

SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE

Madera + Lodo de Celulosa

Arq. Arturo Cisneros Mayén



SISTEMA CONSTRUCTIVO

SOSTENIBLE

Madera + Lodo de Celulosa



ORGANIZA

Departamento de Organización del Espacio (DOE) de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" (UCA)

DIRECTOR

Arq. Carlos Ernesto Ferrufino
Jefe del DOE

AUTOR/COORDINADOR

Arq. Arturo Cisneros

DIAGRAMACIÓN / DISEÑO DE PORTADA

Arqta. Lisbeth Varela

IMPRESIÓN

Talleres Gráficos UCA

GRÁFICOS

Alirio Guerra
Patricia Valencia
Hector delgado
Juan José Galdámez
María José Nolasco
Sergio Campos
Lisbeth Varela

ISBN 978-999261-0-113-7



**Sistema Constructivo
Sostenible
Madera + Lodo de Celulosa**



PRESENTACIÓN

A continuación se presenta el producto final de la investigación "Sistema constructivo sostenible: lodo de celulosa + madera" realizada por el arq. Arturo Cisneros, docente permanente del Departamento de Organización del Espacio (DOE) durante el período 2010-2011. Quisiéramos llamar la atención sobre tres aspectos valiosos de este trabajo:

Primero, sabemos del rol fundamental que la industria de la construcción tiene en la economía del país. Alrededor de un 6% del PIB y otro tanto del empleo del país está directamente relacionado con esta actividad. Por ende, proponer materiales y sistemas que contribuyan a hacerla más eficiente, ambientalmente más responsable y potencialmente más asequible a la mayoría de la población y en general más innovadora, es una contribución importante para el desarrollo científico, tecnológico, económico y ambiental del país.

Segundo, este trabajo evidencia con claridad las potencialidades de la relación entre la universidad y la empresa privada. Este proyecto busca entre otros objetivos dar una respuesta a la producción de un material de desecho industrial, el lodo de celulosa, utilizándolo como parte de un material de construcción a su vez integrado en nuevo sistema constructivo, con evidentes beneficios ambientales y económicos.

Tercero, es destacable la metodología utilizada para completar este trabajo. Esto porque pone en evidencia las potencialidades de la investigación en la universidad, incluyendo: la integración de estudiantes de pregrado de diversas disciplinas a lo largo del proceso; el apoyo empresarial al proyecto y la iniciativa y dirección estratégica del docente e investigador que lo coordinó. Todo como un esfuerzo colectivo que aún puede desarrollarse y amplificarse. Finalmente, agradecemos el apoyo de Kimberly Clark de Centroamérica para publicar este documento.

Carlos Ernesto Ferrufino
jefe del Departamento de Organización del Espacio (UCA)

RESUMEN EJECUTIVO

La vivienda es un bien al que todo ser humano tiene derecho, sin embargo, en El Salvador, la escasez de ésta es un problema que afecta a la sociedad en general y más aún a las personas con pocos ingresos económicos, debido a la carencia de proyectos habitacionales dirigidos a este sector de la sociedad.

Este documento está basado en la investigación de elementos y sistemas constructivos novedosos, que incluyan materiales reciclados con el fin de reducir el precio inicial de la vivienda y que minimizar el consumo energético a largo plazo.

La investigación inicia con una descripción de los materiales que se proponen para la creación de un sistema constructivo de bajo costo, seguro y que pueda implementarse masivamente en programas de vivienda de interés social.

Seguidamente se propone una metodología a seguir en la cual se secciona el documento en fases en las cuales interviene un grupo multidisciplinario de profesionales para respaldar la información presentada.

La primera fase hace énfasis en los materiales que se utilizarán, los cuales se seleccionaron en base a ciertos criterios que resultan vitales para que un material sea catalogado como sostenible.

La segunda fase describe las pruebas que se realizaron para validar estructuralmente uno de los elementos más nuevos en la industria de la construcción, el cual está aún en estudio para ser patentado y utilizado comercialmente, este es el bloque a base de lodo de celulosa.

La fase tres expresa gráficamente el proceso constructivo del sistema propuesto, desde la fundación hasta la estructura de techo y se propone un elemento adicional para mejorar las condiciones climáticas de las edificaciones. Se cierra esta fase con un caso de aplicación del sistema en un terreno real en el Centro Histórico de San Salvador, para comprobar que es adaptable a cualquier proyecto de vivienda de interés social.

Finalmente, la fase cuatro proporciona algunas recomendaciones para darle seguimiento a este primer intento de proponer, diseñar y validar elementos constructivos novedosos bajo el concepto de sostenibilidad.

ÍNDICE

| | |
|--|-------------|
| Presentación | iii |
| Resumen Ejecutivo | v |
| Introducción | ix |
| Metodología Propuesta | xi |
| Sistema Metodológico..... | xi |
| Estructura del proyecto en fases..... | xii |
| Identificación del Recurso Humano por grupos de actividades | xiv |
| Metodología Empleada | xiv |
| Objetivos | xvii |
| Fase 1: Materiales Alternativos Propuestos | 1 |
| Criterios de Selección | 2 |
| La Madera | 3 |
| Estructuras De Madera | 5 |
| Tableros Contrachapados Y Aglomerados | 5 |
| EL Lodo de Celulosa | 6 |
| Lámina troquelada con recubrimiento de Lodo de Celulosa..... | 6 |
| Bloques de concreto con agregado de Lodo de Celulosa..... | 7 |
| Bovedillas de concreto con agregado de Lodo de Celulosa | 7 |
| Fase 2: Pruebas Y Validación Estructural | 9 |
| Etapa I: Revisión de la resistencia y absorción del bloque de celulosa que se produce en la actualidad en plantas semimecanizada y mecanizada. | |
| Etapa II: Definición y realización de pruebas piloto para diez dosificaciones | |
| Etapa III: Realización de pruebas en bloques y prismas fabricados con las cuatro dosificaciones propuestas, todos elaborados en la planta elegida. | |

| | |
|---|-----------|
| Fase 3: Diseño de módulos y prototipos | 19 |
| Compatibilidad con sistemas tradicionales | 21 |
| Sistema constructivo propuesto | 22 |
| Losa de fundación | 22 |
| Paredes primer y segundo nivel | 23 |
| Entrepiso | 24 |
| Pared tercer y cuarto nivel | 27 |
| Techo | 28 |
| Elementos complementarios | 29 |
| Módulo de prueba | 30 |
| Anéxos, Anteproyecto Mesón Palacios | 33 |
| Detalles Tipo de Pared..... | 43 |
| Detalles de Pared de Primer y Segundo Nivel..... | 44 |
| Detalles de pared compartida Sistema Mixto..... | 45 |
| Instalaciones Hidraulicas..... | 46 |
| Fase 4: Conclusiones y Recomendaciones | 47 |
| Conclusiones | 49 |
| Recomendaciones..... | 51 |
| Referencias | 53 |
| Bibliografía | 55 |

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se deriva de la necesidad que existe en nuestro país de facilitar la obtención de vivienda segura a la población de escasos recursos económicos aunada a la escasez de suelo urbanizable.

En la actualidad, en nuestro medio, la vivienda de interés social es erigida en su gran mayoría con sistemas constructivos elaborados con materiales pesados y rígidos especialmente en sus elementos estructurales, lo que dificulta una construcción rápida y masiva además que se ve encarecida por el transporte y por la manipulación de los materiales en su ejecución, con el agravante de que en su mayoría se desarrolla en un solo nivel aumentando la escasez de suelo disponible.

Es en este contexto, que la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (U.C.A) a través del Departamento de Organización del Espacio (DOE) ha tenido la iniciativa que se investigue la posibilidad de desarrollar un sistema constructivo de bajo costo, seguro, que pueda implementarse masivamente en programas de vivienda de interés social y en el cual se reciclen elementos que sean útiles para la construcción. Tal es el caso de los desechos de la fábrica de papel Kimberly Clark en El Salvador, los cuales son utilizados como base para elaborar materiales de construcción.

