberá tenerse, por lo menos, dos grupos de dos a tres contenidos de humedad, uno entre los 25 y 35 golpes y otro entre los 6 y los 20 golpes, con el fin de que la curva de fluidez no se salga del intervalo en que puede considerar recta, según lo indica Casagrande.
- f) Se unen los dos o tres puntos marcados para el intervalo entre 6 y 20 golpes con una línea recta y se señala el punto medio. Se repite para los dos o tres puntos dentro del intervalo de 25 a 35 golpes.
- g) Se conectan los dos puntos medios con una línea recta que se llama curva de fluidez. El contenido de humedad indicado por la intersección de esta línea con la de los 25 golpes es el límite líquido del suelo.

Partiendo de la hipótesis de que la pendiente de la relación número de golpes a contenido de agua representada a escala semilogarítmica es una línea recta, en la cual el limite liquido puede ser obtenido a partir de cualquier punto de la curva, Lambe ha sugerido el empleo de la siguiente expresión:

$$L.L. = w(N/25)^{0.121}$$

En donde:

- L.L. = Límite líquido calculado del suelo.
- w = Porcentaje de humedad arbitraria del suelo con respecto al peso seco.
- N = Número de golpes necesario para cerrar la ranura en la copa de Casagrande correspondiente a w.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Como puede observarse, la ecuación de Lambe permite calcular el límite líquido de un suelo con base en un solo punto del método mecánico. Esto elimina tiempo y, además, la variable operador.

La fórmula de Lambe puede ser usada con suficiente grado de precisión en el cálculo del límite líquido de un suelo, siempre y cuando se amase la pasta de suelo con un contenido de humedad tal que se cumpla con la condición, imprescindible, de que N este comprendido entre 20 y 30. En el ensayo, en la investigación que se está haciendo, es conveniente hacer uso del método mecánico normalizado.

Para facilitar el empleo de la fórmula, ésta se puede simplificar así:  $L.L. = w.F$

Donde:  $F = \text{factor de corrección} = (N/25)^{0.121}$ .

Para la realización del ensayo, se utilizó la siguiente tabla:

N	F
20	0.9734
21	0.9792
22	0.9847
23	0.99
24	0.9951
25	1
26	1.0048
27	1.0094
28	1.0138
29	1.0182
30	1.0223

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Para fines de práctica, el procedimiento usado para determinar el límite líquido en el laboratorio consiste en que, estando el material en la copa de Casagrande con la ranura hecha como ya se ha indicado con el procedimiento normalizado, dar 25 golpes y ver si la ranura se cierra los 12.7 mm. En Caso contrario, se recoge el material de la copa, se agrega agua a la pasta o se seca, según el caso, y se repite el proceso hasta conseguir que con los 25 golpes la ranura se cierre en su base los 12.7mm. especificados. Cuando esto suceda se extrae de la muestra una determinada cantidad, se coloca en un recipiente adecuado, se pesa, se seca en un horno a temperatura constante y se vuelve a pesar una vez seca. El límite líquido se calcula así:

$$L.L. = ((Ph - Ps)/Ps)*100 = (Pw/Ps)*100$$

En donde:

- L.L. = Límite Líquido en %
- Ph = Peso de la muestra húmeda en gramos.
- Ps = Peso de la muestra seca en gramos.
- Pw = Contenido de agua en la muestra en gramos.

Después de calcular el Límite Líquido de la muestra se proceda a calcular el límite plástico y se hace de la siguiente manera:

El límite plástico (L.P.) se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material que, mezclando con agua, ha sobrado de la prueba del límite líquido y la cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se forma luego una pequeña bola que deberá rodillarse en seguida en la palma de la mano o en una placa de vidrio aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos.

Cuando el diámetro del filamento resultante sea de 3.17 mm. (1/8") sin romperse, deberá juntarse la muestra de nuevo, mezclarse en forma de bola y volver a rodillarse. El proceso debe continuarse hasta que se produzca un rompimiento de los filamentos al momento de alcanzar 1/8" de diámetro. Los suelos que no pueden rodillarse con ningún contenido de humedad se consideran como

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

no plásticos (N.P.). Cuando al rodillar la bola de suelo se rompe el filamento al diámetro de 1/8", se toma todos los pedacitos, se pesan, se secan al horno en un vidrio, vuelven a pesarse ya secos y se determina la humedad correspondiente al límite plástico así:

$$\text{L.P.} = ((P_h - P_s)/P_s) * 100 = (P_w/P_s) * 100$$

En donde:

- L.P. = humedad correspondiente al límite plástico en %
- $P_h$  = Peso de la muestra húmeda en gramos.
- $P_s$  = Peso de la muestra seca en gramos.
- $P_w$  = Contenido de agua en la muestra en gramos.

El límite plástico es muy afectado por el contenido orgánico del suelo, ya que eleva su valor sin aumentar simultáneamente al límite líquido. Por tal razón los suelos con contenido orgánico tienen bajo índice plástico y límites líquidos altos.

La determinación de los límites anteriores se hace con el fin de encontrar el índice de plasticidad de los materiales analizados por lo que se describe su concepto general y sus cálculos:

Se denomina índice de Plasticidad o índice Plástico (I.P.) a la diferencia numérica entre los límites líquidos y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal y como se definen los ensayos.

Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

Comparando el índice de plasticidad con el que marcan las especificaciones respectivas se puede decir si un determinado suelo presenta las características adecuadas para cierto uso.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---



**Fotografía No. 34:** Equipo para realizar el ensayo de límites de Atterberg



**Fotografía No. 35:** Realización del ensayo de límites de Atterberg para determinar la plasticidad del material

**ENSAYO DE LÍMITES DE Atterberg:**

Realizado solamente a suelos plásticos (arcillas y algunos limos), con la finalidad de obtener el índice de plasticidad y los diferentes límites en su clasificación Laboratorio de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*III.7 CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA:*

Para la determinación mineralógica de las muestras, se estudiaron en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CESEM – USAC). Se examinaron las muestras por medio del microscopio para observar los minerales presentes, como también su textura, color y estructura. El ensayo estuvo a cargo del Ing. Julio Roberto Luna Aroche.



**Fotografía No. 36: CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA (ING. JULIO LUNA):**

La clasificación mineralógica permite conocer de mejor forma las características físicas del suelo, dando parámetros microscópicos que a simple vista no se detectan. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Facultad de Ingeniería, USAC.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

**III.8 CARACTERIZACIÓN DE LAS MEZCLAS:**

Para la caracterización de las mezclas, se llevaron a cabo los ensayos de absorción de agua por capilaridad, permeabilidad al agua y adherencia por arrancamiento. Estos ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de Tecnología de Materiales y Sistemas Constructivos del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, reproduciendo las mezclas otorgadas por los habitantes del lugar, siguiendo el procedimiento que ellos indicaron; teniendo un total de 22 recetas reproducidas y ensayadas mediante estos tres procedimientos.

*Preparación y conservación de probetas:*

Todas las probetas utilizadas para los ensayos de absorción de agua por capilaridad y permeabilidad al agua fueron elaboradas de una parte de la misma bachada, empleada para elaborar los prismas de cada ensayo. Para cada ensayo se elaboró un mínimo de tres probetas, después de un período de fraguado considerable, todas las probetas fueron desencofradas para su conservación al ambiente de laboratorio esperando su ensayo luego de 28 días, lo cual fue tomado únicamente como edad de referencia.

**III.9 ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD**

Este ensayo se realiza tomando como base el procedimiento descrito en el inciso A3, 4 del Artículo CSTB de Francia, con las siguientes especificaciones:

Las dimensiones de la probeta son de 4\*4\*16 centímetros.

El ensayo consiste para cada mezcla, en sumergir la base de tres probetas en una altura de agua de 5mm y determinar sus aumentos de pesos en gramos, a intervalos de 5 minutos durante el periodo que resistan las muestras. De los datos de las tres probetas se toma un promedio. Con el objeto de obtener el coeficiente de capilaridad de cada muestra, se traza en función de esos datos, la curva de ascenso capilar, colocando  $\sqrt{t}$  (la raíz cuadrada del tiempo) en el eje de las abscisas y  $100M/S$  (donde M y S significan, la masa en gramos y la sección de la probeta en centímetros cuadrados,

respectivamente) en el eje de las ordenadas. El coeficiente de capilaridad, es igual a la pendiente de dicha curva entre los puntos de medición de diez y 90 minutos.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Adicionalmente y para completar este ensayo, se toma también para cada probeta, lecturas de las alturas de ascenso capilar, durante los mismos intervalos de tiempo; con el objeto de obtener un segundo tipo de curva, que mostrará el ascenso capilar. Para trazar esta curva se coloca el tiempo  $t$ , en el eje de las abscisas y las alturas de ascenso capilar  $h$  en el eje de las ordenadas.



**Fotografía No. 37:**  
Elaboración de 3 probetas  
de 4\*4\*16 cm. De cada  
mezcla a ensayar



**Fotografía No. 38:** Toma de  
medidas a cada probeta por  
medio del Vernier, previo al  
ensayo

**ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD:**

Este ensayo se aplicó a las 22 recetas encontradas en las aldeas, con la finalidad de tener más parámetros de calificación y determinar la mejor. Sección de Materiales y Sistemas Constructivos en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

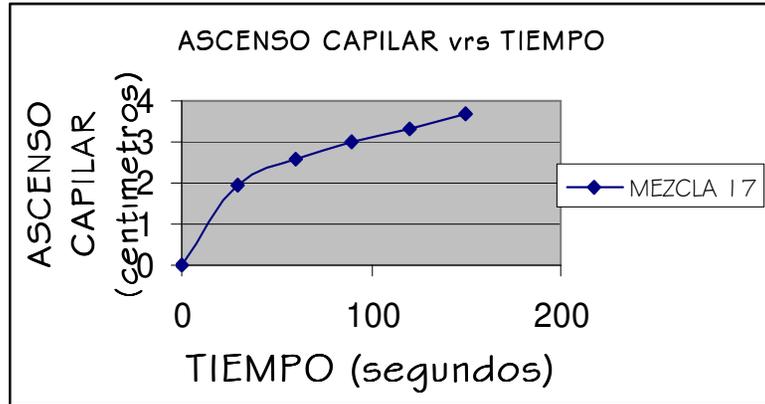


**Fotografía No. 39:** Toma de  
medidas de absorción a cada  
5 minutos, luego de la  
colocación de la probeta sobre  
el agua



**Fotografía No. 40:** Lectura de  
peso de la probeta a cada 5  
minutos, luego de la colocación  
de la misma sobre el agua.

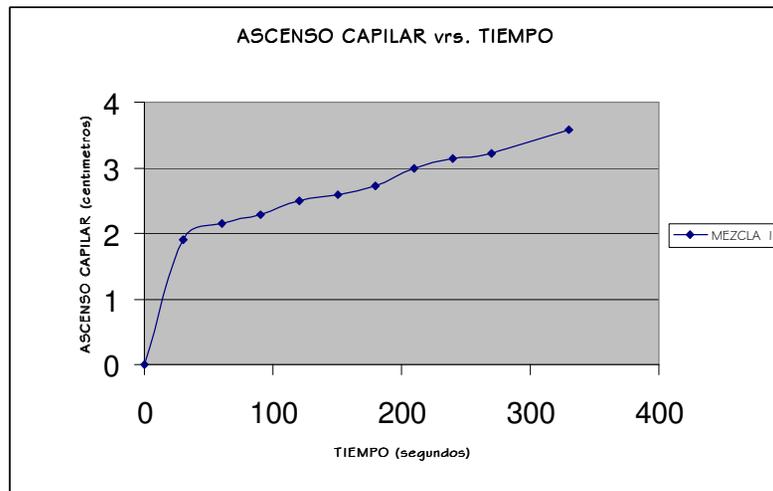
**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



Gráfica No. 3:  
**Mezcla G – P**  
**1:2**

Arcilla del Guayabal con arena del  
Río Paz

EJEMPLO DE GRÁFICAS OBTENIDAS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD DE CADA MUESTRA



Gráfica No. 4:  
**Mezcla TC – AP**  
**1:3**

Arcilla de la Tejera del Coche con  
arena del puente

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

**III. 10 PERMEABILIDAD AL AGUA**

El ensayo se realiza siguiendo el procedimiento descrito en el inciso A3, 6 “Perméabilité à l’eau”, del Artículo 1779 de CSTB de Francia modificándose únicamente el tiempo de duración del ensayo. El ensayo consiste para cada mezcla, en montar tres probetas de dimensiones 1\*10\*10 centímetros, en dispositivos de ensayo y medir la cantidad de agua en centímetros cúbicos necesaria para mantener una presión hidrostática constante de 100mm sobre una de sus superficies, durante el periodo que resistan las muestras. De los datos obtenidos de las tres probetas se tomó un promedio, con el que se procedió a trazar la curva de permeabilidad al agua de la mezcla; colocándose el tiempo en minutos en el eje de las abscisas y la cantidad de agua en centímetros en el eje de las ordenadas.



