

**SISTEMA LAMINADO EN GUADUA PRENSADA PARA MUROS CONSTRUIDOS
EN TAPIA PISADA**

EMERSON CARDOZO VARGAS



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ
2017**

Sistema Laminado en Guadua Prensada para Muros Construidos en Tapia Pisada

Emerson Cardozo Vargas

**Trabajo presentado para optar al título de: Tecnólogo en Construcciones
Arquitectónicas**

**Coordinador PTCA y Docente Proyecto de Grado
Arquitecto Nelson Ricardo Cifuentes Villalobos**

**Universidad La Gran Colombia
Facultad de Arquitectura
Tecnología en Construcciones Arquitectónicas
Bogotá
Diciembre de 2017**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, Diciembre de 2017

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a las personas que más me han influenciado en mi vida, aportándome los mejores consejos, encaminándome por el sendero de la honestidad y el valor del sacrificio, para cumplir una de mis metas, en la proyección de mi vida como profesional.

Con todo mi amor y afecto se lo dedico a mi Madre Violeth Vargas y mi Tía Noelia Rodríguez.

Emerson Cardozo Vargas

Agradecimientos

Es mi deseo como gesto de agradecimiento, dar gracias por todo el apoyo y acompañamiento en mi formación como profesional a mi familia, que aunque se encuentra en otra ciudad, siempre están al pendiente de los buenos momentos, pero también de los malos. Me siento orgulloso de contar con una familia unida, formando un valor que pasare a mi generación.

Agradezco a los Docentes De La Universidad La Gran Colombia, que me guiaron en el camino del conocimiento. Su pedagogía y paciencia son las bases que me influenciaron a crecer en un nivel profesional como personal, porque es de valientes fallar, pero aprender de las fallas, es de aquel que nunca se da por vencido.

¡Muchas Gracias!

Tabla de Contenido

Protocolo.....	16
Introducción	17
Planteamiento del problema	18
Justificación.....	19
Objetivos.....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos	20
Marcos de Referencia.....	21
Marco Teórico	21
La tierra.....	21
<i>Técnicas de construcción con tierra.....</i>	<i>22</i>
<i>Tierra no procesada.</i>	<i>23</i>
<i>Tierra procesada.</i>	<i>23</i>
Tapia pisada.....	25
<i>Características de la tapia pisada.....</i>	<i>27</i>
<i>Componentes de los materiales.....</i>	<i>28</i>
Formaleta.....	29
<i>Sistema de formaletas.....</i>	<i>30</i>
La guadua.	31
<i>Características de la guadua.....</i>	<i>32</i>
<i>Beneficios de la guadua.....</i>	<i>33</i>

<i>Beneficios tangibles</i>	33
<i>Beneficios intangibles</i>	33
Guadua laminada.	34
Marco Histórico y Cultural	34
Múltiples usos.....	38
Marco Conceptual	39
Marco Técnico.....	40
Marco Normativo	43
Marco Geográfico	45
Metodología	47
Aspectos Generales	47
Elaboración de Prototipos.....	47
Propuesta de prototipo no. 1.	48
Propuesta de prototipo no. 2.	48
Proceso Constructivo.....	49
Elaboración del encofrado.	49
Descripción de materiales.....	51
Elaboración tapia pisada.	53
Análisis y Resultados	57
Análisis Medio Ambiental.....	57
Construcción sostenible.....	57
Referencias	58
Anexos.....	61

Índice de Anexos

Anexo 1. Plano 1: Detalles Técnicos -Elementos para Muros	61
Anexo 2. Plano 2: Detalles Técnicos - Alineador y Porta-alineador.....	62
Anexo 3. Plano 3: Detalles Técnicos -Tipo de Uniones (L – T)	63
Anexo 4. Plano 4: Detalles Constructivos	64
Anexo 5. Plano 5: Elementos Constructivos	68
Anexo 6. Ficha 1: Consultorio – Objetivos	74
Anexo 7. Ficha 2: Consultorio – Justificación	75
Anexo 8. Ficha 3: Consultorio – Problema y Conclusión	76
Anexo 9. Registro fotográfico	77

Índice de figuras

Figura 1. Corte de Muro	64
Figura 2. Módulo de guadua prensada 15mm	64
Figura 3. Sistema de refuerzo de muro.....	65
Figura 4. Sistema de refuerzo de muro (Modulación Vertical).....	65
Figura 5. Sistema de refuerzo de muro (Porta-alineador)	66
Figura 6. Sistema de refuerzo de muro (Alineador de muro).....	66
Figura 7. Sistema de refuerzo de muro (Paral plomador de muro)	67
Figura 8. Elementos de sistema de refuerzo (Vista en planta)	68
Figura 9. Elementos de sistema de refuerzo (Vista Lateral).....	68
Figura 10. Muro de 3x4M (Módulos M1 y M2 Perforados)	69
Figura 11. Tipos de uniones para módulos.....	69
Figura 12. Elementos de sistema de refuerzo (Para uniones en L, T, Y, +)	70
Figura 13. Instalación del sistema (Replanteo del terreno)	70
Figura 14. Instalación de módulos (Láminas en guadua prensada, vano para ventana).....	71
Figura 15. Instalación del sistema zanja (0.30M de profundidad 0.35 de ancho)	71
Figura 16. Instalación de Módulos + varilla roscada + tuercas	72
Figura 17. Instalación de Módulos + varilla roscada + tuercas + ángulos perforados en L, T..	72
Figura 18. Instalación de porta-alineadores y alineadores de muro	73

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Historia de la tierra como material de construcción, antes de Cristo	24
Gráfico 2. Historia de la tierra como material de la construcción, después de Cristo.....	24
Gráfico 3. Historia de la tierra como material de construcción, en la actualidad.....	25
Gráfico 4. Historia de la tapia pisada en la construcción	26

Índice de Imágenes

Imagen 1. Valle de Draa, Marruecos.....	22
Imagen 2. Mezquita Kani Combole, Malí – África.....	23
Imagen 3. Construcción en tapia pisada	26
Imagen 4. Formaleta tradicional para muro en tapia pisada.....	31
Imagen 5. Caña de bambú - guadua	32
Imagen 6. Transformaciones tradicionales	34
Imagen 7. Casas patrimoniales en Manizales, construidas en guadua y bahareque.....	37
Imagen 8. Casas patrimoniales en Manizales, restauración	37
Imagen 9. Colapso de vivienda construida en bahareque y guadua	38
Imagen 10. Esfuerzo de compresión lámina de guadua prensada	40
Imagen 11. Esfuerzo de tensión lámina de guadua prensada	41
Imagen 12. Esfuerzo de flexión lámina de guadua prensada	41
Imagen 13. Esfuerzo cortante lámina de guadua prensada.....	41
Imagen 14. Deformación elástica y plástica por esfuerzo cortante	42
Imagen 15. Esfuerzo de rigidez en lámina de guadua prensada	42
Imagen 16. Deformación por pandeo en lámina de guadua prensada	43
Imagen 17. Muro en tapia pisada y encofrado.....	48
Imagen 18. Muro en tapia pisada confinada en guadua laminada.....	49
Imagen 19. Unión de láminas, encofrado	50
Imagen 20. Unión de láminas y muestra de ubicación de tornillos, encofrado	50
Imagen 21. Materiales para la tapia pisada.....	51
Imagen 22. Uso de material adecuado para la tapia pisada	52
Imagen 23. Mezcla de materiales para la tapia pisada	52
Imagen 24. Marcación del replanteo	53
Imagen 25. Vertir tierra en el encofrado.....	54
Imagen 26. Proceso de apisonamiento	54
Imagen 27. Inicio segundo tramo	55
Imagen 28. Proceso de apisonamiento segundo tramo.....	55

Imagen 29. Resultado tapia pisada, Muestra de un tramo sin muro	56
Imagen 30. Resultado tapia pisada, Muro firme luego del apisonamiento.....	56
Imagen 31. Unión en L - Maqueta.....	77
Imagen 32. Unión en T - Maqueta.....	77
Imagen 33. Módulo 1, 1.00m x 2.00m - Maqueta.....	78
Imagen 34. Encofrado con Lámina de guadua Prensada con alineador y porta-alineador.....	78
Imagen 35. Encofrado con Lámina de guadua Prensada – Prototipo a Escala 1:1.....	79

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla con datos de la producción nacional de la guadua	57
---	----

Resumen

El uso de la tierra como material básico en la construcción se remonta desde los mismos orígenes del hombre cuando vio la necesidad de desarrollar refugios como resguardo ante las inclementes amenazas climáticas y naturales de su entorno. La tierra posee características como su capacidad térmica y acústica ideales para la construcción de viviendas, razón por la cual la presente investigación propone la construcción de muros en tapia pisada utilizando encofrados en guadua laminada prensada como fachadas las cuales funcionaria como alternativa estructural avaladas en el capítulo G del NSR-10 y protección del mismo en cuanto al deterioro por humedad y desintegración por erosión. La construcción de este tipo de muros con el sistema modular de guadua laminada contribuiría a un mejoramiento de los sistemas constructivos tipo vernácula que hoy día ha desaparecido casi por completo, siendo este una construcción ecológica y sostenible ya que su desarrollo arroja bajos índices de huella de carbono regidas por la norma ISO 14064. Este proceso de construcción tiene en cuenta características como la densidad, resistencia, compresión, residuos y viabilidad económica, ampliando así el abanico de sistemas constructivos viables y sencillos de llevar acabo en cualquier región rural de Colombia.

Palabras Clave: Muros, Tapia pisada, Encofrado, Guadua laminar, Ecológico, Sostenible, Resistencia.

Abstract

The use of ground as a basic material in the construction dates from the very origins of man when he saw the need to develop shelters and shelter against inclement weather and natural hazards in their environment. The land has characteristics such as thermal and acoustic ideal for housing construction capacity, which is why this research proposes the construction of rammed earth walls using wooden forms recycled-plastic facades and permanent confinement in bamboo laminar compressed, which would function as structural alternative endorsed at the G-10 NSR chapter. The construction of such walls or modules contribute to an improvement in the vernacular type construction systems that it has disappeared almost completely, this being an ecological and sustainable construction and its development sheds low levels of carbon footprint governed by the rule ISO 14064. This construction process takes into account characteristics such as density, strength, compressibility, waste and economic feasibility, expanding the range of viable building systems and simple to carry out in any rural region of Colombia.

Keywords: Walls, rammed earth, formwork, laminated Guadua, Ecological, Sustainable, Resistance.

Protocolo

La línea de investigación, según el Documento Institucional (Universidad La Gran Colombia; Dirección de Investigaciones, 2010), se define como “un conjunto articulado de proyectos investigativos que de manera secuencial vinculan actividades y productos a un eje temático o a un problema de interés para un área de conocimiento, con miras a constituir una base epistemológica” (pág. 8).

Teniendo en cuenta lo anterior, la línea de investigación a la cual se encuentra suscrito el presente trabajo es a la nombrada Hábitat de la Facultad de Arquitectura, siendo ésta eje central de investigación frente a la formación y desarrollo del hábitat humano, ocupándose de circunstancias, condiciones y elementos de orden material, tecnológico, social y cultural interrelacionados entre sí.

La Sub-línea correspondiente al Programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas y la cual es eje central temático de la carrera es la nombrada Hábitat Tecnológico y Construcción, en la que se pretende resolver, implementar y/o modificar materiales, elementos, sistemas constructivos y procesos para la arquitectura.

Se contempla una modalidad de trabajo con base a la Tecnología, ya que este proyecto profundiza en el uso, estudio e investigación en el campo de los materiales, las tecnologías y los procesos constructivos planteados como aporte a un problema arquitectónico, por medio de la optimización o nueva producción.

Introducción

Entre los materiales constructivos más antiguos empleados por el hombre se encuentra la tierra en dos de sus versiones más prácticas, el adobe y la tapia.

La construcción con este material, además de ser sencilla y económica, presenta otras muchas ventajas que le hacen atractiva para lograr viviendas ambientales responsables. Se trata este de un material que se ha usado desde hace milenios en diversas partes del mundo donde se daban las condiciones para ello. En las últimas décadas, este material ha sufrido un injusto descrédito ante la llegada de los materiales de construcción industrial pasando a considerarse como arcaico. Afortunadamente en la actualidad vuelve a renacer un interés en esta técnica constructiva a raíz de sus magníficas propiedades para conseguir unas edificaciones medioambientalmente más responsables.

La tierra es un material de construcción que no ha tenido acogida en zonas de alto grado de sismicidad, a pesar de su uso en numerosos lugares de nuestro planeta desde la época prehistórica, es sólo hasta hoy, que este material se ha revalorizado y preservado.

Sin embargo, parte de la problemática que se presenta en esta investigación se centra en el deterioro físico y la debilidad en los vértices o ángulos frente a fenómenos naturales y telúricos de la construcción en tierra. Los desastres medioambientales son una problemática que está estudiando todas las disciplinas académicas y profesionales proponiendo iniciativas y desarrollos tecnológicos en pro del ecosistema, para así ir balanceando el desequilibrio ambiental causado por la industrialización desmedida en las ciudades. Una de estas medidas es mejorar la construcción con materiales eco-sostenibles.

Por tanto, se busca resolver esta problemática presentando una alternativa que re-estructure estas falencias mediante la incorporación de un sistema laminar de guadua modulado como refuerzo y protección al deterioro.

Planteamiento del Problema

La problemática que se presenta se centra en el deterioro físico y la debilidad en los vértices o ángulos frente a fenómenos naturales y telúricos. Hay instituciones educativas e industrias que coinciden con el uso de combustibles fósiles, la calefacción o la refrigeración de viviendas; el uso de materiales confeccionados por el hombre, como el cemento, los aditivos, los ladrillos, plásticos, etc., que aumentan los niveles de contaminación y el alto consumo de energía en su elaboración.