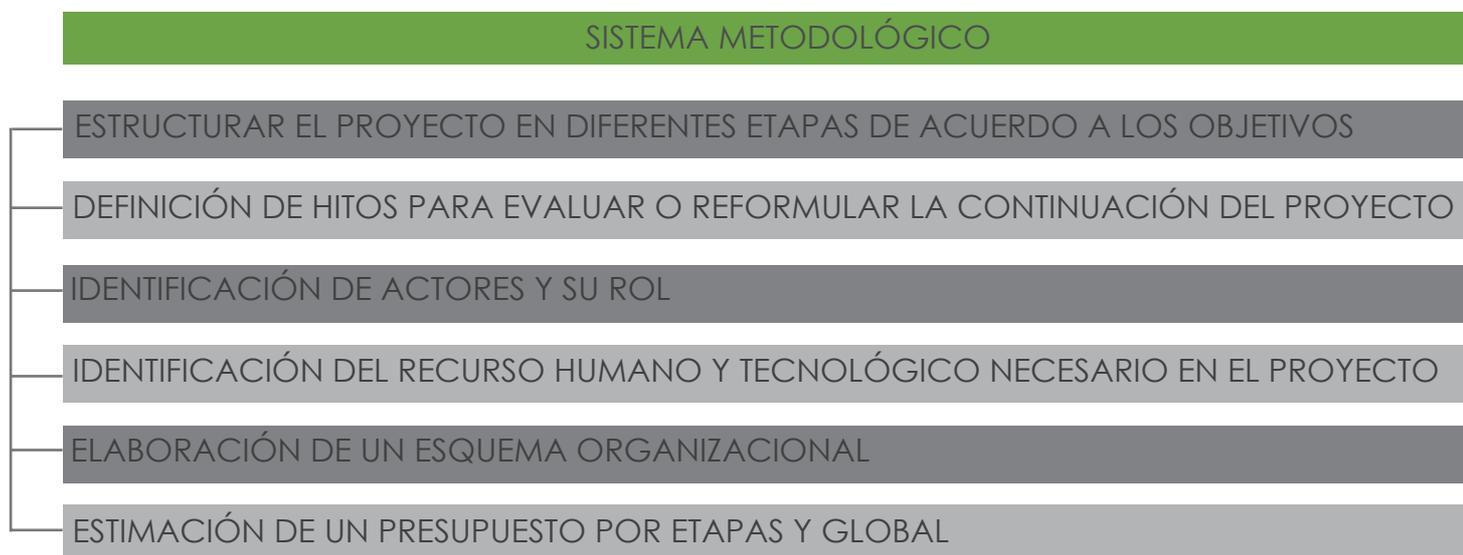
En este trabajo se presenta el concepto del diseño de un sistema constructivo basado en los principales parámetros que deben existir en los proyectos de vivienda de interés social, como son: industrialización, estandarización, prefabricación, posibilidad de autoconstrucción, flexibilidad, tecnologías apropiadas, participación comunitaria, flexibilidad en los diseños, bajo costo, y que fomenten la formación de pequeñas y medianas empresas.

Desde el punto de vista estructural se propone el empleo de materiales y productos que sean amigables con el medio ambiente y que tengan la posibilidad de ser compatibles con materiales y tecnologías constructivas tradicionales.

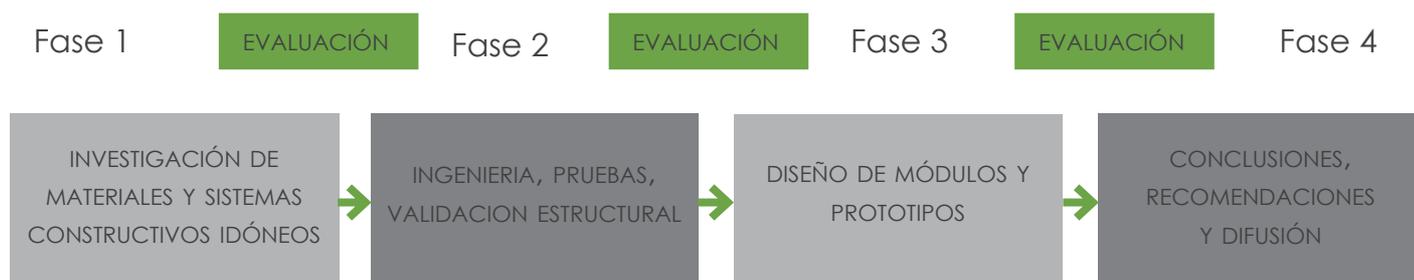
METODOLOGÍA

METODOLOGÍA PROPUESTA

El enfoque metodológico planteado, va encaminado a identificar : que se puede hacer, a qué nivel se debe llegar, cuales son las diferentes etapas del proyecto, quienes son los diferentes actores del proyecto es decir para quienes va dirigido el proyecto, quienes lo podrían desarrollar, con qué recursos humanos , materiales o equipo se dispone, quienes lo pueden financiar y de qué manera, diferentes grados de participación, así como la recopilación de información sobre trabajos y sistemas desarrollados o implementados en El Salvador o en otros países con contextos similares, elaborar un estudio comparativo con otros casos análogos, para lo cual el sistema metodológico que se emplea se sintetiza en el siguiente esquema:



ESTRUCTURA DEL PROYECTO POR FASES



De acuerdo a esta estructuración, es posible establecer los resultados esperados en cada fase , para el desarrollo de un prototipo de vivienda de interés social, utilizando el Sistema Constructivo Sostenible (Madera + Lode de Celulosa):

Fase 1: anteproyectos arquitectónicos diseñados y modulados en base a los materiales y sistema investigado, planos ilustrativos y diseño de una secuencia constructiva.

Fase 2: validación estructural, planos finales, presupuesto y programación de la construcción de un prototipo utilizando los nuevos materiales investigados.

Fase 3: diseño de un proyecto piloto y un módulo experimental.

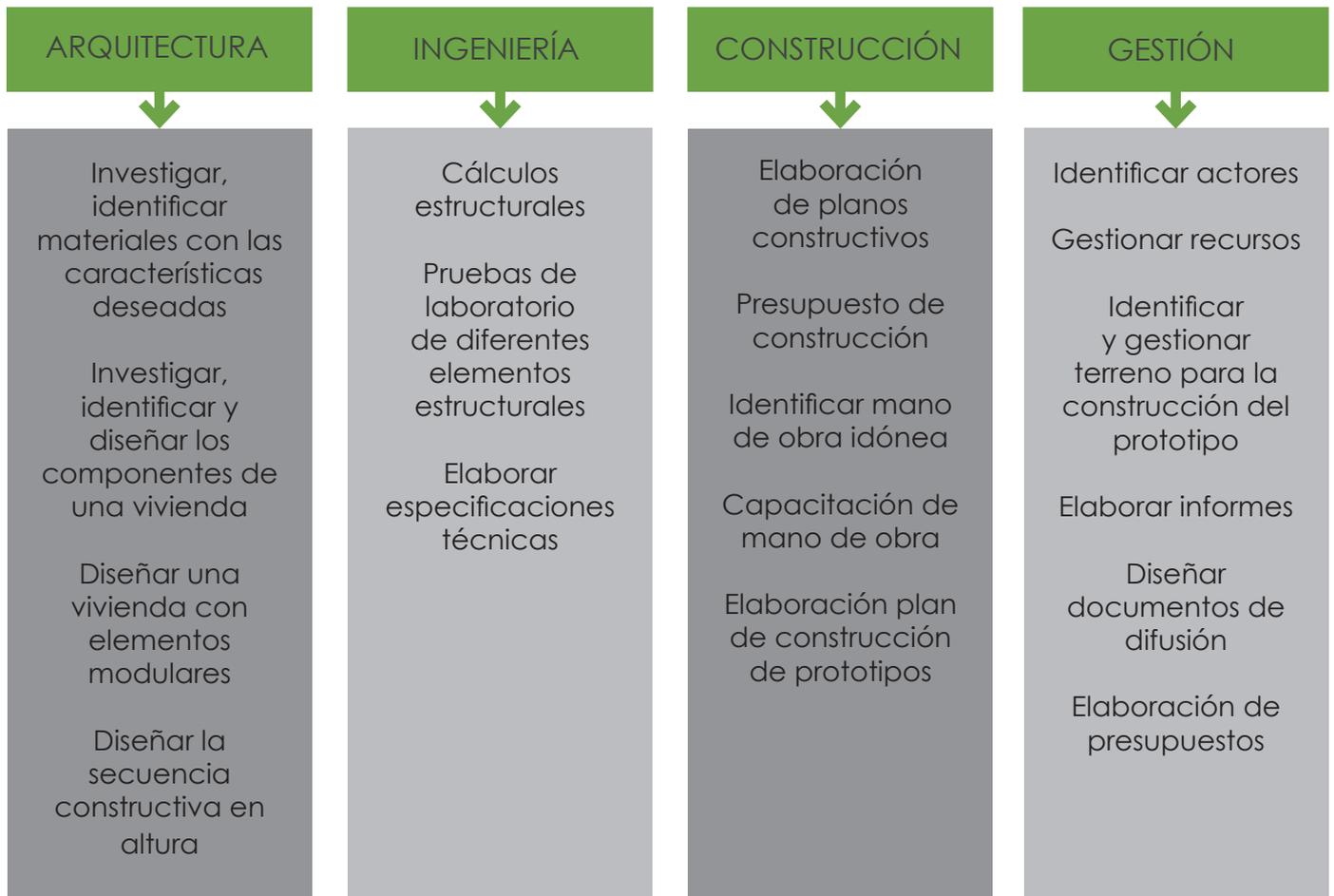
Fase 4: documentos de divulgación y promoción o gestión de patentes si las hubiere.