**Fotografía No. 41:** Elaboración de 3 probetas de 1\*10\*10 cm. De cada mezcla a ensayar



**Fotografía No. 42:** Colocación de embudos sobre cada probeta a ensayar

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL AGUA:**

Aplicado también a las 22 recetas encontradas para determinar cual de todas era la más impermeable al agua. Sección de Materiales y Sistemas Constructivos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

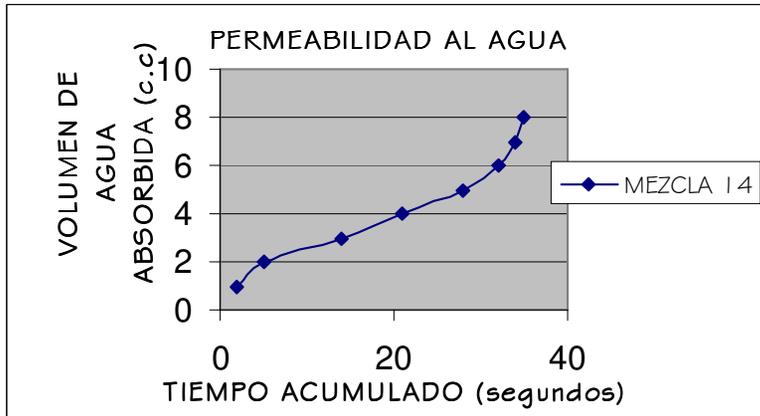


**Fotografía No. 43:** Equipo listo para la realización del ensayo respectivo



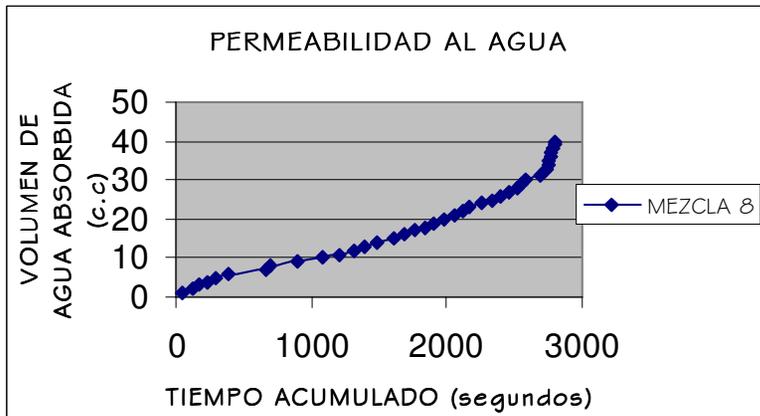
**Fotografía No. 44:** Ensayo en proceso, vaciado de agua sobre el embudo manteniendo constante el volumen de agua mientras la probeta absorbe

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



Gráfica No. 5:  
**Mezcla C – P**  
**1 : 2**  
Arcilla del Cuje con arena  
del Río Paz

EJEMPLO DE GRÁFICAS OBTENIDAS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL AGUA DE CADA MUESTRA



Gráfica No. 6:  
**Mezcla TC – AB – BC**  
**2 : 1 : 2**  
Arcilla de la Tejera del Coche con Arena del  
Bordo y Barro del Callejón

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Los datos obtenidos de los ensayos de absorción de agua por capilaridad y permeabilidad al agua se tabularon dentro del formato establecido obteniendo de ellos la hoja electrónica con los resultados y la gráfica correspondiente al ensayo, anotando las observaciones pertinentes para cada probeta o mezcla.

### III.1.1 ADHERENCIA POR ARRANCAMIENTO:

Con base a la experiencia desarrollada en el Laboratorio de Tecnología de Materiales y Sistemas Constructivos del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se desarrolló el ensayo de adherencia, con el cual se puede determinar la capacidad que tienen los revestimientos de adherirse al muro (construido de adobe). Los resultados de este ensayo son un indicativo del comportamiento de los revestimientos aplicados a los muros a escala natural.

#### *Procedimiento para realizar los ensayos de adherencia por arrancamiento*

1. Se procede a preparar la mezcla, con base a la receta y mezclas que se han determinado como las mejores, en las proporciones indicadas y según un procedimiento determinado, la cual se deja “pudriendo” dos o tres días.
2. Se prepara el área del muro, donde se aplicará la mezcla, “picando” el muro con una hachuela, cuchara de albañil o machete; luego se humedece el muro.
3. Una vez lista la mezcla y el muro preparado se aplica la mezcla en cuadros de cuarenta a cincuenta centímetros por lado, donde se dejó por un lapso mayor a 25 días antes de ser ensayados.
4. Llegado el tiempo de realizar el ensayo, se pegan cinco placas metálicas de cinco por cinco centímetros con un pegamento especial de tipo epóxico marca DAP (Beats The Nail), las que se dejan por un lapso de treinta y seis a cuarenta y ocho horas antes de aplicar carga
5. Al momento de realizar el ensayo de adherencia es importante tener preparado un marco de madera, el cual se arma con ayuda de por lo menos dos párales a los cuales se sujeta un tablón con la ayuda de sargentos, lo cual permite ubicarlo a diferentes alturas según sea la necesidad; una polea, la cual se sujeta al tablón; un lazo, un recipiente (cubeta de cinco galones) y arena.
6. El ensayo básicamente busca desprender el revestimiento a través de las placas aplicando una carga con la ayuda del sistema del marco y la polea, a estas placas se les delimita el área en a que actúan rayando a un centímetro del borde de las mismas.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

En este ensayo se presentan cuatro tipos de falla:

- *Completa y/o total:* es la falla que arranca todo el revestimiento incluyendo en el mejor de los casos partes de muro adherido a él.
- *Parcial:* en este tipo de falla se desprende únicamente una parte del revestimiento con partes del muro adherido a él.
- *Capas:* desprende una pequeña capa de uno a dos milímetros del revestimiento dejando el resto adherido al muro y ofreciendo así su labor de protección al muro.
- *Pegamento:* es la falla en la cual se desprende la placa ya sea porque el pegamento no ha secado lo suficiente y/o el revestimiento presenta mayor adherencia que la del pegamento.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



**Fotografía No. 45:** Equipo utilizado para la realización del ensayo de adherencia por arrancamiento



**Fotografía No. 46:** Pegado de placas metálicas al revestimiento



**Fotografía No. 47:** Preparación del equipo



**Fotografía No. 48:** Aplicación de carga y desprendimiento de placa metálica



**Fotografía No. 49:** Sisado del área óptima para realizar el ensayo en

**Fotografía No. 50:** Ejemplo de falla por Capas



**Fotografía No. 51:** Ejemplo de falla Total



**Fotografía No. 52:** Ejemplo de falla Parcial



**ENSAYO DE ADHERENCIA POR ARRANCAMIENTO:** Es quizás el ensayo que más parámetros da para calificar los diferentes tipos de revestimientos y determinar cuál se adhiere mejor al muro de mampuestos de adobe. Sección de Materiales y Sistemas Constructivos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

**III.12 EVALUACIÓN ADICIONAL DE REVESTIMIENTOS PARA EL ENSAYO DE ADHERENCIA POR ARRANCAMIENTO**

La evaluación consiste en un puntaje dado por el responsable del ensayo, según su criterio, al considerar los aspectos de evaluación mediante la experiencia. A los revestimientos aplicados se les realizó la siguiente evaluación adicional, con la ayuda de un Formulario creado para este fin.

1. **Adherencia:** Por medio del ensayo de adherencia, descrito con anterioridad, se obtuvo la carga que soporta el revestimiento en un área limitada (lo que se puede analizar como un esfuerzo a tracción) y el tipo de falla.
2. **Visual:** Consiste en darle una calificación, de uno a diez, al analizar visualmente cómo se ve el revestimiento a simple vista?
3. **Erosión:** Esta evaluación consiste en pasar sobre el revestimiento la mano y ver su comportamiento ante este roce, la erosión se evalúa: diez (10) si no se erosiona y cero (0) si se erosiona demasiado. Es importante mencionar que el que realice esta prueba debe tener definido el término erosión.
4. **Fisuración:** A través de esta evaluación se analiza la cantidad de fisuras que presenta el revestimiento en un área determinada (en nuestro caso el cuadro de aplicación de la mezcla) tomando en cuenta el ancho y la profundidad de la fisura. Se evalúa diez (10) si no presenta fisura, en disminución hasta cero (0) si el revestimiento tienen demasiadas fisuras profundas y grandes.
5. **Calidad:** Esta evaluación toma en cuenta el comportamiento a la adherencia del revestimiento más que al darle algunos golpes al revestimiento muestre partes huecas y consideradas mal adheridas. Se considera como puntaje diez (10) al que presente mejor calidad y cero (0) al que presente pésima calidad.
6. **Calificación:** Es un promedio de todas las ponderaciones obtenidas en las evaluaciones anteriores.
- 7.

EJEMPLO: Mezcla No.: 04

Aldea: LA BREÁ

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE 1 A 10	
1		8.30	Pegamento	VISUAL	5
2		29.20	Parcial	EROSIÓN	1
3		26.20	Parcial	FISURACIÓN	4
4		24.70	Capas	CALIDAD	7
5		25.60	Parcial	CALIFICACIÓN	8

CARGA PROMEDIO 22.80

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

*IV. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO*

IV.1 RESUMEN CARÁCTERIZACIÓN DE MATERIALES

Material	Granulometría	Límites de Atterberg	Gravedad Específica	
GUAYABAL G	%arena 16.2	LÍMITE LÍQUIDO	58.90032589	2.48
	%limo 25.8	LÍMITE PLÁSTICO	35.17112938	
	%arcilla 58	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	23.7291965	
TEJERA DEL TULE T	%arena 11	LÍMITE LÍQUIDO	62.0886528	2.26
	%limo 29	LÍMITE PLÁSTICO	32.185611	
	%arcilla 60	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	29.9030418	
RIO DE PAZ P	%arena 95.2	LÍMITE LÍQUIDO	<b>NO TIENE PLASTICIDAD</b>	2.54
	%limo 1.8	LÍMITE PLÁSTICO		
	%arcilla 3	ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
EL CUJE C	%arena 19.5	LÍMITE LÍQUIDO	41.99917606	2.22
	%limo 34.5	LÍMITE PLÁSTICO	25.33814971	
	%arcilla 46	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	16.66102635	
EL ASTILLERO A	%arena 47.3	LÍMITE LÍQUIDO	28.96176471	2.43
	%limo 32.7	LÍMITE PLÁSTICO	23.27885665	
	%arcilla 20	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	5.682908055	

EL TULE

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

Material	Granulometría	Límites de Atterberg	Gravedad Específica	LA BREA	
TEJERA DE LA BREA TC	%arena 28	LÍMITE LÍQUIDO	49.05789811		2.45
	%limo 58	LÍMITE PLÁSTICO	32.89807538		
	%arcilla 14	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	16.15982273		
TIERRA DE LA ADOBERA AD	%arena 50.8	LÍMITE LÍQUIDO	30.76830233		2.34
	%limo 24.2	LÍMITE PLÁSTICO	19.72455649		
	%arcilla 25	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11.04374584		
ARENA DEL PUENTE AP	%arena 81.6	LÍMITE LÍQUIDO	NO TIENE PLASTICIDAD		2.45
	%limo 10.4	LÍMITE PLÁSTICO			
	%arcilla 8	ÍNDICE DE PLASTICIDAD			
BORDO DE LA BREA AB	%arena 49.8	LÍMITE LÍQUIDO	NO TIENE PLASTICIDAD	2.36	
	%limo 45.2	LÍMITE PLÁSTICO			
	%arcilla 5	ÍNDICE DE PLASTICIDAD			
EL CALLEJON BC	%arena 34.2	LÍMITE LÍQUIDO	57.60655234	2.46	
	%limo 39.8	LÍMITE PLÁSTICO	41.61808009		
	%arcilla 26	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	15.98847224		

## IV.2 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA

### 1. Muestra "T"

- Color: Oscuro (negro)
- Presentación: Material terroso
- Composición: Fragmentos arcillosos (con restos de materia orgánica vegetal)
- Clasificación: Suelo arcilloso.

### 2. Muestra "C"

(similar a muestra "T")

### 3. Muestra "G"

- Color: Café rojizo
- Presentación: Material arcilloso
- Composición: Fragmentos de tamaño arcilla y óxidos de hierro.
- Clasificación: Arcilla férrica.

### 4. Muestra "AD"

- Color: Café claro
- Presentación: Material granular
- Composición: Principalmente fragmentos de tamaño arena y arcilla de composición variada se evidencian fragmentos de pómez.
- Clasificación: Arena pomácea

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

**5. Muestra "TC"**

- Color: *Café grisáceo*
- Presentación: *Material terroso*
- Composición: *Fragmentos arcillosos y restos de vegetales.*
- Clasificación: *Suelo café – grisáceo*

**6. Muestra "P"**

- Color: *Gris - beige*
- Presentación: *Material granular*
- Composición: *Fragmentos de tamaño arena (pómez) y arcilla gris – negra, material suelto.*
- Clasificación: *Arena arcillosa*

**7. Muestra "T-P"**

- Color: *Gris oscuro - beige*
- Presentación: *Material granular*
- Composición: *Mezcla de fragmentos de arcilla negra y arena.*
- Clasificación: *Arena arcillosa oscura*

**8. Muestra "C-P"**

- Color: *Café grisáceo*
- Presentación: *Material granular*
- Composición: *Mezcla de fragmentos de arcilla negra y arena.*
- Clasificación: *Arena arcillosa café.*

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

9. Muestra "G-P"

- Color: Café claro - beige
- Presentación: Material granular
- Composición: Mezcla de arcilla rojiza y arena.
- Clasificación: Arena arcillosa beige.

10. Muestra "AD-P"

- Color: Café claro
- Presentación: Material granular
- Composición: Arena pómez y arcilla.
- Clasificación: Arena arcillosa pomácea.