Debido a esta problemática, se busca dar una alternativa que subsane estas falencias mediante la incorporación de un sistema laminar de guadua modulado como refuerzo y protección al deterioro, que permita prolongar el tiempo de los muros en tapia pisada y la seguridad de sus habitantes, también exaltar que los residuos constructivos que atentan el sistema ambiental, energético y económico son minimizados con la aplicación inteligente de una alternativa constructiva.

La construcción del muro se desarrollará usando materiales como tierra seleccionada y estabilizada con cal, el uso de madera de guadua pensada laminada como encofrado para el confinamiento permanente que funcionara como fachada. Todo lo anterior, son un conjunto de elementos que conformarán un sistema constructivo para el mejoramiento de la construcción en tierra.

Justificación

Este tipo de construcciones es una opción viable desde el punto de vista Medioambiental sino también por economía, logrando que las personas de bajos recursos opten por esta clase de construcciones vernáculas que no requieren de un conocimiento sofisticado para su realización. La técnica del tapial ofrece una mejor ventaja en comparación con las construcciones con adobe, ya que la construcción con tapia son construcciones monolíticas y por ello ofrece una mejor resistencia y durabilidad.

Objetivos

Objetivo General

Crear un muro de tapia pisada y encofrado de guadua laminada prensada para mejorar el sistema constructivo, el cual se probará bajo la construcción de un modelo a escala que se pondrá a prueba.

Objetivos Específicos

- Recolectar información que evidencie la problemática actual de las fallas en construcción de tapia pisada.
- Crear un encofrado que sea permanente para darle estabilidad al tapiado y a su vez sirva como fachada y aislante de la humedad externa.
- Elaborar prototipos para realizarle pruebas de laboratorios a compresión y esfuerzos cortantes.
- Analizar los resultados de las pruebas de laboratorio y elegir el mejor sistema de los prototipos.

Marcos de Referencia

Marco Teórico

Para dar inicio a los marcos de referencia del Proyecto, se analiza el marco teórico como primera medida, por lo que primero se debe comprender el comportamiento de la materia prima a emplear durante el desarrollo de la presente propuesta, por tanto, el primer componente a analizar dentro de los materiales es la tierra, seguida de la tapia pisada, el encofrado, y la lámina de guadua.

La tierra.

La tierra como técnica constructiva ha estado presente a lo largo de la historia en diversas civilizaciones, tanto para la ejecución de pequeñas edificaciones, como para la construcción de estructuras más ricas, como son los casos de murallas, castillos, fortalezas. Ejemplos de ello son las construcciones realizadas por las primeras sociedades que se establecieron en la Mesopotamia del tercer milenio antes de Cristo, aquellas que formaron la génesis del Antiguo Egipto o los pueblos que se reunían en torno a los marroquíes.

Antes de comenzar con el análisis constructivo de la tierra, es necesario realizar un análisis de las características propias del mismo.

La tierra, es el material suelto y sólido que constituye la capa superficial y estructural de la corteza terrestre, presentando un espesor variable; es el resultado de la transformación de la roca madre, como consecuencia de la interacción simultánea de diversos procesos físicos, químicos y biológicos a lo largo del tiempo. La naturaleza del mismo, son las partículas minerales sólidas, acompañados de materiales orgánicos e inorgánicos, siendo sus componentes principales gravas, arenas, limos y arcillas.

Como material de construcción, la tierra ofrece numerosas posibilidades frente a las tecnologías más comunes de la arquitectura actual: además de ser un material de gran

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

accesibilidad, ya que puede encontrarse en casi todos los lugares del mundo, proporciona a las construcciones un buen aislamiento térmico y acústico, gracias a su masa específica y a su inercia térmica; la producción de construcciones mediante este sistema constructivo emplea, principalmente, recursos locales, tanto para la materia prima como en el caso de la mano de obra, la cual no necesita que posea un alto grado de especialización debido a la simplicidad de ejecución.

A pesar de haber sido un material de construcción muy utilizado a lo largo de la historia, su uso se ha visto muy limitado en la actualidad dentro de los países desarrollados, al carecer de una normativa de aplicación, haciendo imposible un estudio y clasificación correctos y delegando la predominancia a materiales más estandarizados.

Técnicas de construcción con tierra.

Las técnicas de construcción con barro datan de hace más de 9000 años. En el Turquestán fueron descubiertas viviendas de tierra del periodo 8000 – 6000 a.C. (Pumpelly, 1908). Parte de las construcciones en el valle de Draa, Marruecos, tiene 2500 años de antigüedad, las cuales fueron construidas en tierra.

Imagen 1. Valle de Draa, Marruecos



Fuente: (Last SEO News, s.f.).

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

En África casi todas las mezquitas fueron construidas en tierra, específicamente en Malí e Irán, como se muestra en la Imagen 2. La mayor parte de viviendas rurales y hasta urbanas están construidas en tierra donde además se resalta variedad de técnicas y su refinado manejo, producto de un saber milenario.

Imagen 2. Mezquita Kani Combole, Malí – África



Fuente: (Alvarez, 2007).

Tierra no procesada.

La tierra no procesada maneja una relación con la arquitectura troglodita, mediante el manejo de estructuras autos portantes, excavada en la tierra; esta familia tecnológica constituye todo un mundo arquitectónico por sí sola, los campesinos llamados “yaodong” viven todavía en habitaciones excavadas en las laderas y planicies de loess en el norte de China. Sin embargo, también se encuentra arquitecturas vernáculas en tierra en Europa, en África, Medio Oriente y Norteamérica (Alvarez, 2007). Algunas de las arquitecturas modernas se han inspirado de ellas con el fin de mejorar la termicidad de los edificios y lograr una integridad absoluta con el entorno.

Tierra procesada.

La arquitectura con tierra procesada tiene como uso principal las estructuras portantes en tierra. Es decir, el manejo de todas las tecnologías de construcción en tierra propiamente

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

dicha, donde la materia prima “el suelo” se procesa de diferentes maneras para obtener materiales de construcción. La tierra ha sido y sigue siendo considerada, como el material de la pobreza. En la tradición de la arquitectura, a menudo está camuflada en las calles, escondida en las fachadas o ladrillos cocidos. De esta manera, podemos determinar que la historia de la tierra como material de construcción no es de ahora, sino de mucho tiempo atrás, así como se puede ver en el gráfico 1 y gráfico 2.

Gráfico 1. Historia de la tierra como material de construcción, antes de Cristo

Se estima que durante la edad de piedra empezó a usarse la tierra; por evidencias arqueológicas de las culturas Yangshao y Longshao en China

Se descubrieron viviendas hechas en tierra en Turquestán en el 8000 - 9000 a.C.

En el antiguo Egipto se empleó frecuentemente el adobe, elaborado con limo de Nilo, en la construcción de casas, tumbas, fortalezas, palacios e incluso bóvedas hace mas de 3000 años.

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 2. Historia de la tierra como material de la construcción, después de Cristo

En México, Centroamerica y Sudamerica existen construcciones en adobe en la mayoría de las culturas precolombinas.

En la época precolombina, Siglo XIV y XV indígenas de varios países suramericanos incluyendo Colombia, construían sus viviendas en Bahareque.

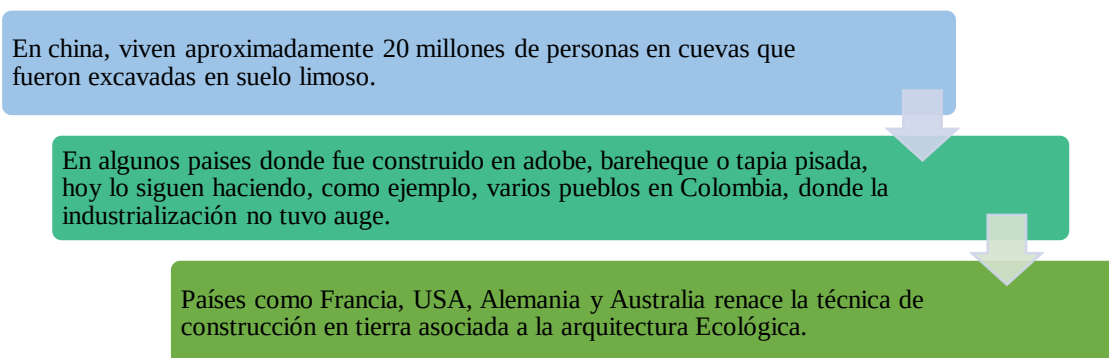
En la Edad Media (S. XIII - XVII) la tierra fue usada en toda Europa Central como relleno de entramados de madera y para cubrir techos de paja y así obtener techos resistentes al fuego.

En el siglo XVII el Valle de Draa, Marruecos y la mayoría de mezquitas en África, fueron construías en tierra.

Fuente: elaboración propia.

A raíz de estos cambios, para el siglo XVII que se desarrolló la Revolución Industrial, la producción en masa ocasionó un cambio significativo en el uso de la tierra como material de construcción.

Gráfico 3. Historia de la tierra como material de construcción, en la actualidad



Fuente: elaboración propia.

Tapia pisada.

La tapia pisada es un método de construcción con tierra que se emplea aun en países tan diferentes como Dinamarca, Marruecos, Perú y China. En Francia, se encuentran numerosas casas de tierra, de tamaño frecuentemente imponente, especialmente en el Dauphiné, Lyon y Bretaña. Actualmente es cada vez más difícil distinguir esas casas de las construcciones resientes porque la mayoría están pañetadas. Así se pueden ver parecidas a sus hermanas de piedra, en los cuales todo el mundo ve un desafío al tiempo (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica; Presidencia de La Republica; Red de Solidaridad Social, s.f.).

Las edificaciones consideradas patrimonio histórico son construcciones en tierra apisonada, levantadas por artesanos que ven en la tierra un material ambientalmente aconsejable para el uso en construcción, pero sin ningún análisis técnico de las propiedades físicas y mecánicas de la tapia pisada y de las solicitaciones a que se ve expuesta. La tapia pisada es un procedimiento por medio del cual se construyen casas con tierra, sin sostenerlas

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

con piezas de madera y sin mezcla de paja o relleno, este método consiste en apisonar, capa por capa, en medio de los tablones con el espesor normal de los muros de piedra.

Gráfico 4. Historia de la tapia pisada en la construcción

En Asiria fueron encontrados cimientos de tierra apisonada que datan del 5000 años a.C.

La Gran Muralla China fue construida casi toda en tierra apisonada (tapial) hace 4000 años a.C.

La ciudadela Arge Bam en Irán, tiene parte de sus construcciones en tapial con 2500 años de antigüedad.

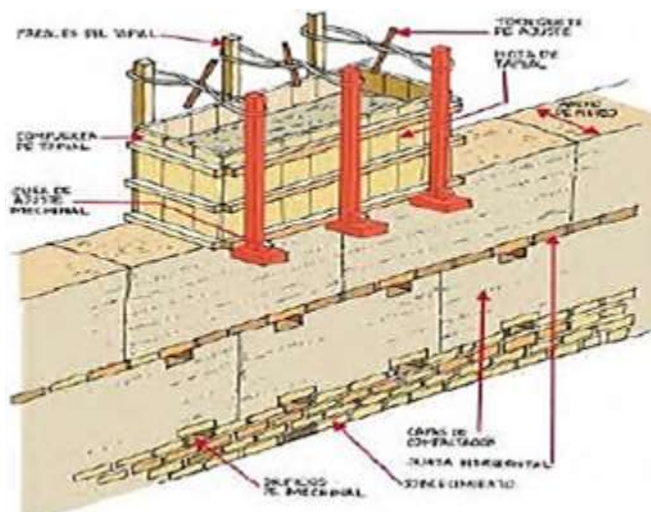
A finales del año 100 a.C. existían fortalezas de tierra apisonada en España.

El centro de la pirámide del Sol en Teotihuacán, México; está compuesto por 2 millones de toneladas de Tierra apisonada (300-900 d.C).

Fuente: elaboración propia.

Apisonada de esta manera, la tierra se liga, toma consistencia, y forma una masa homogénea, que puede ser elevada hasta la altura necesaria para una casa, como se muestra en la Imagen 3.

Imagen 3. Construcción en tapia pisada



SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica; Presidencia de La República; Red de Solidaridad Social, s.f.).

La tierra apisonada fue bien conocida por siglos en todos los continentes del mundo como técnica tradicional de construcción de muros. Ésta técnica consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra de 10 a 15 centímetros compactando cada una de ellas con un pisón.

Características de la tapia pisada.

La tierra usada para la Tapia Pisada se extrae directamente del suelo. Debe estar seca, para tener suficiente cohesión, debe ser apisonada. Las ventajas que se pueden ver como las más representativas son:

- Rapidez en la construcción
- Costo mínimo y favorable
- Transformación en abono a la demolición
- Resistencia al fuego
- Solidez y durabilidad

Cuando los muros en tapia pisada están bien hechos, forman una sola pieza y si están bien protegidos al exterior por un buen pañete, pueden durar siglos. No todas las tierras son adecuadas para la construcción de tapia pisada, se maneja un porcentaje acorde, compuesto por:

- Gravilla de un 9 a 15%
- Arena de 40 a 50%
- Limo de 35 a 20%
- Arcilla de 15 a 25%

Componentes de los materiales.

Las características de la materia prima resultan determinantes para la construcción de tapias. La tierra en su estado natural está integrada por partículas de diferentes tamaños, en función de lo cual se clasifican esquemáticamente de la siguiente manera:

Los elementos de mayor tamaño se denominan gravas y gravillas, luego les siguen las arenas, después los limos y finalmente las arcillas. Cada uno de ellos cumple funciones específicas dentro del suelo. Los tres primeros se consideran “inertes”, ya que no se ven afectados por el agua que conforma la mezcla. Sin embargo, su papel consiste en la conformación del “esqueleto” que mantiene estable al conjunto.

Las arcillas poseen una dimensión y una forma de organización cristalina que permite su fácil hidratación, movimiento e inserción entre las partículas mayores y, al secarse, se convierten en un aglutinante que evita que el conjunto se disgregue. No todas las arcillas son iguales. Por tratarse de compuestos minerales con diferentes elementos, su comportamiento varía en función de su capacidad de reaccionar con el agua y por lo tanto, de cumplir su función cementante dentro del conjunto.