Para el desarrollo del proyecto es necesario identificar una serie de actores y su rol, por lo cual, se debe identificar por sectores y zonas la cantidad de posibles usuarios o beneficiarios de los productos derivados de esta investigación, esto permitirá cuantificar la magnitud de la posible demanda.

Asimismo, es necesario identificar posibles patrocinadores o socios estratégicos que den algún tipo de apoyo al proceso de la investigación o al seguimiento de la misma de acuerdo a las diferentes fases del proyecto y a los resultados esperados en cada una de ellas, se elabora un listado de actividades y la duración más probable de su ejecución indicando las precedencias necesarias.

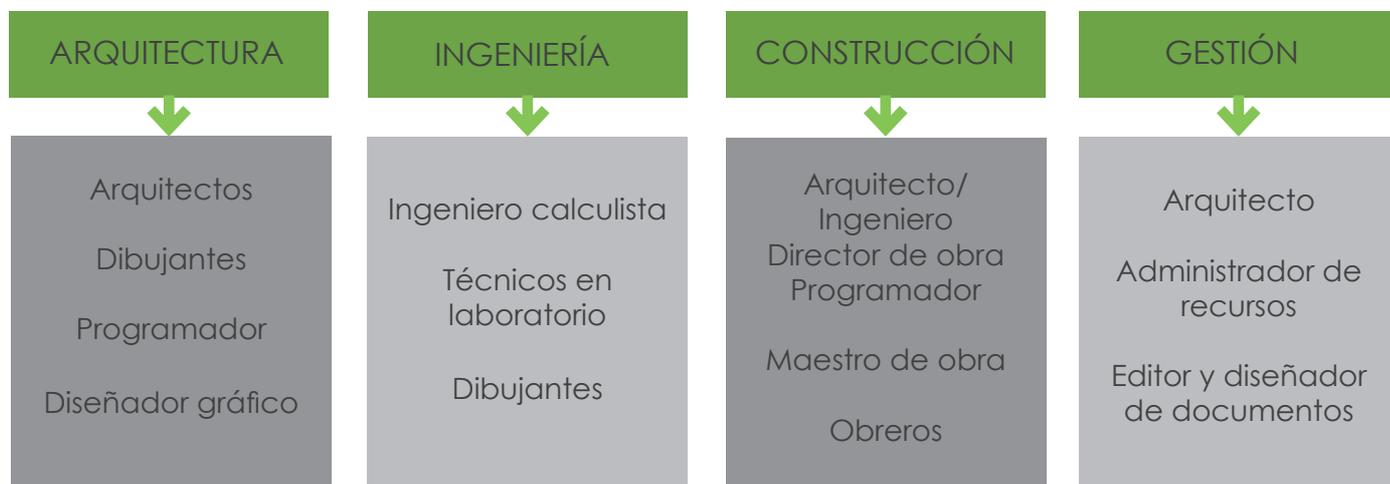
ACTIVIDADES DEL PROYECTO

El listado de actividades permite agruparlas por especialidad y definir secuencias para optimizar los recursos humanos de acuerdo a su especialidad, así es posible definir las actividades en: arquitectura, ingeniería, construcción y gestión.



IDENTIFICACIÓN DEL RECURSO HUMANO POR GRUPOS DE ACTIVIDADES

De acuerdo a la agrupación anterior se identifica el recurso humano necesario en los distintos grupos de actividades.



El personal será seleccionado de preferencia, de los departamentos del área de arquitectura e ingeniería de la universidad de acuerdo a disponibilidad, especialidad y costos planeados.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Se optó por desarrollar el proyecto de investigación por medio de Trabajos de Graduación de la UCA, en temas relacionados con los sistemas constructivos sostenibles, los cuales pasaron a formar parte del compendio de información que contiene esta publicación, tomando en cuenta que cada uno de ellos aporta datos muy importantes y de mucha calidad.

Los trabajos a los cuales se hace referencia en este documento y el equipo de profesionales , todos asesorados por el autor de este libro, son los siguientes:

■ **“PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN SOBRE BLOQUES DE CELULOSA Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO” (2009)**

- Arqta. Andrea María Bernal Callejas
- Arqta. Sara Deisy Rodríguez Amaya

CARRERA: Arquitectura

ASESOR: Arturo Cisneros

APORTE: Se obtienen resultados preliminares sobre las propiedades de los bloques de concreto con agregado de celulosa. Se realizó una propuesta de geometría y dimensiones para bloques de concreto con este agregado . Se modula de acuerdo a la geometría propuesta compatibilizándola con la tradicional.

■ **“DISEÑO DE PROTOTIPO DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN ALTURA, UTILIZANDO MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS SOSTENIBLES” (2010)**

- Arqta. Patricia Beatriz Valencia Salinas
- Arqta. Jaqueline Matilde Sorto
- Arqta. Stefannie Lisbeth Reyes Varela

CARRERA: Arquitectura

ASESOR: Arquitecto Arturo Cisneros

APORTE: Se comprueba empíricamente el lodo de celulosa como agregado para pintura, creando una mezcla que sirva para mejorar las propiedades térmicas de las paredes y cubiertas de lámina metálica . Se diseño un módulo experimental compuesto por elementos claves para ser analizados en el Laboratorio de Estructuras Grandes de la UCA

Se realizó un manual donde se detalla el proceso para la construcción de vivienda de interés social de tres niveles utilizando bloques de concreto con agregado de celulosa, madera y lámina troquelada entre otros

■ **“INVESTIGACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DE BLOQUES ELABORADOS A PARTIR DE CELULOSA” (2010)**

- Ing. Francisco José Castro Guerra
- Ing. Fernando Alfredo Pereira Medina
- Ing. Carlos Alfredo Serpas Saz

CARRERA: Ingeniería Civil
ASESOR: Ingeniera Patricia de Hasbun
LECTOR: Arquitecto Arturo Cisneros

APORTE: Fabricación de bloques con agregado de celulosa para ser analizados en el laboratorio, en 10 dosificaciones de las cuales una resultó ser la idónea al cumplir con las especificaciones técnicas de la ASTM para ser catalogado como elemento de construcción liviano. Se realizaron pruebas de absorción, densidad y de compresión cumpliendo con las normas.

■ **“CATALOGO DE MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS SOSTENIBLES Y SU APLICACIÓN EN VIVIENDA SOCIAL “” (2011)**

- Arq. Héctor Delgado

CARRERA: Arquitectura
ASESOR: Arquitecto Arturo Cisneros

APORTE: con este trabajo de graduación se logra demostrar la adaptación de los elementos investigados y validados en las tesis anteriores, para diseñar vivienda de interés social que cumpla con todas las regulaciones que instituciones como la Secretaría de Cultura exigen para la construcción dentro de los Centros Históricos del país. Se diseñaron elementos complementarios y compatibles con sistemas tradicionales como una ventana fabricada con estructura metálica y madera, con ventajas para la climatización de los espacios dentro de la vivienda. Un prototipo a escala fue fabricado para verificar su funcionamiento.

■ **“PROPUESTA TÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN LA COMUNIDAD ALTOS DE SAN FELIPE I” (2011)**

- Arq. Sergio Ernesto Campos Barrientos
- Arq. Juan José Galdámez Martínez
- Arqta. María José López López

CARRERA: Arquitectura
ASESOR: Arquitecto Arturo Cisneros

APORTE: Con este trabajo de Trabajo de Graduación se demuestra la aplicabilidad del sistema al combinar el diseño arquitectónico con el diseño urbano, y la adaptabilidad en proyectos de renovación urbana en los que se conserva la infraestructura y la topografía existente.

OBJETIVOS

- Identificar criterios que permitan seleccionar materiales y elementos sostenibles para la construcción.
- Identificar las propiedades y ventajas de los principales materiales seleccionados para la construcción sostenible.
- Plantear nuevos sistemas constructivos a partir de la combinación de sistemas existentes.
- Elaborar un proyecto de vivienda en altura moderada utilizando los sistemas propuestos.
- Desarrollar elementos complementarios para optimizar los recursos energéticos en las edificaciones.
- Diseñar y construir un módulo experimental para observar fortalezas y debilidades.
- Considerar alianzas con empresas que produzcan desechos reciclables, como Kimberly Clark

FASE

1

MATERIALES ALTERNATIVOS PROPUESTOS

1.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN

El término sostenible incluye el factor ambiental en un primer plano, ya que se utilizan materiales y sistemas constructivos no contaminantes y en algunos casos hechos de elementos reciclados, otro aspecto es el económico, cuando se incorporan en el diseño sistemas que contribuyen a disminuir el consumo energético.