11. Muestra "TC-P"

- Color: Café grisáceo
- Presentación: Material granular
- Composición: Arena arcillosa
- Clasificación: Arena arcillosa gris.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

**IV.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN POR CAPILARIDAD Y PERMEABILIDAD AL AGUA DE LA ALDEA “LA BREA”.**

No MEZCLA	MATERIAL	PROPORCIÓN	T promedio en segundos. de la falla del ensayo de absorción por capilaridad	T promedio pasa ensayo de permeabilidad al agua (seg.)	T promedio pasa ensayo de permeabilidad al agua (seg.)
1	TC-AP 9-12	1:3	368..33	43	93
2	AD-AP 2-12	1:3	256..66	86	93
3	BC-AP 10-12	1:3	348..33	3	14
4	TC-9	—	1680	86	93
5	TC-AB-AP 9-* -12	1:1:2	1275	971	1228
6	AD-AB-AP 2-* -12	1:1:2	1560	390	309
7	BC-AB-AP 10-* -12	2:1:2	715	33	99
8	TC-AB-BC 9-* -10	2:1:2	1700	1082	2456
9	AB-TC *-9	1:3	1833.33	1139	1460
10	TC-BC-AB 9-10-*	1:1:2	1520	408	999

SE PROPONEN LA SIGUIENTES MEZCLAS PARA LA ALDEA “LA BREA”, EN ORDEN DESCENDENTE.

- ✓ MEZCLA 9; AB-TC (Arena del Bordo-Tejera del Coche) Proporción 1:3
- ✓ MEZCLA 8; TC-AB-BC (Tejera del Coche-Arena del Bordo-Barro del Callejón) Proporción 2:1:2
- ✓ MEZCLA 5; TC-AB-AP (Tejera del Coche-Arena del Bordo-Arena del Puente) Proporción 1:1:2

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN POR CAPILARIDAD Y PERMEABILIDAD AL AGUA DE LA ALDEA "EL TULE".**

No MEZCLA	MATERIAL	PROPORCIÓN	T promedio en segundos. de la falla del ensayo de absorción por capilaridad	T promedio pasa ensayo de permeabilidad al agua (seg.)	T promedio pasa ensayo de permeabilidad al agua (seg.)
11	T-P 4- 6	1:2	16	—	4
12	T-P 4- 6	1:3	15	—	7
13	T-P 4- 6	1:4	40	—	13
14	C-P 3- 6	1:2	60	2	52
15	C-P 3- 6	1:3	43.33	—	—
16	C-P 3- 6	1:4	60	—	—
17	G-P 5- 6	1:2	120	42	52
18	G-P 5- 6	1:3	61.66	62	56
19	G-P 5- 6	1:4	42.5	7	12
20	A-CAL-CEM 11-CAL-CEM	1:1/2:1/4	No fallo	2143	—
21	A-CAL-CEM 11-CAL-CEM	2:1/2:1/4	No fallo	2200	—
22	A-11	—	—	—	—

SE PROPONEN LA SIGUIENTES MEZCLAS PARA LA ALDEA "EL TULE", EN ORDEN DESCENDENTE.

- ✓ MEZCLA 20; A-CAL-CEM (limo del Astillero-cal-cemento) proporción 1 : 1/2: 1/4
- ✓ MEZCLA 21; A-CAL-CEM (limo del Astillero-cal-cemento) proporción 2: 1/2: 1/4
- ✓ MEZCLA 17; G-P (arcilla del Guayabal-Arena del río Paz) proporción 1 : 2

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

*IV.4 RESULTADOS DEL ENSAYO DE ADHERENCIA POR ARRANCAMIENTO*

Mezcla No.: 01

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		8.00	Pegamento	VISUAL	4
2		7.40	Pegamento	EROSIÓN	2
3		8.00	Pegamento	FISURACIÓN	0
4		10.20	Pegamento	CALIDAD	9
5		11.00	Pegamento	CALIFICACIÓN	7

Mezcla No.: 02

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		14.20	Capas	VISUAL	3
2		14.20	Capas	EROSIÓN	5
3		20.00	Parcial	FISURACIÓN	1
4		15.60	Capas	CALIDAD	6
5		17.80	Parcial	CALIFICACIÓN	6

Mezcla No.: 03

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		15.40	Capas	VISUAL	3
2		9.00	Capas	EROSIÓN	7
3		9.40	Pegamento	FISURACIÓN	1
4		20.40	Capas	CALIDAD	8
5		9.40	Parcial	CALIFICACIÓN	5

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

Mezcla No.: 04

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		8.30	Pegamento	VISUAL	5
2		29.20	Parcial	EROSIÓN	1
3		26.20	Parcial	FISURACIÓN	4
4		24.70	Capas	CALIDAD	7
5		25.60	Parcial	CALIFICACIÓN	8

Mezcla No.: 05

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		22.00	Capas	VISUAL	6
2		22.00	Capas	EROSIÓN	2
3		19.80	Capas	FISURACIÓN	4
4		28.60	Capas	CALIDAD	7
5		14.00	Capas	CALIFICACIÓN	7

Mezcla No.: 06

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		16.40	Capas	VISUAL	6
2		21.60	Capas	EROSIÓN	5
3		15.00	Capas	FISURACIÓN	5
4		17.00	Capas	CALIDAD	6
5		4.40	Capas	CALIFICACIÓN	7

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

Mezcla No.: 07

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		17.20	Parcial	VISUAL	2
2		14.40	Parcial	EROSIÓN	1
3		12.20	Parcial	FISURACIÓN	9
4		19.80	Parcial	CALIDAD	7
5		18.40	Parcial	CALIFICACIÓN	5

Mezcla No.: 08

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		11.40	Parcial	VISUAL	6
2		23.00	Parcial	EROSIÓN	2
3		5.40	Parcial	FISURACIÓN	9
4		10.60	Parcial	CALIDAD	7
5		16.40	Parcial	CALIFICACIÓN	5

Mezcla No.: 09

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		20.60	Parcial	VISUAL	5
2		18.40	Parcial	EROSIÓN	1
3		29.40	Parcial	FISURACIÓN	9
4		15.60	Capas	CALIDAD	7
5		10.40		CALIFICACIÓN	5

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

Mezcla No.: 10

Aldea: LA BREA

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		15.20	Parcial	VISUAL	7
2		15.40	Parcial	EROSIÓN	3
3		13.20	Parcial	FISURACIÓN	4
4		13.00	Parcial	CALIDAD	5
5		19.80	Parcial	CALIFICACIÓN	6

Mezcla No.: 11

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		6.80	Completo	VISUAL	4
2		7.00	Completo	EROSIÓN	3
3		14.00	Parcial	FISURACIÓN	8
4		14.80	Capas	CALIDAD	8
5		8.60	Completo	CALIFICACIÓN	6

El revestimiento fue aplicado con ayuda de herramienta

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		13.20	Parcial	VISUAL	7
2		9.40	Parcial	EROSIÓN	6
3		16.80	Parcial	FISURACIÓN	1
4		16.60	Parcial	CALIDAD	7
5		3.20	Parcial	CALIFICACIÓN	7

El revestimiento fue aplicado a mano

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

Mezcla No.: 12

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		12.00	Capas	VISUAL	7
2		11.40	Completo	EROSIÓN	4
3		15.80	Capas	FISURACIÓN	5
4		20.00	Capas	CALIDAD	7
5		14.80	Capas	CALIFICACIÓN	8

El revestimiento fue aplicado con ayuda de herramienta

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		11.40	Parcial	VISUAL	7
2		7.00	Parcial	EROSIÓN	7
3		9.00	Parcial	FISURACIÓN	1
4		16.20	Parcial	CALIDAD	8
5		8.20	Parcial	CALIFICACIÓN	7

El revestimiento fue aplicado a mano

Mezcla No.: 13

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		16.00	Capas	VISUAL	7
2		17.20	Capas	EROSIÓN	4
3		18.40	Capas	FISURACIÓN	1
4		15.20	Capas	CALIDAD	7
5		16.80	Capas	CALIFICACIÓN	6

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

Mezcla No.: 14

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		26.40	Capas	VISUAL	7
2		22.00	Parcial	EROSIÓN	2
3		23.40	Capas	FISURACIÓN	6
4		26.60	Capas	CALIDAD	8
5		26.40	Capas	CALIFICACIÓN	8

El revestimiento fue aplicado con ayuda de herramienta

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		11.80	Parcial	VISUAL	8
2		10.40	Parcial	EROSIÓN	6
3		12.60	Parcial	FISURACIÓN	0
4		13.00	Parcial	CALIDAD	8
5		12.80	Parcial	CALIFICACIÓN	7

El revestimiento fue aplicado a mano

Mezcla No.: 15

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		24.20	Capas	VISUAL	7
2		20.40	Parcial	EROSIÓN	3
3		14.80	Capas	FISURACIÓN	2
4		21.60	Capas	CALIDAD	8
5		23.20	Parcial	CALIFICACIÓN	8

El revestimiento fue aplicado con ayuda de herramienta

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		14.40	Parcial	VISUAL	7
2		20.20	Parcial	EROSIÓN	6
3		12.20	Parcial	FISURACIÓN	0
4		3.40	Parcial	CALIDAD	8
5		16.40	Parcial	CALIFICACIÓN	7

El revestimiento fue aplicado a mano

Mezcla No.: 16

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		19.00	Capas	VISUAL	7
2		15.40	Capas	EROSIÓN	3
3		13.00	Capas	FISURACIÓN	1
4		17.20	Capas	CALIDAD	8
5		13.60	Capas	CALIFICACIÓN	8

Mezcla No.: 17

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		8.80	Completo	VISUAL	8
2		15.20	Capas	EROSIÓN	2
3		16.00	Capas	FISURACIÓN	1
4		10.20	Parcial	CALIDAD	9
5		18.20	Capas	CALIFICACIÓN	9

El revestimiento fue aplicado con ayuda de herramienta

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		14.40	Parcial	VISUAL	7
2		16.60	Parcial	EROSIÓN	8
3		11.00	Parcial	FISURACIÓN	1
4		14.20	Parcial	CALIDAD	8
5		14.00	Parcial	CALIFICACIÓN	7

El revestimiento fue aplicado a mano

Mezcla No.: 18

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		24.00	Parcial	VISUAL	8
2		14.40	Capas	EROSIÓN	2
3		14.60	Capas	FISURACIÓN	0
4		7.60	Capas	CALIDAD	9
5		20.40	Capas	CALIFICACIÓN	9

El revestimiento fue aplicado con ayuda de herramienta

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		4.60	Parcial	VISUAL	6
2		6.80	Parcial	EROSIÓN	7
3		8.80	Parcial	FISURACIÓN	1
4		15.60	Parcial	CALIDAD	7
5		0.00		CALIFICACIÓN	7

El revestimiento fue aplicado a mano

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

Mezcla No.: 19

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		10.00	Capas	VISUAL	8
2		9.60	Parcial	EROSIÓN	6
3		16.00	Capas	FISURACIÓN	1
4		17.00	Capas	CALIDAD	8
5		13.80	Capas	CALIFICACIÓN	8

Mezcla No.: 21

Aldea: EL TULE

No.	POSICIÓN	CARGA	TIPO DE FALLA	EVALUACIÓN DE I A I O	
1		21.80	Parcial	VISUAL	8
2		23.60	Parcial	EROSIÓN	0
3		10.60	Completo	FISURACIÓN	4
4		12.40	Parcial	CALIDAD	8
5		12.40	Parcial	CALIFICACIÓN	8

**ALDEA LA BREA**

- Aunque todas las mezclas presentaron muy buen comportamiento a la adherencia, se escogieron tres que reunieron las mejores características. A estas mezclas se les modifico la proporción de arena debido a que presentaban una fisuración, pero esta fisuración se reduce al aumentar la cantidad de arena en la mezcla, quedando finalmente una proporción de tres partes de arena (AP) por uno de "arcilla" (TC, BC Y AD) y uno de material del Bordo (AB).
- La mezclas escogidas son:
  1. *Mezcla 4:* Arena del puente (AP):Tejera (TC):Arena del Bordo (AB), en proporción 3:1:1, que soporto una carga de hasta 29.2 Kg.
  2. *Mezcla 5:* Arena del puente (AP):Adobera (AD):Arena del Bordo (AB), en proporción 3:1:1, que soporto una carga de hasta 28.6 Kg.
  3. *Mezcla 6:* Arena del Puente (AP):Barro del Callejón (BC):Arena del Bordo (AB), en proporción 3:1:1, que soporto una carga de hasta 21.6 Kg.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*ALDEA EL TULE*

- La mezclas escogidas son:
  1. *Mezcla 12*: Arena río de Paz (P):Tejera (T), en proporción de 3:1, soporto una carga de hasta 16.20 Kg. A mano, y 20.20 con herramienta.
  2. *Mezcla 15*: Arena río de Paz (P):El Cuje (C), en proporción de 3:1, soporto una carga de hasta 20.20 Kg. A mano, y 24.2 Kg. Con herramienta
  3. *Mezcla 17*: Arena río de Paz (P):El Guayabal (G), en proporción de 2:1, soporto una carga de hasta 16.60 Kg. A mano, y 18.20 con herramienta.
  4. *Mezcla 18*: Arena río de Paz (P):El Guayabal(G), en proporción de 3:1, soporto una carga de hasta 15.60 Kg. A mano, y 24.00 con herramienta.
- La mezclas aplicadas con la ayuda de herramientas de albañilería presentaron un mejor comportamiento que las aplicadas a mano, debido a que la capa es mas gruesa.

## *V. PROPUESTAS DE MEZCLAS PARA REVESTIMIENTOS*

Después de un análisis de la información de campo y de laboratorio obtenida, se seleccionaron las mezclas de suelos que aparecen a continuación para ser utilizadas en los revestimientos interiores de las viviendas de las aldeas de El Tule y la Brea. El agua está en función de la humedad que contengan los materiales y la manejabilidad que presenten ya mezclados.