Las arcillas más “activas” capturan y pierden mayor cantidad de agua, lo que las hace más adhesivas, pero al mismo tiempo más inestables. Las arcillas más “inactivas” reaccionan menos violentamente a la hidratación, pero unen con menos fuerza al resto de los componentes de la tierra.

El agua constituye otro componente fundamental en el proceso constructivo y cumple dos funciones sustantivas.

- 1) Permite el movimiento de las partículas sólidas de la mezcla al transportar a las más pequeñas entre las de mayor tamaño.
- 2) Activa las propiedades adhesivas de las arcillas que al hidratarse generan atracciones electrostáticas sobre el resto de los componentes.

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Los rangos de humedad que se requieren para la realización de las tapias giran en torno al 10 por ciento. Cantidades menores producen mezclas heterogéneas que se vuelven frágiles con el tiempo, mientras que el exceso de humedad dificulta la compactación y genera alteraciones o deformaciones en las estructuras a lo largo de la fase de secado.

Formaleta.

Las formaletas son un molde temporal, de madera o metálicas, que se retiran una vez el material que se trata de moldear logra la resistencia suficiente para sostenerse a sí mismo. (Real Academia Española, 2015). Las formaletas para construcción de la Tapia Pisada son hechas en madera y están compuestas por:

- Paneles
- Riostras
- Parales
- Cuñas
- Tapa para la formaleta

Los paneles → son tablas, rollizos de madera o metales, se requiere que sean resistentes y estén en buen estado.

Si son madera deben ser tablas cepilladas, las dimensiones varían de un lugar a otro pero en promedio están entre 0.90m de alto a 1.50m y de largo desde 1.50m hasta 3.00m. El ancho puede ser desde 0.30m como mínimo para poder manipular el pisón hasta 0.80m y más.

La superficie de estos paneles debe ser lisa y se le coloca algún elemento que evite la adherencia de la tierra (aceite).

Las riostras → son los elementos inferiores también llamados travesaños inferiores, si la formaleta es de madera este debe ser de madera dura y un espesor de 8cm aproximadamente, un ancho de 10cm máximo y una longitud de 1.00m, se deben colocar cada

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

cierta distancia y se estima que cada 0.80m y en sus extremos deben de tener un orificio para permitir encajar los párales.

Los parales → o costales generalmente se hacen de madera aserrada de sección cuadrada, con una longitud superior al del panel pues debe ayudar a amarrarlo en la parte superior e inferior. Deben rebasar la altura de la formaleta en unos 0.50m y deben rematar en un espigo.

Las cuñas → sirven para apretar los párales y los paneles contra la hilada del muro ya hecha, al introducirla entre las cajas de las agujas o de las riostras. Juegan un papel importante en la plomada de la formaleta, su lado sobre el paral debe estar a plomada.

El ángulo de las cuñas debe ser agudo para asegurar un buen acuñamiento. El hueco que se realiza a la riostra o aguja debe ser proporcional a la cuña para que ajuste y no pase derecho.

La tapa de la formaleta → es una compuerta o un testero que está formada por tablas ensambladas por medio de otras pequeñas y permiten darle un comienzo y final al muro.

Los yugos → son para sostener la parte superior de los párales, no tiene una forma específica, pueden servir las riostras o agujas. (Middleton, 2001)

Sistema de formaletas.

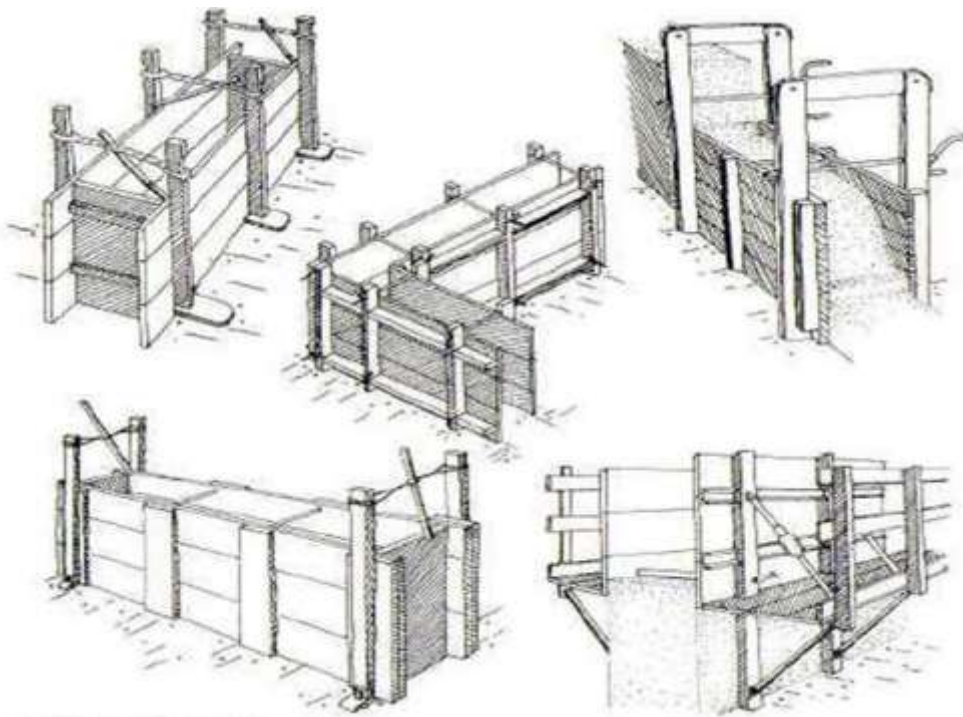
Para la construcción con sistemas industrializados, mano portable y túnel. En ambos sistemas, los paneles unidos forman una estructura temporal auto portante, capaz de soportar presiones sin deformarse demasiado.

Todas las partes del encofrado son resistentes a la corrosión, a esfuerzos de tensión y compresión, sin deformarse.

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

El modulo más grande es de 1,20 x 0,60 m y pesa 27 kg aproximadamente, las medidas van desde 1,20 x 0,05 m hasta 1,20 x 0,60 m aumentando 0.05 m gradualmente.

Imagen 4. Formaleta tradicional para muro en tapia pisada.



Fuente: Formaleta tradicional tapia pisada (Middleton, 2001).

La Guadua.

La guadua se tiene en un segundo plano ha sido desplazada, pues es usada por la población que vive en muy bajos recursos y generalmente se piensa que es atacada por hongos e insectos, esto se debe a un diseño de protección hacia el materia de manera inadecuada. Como recurso natural, la guadua permite además de sus múltiples usos de reforestación, ayudar a la preservación del equilibrio ecológico mundial.

Esta es amigable con el medio ambiente, es confortable hablada con el cambio climático, económica y accesible. Durable (no menos de 20 a 25 años), es segura teniendo en cuenta incendios, terremotos, deslizamientos.

Imagen 5. Caña de bambú - guadua

Fuente: Formaleta Tradicional Tapia Pisada (Middleton, 2001).

Características de la guadua.

- La guadua se enmarca dentro de la sostenibilidad y renovabilidad porque ella se automultiplica vegetativamente, a diferencia de un árbol maderable, ésta especie se auto reproduce vegetativamente, al igual que lo hacen otros monocotiledóneas como el plátano o el chontaduro (Londoño, 2000).
- Tiene una alta velocidad de crecimiento, casi 11cm de altura por día en la región cafetera, en sólo seis (6) meses puede lograr su altura total (Londoño, 2000).
- La guadua tiene una enorme vitalidad de crecimiento, a diferencia de otras especies madereras que por tiempo, son extremadamente larga la obtención de resultados.
- Brinda condiciones óptimas para su propio desarrollo, lo cual redundo en la facilidad y economía permite el aprovechamiento competitivo, rentable y sostenible de la especie.

La guadua es la máxima expresión de la riqueza de nuestra biodiversidad (Vélez, 1989), es uno de los materiales que para la construcción en Colombia sería más útil que el propio concreto, acero, ladrillo o madera.

Beneficios de la guadua.

- Mejora de la situación socioeconómica y la calidad de vida de las comunidades en el área de influencia.
- Recuperación de cuencas hidrográficas y canalización de ríos, regulariza la cantidad de agua para el consumo humano.
- Protección de la biodiversidad, ya que interviene en el desarrollo de la fauna.
- Recuperación de tierras degradadas para la reforestación con esta especie. Regulación de caudales.
- Rescate y fortalecimiento de la cultura de la guadua.

El desarrollo de construcción de viviendas en guadua, se basa en viviendas de interés social, de allí se puede generar beneficios tangibles o intangibles.

Beneficios tangibles.

- Menor empleo de materiales de apreciable costo, tales como el concreto y el acero.
- Tiempo de construcción reducido.
- Menor empleo de mano de obra especializada.

Beneficios intangibles.

- Fácil integración con otros materiales y tecnologías constructivas.
- Adaptabilidad al medio ambiente natural.
- Propiedades físicas y mecánicas ventajosas frente al riesgo sísmico.
- Rápido crecimiento y madurez.
- Evita la erosión de una manera eficaz y tiene un excelente preservador de suelos.

Guadua laminada.

La guadua laminada, es una alternativa que para el segmento de la arquitectura y la construcción, ofrece una serie de características de sismo resistencia, óptimas, que bien podrían llevarla al tope de los materiales elegidos para aplicaciones con esta condición. Destacadas propiedades físico mecánicas ya comprobadas, un sencillo proceso de silvicultura y rápido crecimiento. La guadua está compuesta en un 40 por ciento de fibras longitudinales que van desde su tallo hasta la parte más alta; cualidades que le aportan gran resistencia al material. En la selección de la guadua para uso estructural, se considera el uso de piezas de entre 10.0 y 12.0 cm de diámetro y con un espesor de 7.0 mm a 1.0 cm. La guadua laminada se usa por lo general en tableros para carpintería y ebanistería, tanto para la construcción de puertas, marcos, pisos y molduras de la elaboración de muebles. El público al cual está dirigido éste producto son empresas que usan la madera para la transformación industrial a nivel de hogar u oficinas. La guadua laminada al tener una presentación en tableros, tiene calibres de 12, 15 y 18mm, en tamaños de 1.5x3mt y 1.25x2.5mt como estándares.

Imagen 6. Transformaciones tradicionales



Fuente: cortes básicos (Camino, 2015).

Marco Histórico y Cultural

Nuestros ancestros los indios se caracterizaron por el uso de elementos de guadua desde épocas precolombinas y el único límite para su uso es la infinitud de usos que el hombre le da en cada necesidad.

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Los indígenas Quimbayas, habitaron la región centro-occidental entre los 1000 y 2000m sobre el nivel del mar, que se destaca por ser de topografía montañosa. Ésta geografía presenta mejores condiciones para los sembrados por lo que desarrollaron sus poblaciones desde los ríos como principal medio de comunicación y transporte, construyeron embarcaciones con guadua.

Los amplios y espesos guaduales sirvieron de muralla a muchos asentamientos indígenas para protegerlos del asedio de otras tribus y más tarde de los españoles. Los poblados de guadua se construían usando la estructura de guadua y otras cañas, con mezcla de barro, paja y boñiga. Las paredes se separaban con esterillas (guadua adelgazada) y se rellenaban de nuevo con la mezcla de boñiga, luego se le aplicaba un revoque de barro. El techo se hacía de guaduas gruesas con recubrimiento de cañas pequeñas y luego con paja. Además de sus casas también construyeron escaleras para subir por entre las montañas e impresionantes puentes para acortar distancias y acueductos; al igual que cercos donde clavaban cabezas y cuerpos de sus enemigos.

Siglos más tarde con la llegada de los españoles, en la construcción de viviendas y edificios se mezclan y fusionan las técnicas traídas y la de los indígenas. Se inicia una combinación de construcciones tradicionales en guadua para los pobres y de la manera española en los centros urbanos.

La influencia de los estilos tradicionales europeos a comienzos del siglo XX, trae consigo el uso de nuevos materiales como lo fueron:

- La tapia pisada
- El adobe
- El vidrio
- El concreto reforzado
- El hierro

Y en la decoración:

- Mampostería recubierta con molduras
- Tallas en madera detallada
- Barandas metálicas
- Yeso
- Estuco

Ésta nueva opción de construcción la toman las clases altas y los edificios del gobierno, la mayoría de la población sigue aun construyendo con guadua y bahareque. La aparente estabilidad y la seguridad contra incendios le otorgan una alta categoría a los nuevos materiales.

La guadua se ha empleado en Caldas y en la zona cafetera vecina en la construcción de edificaciones en el medio rural y urbano.

En la ciudad de Manizales, todavía existen muchas casas que fueron construidas en bahareque, que en general es una estructura de entramado en guadua y madera, con rellenos de barro (las más antiguas) y con recubrimientos laterales de esterilla de guadua, recubiertas con boñiga y en algunos casos revocados con morteros de cemento (las más modernas) o cubiertas con láminas de latón; también es usada en construcción de galpones e instalaciones para beneficio del café.

Desde el terremoto de 1878 se comenzó a considerar la guadua como un material apropiado para las construcciones en esta zona de alta actividad sísmica. Las construcciones en madera sufrieron poco y se les llamo “estilo temblorero”, con el primer piso en tapia y el segundo piso en guadua, esterilla, paredes rellenas de boñiga y revocadas en cal.

La guadua, patrimonio natural, vista desde diferentes perspectivas o enfoques, se involucra con el que hacer del hombre frente a las actividades culturales, en lo social, económico y tecnológico.

Imagen 7. Casas patrimoniales en Manizales, construidas en guadua y bahareque



Fuente: Gran Hotel Pereira. Casa construida entre 1910 y 1920 (Gran Hotel Pereira, s.f.).