- Liviano
- Bajo costo
- Bajo mantenimiento
- Larga duración
- Prefabricable
- Construcción en altura moderada (3 ó 4 niveles)
- Amigable con el Medio Ambiente
- Posibilidad de autoconstrucción
- Flexibilidad en el diseño para que sea compatible con los sistemas tradicionales

La madera es el único material renovable y el más utilizado como material de construcción. No necesita tratamientos posteriores, lo que supone un importante ahorro energético y no implica una destrucción del medio ambiente si su uso va acompañado de una buena política forestal que actúe a largo plazo.

Propiedades Mecánicas

La madera tiene una muy elevada resistencia a la flexión. La relación resistencia/peso propio es 1.3 veces superior al acero y 10 veces superior al hormigón. La resistencia a la tracción y compresión paralelas a la fibra es buena en la madera. Las resistencias y módulos de elasticidad en la dirección paralela a la fibra son mucho más elevados que en la dirección perpendicular.

[Diseño De Prototipo De Vivienda De Interés Social En Altura, Utilizando Materiales Y Procesos Constructivos Sostenibles" (2010)]

Ventajas

Facilidad al trabajarse: La madera se puede cortar y trabajar en diversas formas y tamaños, con la ayuda de sencillas herramientas manuales o de herramientas de fácil transporte y utilización en el sitio de la construcción.

Uniones eficientes: La madera se puede ensamblar y pegar con adhesivos apropiados, unir con clavos, tornillos, pernos y conectores especiales, utilizando herramientas sencillas y produciendo uniones limpias, resistentes y durables.

Durabilidad: La madera no es un material imperecedero, sin embargo, al tomar las medidas de protección adecuadas contra la humedad, intemperismo y el ataque de los organismos destructores, la vida de una estructura de madera puede ser superior a un siglo, como lo atestiguan muchas aún existentes.

La protección de la madera contra la humedad es sencilla de lograr. Se puede realizar de diversas maneras tales como:

- Realizar diseños constructivos adecuados que eviten la concentración de la humedad en el interior de los edificios, y que disminuyan el grado de exposición de las superficies de madera ante la lluvia u otras fuentes de humedad, así como aplicar aditivos especiales.

Alta resistencia: La madera es resistente a muchos productos químicos que son altamente corrosivos a otros materiales. Posee una gran capacidad para absorber energía y para resistir cargas de impacto, lo que hace un buen material de construcción en zonas sísmicas.

Bajo costo: Debido a la ligereza de la madera, se ahorran recursos energéticos en los procesos de elaboración y se reduce el costo de transporte de los elementos, respecto a los costos correspondientes que genera el uso de otros materiales y sistemas constructivos.

Para evitar la deforestación se debe garantizar que en el uso masivo de este recurso, se utilice únicamente madera proveniente de bosques plantados y no nativos, debidamente certificados, la madera es sin duda el material más ecológico frente a otros cuyo proceso de fabricación y eliminación consume mucha energía y es contaminante. Elegir mal la madera puede tener una repercusión negativa para los bosques.

El consumo energético en la producción y transformación de la madera en material de construcción es pequeño ya que se emplean menos kwh/tonelada en comparación a otros materiales.

El siguiente cuadro presenta el consumo comparativo de energía de algunos materiales de construcción en su transformación como material de construcción.

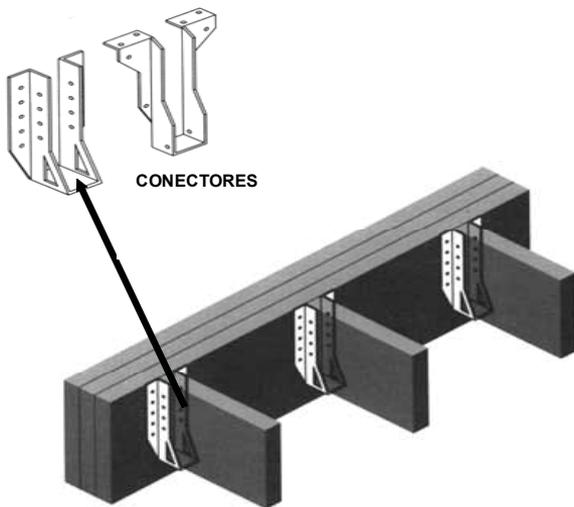
| MATERIAL | CONSUMO ENERGÉTICO |
|----------|--------------------|
| MADERA | 450 Kw/Tonelada |
| ACERO | 2,700 Kw/Tonelada |
| ALUMINIO | 17,00 Kw/Tonelada |

Cuadro Comparativo De Consumo Energético De Materiales De Construcción

Fuente: Revista "La Casa de Todos" del Departamento de Organización del Espacio UCA (2009).

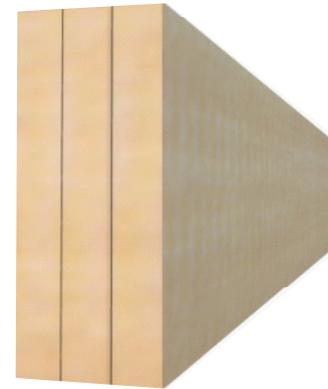
1.2.1 ESTRUCTURAS DE MADERA

Se propone un sistema prefabricable en el sitio laminando tablas para formar viguetas, con el cual se pueden lograr longitudes mayores y la homogenización del material, usando conectores metálicos y pegamento especial para madera.



Conectores metálicos para Estructuras de Madera

Fuente:Elaboración Propia



Viga Estructural de Madera, hecha de tablas

Fuente:Elaboración Propia

1.2.2 TABLEROS CONTRACHAPADOS Y DE AGLOMERADOS

Se obtiene mediante encolado de chapas de madera superpuestas de modo que sus fibras formen un ángulo determinado, generalmente recto. Normalmente están compuestos por chapas impares, con el fin de equilibrar su estructura y facilitar su curvado.

Sustituye eficazmente los procesos constructivos tradicionales tales como losas, encofrados, y armaduras, sujetos a continuas impermeabilizaciones, en esta propuesta se sugiere el uso de este material únicamente en las áreas húmedas.

Con el uso de láminas de madera aglomerada para forro de estructura de entrepiso se logra la elaboración de un elemento liviano y de fácil instalación, lo cual agiliza el proceso constructivo, además permite la colocación de diversos tipos de acabados para piso.

1.3 LODO DE CELULOSA

El lodo de celulosa proveniente del desecho de la elaboración de papel, se está utilizando como agregado para la fabricación de bloques de concreto ligero con los que se pretende construir viviendas. En El Salvador este agregado se obtiene de la fábrica de papel Kimberly Clark, el cual es un problema como desecho pero un elemento útil para la construcción.

PROPIEDADES FÍSICAS

Para conocer de una mejor forma el lodo de celulosa, se hace necesario describirlo físicamente, por lo que a continuación se presenta una breve descripción física del mismo:

CONSISTENCIA

El lodo de celulosa presenta una consistencia blanda en presencia de humedad. Tiene una textura suave y fibrosa. Es una masa maleable, sin embargo, hasta cierto índice de humedad la mezcla se torna en una pasta con múltiples grumos. Esta característica tiene relación con el fenómeno de la higroscopia por cuanto es susceptible de contraerse y expandirse en presencia de agua.

COLOR

Bajo la presencia de baja humedad, el residuo de celulosa presenta una coloración gris oscuro. A medida se incrementa la cantidad de agua, la intensidad del gris baja a un gris claro. Según el análisis mineralógico realizado al lodo de celulosa, la muestra contenía pequeñas cantidades de partículas rojinegras que no se analizaron debido a su escasa cantidad.

PESO

En la tabla 1 se muestran valores típicos de peso volumétrico seco y compactado que presenta el lodo de celulosa.

[Investigación De Las Propiedades Mecánicas Y Físicas De Bloques Elaborados A Partir De Celulosa" (2010)]

1.3.1 LÁMINA TROQUELADA CON RECUBRIMIENTO DE LODO DE CELULOSA

La lámina troquelada presenta propiedades termo-acústicas muy favorables para lograr una climatización confortable en las edificaciones. Se han realizado pruebas utilizando una mezcla de pintura látex y lodo de celulosa, los cuales han demostrado que al aplicar esta combinación sobre una lámina, la temperatura baja notablemente al ser expuesta al sol, en comparación con una lámina a la que no se le aplica.

1.3.2 BLOQUE DE CONCRETO CON AGREGADO DE LODO DE CELULOSA

El bloque de concreto con agregado de lodo de celulosa, es un material de construcción compuesto por pulpa de papel como fibra, cemento Portland o arcilla y otros suelos como agregados. Se percibe como un material ecológico, debido al importante contenido de papel reciclado, sin embargo está en una etapa experimental ya que aún debe encontrarse la dosificación ideal para lograr que el bloque cumpla con las normas especificadas en la American Society for Testing and Materials (ASTM).