### *V.1 ALDEA EL TULE*

*PROPUESTA No. 1:* Guayabal: río Paz (proporción 1:3)

*PROPUESTA No. 2:* Guayabal : río Paz ( proporción 1:2 )

*PROPUESTA No 3:* Cuje : río Paz ( proporción 1:3 )

*PROPUESTA No. 4:* Tejera : río Paz ( proporción 1:3 )

### *V.2 ALDEA LA BREA*

*PROPUESTA No. 1:* Arena del puente : Tejera del Coche : Arena del Bordo (Proporción 3:1:1)

*PROPUESTA No. 2:* Arena del puente : Adobera : Arena del Bordo (Proporción 3:1:1)

*PROPUESTA No. 3:* Arena del puente : Barro del Callejón : Arena del Bordo (Proporción 3:1:1)

## *VI. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS UTILIZANDO COLOR EN LA SUPERFICIE*

Dentro de las recetas obtenidas en las visitas de campo a las aldeas que comprenden la investigación, se involucraron algunas que llevaban como acabado final una pintura elaborada a base de cal, utilizando una base de cal y agua en su mezcla y la adición de algún elemento que pudiera fijar dicha pintura.

Dentro de los materiales utilizados por los aldeanos para la fijación de la pintura están la sal, el azúcar y el detergente, y algunas combinaciones entre ellos.

Con la finalidad de abarcar con mayor sentido las posibilidades que las recetas ofrecían, se conjugaron los materiales arriba expuestos para verificar cual presentaba más fijación a la pintura a base de cal y agua. Se tomó en cuenta que era necesario encontrar la solución a la fijación de la pintura, pues ésta sería la base para mezclarla con los colorantes a proponer.

Se determinó un recipiente para utilizarlo como volumen y así manejar mejor las proporciones a realizar. Las diferentes combinaciones que se llevaron a cabo se presentan a continuación en la siguiente lista:

### PROPORCIÓN

Cal - Agua

1. 1:1
2. 1.5:1
3. 2:1
4. 1:1 con una base de agua en el muro antes de aplicarla
5. 1:1.5
6. 1:2

Se trató de determinar cual era la mejor combinación de cal – agua en la mezcla, tomando en cuenta que la aplicación no fuera difícil, que fuera manejable, que no perdiera la saturación de su color y que comparado con las demás se calificara como idónea. Luego de dos días de aplicadas las mezclas, se procedieron a evaluarlas por observación por diferentes miembros del grupo, coincidiendo

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

que la mejor era la proporción 1:1. Añadido a eso, dicha proporción fue en la aplicación, la intermedia en cuanto a su fácil aplicación y a sus características físicas de pastosidad. La mezcla que contenía mas agua que cal (2:1) era mucho mas fácil de aplicar, pero se presentaba demasiado liquida y se mezclaba con el color de la base, además de la perdida de saturación del color, en este caso blanco.

Cuando la mezcla contiene más cal que agua (2:1) la manejabilidad se hace más difícil y la saturación se presenta muy ofensiva.

Luego de determinar que la proporción de agua – cal a utilizar era la 1:1, se procedió a realizar las mezclas con los aditivos correspondientes. Debido a que dentro de las recetas obtenidas en el campo no se manejaba un volumen conocido ni un peso específico, se propusieron diferentes volúmenes dentro de la proporción base de agua – cal anterior. Para manejar un volumen conocido dentro de dicha proporción, se midió con una tapa de doble litro la cantidad de tapas que cabían dentro del volumen utilizado para las mezclas anteriores; 18 tapas de sal, detergente y azúcar hacen el total del volumen de la proporción anterior. Se determino que la utilización de la sal, el detergente o el azúcar se emplearía en 1/4, 1/2 y 1 tapita dentro de la proporción 1:1 de cal y agua. La lista de recetas utilizadas se presenta a continuación:

PROPORCIÓN

CAL – AGUA – ADITIVO (SAL, AZÚCAR Y DETERGENTE)

1. 1:1:1/2 tapita de sal
2. 1:1:1 tapita de sal
3. 1:1:1/2 tapita de detergente
4. 1:1:1 tapita de detergente
5. 1:1:1/4 de tapita de sal + 1/4 de tapita de detergente
6. 1:1:1/2 de tapita de sal + 1/2 de tapita de detergente
7. 1:1:1/2 tapita de azúcar
8. 1:1:1 tapita de azúcar
9. 1:1:1/4 de tapita de sal y 1/4 de tapita de azúcar
10. 1:1:1/2 de tapita de sal y 1/2 de tapita de azúcar
11. 1:1:3/4 de tapita de sal y 1/4 de tapita de azúcar
12. 1:1:1/4 de tapita de sal y 3/4 de tapita de azúcar

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Dentro de las observaciones mas considerables se detecto que el detergente ayuda notoriamente a la aplicación de la pintura, haciéndola mas deslizable y fácil de manejar; pero no cumplió su objetivo de fijar el color en ninguna manera. Por otro lado, la sal cumple en gran medida el objetivo de fijación de la pintura, aunque siempre presenta desprendimiento de color en algunas áreas principalmente las más porosas. La combinación de sal y detergente funciona en mejor calidad que solo el detergente pero no supera el objetivo alcanzado por la utilización de solo sal. La combinación de azúcar y sal funciona bastante bien pero no supera a la utilización de solo azúcar en la mezcla. Por lo tanto, de las anteriores pruebas se observo que el azúcar era la que cumplía el objetivo necesario de la fijación del color aun en las áreas más porosas del revestimiento.

Luego de determinar la pintura base y la fijación de la misma, se procedió a realizar las mezclas que darían la proporción a utilizar de colorante con respecto a la proporción utilizada para la pintura base y su aditivo de fijación; tomando como base la necesidad de obtener una adecuada saturación en el colorante y no perder o contaminar el color a ofrecer.

Debido a que no había sido posible la aplicación de las mezclas con azúcar, las aplicaciones de color fueron realizadas con sal como aditivo de fijación, es por eso que la mezcla aun desprende considerablemente su color principalmente en las áreas porosas. Se debe tener la consideración de utilizar el azúcar como solución principal para obtener un mejor resultado.

Se determinaron varias mezclas las cuales se describen a continuación:

PROPORCIÓN

CAL – AGUA – ADITIVO DE FIJACIÓN - COLORANTE

1. 1:1:1 tapita de sal: 1/4 de color amarillo
2. 1:1:1 tapita de sal: 1/2 de color amarillo
3. 1:1:1 tapita de sal: 1/8 de color amarillo
4. 1:1.5:1 tapita de sal: 1/4 de color amarillo
5. 1:1:1 tapita de sal: 1/4 de color rojo
6. 1:1:1 tapita de sal: 1/8 de color rojo
7. 1:1:1 tapita de sal: 1/16 de color rojo
8. 1:1.5:1 tapita de sal: 1/4 de color rojo
9. 1:1:1 tapita de sal: 1/2 de color rojo

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

10. 1:1:1 tapita de sal: 1/4 de color celeste
11. 1:1:1 tapita de sal: 1/2 de color celeste
12. 1:1:1 tapita de sal: 1/8 de color celeste
13. 1:1.5:1 tapita de sal: 1/4 de color celeste

Dentro de las observaciones que se pueden hacer de estas pruebas cabe señalar que el color y el material de la base influyen de manera considerable sobre el color que se obtendrá después de la aplicación de la pintura.

Las mezclas en donde se utilizó más agua (una proporción de 1.5) resultaron más fáciles de aplicar pero perdía considerablemente la saturación que el color pretendía dar, perdiendo entonces calidad visual. Depende del resultado que se desea, cada una de las anteriores mezclas pueden servir para combinaciones entre colores o su uso individual, haciendo la salvedad de que se recomienda en gran medida la utilización de la proporción de 1/2 de volumen de colorante.

Con la anterior consideración se procedió a elaborar la lista de posibles combinaciones entre los tres colores bases que se tenían para obtener una gama de colores más amplia

Todas las mezclas se componen de una proporción 1:1 de cal y agua y 1 tapita de sal como aditivo de fijación (quedando claro que el azúcar funciona mucho mejor que la sal, y que debido a la explicación anterior se utilizó sal). El colorante comprende 1/2 del volumen utilizado en la mezcla. Es decir que aunque se mezclen dos colores en proporciones distintas, estas proporciones suman 1/2 de volumen de la pintura base.

La lista quedó de la siguiente manera:

1. Amarillo puro \*\*
2. Amarillo – Rojo 3:1 \*\*
3. Amarillo – Rojo 2:1 \*\*
4. Amarillo – Rojo 1:1
5. Amarillo – Rojo 1:2
6. Amarillo – Rojo 1:3

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

7. Rojo puro
8. Rojo – Azul 3:1
9. Rojo – Azul 2:1
10. Rojo – Azul 1:1
11. Rojo – Azul 1:2
12. Rojo – Azul 1:3 \*\*
13. Rojo – Azul 1:4 \*\*
14. Azul puro \*\*
15. Azul – Amarillo 3:1 \*\*
16. Azul – Amarillo 2:1 \*\*
17. Azul – Amarillo 1:1 \*\*
18. Azul – Amarillo 1:2 \*\*
19. Azul – Amarillo 1:3 \*\*

\*\* Proporciones aconsejadas para uso de interiores. Las demás combinaciones producen colores demasiados oscuros para ser utilizados dentro de viviendas que presentan el tipo de características de estas aldeas.

Para el uso de exteriores es necesario tomar en cuenta la ubicación de las paredes respecto del recorrido del sol en el transcurso del día, evitando colores demasiado claros en las fachadas oriente y poniente, no así en la fachada norte; la fachada sur será una intermedia entre la norte y la fachada oriente y/o poniente.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---



**Fotografía No. 53:** Aplicación de pinturas a base de cal y agua, encontrando las proporciones ideales



**Fotografía No. 54:** Aplicación de pinturas a base de cal y agua, añadiéndoles colorantes

**UTILIZACIÓN DE COLOR SOBRE LA SUPERFICIE:**

Determinación de la cantidad de cal y agua en la pintura, del aditivo de fijación, el porcentaje de colorante en polvo a agregar y la gama de colores a proponer. Sección de Materiales y Sistemas Constructivos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



**Fotografía No. 55:** Aplicación de colorante, encontrando la proporción ideal de saturación del mismo.

## *VII. COSTOS DE REVESTIMIENTOS Y PINTURAS*

### *VII.1 CUANTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS PARA LA APLICACIÓN DE UN REVESTIMIENTO*

Para las siguientes propuestas se utilizó como base proporcional, una cubeta de albañil como medida para establecer volumétricamente las proporciones para las mezclas, ya que era necesario establecer la cantidad de material utilizado por metro cuadrado, es decir que los siguientes materiales están cuantificados para revestir un metro cuadrado de muro. Con el manejo de dicho volumen se llegó a determinar que se usarán dos cubetas de material para cubrir el metro cuadrado, por lo tanto, las proporciones están en función de las dos cubetas que hacen el total del volumen. Es necesario que los materiales estén reducidos en su granulometría de tal manera que no contengan partículas muy grandes que hagan difícil la manejabilidad y aplicación. Por tanto, es recomendable tamizar los materiales para que sus granos sean homogéneos en su dimensión y presente una mejor distribución interna dentro de la mezcla. En algunas propuestas se hizo necesaria la pudrición o saturación de agua de las arcillas para facilitar la manejabilidad, ya que fue imposible mezclarlo por sus características y su condición física.

### *VII.2 ALDEA EL TULE*

#### *PROPUESTA No. 1: Guayabal: Río Paz (Proporción 1:3)*

- Media cubeta de material del Guayabal
- 1 1/2 cubetas de material del río Paz
- El agua está en función de la humedad que contengan los materiales y la manejabilidad que presenten ya mezclados.

#### *PROPUESTA No. 2: Guayabal : Río Paz ( Proporción 1:2 )*

- 2/3 de cubeta de material del Guayabal
- 4/3 de cubeta de material del río Paz
- El agua está en función de la humedad que contengan los materiales y la manejabilidad que presenten ya mezclados.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*PROPUESTA No 3: Cuje : Río Paz ( Proporción 1:3 )*

- Media cubeta de material del Cuje saturado o podrido por el tiempo necesario hasta que sea posible su manejabilidad.
- 1 1/2 cubetas de material del río Paz
- El agua está en función de la humedad que contengan los materiales y la manejabilidad que presenten ya mezclados.

*PROPUESTA No. 4: Tejera : Río Paz ( Proporción 1:3 )*

- Media cubeta de material Tejera saturado o podrido por el tiempo necesario hasta que sea posible su manejabilidad.
- 1 1/2 cubetas de material del río Paz
- El agua está en función de la humedad que contengan los materiales y la manejabilidad que presenten ya mezclados.

**VII.3 ALDEA LA BREA**

*PROPUESTA No. 1: Arena del Puente : Tejera del Coche : Arena del Bordo (Proporción 3:1:1)*

- 6/5 de cubeta de material de Arena del Puente.
- 2/5 de cubeta de material de Tejera del Coche.
- 2/5 de cubeta de material de Arena del Bordo.
- El agua está en función de la humedad que contengan los materiales y la manejabilidad que presenten ya mezclados.

*PROPUESTA No. 2: Arena del Puente : Adobera : Arena del Bordo (Proporción 3:1:1)*

- 6/5 de cubeta de material de Arena del Puente.
- 2/5 de cubeta de material de Adobera.
- 2/5 de cubeta de material de Arena del Bordo.
- El agua está en función de la humedad que contengan los materiales y la manejabilidad que presenten ya mezclados.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*PROPUESTA No. 3: Arena del Puente : Barro del Callejón : Arena del Bordo (Proporción 3:1:1)*

- 6/5 de cubeta de material de arena del puente.
- 2/5 de cubeta de material de barro del callejón.
- 2/5 de cubeta de material de arena del bordo.
- El agua está en función de la humedad que contengan los materiales y la manejabilidad que presenten ya mezclados.

Nota:

Es importante el cuidado en el manejo del volumen de cada material, tomando en cuenta de que la suma de estos volúmenes manejados con sus correctas proporciones deben de cumplir las dos cubetas de albañil por metro cuadrado.