Imagen 8. Casas patrimoniales en Manizales, restauración



Fuente: Casa construida entre 1910 y 1920. Restauración, 2008 (Gran Hotel Pereira, s.f.).

Imagen 9. Colapso de vivienda construida en bahareque y guadua



Fuente: Vivienda colapsada (Cardona, 2013).

Múltiples usos.

- Paisajístico y bosques protectores
- Puentes colgantes
- Construcciones en general: casas, iglesias, colegios y kioscos
- Canales de agua
- Como material auxiliar en la fabricación de formaletas
- Aligeramiento de losas (casetones)
- Andamios
- Montajes para almacenamiento y procesos del café
- Cercas y gallineros
- Muebles; bancas, mesas, alcobas
- Objetos domésticos como: vajillas, esteras, canastos, asa para herramientas, etc.

Marco Conceptual

Teniendo en cuenta el campo en el que se encuentra vinculada la investigación y los procesos que se deben llevar a cabo para desarrollarlo, es necesario tener en cuenta algunos conceptos que nos permitirán entender y conceptualizar la propuesta para poder darle una aplicación y desarrollo consecuentes.

Extracción: Consiste en picar la tierra, deshaciendo los grumos con algún elemento. (Comerma, 2014).

Sedimentación: Utiliza la diferencia de caída de las partículas de la tierra sumergida con anterioridad, en el agua. (Comerma, 2014)

Límite de atterberg: Permite conocer la plasticidad del material. Para este ensayo se toma la parte de granulometría fina de la muestra para definir los límites de liquidez, de plasticidad y contracción. (Hoyos, 2015)

Ensayo de proctor: Permite conocer la compactación del material. (Hoyos, 2015)

Ensayo de granulometría: Permite determinar la cantidad respectiva de los diferentes elementos que componen la muestra de tierra. (Hoyos, 2015)

Ensayo de tracción: Llamado ensayo del ocho, que permite conocer la cohesión del material. El del olor, el de la mordida, el del golpe, el del lavado de las manos; así como también se pueden efectuar el de la sedimentación simplificada, el de la sacudida, el del cordón, el de la resistencia en seco. (Hoyos, 2015)

Formaleta: Unión de tablas que se sostienen por medio de montantes o barras. (Comerma, 2014)

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Las tablas: También llamadas paredes verticales deben ser lisas para proveer una superficie homogénea y tipo machihembradas para ensamblarlas. (Comerma, 2014).

Marco Técnico

La estructura ósea es la forma natural, mejor diseñada para soportar esfuerzos de toda clase. El esqueleto de un ser humano resiste cargas superiores hasta cuatro y más veces su propio peso. La guadua prensada, es la especie vegetal más parecida al sistema óseo. Sus nudos son similares a los estribos de una armadura. Sus haces fibrosos se ubican de manera inmediata a su epidermis tal como los aceros lo hacen en una columna de concreto armado. La superficie externa, es la parte más resistente. La estructura de la guadua prensada es un conjunto de elementos fuertes, flexibles y orgánicos que desempeñan una función específica y que debe cumplir con requisitos de uso como lo son:

- Seguridad (perdurabilidad)
- Funcionalidad
- Economía
- Estética

Adicional a ello, la estructura permite responder a todos los esfuerzos.

Compresión: El elemento es sometido a fuerzas contrarias que intentan comprimir sus partículas.

Imagen 10. Esfuerzo de compresión lámina de guadua prensada



Fuente: elaboración propia.

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Tensión: El elemento es sometido a fuerzas opuestas que intentan separar sus partículas.

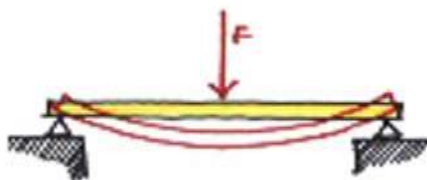
Imagen 11. Esfuerzo de tensión lámina de guadua prensada



Fuente: elaboración propia.

Flexión: El elemento es sometido a fuerza transversal en medio de sus apoyos que intenta doblar el elemento.

Imagen 12. Esfuerzo de flexión lámina de guadua prensada



Fuente: elaboración propia.

Cortante: El elemento es sometido a fuerzas transversales contrarias que intentan cortar el elemento por efecto de estos esfuerzos (cargas vivas y cargas muertas) los elementos de las estructuras presentan deformaciones, las cuales pueden ser: elásticas o plásticas.

Imagen 13. Esfuerzo cortante lámina de guadua prensada



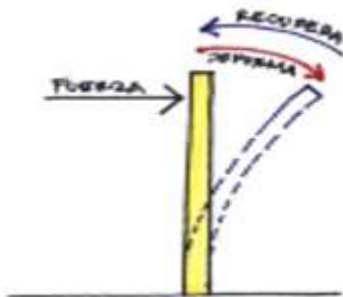
Fuente: elaboración propia.

Elásticas: Cuando un cuerpo después de deformarse por acción de la carga recupera su estado original al dejar de actuar ésta.

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Plásticas: Cuando un cuerpo después de deformarse por acción de la carga no recupera su estado original al dejar de actuar ésta.

Imagen 14. Deformación elástica y plástica por esfuerzo cortante

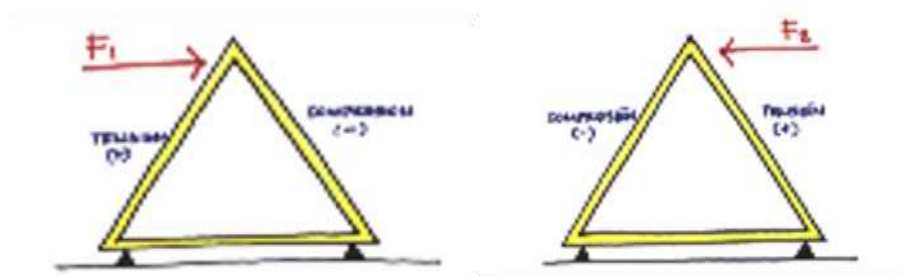


Fuente: elaboración propia.

Rigidez: Es la capacidad de un cuerpo de no deformarse bajo la acción de una carga. Para evitar estas deformaciones las estructuras deben ser rígidas. La rigidez de las estructuras se logra eficazmente a través del principio de la triangulación. El triángulo es la forma geométrica teóricamente indeformable.

- En un triángulo sólo se presentan esfuerzos de tensión y compresión, pero ellos actúan conforme a la direccionalidad de la fuerza o carga aplicada, invirtiéndose los esfuerzos; por tal motivo es conveniente resolver los acoples de las guaduas en la estructura triangulada para que trabajen adecuadamente.

Imagen 15. Esfuerzo de rigidez en lámina de guadua prensada

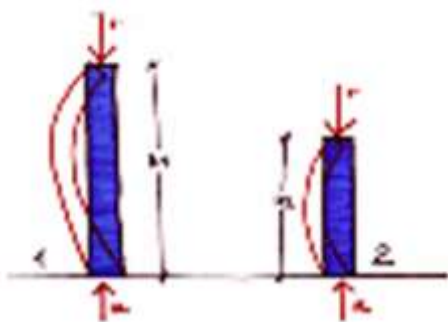


Fuente: elaboración propia.

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Pandeo por esbeltez: Es la deformación bajo carga de compresión en relación de la sección y la longitud del elemento. La deformación de pandeo se puede evitar modificando la relación que hay entre la sección del elemento de guadua y su longitud en la estructura.

Imagen 16. Deformación por pandeo en lámina de guadua prensada



Fuente: elaboración propia.

Marco Normativo

En el marco legal se debe mencionar aquellas normas, leyes, parámetros y reglamentos que rigen la creación, el uso y el desarrollo del campo al cual se está investigando, para éste caso no solo se debe revisar normas constructivas sino ambientales.

Tanto el ICONTEC, como la Organización Internacional para la Estandarización ISO, tienen intención de trabajar en la normativa por el tema de la guadua.

Decreto 52 de 2002 – Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. La AIS realizó un trabajo para que la guadua fuera cobijada por la norma NSR-98 y se promulgó en éste decreto, con los requisitos mínimos para la construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque en cementado (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2002).

Resolución 1138 – Registro Distrital 5171 del 1ro. De agosto de 2013. Que el Artículo 79 de la Constitución Política de Colombia, consagra el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano. Así mismo, establece que es deber del Estado proteger la

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines (Secretaría Distrital de Ambiente, 2013, pág. 1).

Resolución 6202 – Registro Distrital 4492 del 3 de Septiembre de 2010. Se adoptó la Guía de Manejo Ambiental para el Sector de la Construcción, como instrumento de autogestión y autorregulación del sector de la construcción y de consulta y referencia de carácter conceptual y metodológico tanto para las autoridades, como para la ejecución y/o el desarrollo de los proyectos, obras o actividades constructivas (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010).

Título G – Estructuras de Madera y Guadua. Capítulo 9 – Madera Laminada. Ésta norma es muy afín al proyecto que se desarrolla aquí. El título G, en general nos ofrece información para bases de diseño estructural, diseño de elementos con ensayos por flexión, fuerza axial, flexión, uniones, armaduras, sistemas estructurales, preparación, fabricación, construcción montaje y estructuras en guadua (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

Varias instituciones y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales conformaron el Comité Colombiano para la Normalización de la Guadua – CCNG, cuyo objetivo es el desarrollo de las Normas Técnicas Colombianas para la guadua y todos sus productos (construcción, laminados, artesanías y muebles).

Norma Técnica Colombiana. Etiquetas Ambientales Tipo I. Ésta norma en el sello ambiental Colombiano, maneja criterios ambientales para productos de primer y segundo grado de transformación de la guadua (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2014).

En ésta norma interviene el Instituto Colombiano e Internacional de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC y el Ministerios de Medioambiente y Desarrollo Sostenible MINAMBIENTE.

Marco Geográfico

La guadua crece en casi todo el territorio de América Latina (con excepción de Chile y las Islas Caribeñas) y en los países asiáticos.

El 90% de las especies de bambú se encuentran en Asia y América. En Colombia los principales departamentos en que se encuentra son Quindío, Risaralda, Caldas y Valle del Cauca, pero además se encuentra ampliamente distribuida en casi todo el territorio.

Nombres de la Guadua:

Primitivamente	Guadua
Colombia, Venezuela y Ecuador	Guadua
Amazonas	Yaripa
Argentina	Tacuaca
Brasil	Taboca
Chile	Quile

La guadua se distribuye y se encuentra desde los 39° 25' N en la parte oriental de los Estados Unidos hasta los 47° S en Argentina y Chile; además se encuentran desde el nivel del mar hasta las regiones más altas de los Andes.

La guadua se desarrolla principalmente en regiones fértiles hasta los 1700 metros de altura, en altitudes de 400 a 2000 msnm. Crece entre temperaturas de 18°C a 22°C; con precipitaciones superiores a 1300 mm x año y humedad relativa del 80%. En suelos areno-limosos, arcillosos, suelos profundos, bien drenados y fértiles (Tandazo & Florez, 2012).

En Colombia existen dos (2) especies: *Guadua Angustifolia* y *Guadua Latifolia*. De la *Guadua Angustifolia*, es la de más uso, se encuentra en el Viejo Caldas y con variedades de:

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

- Guadua macana: De mayor diámetro y espesor de las nativas de América. Es la más usada en la construcción, tiene tallos con paredes más gruesas y resistentes.
- Guadua cebolla: Tiene menor diámetro que la macana y también menor resistencia y espesor. Se usa principalmente para hacer esterillas.
- Guadua rayada: Tiene características parecidas a la guadua macana. Su tallo verde presenta estrías verticales amarillas. Es de resistencia media (Londoño & Montes, 1970).

Metodología

A continuación se explicaran los puntos referentes a la investigación, donde se verán los procesos realizados para obtener el análisis y las conclusiones de la propuesta. Para iniciar, se tendrá en cuenta los aspectos generales del proceso constructivo del prototipo en busca de dar conclusiones del mismo.

Aspectos Generales

El uso de la tierra como material básico en la construcción se remonta desde los orígenes del hombre cuando se vio la necesidad de desarrollar refugios como resguardo ante las inclementes amenazas climáticas y naturales de su entorno.

La tierra tiene características como su capacidad térmica y acústica ideales para la construcción de viviendas, razón por la cual la presente investigación propone la construcción de muros en tapia pisada usando encofrados de madera-plástica reciclada como fachada permanente y su confinamiento en guadua laminar comprimida, las cuales funcionaría como alternativa estructural avalada en el capítulo G de la NSR-2010 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

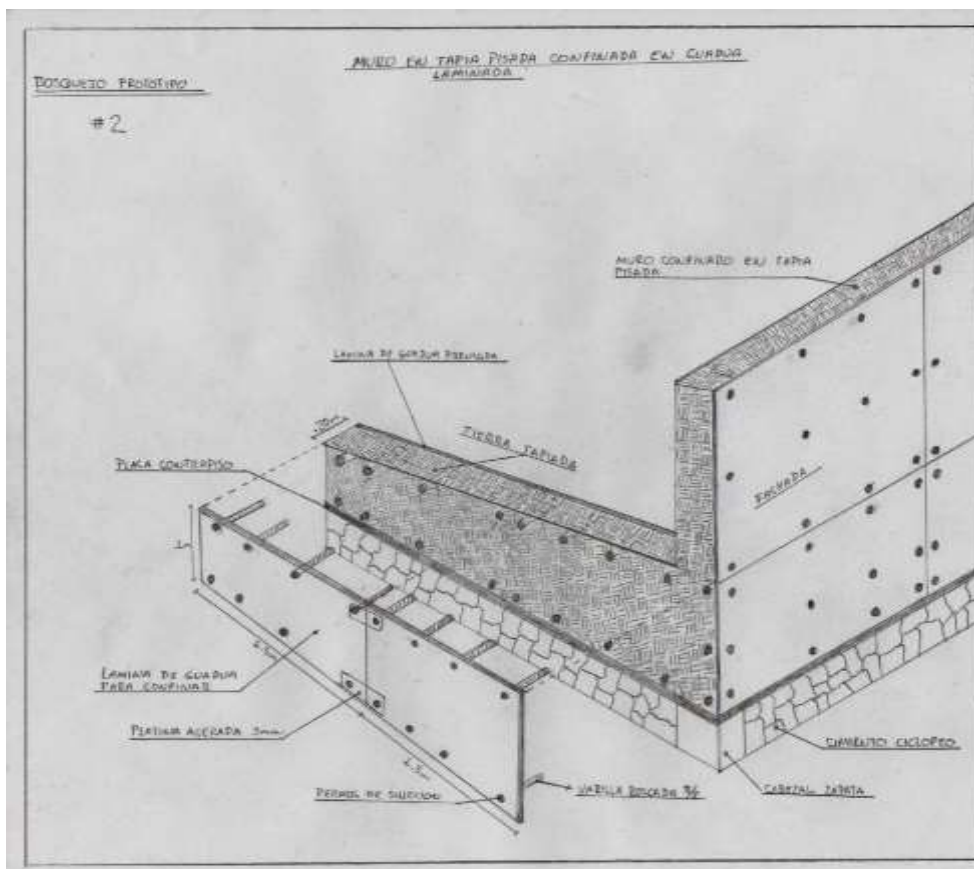
Elaboración de Prototipos

La construcción de muros en tapia pisada que sean confinados con láminas de guadua de 15mm de espesor y estos a su vez estén perñadas con varillas roscadas de 3/8, tienen un 50% mayor resistencia a sufrir fallas por movimientos telúricos y deterioro físicos por humedad o erosión.