CARACTERÍSTICAS

- **Peso:** Son más ligeros que los bloques tradicionales, pues su peso es aproximadamente 30% menor.
- **Mano de Obra:** Al reducir la cantidad de bloques por m², también se reduce la cantidad de movimientos al momento de colocarlos, lo que genera un mayor rendimiento en mano de obra, el albañil logra avanzar más con el mismo esfuerzo físico.
- **Aislamiento Térmico y acústico:** Según estudios realizados en Estados Unidos y Alemania, se comprueba que al comparar el aislamiento térmico proporcionado por los bloques de lodo de celulosa, con otros materiales en idénticas condiciones, la temperatura ambiente conseguida con el aislamiento del primero es 6°C inferior.
- **Dimensiones:** Aprovechando la ligereza se proponen bloques de mayores longitudes que las de los bloques convencionales, con el fin de lograr eficiencia al momento de ser colocados en la obra, ahorrando tiempo y dinero.
- **Rendimiento:** 8 bloques/m² aproximadamente.

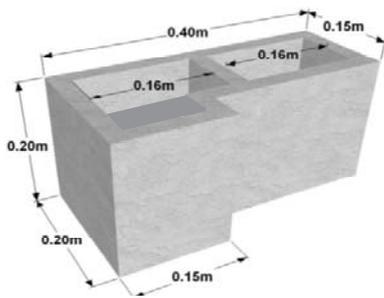
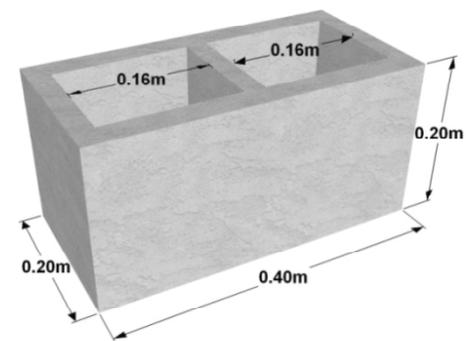
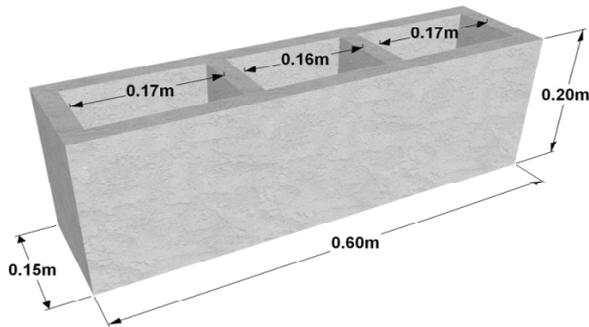
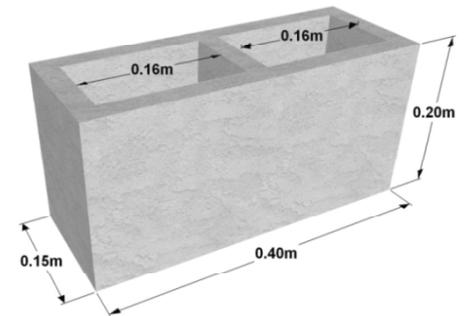
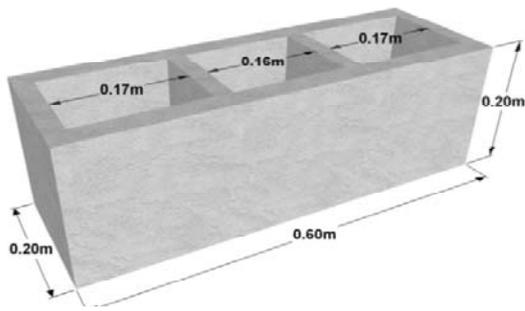
[Propuesta De Investigación Sobre Bloques De Celulosa Y Su Aplicación En El Diseño Arquitectónico]

1.3.3 BOVEDILLA DE CONCRETO CON AGREGADO DE LODO DE CELULOSA

Las dosificaciones propuestas para la elaboración de bloques con agregado de lodo de celulosa son aplicables para la construcción de bovedillas de concreto con el mismo agregado, obteniendo un elemento de entrepiso más liviano que el convencional.

PROPUESTA DE TIPOS DE BLOQUE DE CONCRETO CON AGREGADO DE LODO DE CELULOSA

Se muestran a continuación las opciones de medidas de bloques de celulosa



Las dimensiones propuestas del bloque de celulosa en módulos de 60 cm surgieron a partir de la comparación del peso de un bloque convencional con un bloque de celulosa, ya que éste es más liviano y puede abarcar un área más grande con el mismo peso del bloque convencional, esto agiliza el proceso constructivo ya que el obrero coloca una mayor cantidad de unidades con el mismo esfuerzo físico.