<i>MATERIAL</i>	<i>VOLUMEN</i>	<i>PRECIO</i>
Tierra	1 cubeta	**
Arena	1 cubeta	**
Agua	1 tonel	++

\*\* El precio varia según la proporción utilizada y los costos de extracción y transporte del material.

++ Varía según condiciones.



**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

*POR METRO CUADRADO*

MATERIAL	PESO	PRECIO
Cal	0.131 Kg.	Q 0.13 (13 centavos de quetzal)
Azúcar	0.0096 Kg.	Q 0.05 (5 centavos de quetzal)
Colorante	0.02225 Kg.	Q 0.84 (83 centavos de quetzal)
Agua	0.202 Kg.	Q 0.00 (El precio varia según las condiciones)

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---



Fotografía No. 56: Propuesta final de revestimiento



Fotografía No. 57: Propuesta final de revestimiento

***APLICACIÓN DE REVESTIMIENTOS Y PINTURAS SUPERFICIALES POR METRO CUADRADO:***

Se aplicó un muestrario en el laboratorio de las recetas propuestas, como una forma didáctica de los resultados de la investigación previo a generar la transferencia de tecnología. Sección de Materiales y Sistemas Constructivos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



Fotografía No. 58: Propuesta final de revestimiento



Fotografía No. 59: Propuesta final de revestimiento

### *VIII. CONSIDERACIONES PARA LA APLICACIÓN DE UN BUEN REVESTIMIENTO*

Es importante que antes de la aplicación del revestimiento se tenga conciencia de la magnitud del beneficio que este otorgará a los habitantes de la vivienda, no solamente como protección de los muros o del propio sistema constructivo, sino también la reducción de probabilidades para que habite la chinche picuda en las paredes internas de la casa. Además de dichos factores, es importante tener la voluntad de lograr hacer de la vivienda un lugar más ergonómico y visualmente mucho más satisfactorio tanto para los habitantes de cada vivienda como para el entorno urbano de la comunidad.

La aplicación de un revestimiento tiene o debería de ser aplicado por ambos sexos, contando con la ayuda de los niños que en el lugar habiten, ya que el procedimiento que esto conlleva no es de gran conocimiento y es una labor que se debería hacer entre todos para disminuir el tiempo de realización sobre todas las paredes y facilitar el trabajo impidiendo que uno solo haga toda la labor.

Previo a la aplicación del revestimiento es importante tomar en cuenta que la elección de los materiales a utilizar debe de llevar su análisis correspondiente para garantizar la funcionalidad de éstos luego de su aplicación. La actividad de acarreo de materiales es quizá la más complicada en el procedimiento, ya que muchas veces el material tendrá que ser traído de lugares un tanto lejanos del lugar donde se ubica la vivienda. Es por eso que se deberá de utilizar una metodología en donde se trate de beneficiar a la mayoría de pobladores, logrando identificar los bancos de materiales idóneos que mas cerca quede de su lugar de habitación, con el fin de facilitar el acarreo o disminuir la distancia de traslado de los materiales hasta el lugar en donde se aplicará el revestimiento.

La importancia que juega la arena en la composición del revestimiento es vital para su correcta funcionalidad, ya que esta contribuye a aumentar la adherencia que el revestimiento debe tener con el muro o la superficie a revestir, así como a disminuir la cantidad de fisuras que en este puedan aparecer por la utilización de un barro demasiado arcilloso. Se ha logrado determinar que las proporciones que mejor se adaptan para elaborar una mezcla, oscilan entre 2:1, 3:1 y 4:1 de arena : arcilla; esto varía según el tipo de arcilla que se este utilizando, ya que existen varios tipos de suelos arcillosos que difieren principalmente en su característica plástica que posee.

Es importante recalcar que no se recomienda para nada la utilización de un barro como único material a emplear en la aplicación de un revestimiento, ya que sin lugar a dudas, este provocara una cantidad bastante significativa de fisuras y no logrará la adherencia

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

requerida para la estabilidad del revestimiento en el muro. Estas características negativas que presenta un barro utilizado como único material en la mezcla, se deben principalmente a sus efectos de contracción y retracción que se dan al estar en contacto con el agua.

La arena es pues, tan importante como el barro dentro de la mezcla a utilizar. Ahora bien, la arena tiene que ser reducida a cierto tamaño de granos para lograr no solo mayor manejabilidad, sino aumentar su funcionalidad dentro de la mezcla, es decir que la arena tendrá que ser tamizada o colada antes de mezclarse con el barro. Esta puede ser una actividad un tanto pesada, pero que es indispensable de llevarse a cabo.

En cuanto al barro, la principal característica que debe de tomarse en cuenta antes de mezclarse con la arena, es que deberá de someterse a un saturado de agua durante aproximadamente 4 días, para lograr una mejor homogeneidad en la dispersión de humedad dentro de sus granos internos (esta actividad dependerá de las características de la arcilla a utilizar). Los barros (arcillas) son el material mas fino en cuanto a suelos se refiere, y esto influye a que posea características aglomerantes; es por eso también, que al entrar en contacto con agua se masifica y forma un volumen diferente al que tenía cuando estaba seca; esta diferencia de volumen hace que la proporción no se cumpla a cabalidad y que el barro sea menos manejable. Es importante recalcar que para tamizar la arena también es necesario que esta esté lo más seca posible para facilitar el trabajo.

Teniendo la arena tamizada y el barro listo, se procede a buscar un recipiente que facilite el manejo de volumen y lograr así la mayor exactitud en la proporción recomendada. Es recomendable también, limpiar hasta donde sea posible el área donde se realizara la mezcla, eliminando cualquier materia vegetal o algún otro tipo de suelo que pudiera contaminarla.

Luego de estas observaciones, se procede a revolver los materiales hasta hacer que su apariencia física sea homogénea. Posterior a eso, se procede a la adición de agua, teniendo cuidado de colocarla poco a poco a la mezcla, ya que es de suma importancia no saturarla y volverla demasiado pastosa. El manejo de agua en la mezcla resulta difícil de cuantificar debido a que la humedad que contienen los suelos varia tanto de material en material como de la temperatura ambiente que se viva en ese momento. Muchas veces se quiere lograr que la mezcla sea lo más saturada de agua posible para facilitar su aplicación, pero esto no es aconsejable debido a las reacciones negativas que pueda acarrear luego del fraguado o secado de la mezcla. Es por eso que es importante saber manejar la proporción de agua e ir añadiéndose a la mezcla poco a poco.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Antes de empezar a colocar la mezcla del revestimiento en el muro, es importante tomar en cuenta algunos procedimientos. Primero, es necesario picar un poco el muro, de tal manera que esto produzca que entre el revestimiento y el muro haya más adherencia, debido a la generación de una superficie irregular. Luego de haber picado el muro, es necesario humedecerlo con una cantidad de agua considerable de tal manera que la mezcla pueda adherirse mejor con el muro por sus condiciones físicas similares.

Después de haber realizado estos procedimientos se procede a la aplicación directa del revestimiento utilizando para ello las manos como instrumento principal (si se posee la capacidad de maniobrar los elementos de albañilería, también es aconsejable); la capa del revestimiento debe oscilar entre unos 3 y 6 milímetros de espesor, para lograr una mejor consistencia en el mismo. Se debe emparejar lo mejor posible la superficie del revestimiento para lograr un mejor efecto en el acabado. Si la mezcla va endureciendo antes de ser aplicada, será necesario agregarle un poco más de agua sin exceder, esto se hará para hacer más manejable la mezcla. Es importante no excederse en cuanto a la cantidad de agua, ya que podría afectar en los resultados sin haber cohesión entre todo el revestimiento, logrando que se produzcan fisuras en el mismo. De ser posible y necesario, deberá aplicarse una segunda capa para lograr mejor el objetivo deseado, logrando más uniformidad en el revestimiento. Esta segunda capa puede ser más delgada que la primera, a manera de resanar como principal objetivo, todas aquellas áreas que hayan quedado huecas o fisuradas en la primera capa. Es importante aplicar esta segunda capa, cuando la primera haya pasado por un tiempo considerable de fraguado o secado; lo mejor será aplicar la segunda capa al día siguiente o a los dos días de haber aplicado la primera.

Luego de haber aplicado la última capa del revestimiento se debe esperar un tiempo prudencial para poder realizar el acabado final. Este acabado final consiste en humedecer una esponja y aplicar un remolineado en toda la superficie final del revestimiento, con el objetivo de homogenizar más la mezcla y llenar todos aquellos vacíos de aire que hayan quedado en el interior del revestimiento y/o lograr una mejor colocación en los granos internos del mismo, ya que es muy importante que las diferentes dimensiones de granos que existen se acomoden y traten de llenar todos los vacíos existentes dentro del revestimiento. Este remolineado que se aplica con la esponja o con algún otro instrumento similar, logra que la superficie final tome un acabado mucho más fino y parejo que el que se logra sin darle dicha aplicación. Es importante recalcar que esta superficie más pareja que se logra, ayuda a que el revestimiento tome una mejor apariencia y permite además, que sea más fácil la aplicación de una pintura a base de cal como acabado final.

El remolineado que se aplica con la esponja puede ser realizado una o varias veces hasta lograr la fineza o el acabado deseado. Para la realización de este remolineado debe tomarse en cuenta que la esponja no debe de ser saturada de agua, ya que puede producir que el revestimiento se lave o se desgaste. Asimismo, es importante no ejercer una presión muy fuerte al aplicar el

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

remolineado, ya que esto puede producir también el desgaste de la superficie final. El acabado final realizado con la esponja no es obligatorio o indispensable, aunque sí le da otra textura y otra apariencia final al revestimiento, logrando tener un mejor producto.

El procedimiento anteriormente descrito es el típico utilizado en revestimientos a base de barro y arena, haciendo la salvedad que existen revestimientos en donde se involucra la cal o el cemento en donde se hace necesario agregar o quitar pasos en la elaboración de la mezcla y la aplicación sobre la superficie a revestir. Estos revestimiento a base de cal y/o cemento no pueden aplicarse con la mano.

Independientemente del tipo de revestimiento que se aplique sobre una superficie, se puede lograr darle otro acabado final, en donde se involucra el color como decorador principal. Para el uso de los colores es necesario tomar en consideración varios factores para lograr un buen resultado que sea satisfactorio no solo para el habitante de la vivienda, sino que para el resto de la comunidad en donde se ubica la misma. Las recomendaciones del uso del color van ligadas principalmente a la apreciación e impacto que estos producen en los diferentes tipos de personalidades que existen en la comunidad, ya que para algunos un color puede parecer ofensivo y para otros puede ser de mucho agrado. Es por eso que se debería de pedir alguna recomendación antes de aplicar cualquier color a cualquier superficie. La pintura utilizada sobre mampostería de ladrillos de tierra cruda (adobes) es realizada a base de cal. Esta pintura debe contar preferiblemente con una proporción de 1 de cal 1 de agua y 1/2 colorante, para lograr mejores resultados. Si no se utiliza esta proporción se obtendrá una pintura bastante pobre en cuanto a saturación de color y durabilidad de la misma. El colorante que se debe de utilizar, es un colorante en polvo elaborado para ser aplicado con una pintura de cal. A esta pintura es necesario añadirle un aditivo de fijación, impidiendo que este se desprenda con cualquier contacto que pueda tenerse. Este aditivo de fijación lo puede constituir la sal o el azúcar, aunque se llevo a determinar que el mejor aditivo de fijación es el azúcar, la cual logra cumplir con dicho objetivo casi al 100 %.

Por último, el hombre ha tratado de suplir la necesidad de vivienda o de un techo donde cubrirse de las inclemencias del tiempo y/o para poder descansar, esto lo ha hecho de generación en generación, tratando de mejorar cada vez más la manera de suplir dicha necesidad. No es necesario tener grandes cantidades de dinero para poder suplir esta necesidad, solamente falta un poco de voluntad para hacerlo y un poco de esfuerzo para lograr tener una casa más agradable, más confortable y mucho más saludable.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



**Fotografía No. 60:** Aplicación del revestimiento con instrumentos de albañilería



**Fotografía No. 61:** Aplicación manual del revestimiento

***IMPORTANCIA EN LA APLICACIÓN DE UN BUEN REVESTIMIENTO:***

El modo de preparación de la mezcla, la preparación del muro previo a aplicar la mezcla y la calidad de aplicación, son determinantes para obtener buenos resultados en el revestimiento. Sección de Materiales y Sistemas Constructivos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



**Fotografía No. 62:** Luego de la aplicación del revestimiento se procede a realizar un alisado con esponja



**Fotografía No. 63:** Después del alisado y ya secado el revestimiento, se pasa una escoba o brocha para eliminar los granos que quedan sueltos luego del alisado

## *IX. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA*

Quizás la parte más difícil de la investigación fue la transferencia de tecnología, la cual se realizó utilizando una metodología propuesta por la licenciada en Antropología Xochitl Castro, quien logró que los talleres de capacitación en las dos aldeas fueran exitosos.

### *IX. 1 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN LAS MEJORAS TÉCNICAS DE LOS REVESTIMIENTOS*

- *Primer paso:*

*Se contactan a los líderes comunitarios COCODES (Comité Comunitario de Desarrollo)* Se expone el tema y se hace ver el problema que existe, además se involucran de tal manera que ellos se encarguen de convencer al resto de la comunidad. Ellos también ayudarán a identificar bancos de materiales, así como también los problemas existentes en la comunidad y las claves que ayuden para que la transferencia de tecnología sea adecuada. Dicho convencimiento debe hacerse resaltando la necesidad que existe del mejoramiento de la vivienda, a la vez haciendo énfasis en el aspecto cultural que puede ser influenciado por la innovación tecnológica que es aplicada en el lugar.