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

láminas de ambas caras del muro, logrando un muro esbelto de 20 cm en comparación de los muros de tapia tradicional.

Imagen 18. Muro en tapia pisada confinada en guadua laminada



Fuente: elaboración propia.

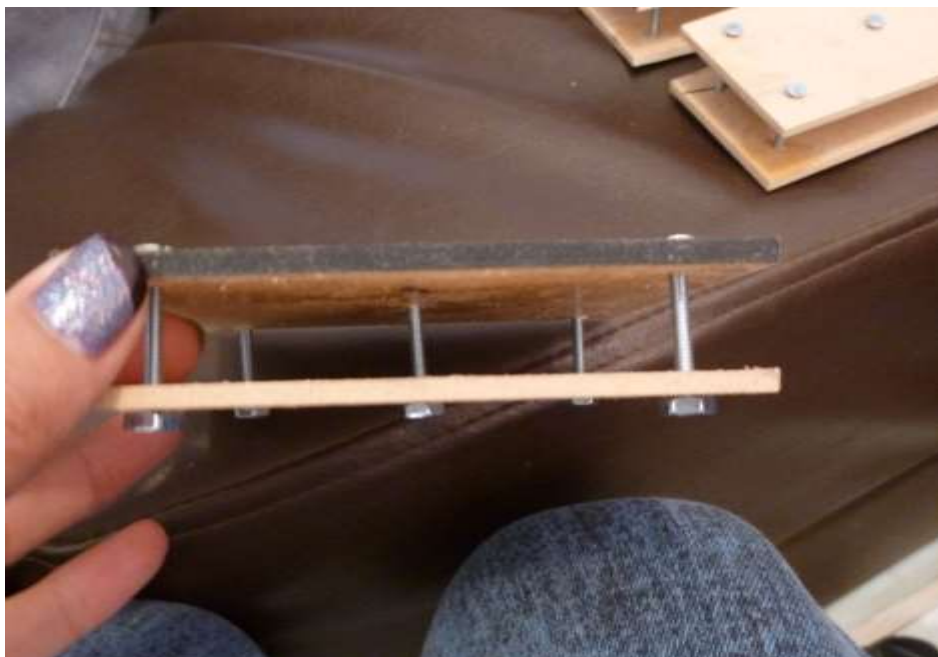
Proceso Constructivo

Elaboración del encofrado.

Previamente escaladas, se cortan láminas de madera y se realiza una serie de perforaciones para poder unir las dos caras de las láminas correspondientes al encofrado. Se unen las caras de las láminas del encofrado mediante tornillos que se insertan en las perforaciones anteriormente realizadas.

Imagen 19. Unión de láminas, encofrado

Fuente: elaboración propia

Imagen 20. Unión de láminas y muestra de ubicación de tornillos, encofrado

Fuente: elaboración propia.

Descripción de materiales.

Ya teniendo los encofrados, se organiza el material a trabajar necesario para apisonar. Se mezcla la cantidad necesaria para realizar nuestro muro a escala.

- Grava
- Arena
- Arcilla
- Cal

Imagen 21. Materiales para la tapia pisada

Fuente: elaboración propia

Las técnicas para construir con tierra, se clasifican de acuerdo a la forma en que ha sido utilizado el material en:

Estado sólido: Tierra excavada

Estado Líquido: Vaciado en formaleta vaciado en molde

Estado plástico: Moldeado compactado

Estado seco: Compresión

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

El grado de humedad de la tierra es una variable que permite al constructor la posibilidad de adaptar el material durante su utilización.

Imagen 22. Uso de material adecuado para la tapia pisada



Fuente: elaboración propia.

Imagen 23. Mezcla de materiales para la tapia pisada



Fuente: elaboración propia

Elaboración tapia pisada.

Teniendo lista la mezcla y el encofrado, se procede a realizar la marcación de los ejes para realizar el replanteo.

El proceso inicial consiste en seleccionar y estudiar el suelo o lugar donde realizaremos la construcción de la Tapia confinada con las láminas de guadua que actuaran como mejoramiento estructural del muro tapiado. Como estamos realizando un prototipo, nuestra cimentación fue marcada y ubicada en una base firme. Teniendo la mezcla y el encofrado listos, se toma una tabla para darle el uso de terreno, donde se marcan los ejes para poder realizar el replanteo.

Imagen 24. Marcación del replanteo

Fuente: elaboración propia

Inmediatamente listo todo lo anterior, se procede a verter la tierra seguida del proceso de apisonamiento. A medida que se va vertiendo la tierra se desperdicia alrededor del encofrado, lo cual permite que una de sus ventajas sea poder reciclar la tierra nuevamente para continuar con su uso.

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Imagen 25. Vertir tierra en el encofrado



Fuente: elaboración propia

Imagen 26. Proceso de apisonamiento



Fuente: elaboración propia

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Imagen 27. Inicio segundo tramo



Fuente: elaboración propia

Imagen 28. Proceso de apisonamiento segundo tramo



Fuente: elaboración propia

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Imagen 29. Resultado tapia pisada, Muestra de un tramo sin muro



Fuente: elaboración propia

Imagen 30. Resultado tapia pisada, Muro firme luego del apisonamiento



Fuente: elaboración propia

Análisis y Resultados

Análisis Medio Ambiental

El primer congreso nacional de reciclaje organizado por la ANDI, revelaron que la sostenibilidad es un compromiso de todos los actores de la industria, según estadísticas Colombia recicla un 47% del total de plástico y papel-cartón destacándose en ser uno de los países líderes con esta iniciativa medio ambiental, pero según fuentes de del ministerio del Medio ambiente

Construcción sostenible.

Se define como aquella construcción que con especial respeto y compromiso con el Medio Ambiente, “implica el uso sostenible de la energía (Casado, 1996), Construcción Sostenible se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso y derribo de los edificios y por el ambiente urbanizado” (Lanting, 1996 citado por, Alavedra, Dominguez, Gonzalo, & Serra, 1998); esta deberá entenderse como el desarrollo de la Construcción tradicional pero con una responsabilidad considerable con el Medio Ambiente por todas las partes y participantes. Esto implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción.

Tabla 1. Tabla con datos de la producción nacional de la guadua

TABLA 1 PRODUCCIÓN TOTAL NACIONAL DE GUADUA							
AÑO	Código CIIU REV 3 - REV 2	Artículos (con producción superior a \$500.000 durante el año)	Unidad de medida	Producción		Ventas	
				Cantidad	Valor total*	Cantidad	Valor total
1992	03311401-0	Madera contrachapada	M2	9.735.578	19.195.968	9.239.034	18.391.523
1993	03311401-0	Madera contrachapada	M2	10.219.789	27.490.137	9.570.593	25.762.878
1994	03311401-0	Madera contrachapada	M2	9.659.051	33.142.565	8.154.406	27.610.566
1995	03311401-0	Madera contrachapada	M2	5.583.307	20.388.383	5.880.202	21.473.542
1996	03311401-0	Madera contrachapada	M2	5.437.935	23.882.536	5.567.366	24.570.024
1997	03311401-0	Madera contrachapada	M2	6.644.870	30.297.909	6.217.920	28.432.429
1998	03311401-0	Madera contrachapada	M2	6.518.314	31.527.208	6.463.321	31.105.205
1999	03311401-0	Madera contrachapada	M2	6.415.239	31.970.895	6.256.049	31.562.520

Fuente: Encuesta Nacional anual manufacturera históricos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], s.f.).

Referencias

- Alvarez, C. (2007). *La arquitectura de tierra*. Recuperado de <https://www.futuropasado.com/?p=720>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2002). *NSR-98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Colombia: 3R Editores Ltda.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *NSR-98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Recuperado de [http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/docentes/oscar_gutierrez/descargas/Txtulo F.pdf](http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/docentes/oscar_gutierrez/descargas/TxtuloF.pdf)
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica; Presidencia de La Republica; Red de Solidaridad Social. (s.f.). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/jbasualdo/mradobetapia>
- Camino, M. (. (2015). *Tecnologías constructivas tradicionales sostenibles, con innovación y transferencia tecnológica en Manabí - Ecuador*. (I.-U. F. Manabí, Ed.) Recuperado de <https://es.slideshare.net/mariohidrobo/arq-miguel-camino-ponencia-valladolid>
- Cardona, D. (19 de Diciembre de 2013). Colapsó vivienda que amenazaba ruina en el barrio Vélez. *La Patria*. Recuperado de http://www.lapatria.com/manizales/colapso-vivienda-que-amenazaba-ruina-en-el-barrio-velez-51098?qt-redessociales=1&qt-qt_3_lomas=0
- Comerma, C. (2014). *Diccionario de Arquitectura y Construcción*. España: Pluton Editorial.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (s.f.). *Encuesta Anual Manufacturera -EAM- Históricas*. Recuperado de

<http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam/eam-historicos>

Gran Hotel Pereira. (s.f.). *Casas Patrimoniales de la Ciudad. Casa Maestro Luís Carlos González*. Recuperado de <http://www.granhotelpereira.com/casas-patrimoniales-de-la-ciudad/>

Hoyos, F. (2015). *Diccionario Geotecnia*. España: Hombre Nuevo Editores.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2014). *NTC 6100, Norma Técnica Colombiana*. Bogotá: ICONTEC.

Lanting, 1996 citado por, Alavedra, P., Dominguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1998). La construcción sostenible. El estado de la cuestión. *Boletín Vivienda y participación social*. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html>

Last SEO News. (s.f.). *Morocco Buildings*. Recuperado de <http://findkeyword.net/galleryp/898296.html>

Londoño, F., & Montes, M. (1970). *La Guadua: su Aplicación en la Construcción*. Medellín: Bedout.

Londoño, X. (2000). Usos de la Guadua. Manizales, Colombia.

Middleton, G. (2001). *Build your house of earth a manual of earth wall construction*. s.l.: Second Back Row Press.

Pumpelly, R. (1908). Excavations at Anau an the Horse of Anau in its Relation to the History . *Animal Remains*(26).

Real Academia Española. (2015). *Formaleta*. Recuperado de <http://www.rae.es/>

Secretaria Distrital de Ambiente. (23 de Agosto de 2010). *Resolución 6202. Por la cual se adopta una guía ambiental como instrumento de autogestión y autorregulación del sector de la construcción*. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40518>

Secretaria Distrital de Ambiente. (31 de Julio de 2013). *Resolución 01138. Por la cual se adopta la Guía de Manejo Ambiental para el Sector de La Construcción y se toman otras determinaciones*. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=54076>

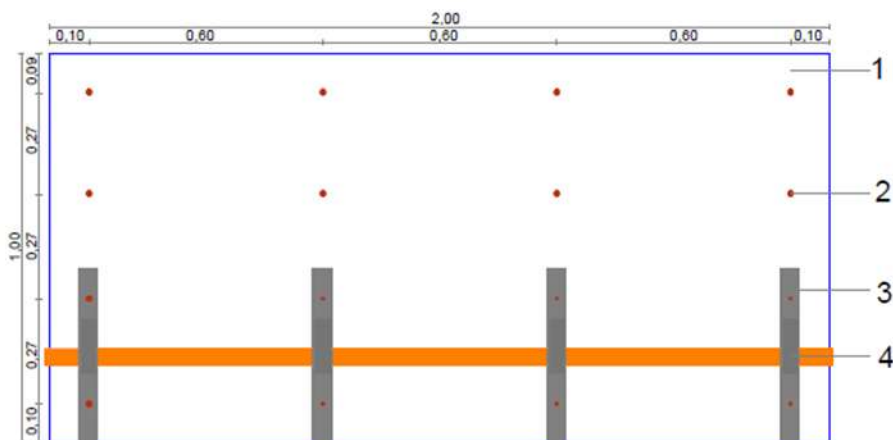
Tandazo, J., & Florez, G. (2012). *Proceso de industrializacion de la caña guadua como material alternativo para la construcción y diseño de vivienda tipo de una y dos plantas, empleando caña guadua en sus elementos estructurales*. [Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil]. Sangolquí: Ecuador: Escuela Politécnica Del Ejército. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5892/1/T-ESPE-034425.pdf>

Universidad La Gran Colombia; Dirección de Investigaciones. (Noviembre de 2010). *Documento Institucional*. Recuperado de <https://www.ugc.edu.co/documentos/investigaciones/sistinvesugc.pdf>

Vélez, S. (1989). *Bambusa Guadua*. Bogotá: Colombia: Villegas Editores.