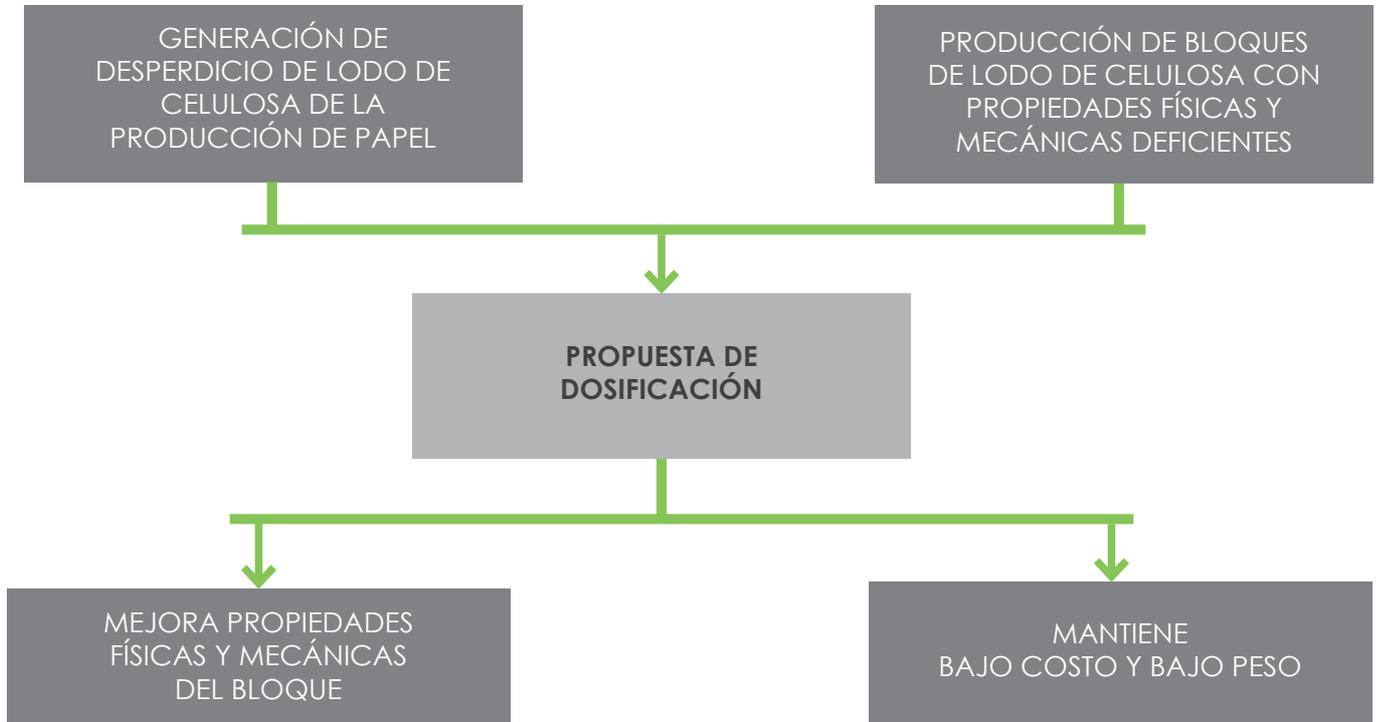
FASE

2

PRUEBAS Y VALIDACIÓN ESTRUCTURAL

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

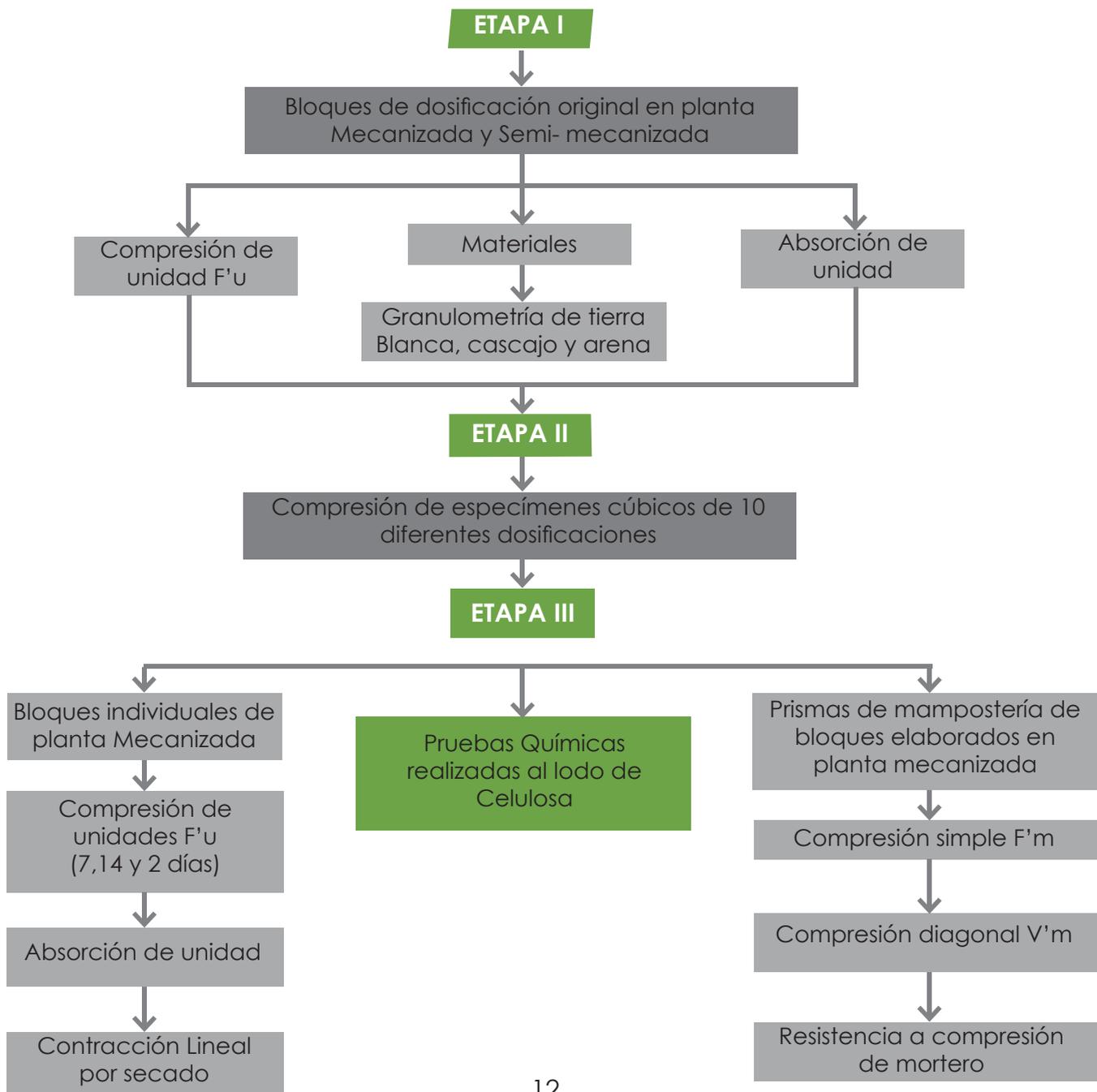
En la actualidad la producción de los bloques de celulosa es una industria incipiente en El Salvador que no cuenta con registros apropiados para una certificación como un material de construcción competente. La ausencia de estos hace necesaria la investigación planteada. Este estudio es un aporte para brindar seguridad en la utilización del recurso y reducir el volumen de desecho.



2.1 ETAPAS DEL DISEÑO Y VALIDACIÓN ESTRUCTURAL

Teniendo claro que el objetivo de esta fase de la investigación es mejorar los valores de indicadores como resistencia a la compresión, absorción y contracción lineal por secado para los bloques fabricados a base de lodo de celulosa, se diseña una estrategia en la que, teniendo los resultados de las propiedades de los bloques antes de la investigación, su proceso de fabricación y almacenaje. Se elige la variable crítica que debe controlarse la cual es la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería fabricadas a base de lodo de celulosa.

Se presenta a continuación el flujograma de la metodología, que se llevó a cabo en esta etapa de la investigación en cuanto a las pruebas de laboratorio realizadas.



2.1.1

ETAPA I: REVISIÓN DE LA RESISTENCIA Y ABSORCIÓN DEL BLOQUE DE CELULOSA QUE SE PRODUCE EN LA ACTUALIDAD EN PLANTAS SEMI-MECANIZADA Y MECANIZADA

En esta fase se identificaron los agregados utilizados por el fabricante realizándose una evaluación granulométrica a la tierra blanca, cascajo y arena.

También se probaron especímenes o unidades enteras fabricadas con la dosificación original en ambas plantas para conocer su resistencia a la compresión y su comportamiento ante la absorción de agua.

Se logró, entonces como primera instancia, determinar valores de referencia con los que se pudo comparar valores e índices obtenidos en el transcurso y desarrollo de la investigación sobre los bloques fabricados con las nuevas dosificaciones, pudiendo así identificar cualquier avance que se alcanzará en la búsqueda por la dosificación idónea.



Prueba de absorción, peso inmerso.



Prueba de granulometría, vibrado.

Parte importante de esta fase consistió en la selección de una de las plantas de fabricación disponibles actualmente, para la posterior elaboración de los bloques; dicha selección dependerá de los resultados a compresión y de absorción de agua de cada una de las unidades ensayadas, las cuales ayudarán a determinar el camino a seguir, sin olvidar la idea de que aquella que genere el mayor volumen de producción de bloques jugará un papel importante en esta decisión, pues se supone que la empresa implementará un proceso productivo industrial masivo con la nueva dosificación.



Prueba de granulometría, material retenido.



Prueba de compresión a unidad.

2.1.2 ETAPA II: DEFINICIÓN Y REALIZACIÓN DE PRUEBAS PILOTO PARA DIEZ DOSIFICACIONES DIFERENTES

El objetivo es encontrar dosificaciones de prueba a partir de variantes en las proporciones de agregados, cemento, agua, y en algunos casos la inclusión de cal. Se definieron en total 10 dosificaciones para realizar las pruebas piloto, siendo la primera una réplica de la dosificación original y nueve dosificaciones distintas cuidadosamente propuesta, buscando alterar una sola variable a la vez permitiendo monitorear el comportamiento presentado por cada una en comparación a la original.

Al procesar los resultados obtenidos de resistencia a compresión y pesos volumétricos se determinaron las mejores cuatro dosificaciones, dando paso a las pruebas programadas de la fase III con las cuatro dosificaciones seleccionadas.