- *Segundo paso:*

*Ubicación de bancos de materiales y autorización de COCODES (Comité Comunitario de Desarrollo) para la utilización de dichos bancos.* Dicha reunión consiste en ir conjuntamente con los líderes comunitarios a hacer un reconocimiento de los lugares donde se extraerá el material a utilizar, indicando el material adecuado y haciendo las recomendaciones necesarias, como liberar el material de materia orgánica, e indicando las características elementales que debe poseer dicho material para su utilización. Ya ubicado el material y hechas las recomendaciones necesarias los líderes se encargarán de comunicar a toda la aldea cuáles son los bancos permitidos.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

- *Tercer paso*

*Planificación y distribución de talleres según zonas geográficas para capacitación del recurso humano.* Esta actividad consiste en organizar a la comunidad de tal manera que los lugares en donde se impartan los talleres sean ubicados en lugares estratégicos, donde las personas puedan asistir sin recorrer largas distancias y sin afectar sus labores cotidianas, logrando así una mayor y efectiva asistencia de participantes.

*Metodología utilizada para capacitación del recurso humano*

- *Presentarse con el dueño de la casa:* el propietario ya debe estar informado y de acuerdo con la actividad que se realizará en su casa, al momento de llegar a la vivienda donde se impartirá el taller se debe hablar con él y exponerle la importancia de lo que se va a hacer. Además el propietario deberá tener recolectados los materiales de los lugares que se le indiquen, para ahorrar tiempo en el taller.
- *Evaluar el área a revestir:* El área debe estar ubicada en un lugar espacioso de preferencia en el corredor, para que permita una buena percepción visual a todos los asistentes al taller, además, dicha área debe estar limpia y libre de cualquier elemento que imposibilite el trabajo a realizar.
- *Evaluar el material y la herramienta con que se va a trabajar:* Se debe procurar que el material esté libre de materia orgánica o basura y que exista la cantidad necesaria para hacer el trabajo. La herramienta debe ser toda la necesaria para hacer una mezcla y debe estar limpia.
- *Exposición teórica del trabajo a desarrollar:* Esto consiste en presentarse con los participantes, darles la introducción y explicarles la importancia de lo que se va a hacer y pedirles que pongan toda su atención para que puedan hacer un buen trabajo. Luego se les irá explicando paso por paso todo el proceso de la aplicación del revoco.
- *Preparado de la mezcla:* El lugar donde se realice la mezcla deberá estar lo más limpio posible evitando la contaminación de la mezcla y además debe estar cercano al área donde se va a aplicar. Se debe podrir el material saturándolo de agua dos o tres días antes de ser aplicado (dependiendo del tipo de arcilla a utilizar), es importante que la arena haya sido tamizada y que la tierra esté libre de piedras o cualquier elemento grueso dentro de su composición. Es importante recalcar las proporciones en las que serán mezclados los materiales, así como el cuidado que se debe tener con la añadidura de agua a la mezcla. La mezcla debe ser revuelta hasta lograr una consistencia adecuada la cual no debe ser ni muy líquida ni muy pobre en su saturación.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

- **Preparado del muro:** Debemos procurar que la superficie esté lo más limpia posible y que no existan elementos flojos dentro de la mampostería. Además, en caso de existir agujeros considerables, estos deben ser rellenados con una mezcla de lodo días antes de la aplicación del revestimiento, para lograr tener una superficie lo más regular posible, evitando fisuras o desprendimientos en el revestimiento. El muro debe de ser picado con un elemento que permita hacer pequeñas sisas horizontales que mejoren la adherencia del revestimiento al muro. Luego, se deberá humedecer el muro previo a la aplicación del revoco.
- **Aplicación interactiva:** Ya que está todo listo, se procede a hacer la aplicación de forma manual, indicando la manera correcta de hacerlo, además explicando que se puede aplicar también con instrumentos; Esto debe de hacerse de una manera interactiva con las personas, haciendo que participen en la actividad.
- **Resolución de dudas:** Luego de terminar de aplicar, se vuelve a hacer un repaso de todos los pasos que conlleva la aplicación del revoco. Se resuelve cualquier inquietud o comentario que surja por parte de alguno de los participantes.
- **Agradecimiento:** Se da las gracias, y se motiva a que cada participante lleve a cabo el proceso en su vivienda y lo continúe transfiriendo a futuras generaciones.

- **Cuarto paso:**

**Evaluación, supervisión y asesoría técnica, de los revestimientos aplicados en la aldea después de impartido el taller:** Después de realizados los talleres el encargado de la coordinación debe continuar fomentando la aplicación de dicha técnica. Luego se debe ir a evaluar el trabajo de la gente, supervisando que se haga bien el trabajo. Se hará una evaluación en base a una ficha establecida para posteriormente analizar los resultados.

- **Quinto paso:**

**Análisis de los resultados obtenidos en la evaluación:** Se analizan las fichas de evaluación estableciendo una relación entre los datos obtenidos y el éxito que tenga la actividad, dando un resultado estadístico y analítico de las diferentes variables.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**



**Fotografía No. 64:** Picado del muro con machete, hachuela o similar



**Fotografía No. 65:** Saturación de agua previo a la aplicación



**Fotografía No. 66:** Aplicación manual de arriba hacia abajo

**TALLERES DE CAPACITACIÓN:**

La parte más satisfactoria del trabajo fueron los talleres de transferencia de tecnología, donde se tuvo interacción entre los miembros de las comunidades y el equipo técnico encargado de la parte didáctica. Los talleres fueron un éxito y las personas se mostraron muy optimistas concientes del beneficio de los revestimientos. Aldea El Tule y La Brea del municipio de Quezada, Jutiapa.



**Fotografía No. 67:** Explicación a los participantes de la forma ideal de aplicación



**Fotografía No. 68:** Alisado con la mano luego de la aplicación del revestimiento



**Fotografía No. 69:** Participación en la aplicación por medio de los receptores

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---



**Fotografía No. 70. VISTA INTERIOR DE UNA VIVIENDA REVESTIDA:**

Muchas de las personas que acudieron a los talleres se apresuraron y demostraron que los nuevos revestimientos eran satisfactorios, y al equipo técnico nos demostró el éxito de los talleres de capacitación y transferencia de tecnologías. Aldea El Tule del municipio de Quezada, Jutiapa.

### *X. EVALUACIÓN GENERAL DE LOS REVESTIMIENTOS APLICADOS DESPUÉS DE LOS TALLERES DE CAPACITACIÓN*

Dentro de la metodología utilizada para la transferencia de tecnología, fue necesario implementar una evaluación general que mostrara la adopción de la misma por parte de las personas de la comunidad, con respecto a los conocimientos adquiridos en los talleres de capacitación.

La aldea La Brea registró una buena aceptación de la tecnología aplicada, ya que el 77% de los resultados de la evaluación de los revestimientos, fueron resultados buenos. El 23% fueron resultados que obtuvieron una calificación regular. Resultados malos, no se registraron. (Ver gráfico 1)

En la aldea El Tule fueron resultados similares a los de La Brea ya que el 79% de los revestimientos están buenos, el 29% regulares y se registró un 2% de resultados malos. (Ver gráfico 2)

La clasificación (buena, mala y regular) se obtuvo en base a una calificación promedio de varios aspectos que se evaluaron. Los resultados de 7.5 a 10 se tomaron como buenos, los resultados en el rango de 5.5 a 7.5 se tomaron como regulares y los resultados de 0 a 5.5 se tomaron como malos.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Resultados Generales Aldea La Brea

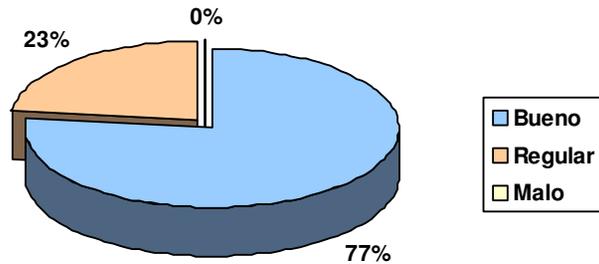


Gráfico 7

Resultados Generales Aldea El Tule

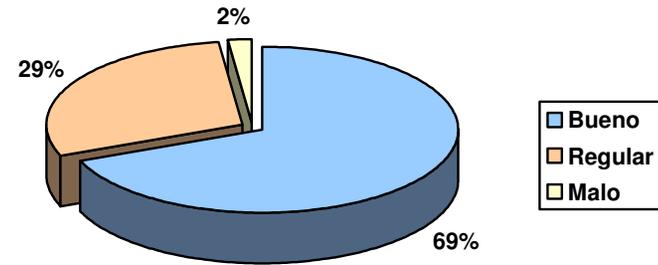


Gráfico 8

También se hizo una evaluación de las personas que aplicaron el revestimiento, si éste fue aplicado por hombres, mujeres o si lo aplicaron ambos (mujeres y hombres); con el fin de observar la integración de los hombres a las actividades de la mejora de vivienda, ya que según antecedentes se sabe que son las mujeres las que se dedican a esta labor.

En la aldea La Brea se obtuvieron los siguientes resultados: el 77% lo aplicaron mujeres, el 15% fue aplicado por hombres y el 8% fue aplicado por ambos. Estos números se ven directamente afectados por la época del año en la que se iniciaron los trabajos de mejora de vivienda, ya que también era el inicio de la época de invierno por lo que los hombres se enfocaron más a sus actividades a agricultura. (Ver gráfico 3)

En la aldea El Tule los números muestran resultados distintos a los de La Brea, pero cabe mencionar que aquí se iniciaron los trabajos varias semanas antes, lo que nos indica que los hombres de la aldea todavía estaban sin ocupación. En El Tule el 24% de los revestimientos los aplicaron hombres, el 64% mujeres y el 12% lo hicieron ambos.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

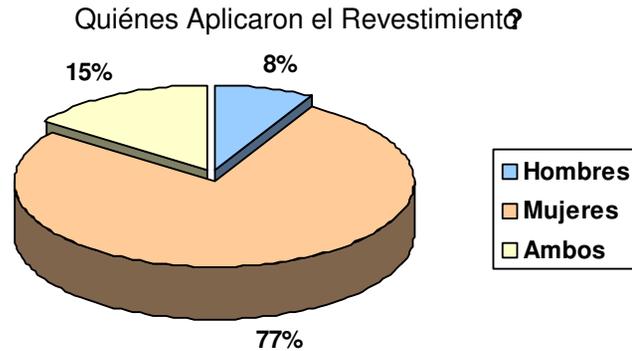


Gráfico 9 (ALDEA LA BREA)

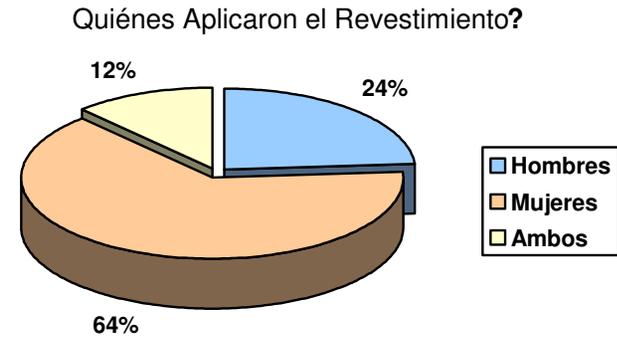


Gráfico 10 (ALDEA EL TULE)

Además se evaluó la cantidad de personas que terminaron de revestir sus viviendas, ya que los resultados darían un indicativo de la respuesta de la gente a la transferencia de tecnología que se realizó. Con estos datos demostrarían si en realidad les convenció la nueva técnica y si estaban dispuestos a seguirla aplicando en futuras generaciones, lo cuál es muy importante para cerrar el ciclo de la transferencia tecnológica.

Los resultados obtenidos indicaron que en la aldea La Brea el 77% sí terminó de revestir y un 23% no terminó, aunque de éste 23% hay gente que actualmente sigue trabajando con el fin de terminar de mejorar su vivienda.

En la aldea El Tule el 73% sí terminaron de revestir y el 27% no han terminado y se encuentran trabajando para terminar. En éste aspecto los números son muy similares a los de la aldea La Brea.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

Qué porcentaje terminaron de Revestir?

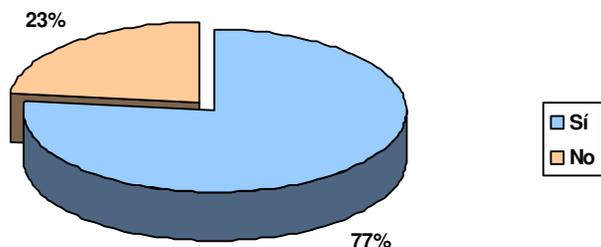


Gráfico 11 (ALDEA LA BREA)

Qué porcentaje terminaron de Revestir?

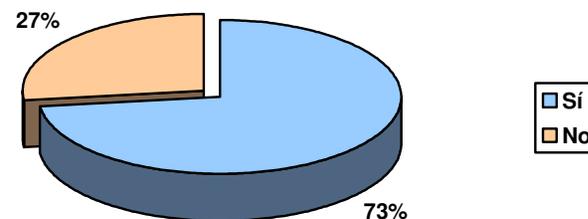


Gráfico 12 (ALDEA EL TULE)

Otro aspecto que es importante evaluar es, si las personas que aplicaron el revoco siguieron el proceso a cabalidad, debido a que con estos datos se justifican los resultados que no fueron satisfactorios, pues los datos registraron un porcentaje significativo de las personas que no siguieron el proceso y por ende obtuvieron malos resultados.

En la aldea La Brea el 77% sí siguieron todos los pasos del proceso y lo cumplieron a cabalidad. El 23% no lo hicieron. En la aldea El Tule el 73% sí siguió el proceso y un 27% no lo hizo.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Qué porcentaje siguió el proceso a cabalidad?