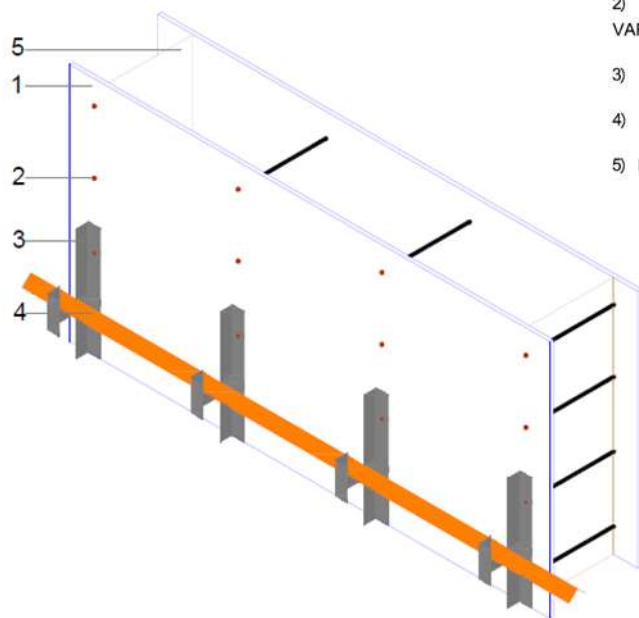
Anexos

Anexo 1. Plano 1: Detalles Técnicos -Elementos para Muros



ESPECIFICACIONES

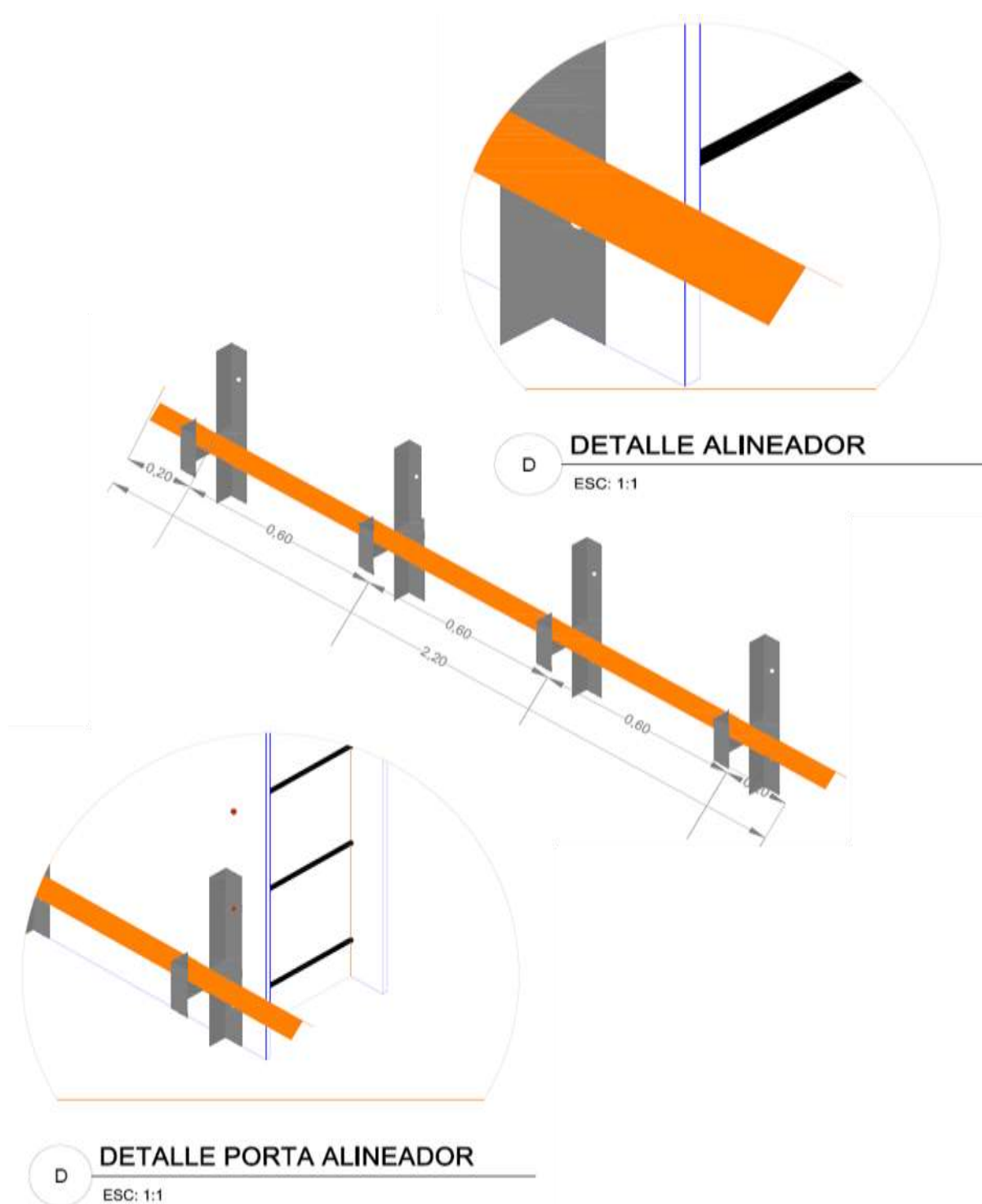
- 1) M 1, LAMINA DE GUADUA PRENSADA CALIBRE 15 MM
- 2) TUERCA $\frac{3}{8}$ " CON ARANDELA.
VARILLA ROSCADA $\frac{3}{8}$ ", LARGO 0,42M
- 3) PORTA ALINEADOR DE MURO
- 4) ALINEADOR DE MURO
- 5) REFUERZO DE TAPA



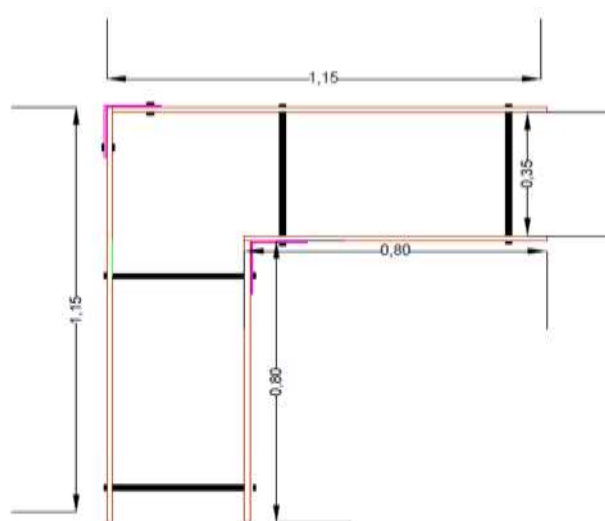
ELEMENTOS PARA MUROS

ESC: 1:1

Fuente: elaboración propia

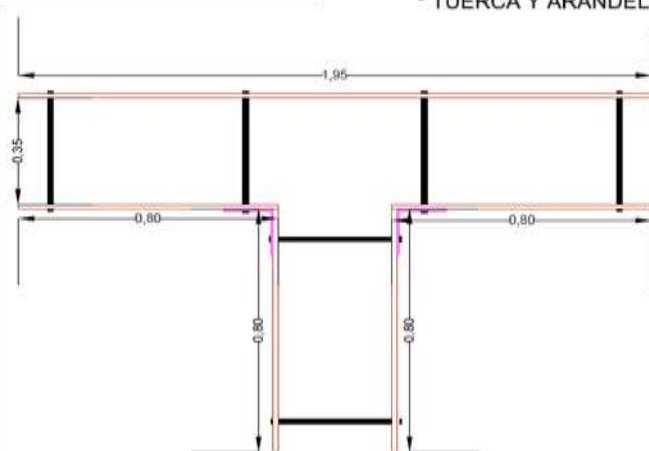
Anexo 2. Plano 2: Detalles Técnicos - Alineador y Porta-alineador

Fuente: elaboración propia

Anexo 3. Plano 3: Detalles Técnicos -Tipo de Uniones (L – T)**UNIÓN EN "L"****SISTEMA DE MUROS**

EL ENSAMBLE PARA LAS UNIONES, ESQUINA EN "L" Y UNIÓN EN "T" ESTÁ CONFORMADO POR CUATRO PIEZAS:

- 1) UN MURO ESQUINERO EXTERIOR.
LÁMINAS DE 1,15M*1,00M Y UN ESPESOR DE 15MM (L)
LÁMINA DE 1,95M*1,00M Y UN ESPESOR DE 15MM (T)
- 2) UN MURO ESQUINERO INTERNO.
LÁMINAS DE 0,80M*1,00M Y UN ESPESOR DE 15MM (L)
DOS MUROS ESQUINEROS INTERNOS
LÁMINAS DE 0,80M*1,00M Y UN ESPESOR DE 15MM (T)
- 3) ESTAS PIEZAS SON ACOPLADOS CON :
* VARILLA ROSCADA DE $\frac{3}{8}$ " POR 0,45M
* TUBO PVC DE $\frac{1}{2}$ " POR 0,35M
* TUERCA Y ARANDELA DE $\frac{3}{8}$ "

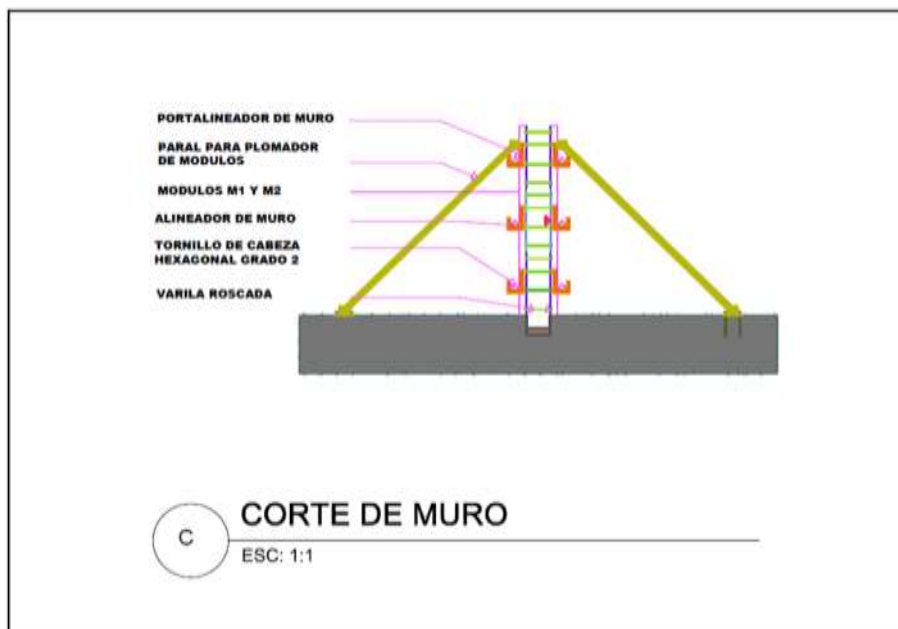
**UNIÓN EN "T"**

Fuente: elaboración propia

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

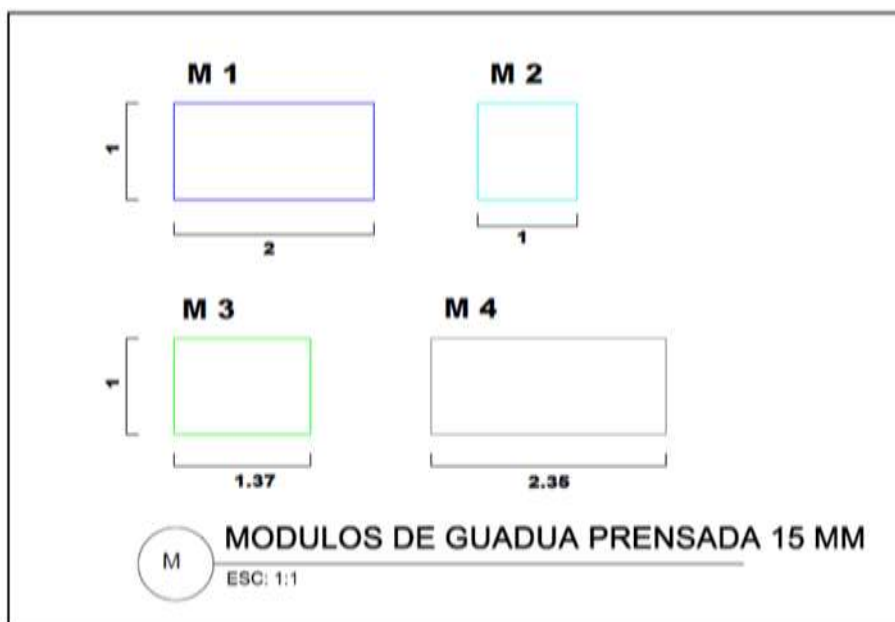
Anexo 4. Plano 4: Detalles Constructivos