Proceso de mezclado

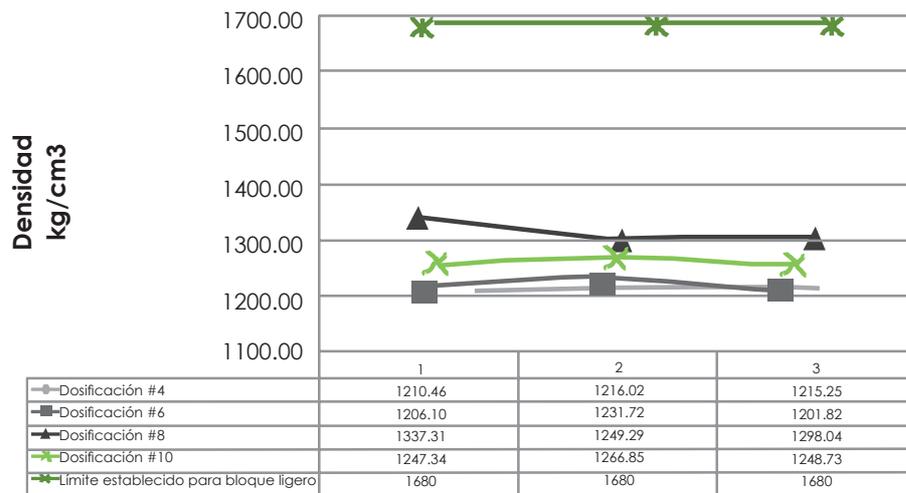


Especímenes recién moldeados

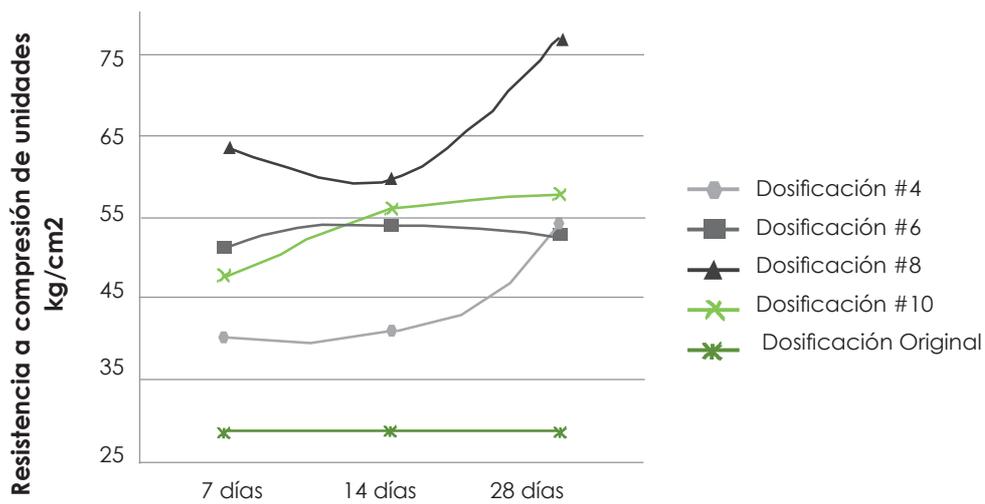


Ensayo a compresión

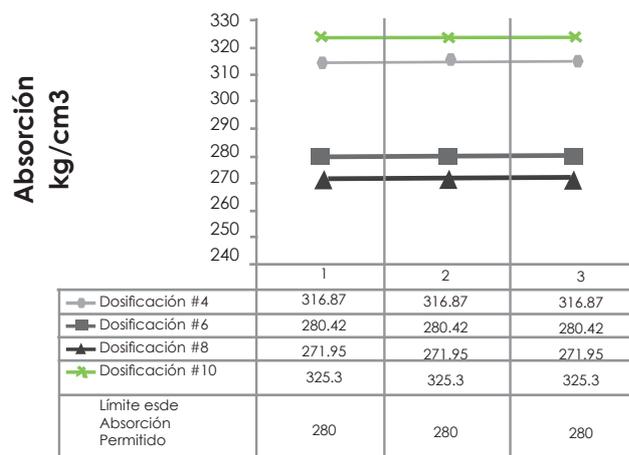
Resultados globales de densidad de las unidades de cada dosificación



Comparación global de resultados a compresión de la unidad REALIZADOS EN PLANTA MECANIZADA



Resultados globales de Absorción



Resultado de compresión a especimenes cúbicos en prueba piloto - dosificación original

| DOSIFICACIÓN ORIGINAL | PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO | COEFICIENTE DE VARIACIÓN | ESFUERZO PROMEDIO | COEFICIENTE DE VARIACIÓN |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| | (kg/m ³) | C.V | (kg/m ²) | C.V |
| | 982.47 | 1.13% | 12.417 | 9.98% |

Resultado de compresión a especímenes cúbicos en prueba piloto - dosificación 8

| DOSIFICACIÓN 8 | PESO VOLUMÉTRICO PROMEDIO | COEFICIENTE DE VARIACIÓN | ESFUERZO PROMEDIO | COEFICIENTE DE VARIACIÓN |
|----------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| | (kg/m ³) | C.V | (kg/m ²) | C.V |
| | 1386.34 | 3.34% | 36.667 | 4.59% |

2.1.3 ETAPA III: REALIZACIÓN DE PRUEBAS EN BLOQUES Y PRISMAS FABRICADOS CON LAS CUATRO DOSIFICACIONES PROPUESTAS, TODOS ELABORADOS EN LA PLANTA ELEGIDA.

En base a las cuatro dosificaciones propuestas a investigación en esta fase, se fabricaron una cantidad de bloques suficientes para realizar las todas pruebas mecánicas y físicas propuestas en esta investigación, esto es, compresión a unidades enteras, absorción de agua, compresión simple y diagonal a prismas y contracción lineal por secado. En base a los resultados de todas estas pruebas se determinó la dosificación que presentó el mejor comportamiento en conjunto. Cabe recalcar que para las pruebas de compresión a unidad enteras de las cuatro dosificaciones investigadas en esta fase se considerarán tres edades de ensayo (7, 14, y 28 días), con el fin conocer el incremento de resistencia respecto del tiempo. Se elaboraron diez dosificaciones, de las cuales la número ocho resultó idónea para ser usada.



Ensayo a compresión diagonal



Ensayo a compresión



Ensayo a compresión simple

FASE

3

DISEÑO DE MÓDULOS Y PROTOTIPOS

3.1 COMPATIBILIDAD CON SISTEMAS TRADICIONALES

Los elementos de construcción propuestos en este documento han sido diseñados de manera que puedan ser utilizados simultáneamente o reemplazados sin ninguna complicación, con elementos de construcción convencionales, con el fin de adaptar los recursos disponibles y optimizar el avance en la obra.

Algunos factores que permiten la compatibilidad de los sistemas alternativos con los convencionales son los siguientes:

3.1.1 **Modulación**

Todos los elementos alternativos propuestos están modulados de acuerdo a las dimensiones estándar más utilizadas en el país.

3.1.2 **Proceso de instalación**

La forma de instalación de los sistemas alternativos es similar a la de los sistemas convencionales y no se necesitan adaptadores o herramientas especiales en ninguno de los casos.

3.1.3 **No requiere mano de obra especializada**

Los elementos de construcción alternativos son instalados de la misma forma que los convencionales, la diferencia es que los primeros son más livianos, lo cual permite un mayor avance en la obra con el mismo esfuerzo físico.

3.1.4 **Sustitución total o parcial**

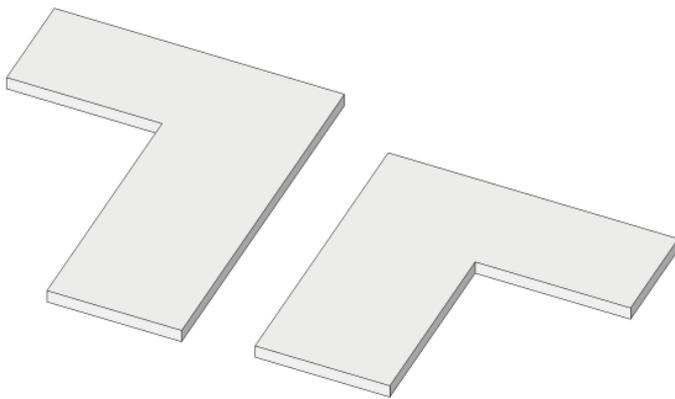
Por las razones mencionadas anteriormente es posible sustituir si fuere necesario, total o parcialmente los elementos alternativos.

3.2 SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO

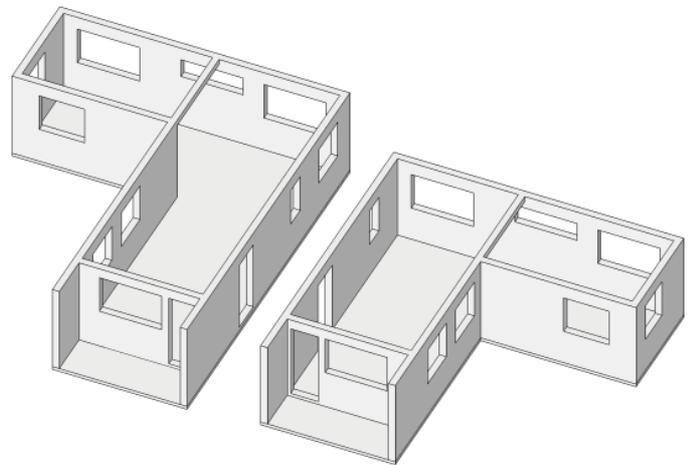
El sistema constructivo propuesto permite la combinación de elementos constructivos según la necesidad, los recursos económicos y los requerimientos técnicos de cada proyecto.

3.2.1 LOSA DE CIMENTACIÓN

Se sugiere el uso de una losa de cimentación para este tipo de sistema constructivo, sin embargo debe estar debidamente evaluado y aprobado por un ingeniero estructurista, ya que cada terreno presenta condiciones específicas que deben ser tomadas en cuenta a la hora de diseñar el tipo de hierro y la resistencia del concreto a utilizar.



1. Losa de fundación



2. Paredes del primer nivel de bloque de concreto con agregado de lodo de celulosa

3.2.2 PAREDES DEL PRIMER Y SEGUNDO NIVEL

BLOQUES DE CONCRETO CON AGREGADO DE LODO DE CELULOSA

El diseño propone la utilización de bloques con agregado de lodo de celulosa en los primeros dos niveles. Es importante mencionar que no se ha estudiado el comportamiento de los bloques bajo tierra por lo tanto se recomienda sustituir por bloques convencionales de concreto, las primeras hiladas, en caso que sea necesario.