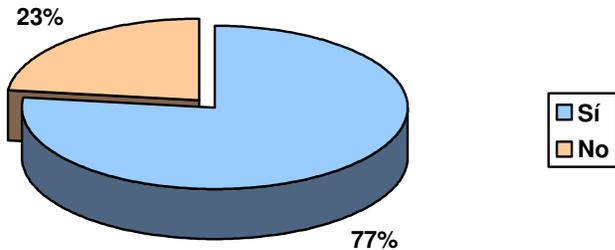


Gráfico 13 (ALDEA LA BREA)

Qué porcentaje siguió el proceso a cabalidad?

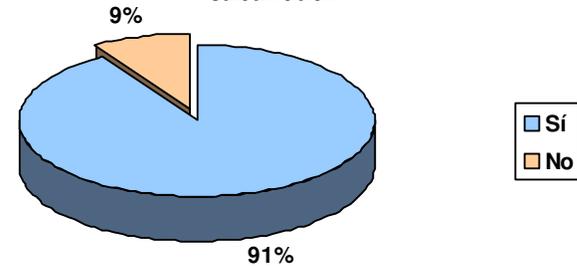


Gráfico 14 (ALDEA EL TULE)

Un aspecto muy importante a evaluar es la percepción de la gente hacia el nuevo proceso luego de la aplicación en sus viviendas, era importante saber si la nueva tecnología era calificada como buena por ellos mismos o si les costó algún proceso para poder mejorarlo y poder obtener mejores resultados en un futuro.

En el caso de la aldea La Brea el 100% de las respuestas fueron positivas, sin embargo en la aldea El Tule hubo un 94% de respuestas positivas, un 4% de personas lo calificaron como regular, y un 2% no les pareció debido a que hicieron un mal trabajo y no siguieron el proceso a cabalidad o no utilizaron el material indicado.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---



Gráfico 15 (ALDEA LA BREA)

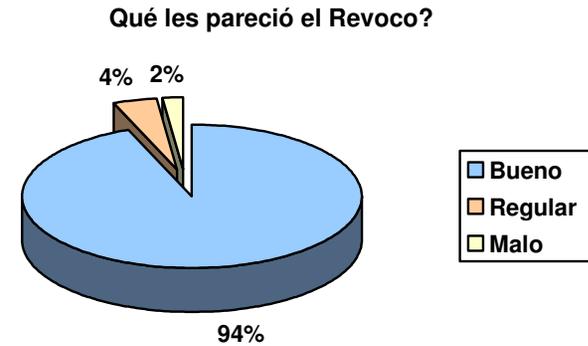


Gráfico 16 (ALDEA EL TULE)

Uno de los aspectos más importantes a evaluar era el material que utilizaron para hacer sus mezclas, ya que dichos resultados nos darían una visión más clara de cuál era el material que dio mejores resultados, tanto en calidad como en la mejor ubicación geográfica.

En La Brea el 38% utilizó tierra de la adobera del puente, el 50% de la Tejera del coche, el 4% uso tierra de su terreno y un 8% le agregó cal y/o cemento a su mezcla.

En la aldea El Tule 41% utilizó material de su terreno, este número afecta directamente los resultados buenos, regulares o malos que se obtuvieron. El 22% utilizó material de la Tejera, el 20% del Cuje, el 4% del Guayabal y un 13% le agregaron cal y/o cemento a su mezcla.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

**Qué materiales se usaron?**

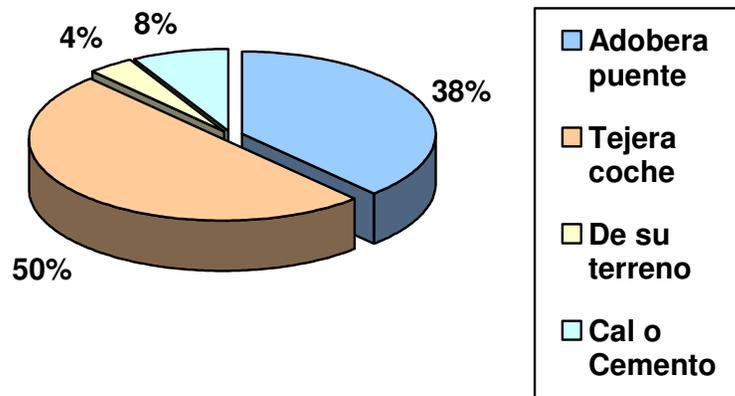


Gráfico 17 (ALDEA LA BREA)

**Qué materiales se usaron?**

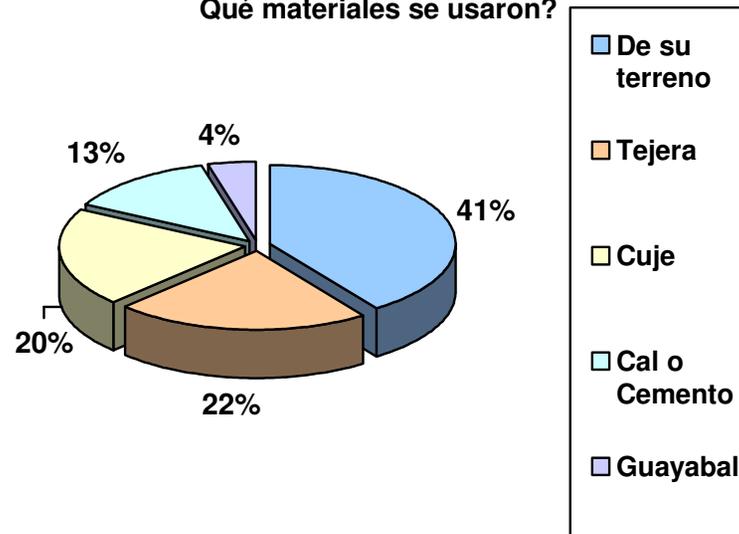


Gráfico 18 (ALDEA EL TULE)

Después de todo este análisis se puede concluir que el proceso de transferencia de tecnología dio resultados satisfactorios, ya que en todos los aspectos que se evaluaron hubo más resultados positivos que negativos, y los negativos fueron por una distorsión de la información y por alguna razón no se siguió el proceso como se indicó.

En términos generales se logró el objetivo, esperando que el proceso de transferencia de cultura de generación en generación que las comunidades poseen, ahora tome en cuenta la tecnología implementada, la cual, lleva dentro de su metodología la apropiación de los saberes ancestrales unidos a la mejora técnica implementada, logrando dar la valorización técnica al conocimiento empírico.

## *XI. APORTE*

La importancia de generar un tratamiento superficial desde el punto de vista ingenieril, es eminentemente de protección, con el objetivo de salvaguardar a los elementos estructurales de una vivienda de tierra (los muros) de las inclemencias del tiempo, la humedad, los vientos, el asoleamiento, la erosión, la abrasión, los impactos, los sismos, el mal uso de los materiales, la mano de obra, etc.

Desde el punto de vista de salubridad, debido al incremento del índice de infectados con el Mal de Chagas y en general, la falta de higiene de los habitantes de estas casas, se hace necesario un recubrimiento a las paredes que reduzca la posibilidad de que la chinche picuda que transmite el Mal de Chagas habite dentro de la vivienda, además de darle un aspecto más limpio e higiénico al lugar donde habitan estas personas.

Desde el punto de vista arquitectónico quizá se puede subdividir la importancia que posee el presente documento.

- **Conservación y restauración:** Debido a que el 65% del patrimonio edificado en Guatemala está elaborado a base de tierra cruda, es necesario tomar en cuenta los factores que puedan intervenir para alargar la vida de dicho patrimonio. Dentro de estos factores es indispensable la aplicación de un buen recubrimiento, tanto en obras de conservación como protección sin intervención, como en obras de restauración principalmente en integración, reposición y reparación; sin dejar a un lado la importancia del mantenimiento de estas estructuras en donde el revestimiento juega un papel importantísimo. Por otro lado, es interesantísimo observar en el área rural, las técnicas que se han generado para construir una casa de tierra; las cuales son parte de nuestra arquitectura vernácula y de donde se podrían sacar elementos que puedan servir en la actualidad.
- **Manejo del Medio Ambiente:** Debido a que para el uso de la tierra en la construcción solamente se requiere el 1% de la energía necesaria para preparar, transportar y elaborar hormigón armado, es sumamente justificado que se piense en este sistema como visión a futuro de la degradación que se está teniendo del medio ambiente en la actualidad por el malo e ilimitado uso de las nuevas tecnologías que dañan la naturaleza. Por tanto, todas las mejoras que se puedan dar a la construcción con tierra son importantes, añadiendo la transferencia de tecnología en dichas mejoras, para garantizar que el sistema se use adecuadamente y no produzca malas interpretaciones por los demás profesionales de la construcción.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

- *Urbanismo: Debido a que 1/3 de la población mundial vive en una casa de tierra y que en países subdesarrollados el porcentaje a veces sobrepasa la mitad de la población, es evidente que en la actualidad se siguen generando aldeas y pueblos enteros con construcciones de tierra que parece seguir siendo la alternativa más fácil y económica para la mayor parte de dicha población. Es entonces necesario que se siga pensando en el sistema constructivo como ayuda al déficit habitacional que acarrearán nuestros países en nuestras áreas urbanas rurales, y generar una alternativa que conlleve todos los saberes ancestrales que han venido de generación en generación para solventar dicho déficit. Es necesario llevar a cabo proyectos de autoconstrucción, y esta autoconstrucción debe de llevar la validación técnica por parte de los profesionales de la construcción que en su mayoría ya no se interesan por este sistema constructivo, como que las estadísticas fueran solo números sin tomar en cuenta que cada número pertenece a una cabeza humana viviendo en condiciones insalubres e inadecuadas.*
- *Diseño arquitectónico: Si el diseño arquitectónico es reflejo de una cultura, ¿qué arquitectura estaremos haciendo entonces en la actualidad en Guatemala?. No se trata de implementar edificaciones de adobe, bajareque, tapial o piedra, pero si tomar en cuenta nuestro pasado y aún más nuestro presente, siendo creativos y generando arquitectura contemporánea e innovadora que conlleve de verdad, cultura Guatemalteca. Que no se nos olvide que la arquitectura es la generación de espacios útiles y bellos, y si la construcción con tierra ha generado espacios funcionales y ha sido bella y duradera por tantos años, tanto así que en la actualidad se sigue usando significativamente en todo el mundo, estas construcciones de tierra han de ser tomadas como arquitectura y por ende estudiadas por dicha rama de la universalidad. Es deber entonces del buen arquitecto guatemalteco, crear arquitectura contemporánea involucrando su cultura, teniendo en cuenta su pasado, aceptando su presente y aplicando su identidad cultural en el diseño arquitectónico.*

Los revestimientos solamente son parte del sistema constructivo, que en este trabajo era necesario estudiar, pero se debe empezar a aportar en conjunto con todos los demás renglones para mejorar la técnica, transmitirla adecuadamente a quienes lo necesitan y promover la autoconstrucción para reducir la falta de vivienda en Guatemala, principalmente en el área rural.

Sería interesantísimo pues, ver a una academia de arquitectura involucrando todos nuestros aspectos culturales heredados por muchos años conjugando ese desarrollo rico y por qué no hermoso de la construcción moderna.

## *XII. CONCLUSIONES*

- La utilización de un revestimiento sobre muros de tierra es indispensable en nuestro medio, principalmente como medida de protección a los mismos, añadiendo el significado cultural que posee en cada región del país. Sin restar importancia, debido al incremento de enfermos con la Enfermedad de Chagas (30,000 nuevos casos anualmente en nuestro país), un buen revestimiento disminuye en gran medida la posibilidad de que la chinche habite dentro de la vivienda y así reducir este número de infectados.
- Paralelo a la utilización de un buen revestimiento, es necesario implementar otro tipo de soluciones que ayuden a mejorar en todo sentido la calidad de la vivienda. Dentro de esta observación entraría la utilización de un buen alero, un buen zócalo, un buen cimiento y un sobrecimiento que puedan ayudar a salvaguardar las condiciones de los muros.
- Las condiciones de los muros en las viviendas del área rural, son en algunos casos pésimas, debido a la carencia de condiciones técnicas que puedan mejorar dichos aspectos. Es necesario entonces, seguir mejorando el sistema constructivo y capacitar a las personas para que ya no se sigan cometiendo los mismos errores que se han venido cometiendo desde mucho tiempo atrás. Los revestimientos no son mágicos y son parte de un todo, ese todo es la vivienda completa (cimiento, muro, techo, piso, revestimiento, etc) y si alguna parte de ese todo está mala, influye en gran medida a la otra.
- Las características de los suelos son muchas y variadas, lo que nos indica la complejidad del buen manejo de los mismos. A la vez, también se puede reconocer la generosidad de este material y la posibilidad de mejorar la calidad de construcción con pequeñas observaciones que se deben transmitir hacia las personas que lo necesitan, para que el éxito de la tierra en la construcción sea no solamente mejor, si no más estético.
- La falta de identidad cultural hace que en la actualidad muchos profesionales ignoren al material tierra como alternativa habitacional para el país; basta con decir que 1/3 de la población mundial habita en una vivienda de tierra, y que en Guatemala existen pruebas de que en Kaminal Juyú se utilizó desde el 1,500 a.C. para darse cuenta de la importancia y necesidad que existe de seguir estudiando este material natural que nos ha heredado nuestro planeta.
- Si para construir con tierra se requiere el 1% de la energía necesaria para preparar, transportar y elaborar hormigón; ¿que podrían decirnos el planeta y la naturaleza con todo su medio ambiente si nos pudieran hablar?