Figura 1. Corte de Muro



Fuente: elaboración propia

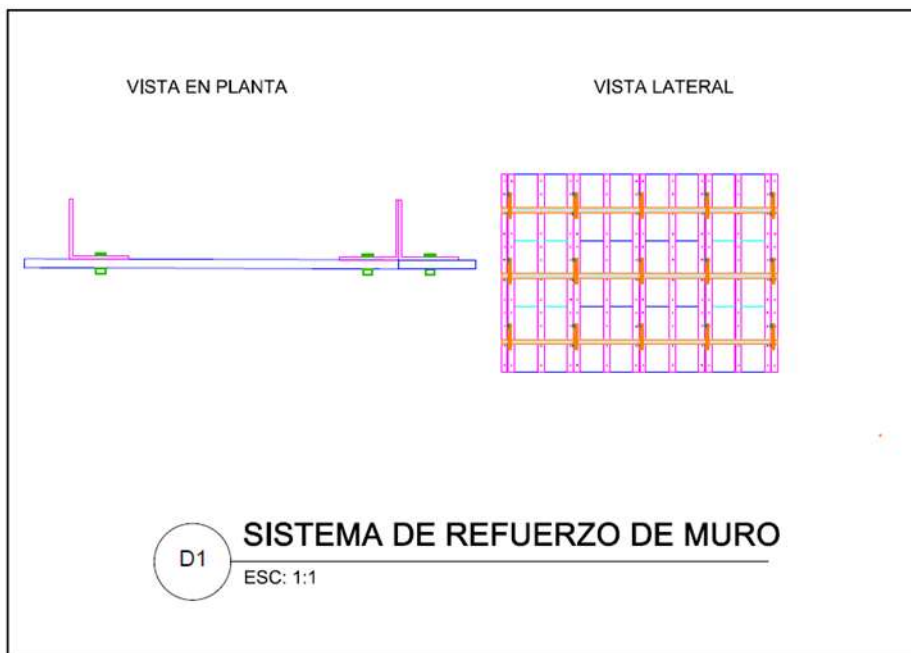
Figura 2. Módulo de guadua prensada 15mm



Fuente: elaboración propia

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Figura 3. Sistema de refuerzo de muro

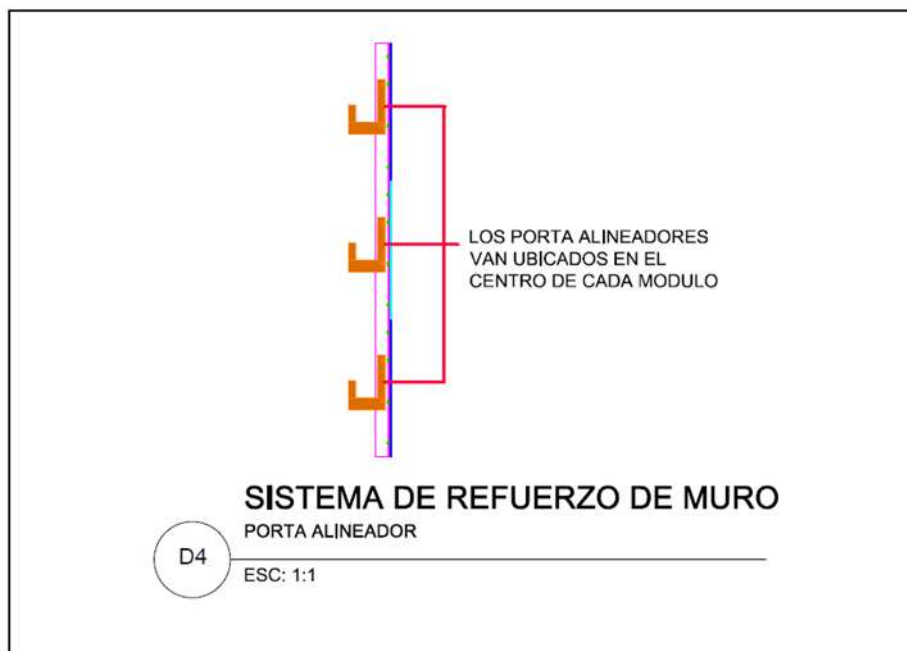


Fuente: elaboración propia

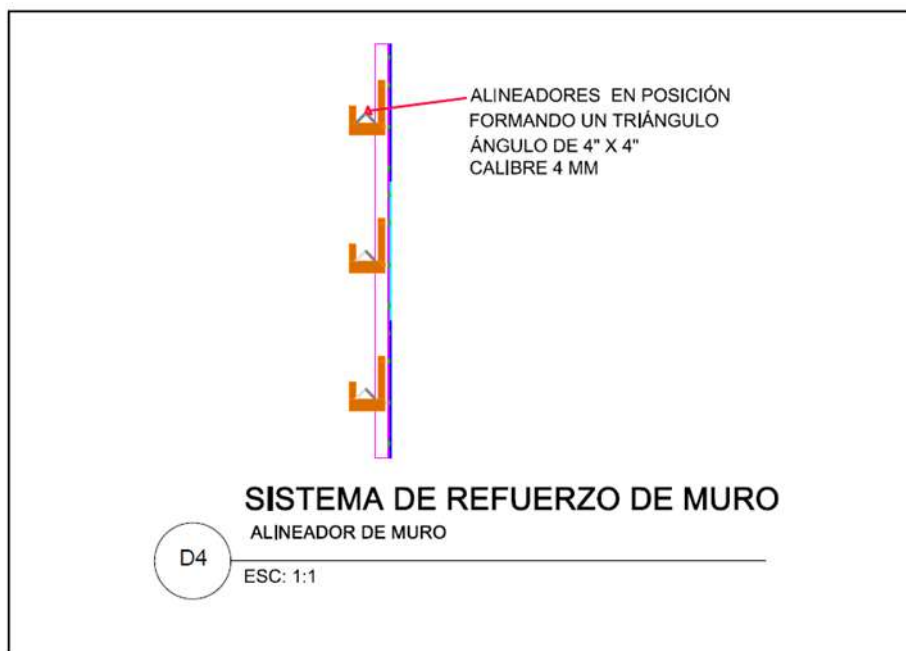
Figura 4. Sistema de refuerzo de muro (Modulación Vertical)



Fuente: elaboración propia

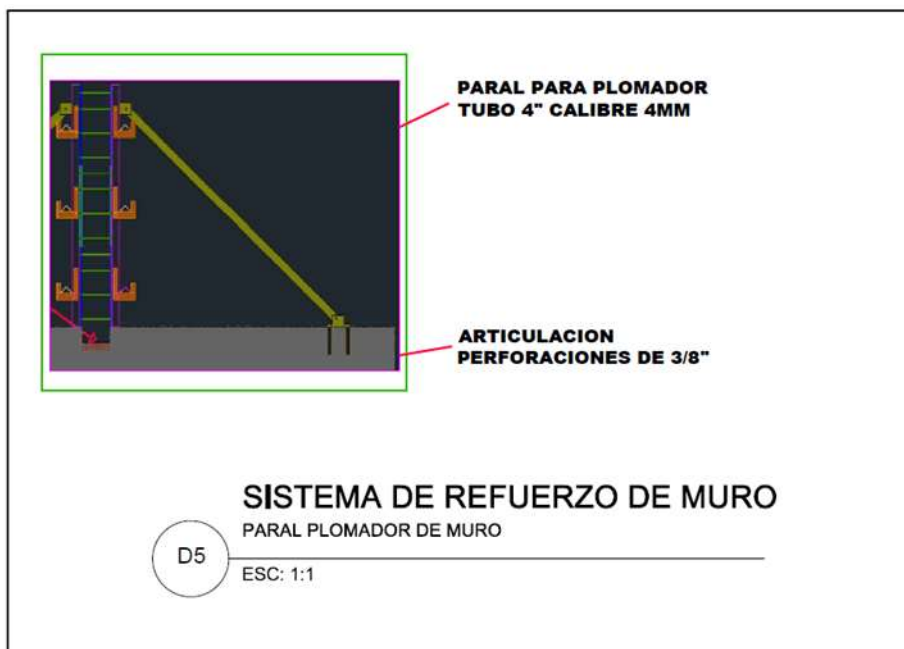
Figura 5. Sistema de refuerzo de muro (Porta-alineador)

Fuente: elaboración propia

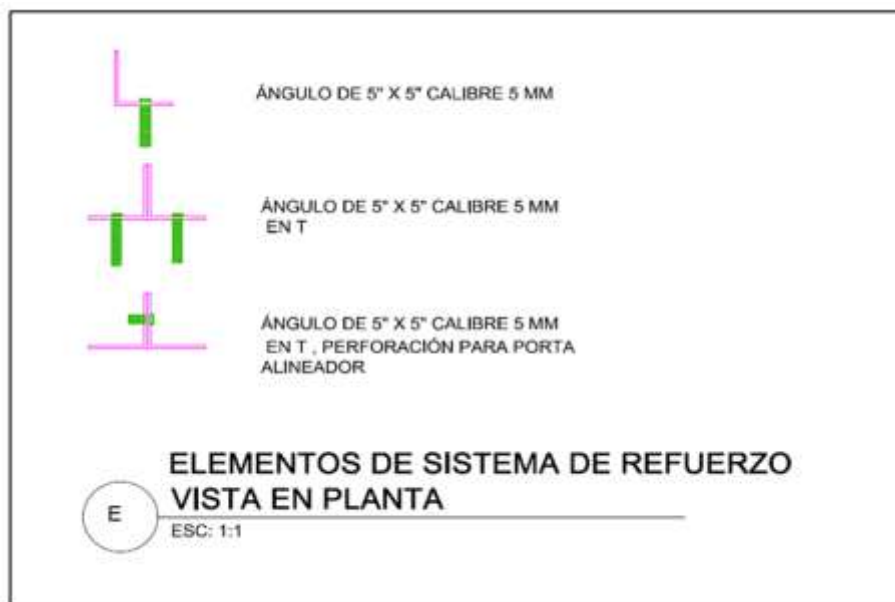
Figura 6. Sistema de refuerzo de muro (Alineador de muro)

Fuente: elaboración propia

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Figura 7. Sistema de refuerzo de muro (Paral plomador de muro)

Fuente: elaboración propia

Anexo 5. Plano 5: Elementos Constructivos**Figura 8. Elementos de sistema de refuerzo (Vista en planta)**

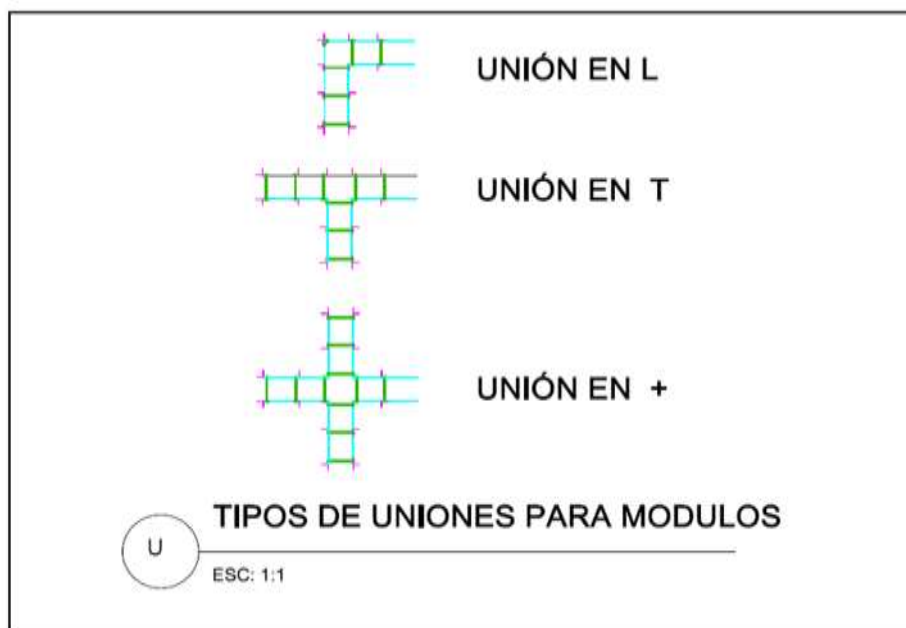
Fuente: elaboración propia

Figura 9. Elementos de sistema de refuerzo (Vista Lateral)

Fuente: elaboración propia

Figura 10. Muro de 3x4M (Módulos M1 y M2 Perforados)

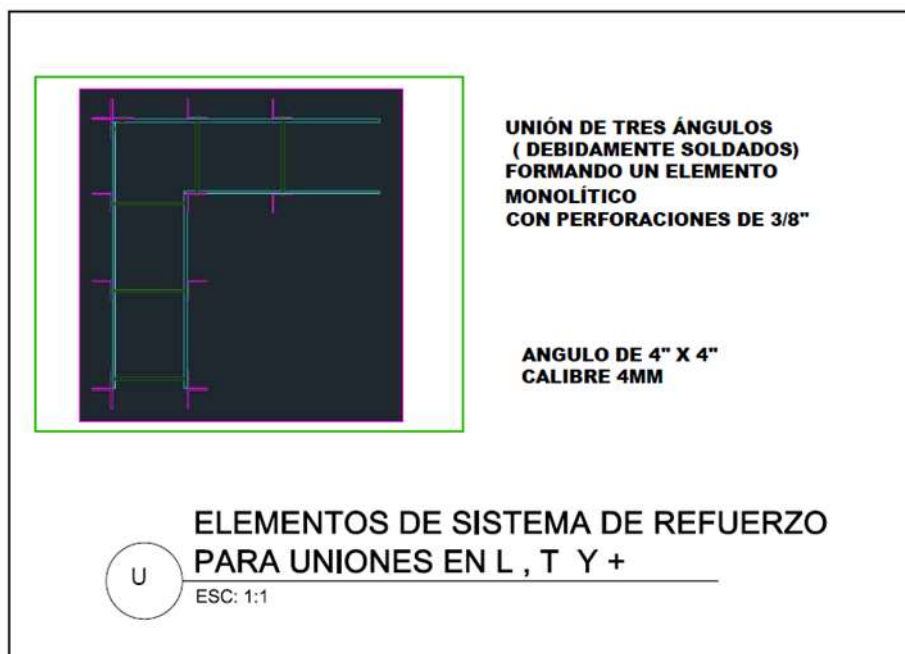
Fuente: elaboración propia

Figura 11. Tipos de uniones para módulos

Fuente: elaboración propia

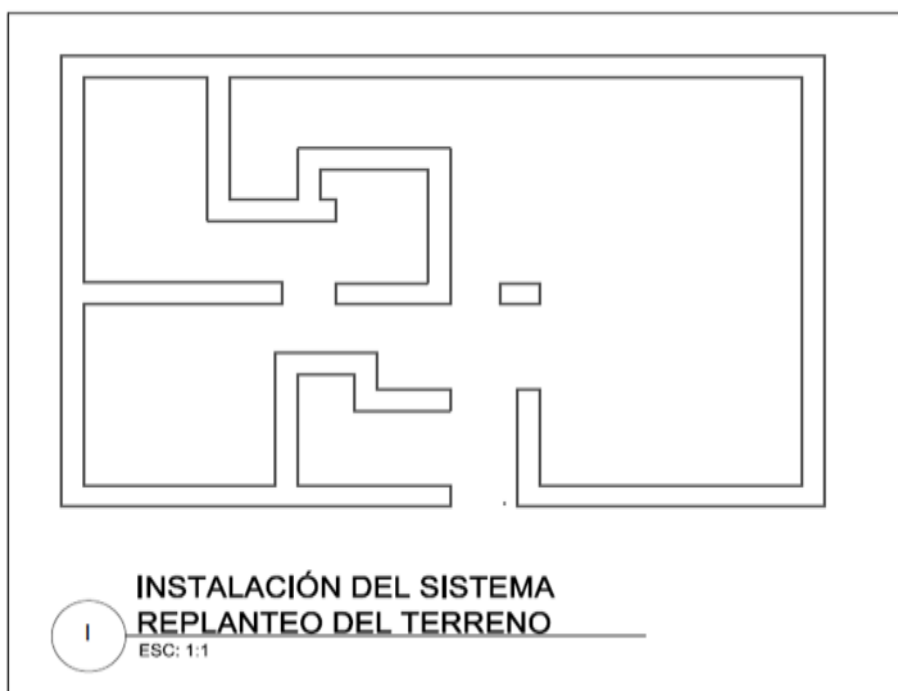
SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Figura 12. Elementos de sistema de refuerzo (Para uniones en L, T, Y, +)

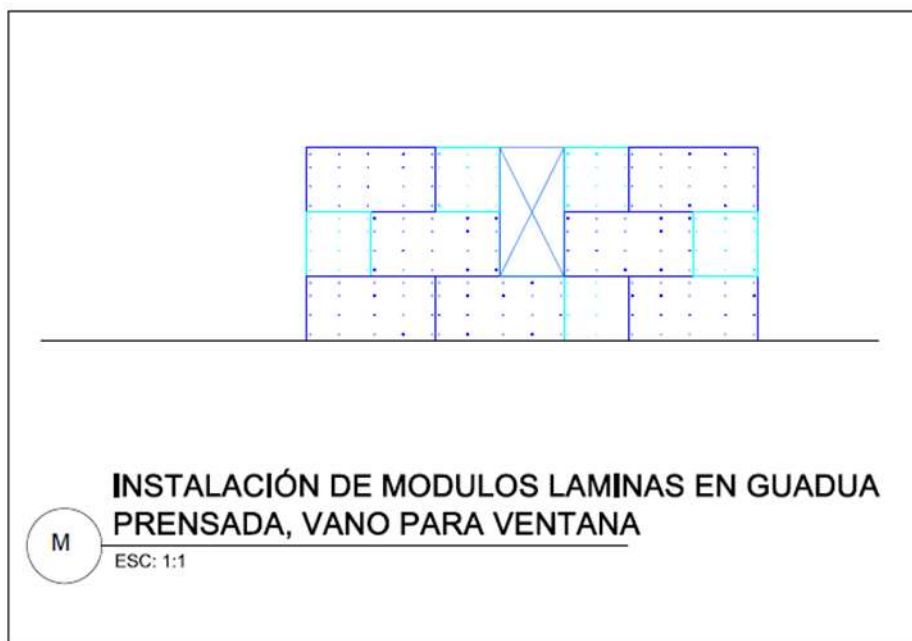


Fuente: elaboración propia

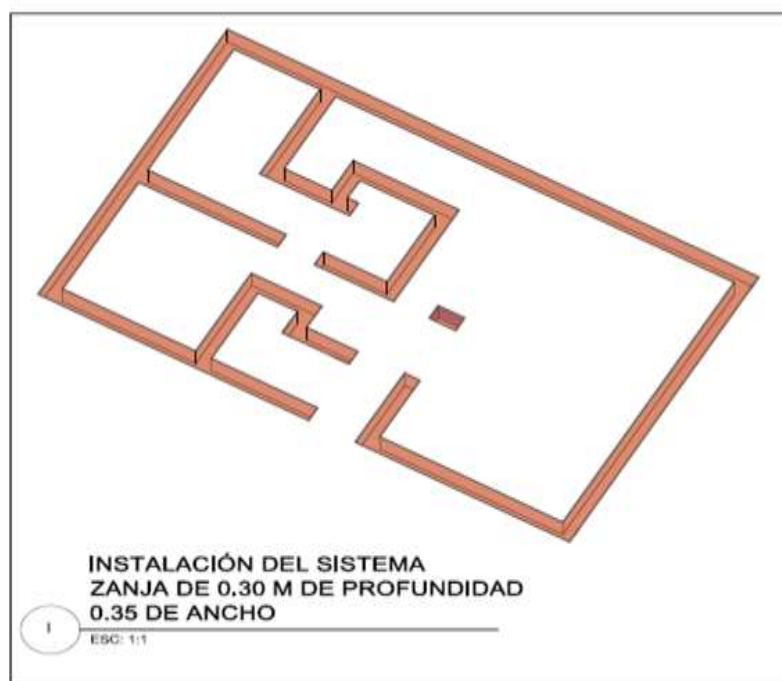
Figura 13. Instalación del sistema (Replanteo del terreno)



Fuente: elaboración propia

Figura 14. Instalación de módulos (Láminas en guadua prensada, vano para ventana)

Fuente: elaboración propia

Figura 15. Instalación del sistema zanja (0.30M de profundidad 0.35 de ancho)

Fuente: elaboración propia

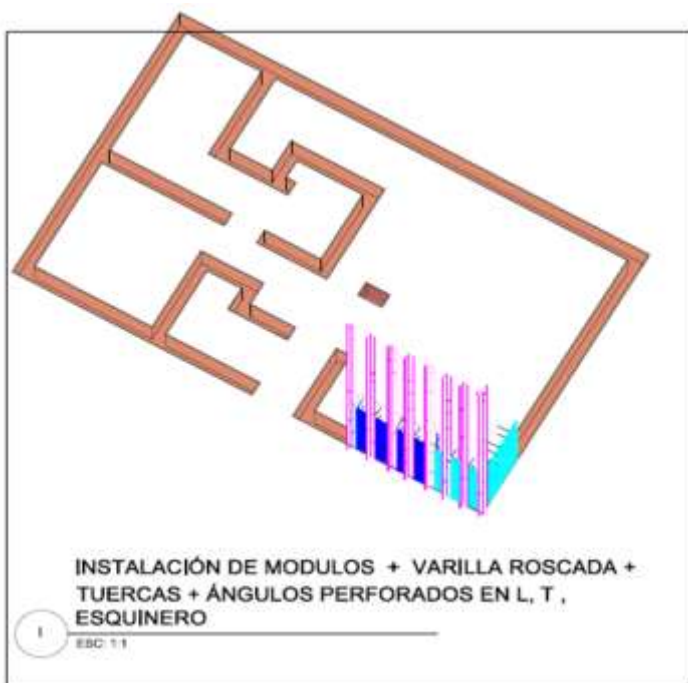
SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Figura 16. Instalación de Módulos + varilla roscada + tuercas

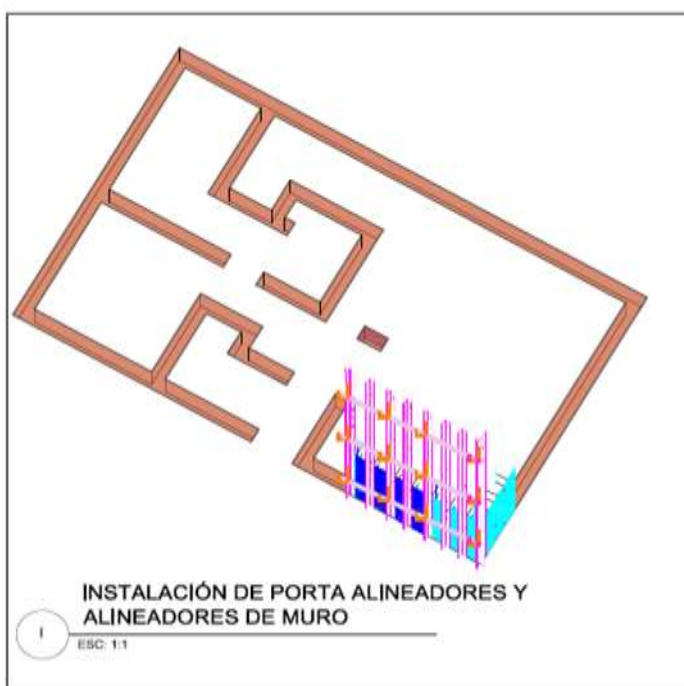


Fuente: elaboración propia

Figura 17. Instalación de Módulos + varilla roscada + tuercas + ángulos perforados en L, T



Fuente: elaboración propia

Figura 18. Instalación de porta-alineadores y alineadores de muro

Fuente: elaboración propia

Anexo 6. Ficha 1: Consultorio – Objetivos

 	OBJETIVOS
M U R O S T A P I A D E P I S A D U A	OBJETIVO GENERAL Crear un Muro en Tapia Pisada mediante un encofrado con láminas y confinamiento en guadua.
	
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS ✓ Usar tierra como material básico en la construcción para rellenar el muro. ✓ Desarrollar un sistema a porticado para uso interno y/o externo según sea el caso. ✓ Construir un muro ecológico y sostenible que permita dar una mejora al sistema constructivo bajo las normas vigentes.
PRESENTADO POR: JUDY A. RAMÍREZ ÁVILA	
ARQUITECTO OMAR DAVID LATORRE – CONSULTORIO PROGRAMA TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS	

Fuente: elaboración propia

Anexo 7. Ficha 2: Consultorio – Justificación

	JUSTIFICACIÓN
E M U R O S F R A D O P I A D E P I S A D U A	Los desastres medioambientales son una problemática académica y profesional. ✓ Se propone iniciativas de desarrollo tecnológico en pro del ecosistema para balancear el equilibrio ambiental causado por la industrialización desmedida en la ciudad. ✓ El uso de materiales confeccionados por el hombre como el cemento, los aditivos, el ladrillo, los plásticos, etc., aumentan los niveles de contaminación y el consumo de energía.   La construcción de un muro mediante tierra apisonada y encofrada en una estructura de guadua contribuye a: ✓ Mejora en la construcción. ✓ Construcción sostenible. ✓ Condiciones termo-acústicas y energéticas. ✓ Muro económico.  
PRESENTADO POR: JUDY A. RAMÍREZ ÁVILA	ARQUITECTO OMAR DAVID LATORRE – CONSULTORIO PROGRAMA TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

Fuente: elaboración propia

Anexo 8. Ficha 3: Consultorio – Problema y Conclusión

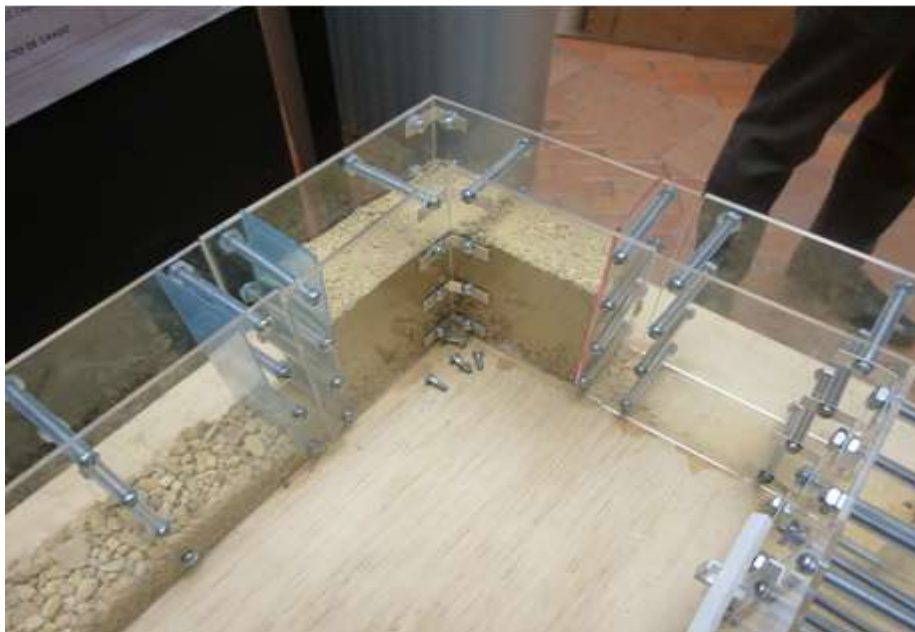
	PROBLEMA	
E M U R O S T A P I A D E P I S A D U A	Los niveles de contaminación de la construcción son del 35% fuera del consumo de energía.	
		La construcción consume 25% de materia prima. 
	CONCLUSIÓN	
	✓ Producto netamente amigable con el medio ambiente. ✓ Uso de productos naturales, sin necesidad de ser procesados.	
PRESENTADO POR: JUDY A. RAMÍREZ ÁVILA		
ARQUITECTO OMAR DAVID LATORRE – CONSULTORIO PROGRAMA TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS		

Fuente: elaboración propia

SISTEMA ESTRUCTURAL EN GUADUA MUROS CONSTRUIDOS EN TAPIA PISADA

Anexo 9. Registro fotográfico

Imagen 31. Unión en L - Maqueta



Fuente: elaboración propia

Imagen 32. Unión en T - Maqueta



Fuente: elaboración propia

Imagen 33. Módulo 1, 1.00m x 2.00m - Maqueta



Fuente: elaboración propia

Imagen 34. Encofrado con Lámina de guadua Prensada con alineador y porta-alineador



Fuente: elaboración propia

Imagen 35. Encofrado con Lámina de guadua Prensada – Prototipo a Escala 1:1



Fuente: elaboración propia