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

- Los deterioros que afectan a los muros de tierra son muchos, como muchos son los efectos que producen dichos deterioros si no existe un tratamiento superficial que impida o disminuya la posibilidad de que se presenten estos deterioros y arrastren con ello los efectos resultantes, que en algunas veces son devastadores.
- Si el 65% de nuestro patrimonio edificado está construido a base de tierra cruda, es necesario seguir investigando a este material tan rico y generoso que nos ha heredado la posibilidad de pertenecer al Patrimonio Cultural de la Humanidad. Es decir, que este sistema constructivo juega un papel importantísimo dentro de la escuela de Conservación y Restauración de este patrimonio edificado.
- Las recetas y materiales encontrados son casi incontables, las alternativas y procedimientos para revestir una vivienda de tierra son muchas; pero también son muchos los errores que se cometen en su utilización, y la importancia de generar este tipo de investigaciones es notoria en los resultados de los talleres de transferencia de tecnología.
- El color es una característica que varía principalmente por la personalidad de cada individuo, aunque para la mayoría es un ingrediente agradable que se identifica con cada uno en su propio gusto.
- La transferencia de tecnología es quizá el paso más importante en el proceso investigativo, ya que no solamente se dan a conocer los resultados, si no que dichos resultados se introducen a las comunidades que se verán beneficiadas, para así completar el ciclo del desarrollo.
- La importancia de tomar en cuenta el saber ancestral con su empinismo dentro de toda la investigación, da la pauta para que el éxito de la transferencia de tecnología sea casi un hecho.
- La transdisciplinariedad dentro del proceso investigativo es indispensable si se quiere llegar al desarrollo.
- La implementación de los ensayos de laboratorio es necesaria para obtener variables que permitan jerarquizar las recetas ancestrales y detectar cualidades que den la mejora técnica al conocimiento empírico.
- No existen recetas mágicas para reproducir revestimientos por todo el país, ya que los materiales son de características muy variadas, los climas son muy diferentes y la cultura es distinta en cada región; pero es muy importante reconocer una metodología que permita evaluar todos estos aspectos y poder dar soluciones alternativas para cada caso.
- Las pinturas son importantísimas, principalmente en los muros exteriores, no solamente como protección, si no como elemento cultural decorativo, aunque si encarezca en general, el tratamiento superficial.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

---

- Los revestimientos que estarán en contacto con las inclemencias del tiempo, deben implementar dentro de su receta, el uso de la cal, la cual permitirá que la humedad, el viento, la lluvia, el asoleamiento y otros aspectos no deterioren de manera rápida los elementos estructurales.
- El mantenimiento es necesario en todo, los revestimientos no son la excepción a esta regla. No existen revestimientos de tierra para toda la vida, hay que darles mantenimiento y cuidarlos.
- Tomando en cuenta todos los aspectos para la aplicación de un buen revestimiento, dentro de ellos la elección de los materiales adecuados, es suficiente para lograr una capa superficial agradable y funcional para una vivienda de tierra.
- El feed – back que se produce en la transferencia de tecnología es interesantísimo y necesario para completar el ciclo investigativo; el trabajo social y los resultados del mismo son satisfactorios cuando se ve y se palpa el bienestar para una comunidad.
- La recopilación bibliográfica permite dar una visión global de las variables que afectan a los revestimientos de tierra. El documento final es de gran ayuda para futuras investigaciones sobre el tema, ya que conlleva desde aspectos generales hasta los aspectos específicos que se deben de tomar en cuenta para la elección y aplicación de un buen revestimiento.
- Los materiales y recetas encontradas fueron variadas, los resultados están dados en base a las características que se generaron en los ensayos de laboratorio y en la experiencia de la aplicación de las recetas.
- Los costos de los revestimientos están influidos por varios aspectos, lo que hace casi imposible generalizar un costo específico, pero se enumeran cada uno de los renglones que influyen en el precio.
- El proceso más tardado en la ejecución de este documento, lo constituyeron los ensayos de laboratorio, los cuales fueron identificados y realizados conforme a la norma establecida. Los ensayos fueron electos debido a las principales causas de deterioro en los revestimientos: la absorción capilar, la permeabilidad – impermeabilidad y la adherencia.

### *XIII. RECOMENDACIONES*

- Generar más investigación del tema, incluyendo dentro de su metodología, la transferencia de tecnología que de como resultado un objeto palpable y visible de los beneficios de la investigación.
- Que las investigaciones futuras engloben la vivienda como un todo, tomando en cuenta desde el terreno para la construcción de una vivienda hasta el techo de la misma, ya que todos los renglones están relacionados y se influyen entre sí.
- Es necesario generar metodologías de concientización tanto para los profesionales, como para los estudiantes e instituciones relacionadas con el tema, para que la tierra tenga la validación que debería de tener, no solamente como propuesta al déficit habitacional, si no como integración a los procesos de diseño arquitectónico.
- Profundizar más en la utilización del color dentro de los revestimientos, como parte de influencia antropológica y psicológica dentro de una comunidad determinada. Existen comunidades que se caracterizan para utilización de uno o varios colores en sus viviendas que se podrían estudiar y sacar conclusiones para aplicaciones futuras.
- Durante la aplicación en campo se detectaron variaciones entre la mezcla de los revestimientos y el material con que se habían hecho los adobes de cada casa. Se interpretó que las características de las arcillas eran distintas y por tanto su comportamiento era diferente. Sería interesante estudiar a fondo esa relación que existe entre muro y revestimiento.
- Los pasos enumerados para el proceso de aplicación, deben de tomarse en cuenta y seguirse tal y como se indica, para llegar a obtener los resultados deseados. Cada uno de los pasos tiene su por qué y por ningún motivo se debe obviar alguno.
- Si la primera capa de revestimiento se fisura o presenta vacíos, será necesaria resanarla con una segunda capa más delgada que la primera, a modo de cubrir estas anomalías que se presentan debido al cambio de contracción y expansión entre la arcilla base del revestimiento y la arcilla de los adobes.
- Para revestimientos exteriores es necesario implementar un revestimiento utilizando cal en su proporción; de no ser posible económicamente, por lo menos deberá aplicarse una pintura a base de cal que reduzca la posibilidad de afectar a los muros.
- Para la aplicación de un revestimiento en otras aldeas, es necesario implementar algunas pruebas de campo con los materiales locales, que permitan determinar la proporción ideal entre arena, limo y arcilla; ya que puede variar según las características de los materiales a emplear.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

*XIV. BIBLIOGRAFÍA*

Tesis

- Relación Granulométrica Adherencia Mecánica de Suelos Usados Como Revestimientos. Luis Eduardo Palencia Flores. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2003.
- Relación Entre la Composición Química y Mineralógica y la Adherencia Mecánica de Suelos Usados en Revestimientos de Muros de Tierra. Omar Enrique Medrano Méndez. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2004.
- Revestimiento de Construcciones de Tierra. Dora Ileana Pérez Rousselin. Facultad de Ingeniería USAC. 2003.
- Evaluación Experimental de Enlucidos Tradicionalmente Utilizados Sobre Muros de Adobe. Hugo Haroldo Barrientos Orantes. 1991. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- El color como parte integral de la arquitectura. Gloria Regina Almengor Hecht. Facultad de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1989

Documentos

- Adecuación sísmica del adobe para construcción de viviendas. Dr. Ing. Ayala Zapata, Edgar Virgilio, Guatemala, USAC marzo de 1984.
- John E. may. El Adobe. Centro de Investigaciones de Arquitectura. USAC. 1980.
- Ceballos, Mario. La Arquitectura para la Producción de Mayólica en la Reino de Guatemala siglos XVI al XVIII. División de estudios de postgrado. Facultad de Arquitectura. UNAM. 1998.
- Material del 2º. Curso Panamericano sobre la Conservación y el Manejo del Patrimonio Arquitectónico Histórico Arqueológico de Tierra. Trujillo, Perú, 1999
- Ensayos de simulación sísmica de viviendas de adobe. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería
- Construyendo con adobe. Instituto de Investigación para la Construcción, Perú.
- La utilización del adobe en la construcción, Instituto Nacional del Patrimonio Cultural, Quito, Ecuador.
- Mejores Viviendas de adobe. Ministerio de Vivienda y construcción agencia para el desarrollo internacional, Perú.
- Hagamos Nuestra Casa, Instituto Nacional del Patrimonio Cultural Quito, Ecuador.
- Construcciones de tierra en la Antigua Guatemala. Ceballos, Mario, Consejo Nacional para la Protección de Antigua Guatemala
- Construcciones en tierra. Dimensión 3
- Nuevas casas resistentes de adobe. Pontificia Universidad Católica del Perú. Agencia para el Desarrollo Internacional
- Adobe-84, Simposio Internacional y Curso-Taller sobre conservación del Adobe.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

- Adobe, Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda
- Adobe, En América y alrededor del mundo, historia, conservación y uso contemporáneo. Exposición Itinerante, PNUD-UNESCO
- Cartilla para la auto construcción de una vivienda de adobe. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología
- INTECAP. Repello de Paredes Maestreadas con Recuadros de Vanos. División de Construcción, Guatemala 1980.
- Arquitectura y Restauración. Revista Mexicana de Arquitectura y Restauración. 1991.
- Síntesis de la Importancia y Condición Actual de la Arquitectura de Tierra en Guatemala. Dr. en Arq. Mario Ceballos Espigares. Para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1999.
- Disminución de la Reinfestación Intradomiciliar de Triatoma Dimidiata en Guatemala, por medio de control integrado basado en el manejo ambiental con participación comunitaria. 2044 – 2005. LENAP Laboratorio de Entomología Aplicada y CII Centro de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Identidad Guatemalteca y Patrimonio Cultural: Análisis Crítico. Ana Verónica Carrera Vela. 1999.
- II Curso Taller Sobre Gestión Tecnológica e Innovación: Transferencia Tecnológica. 2005.
- Informe Final Fase I Proyecto “Plastering Clay Walls”. ECOSUR (Red para el hábitat económico y ecológico). Centro de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Arquitectura y Diseño, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Mayo 2003.
- Informe Final Fase II Proyecto “Plastering Clay Walls”. ECOSUR (Red para el hábitat económico y ecológico). Centro de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Arquitectura y Diseño, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Mayo 2003. Junio 2004.
- Vectores de la Enfermedad de Chagas en Guatemala. Memorias del I Seminario Internacional de Enfermedades Tropicales en Guatemala. Monroy Carlota. Abril de 1992.
- Pinturas y Emplastos de Pared como Formas de control de los Vectores de la Enfermedad de Chagas. Enfermedades Tropicales en Guatemala (JICA). Monroy Carlota. 1993
- Ecología Intradomiciliar de Rhodnius prolixus, Triatoma Dimidiata y Triatoma nítida. Enfermedades Tropicales en Guatemala (JICA). Monroy Carlota. 1995.
- Resultados preliminares de la situación actual en la distribución de los vectores de la enfermedad de Chagas a nivel nacional. Enfermedades Tropicales en Guatemala (JICA). Monroy Carlota. 1996.

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

Libros

- Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones. George B. Sowers y George F. Sowers. LIMUSA. 1975.
- Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Carlos Crespo Villalaz. LIMUSA. Noriega Editores.
- Mecánica de Suelos Tomo I. Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Juárez Badillo y Rico Rodríguez. LIMUSA. Noriega Editores.
- Física de Suelos. L:D: Baver, W:H: Gardner; W:R: Gardner. Unión Topográfica. Editorial Hispano Americana.
- Buena Tierra. Apuntes Para el Diseño y Construcción con Adobe. Consideraciones Sismorresistentes. Urbano Tejada Schmidt. CIDAP (Centro de Investigación, Documentación y asesoría Poblacional).
- Manual de Construcción en Tierra (La Tierra Como Material de Construcción y sus Aplicaciones en la Arquitectura Actual). Gernot Minke. Nordan Comunidad. 2001.
- Investigación Sobre Revestimientos en Paredes de Adobe (Plastering Clay Walls). EcoSur, 2004.
- Segundo Curso Taller de Conservación y Restauración de la Arquitectura de Tierra. Dr. en Arq. Mario Ceballos Espigares. 2003.
- Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra. Programa Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Proyecto XIV. G PROTERRA. Brasil CYTED. 2003.
- Los Desafíos de la Arquitectura en Tierra. Arq. Alberto Calla García. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. CYTED / HABYTED. 2000.
- 3er. Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. PROTERRA Proyecto XIV.G. San Miguel de Tucumán. 2004.
- Arquitectura y Restauración. Revista Mexicana de Arquitectura y Restauración. AURA. Año I Número I. 1991
- Conservación de Monumentos. Dr. Mario Ceballos Espigares. Facultad de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Transferencia Tecnológica y Capacitación Intercultural Para el Hábitat Popular. CYTED XIV:C – UINPI. 2002

**REVESTIMIENTOS PARA CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN GUATEMALA  
(ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO, EVALUACIÓN EN LABORATORIO Y EVALUACIÓN EN CAMPO)**

---

WEB

- <http://www.crdi.ca>
- <http://www.adobebuilder.com>
- <http://www.buildamerica.com>
- <http://www.epsea.org>
- <http://www.adobe-home.com>
- <http://www.polypus.ca>

**NOTA IMPORTANTE:**

El trabajo experimental de este documento es parte del proyecto “Disminución de la Reinfestación Intradomiciliar de Triatoma Dimidiata en Guatemala, por medio de control integrado basado en el manejo ambiental con participación comunitaria”, el cual es financiado por IDRC (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo) de Canadá y ejecutado por la Universidad de San Carlos de Guatemala y la colaboración del Ministerio de Salud.



# IMPRÍMASE

---

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo  
DECANO

---

Dr. en Arq. Mario Francisco Ceballos Espigares  
ASESOR

---

Javier Quiñónez Guzmán  
SUSTENTANTE