3. Colocación de piso, puertas, ventanas y paredes interiores

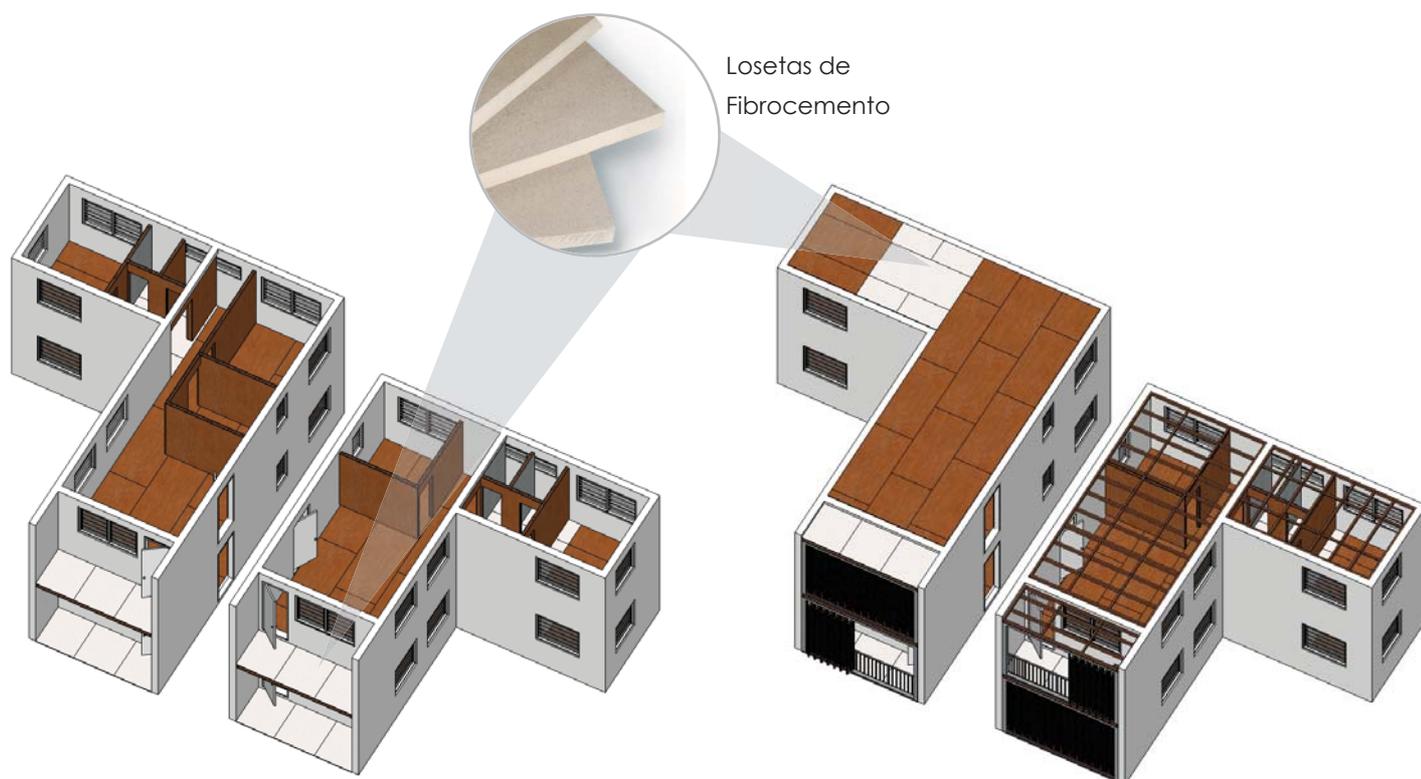


4. Instalación de estructura para entrepiso en el primer nivel

a) ESTRUCTURA DE MADERA Y TABLEROS AGLOMERADOS

Para dar continuidad al concepto de estructuras livianas, este entrepiso funciona perfectamente en edificaciones de altura moderada (2 a 3 niveles), que no requieran de una resistencia a cargas muy altas. La estructura principal formada de cuarterones como elemento de soporte y costaneras para formar las divisiones donde se colocarán los tableros que conforman el piso, estos pueden ser de madera.

En las áreas húmedas de las viviendas se recomienda el uso de Fibrocemento por su alta resistencia a la humedad, las dimensiones de las piezas de este material son iguales a las de los tableros de madera lo cual facilita modular cada espacio y se desperdicia menos material.



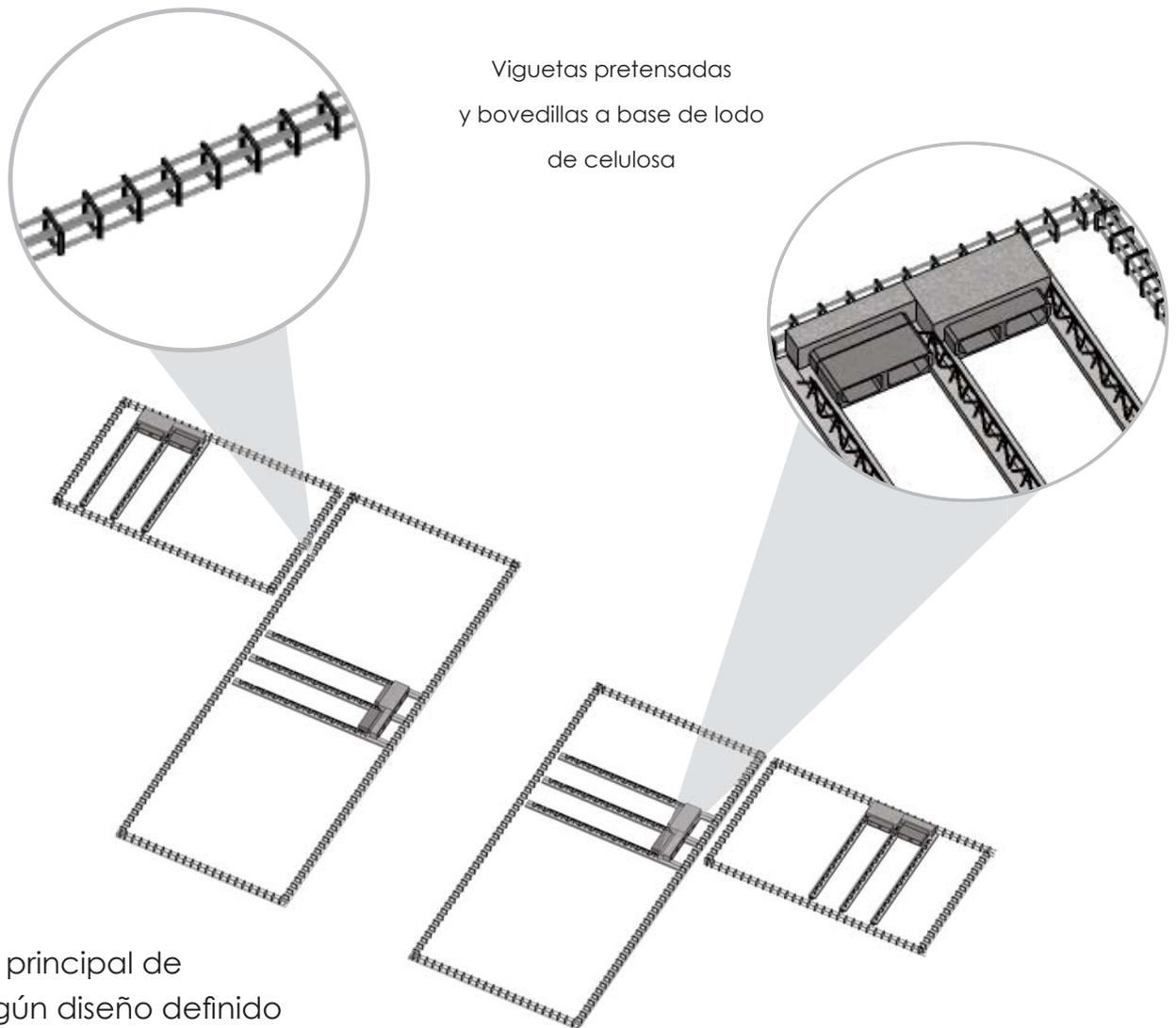
5. Paredes de segundo nivel, puertas , ventanas y paredes interiores

6. Instalación de estructura de entrepiso en el segundo nivel

b)

VIGUETAS PRETENSADAS Y BOVEDILLAS DE CELULOSA

El sistema de vigueta y bovedilla es considerado uno de los más livianos, en este caso se sugiere la adaptación de bovedillas con agregado de lodo de celulosa para disminuir peso y lograr una estructura más liviana. La forma de instalación es la misma que el sistema convencional.



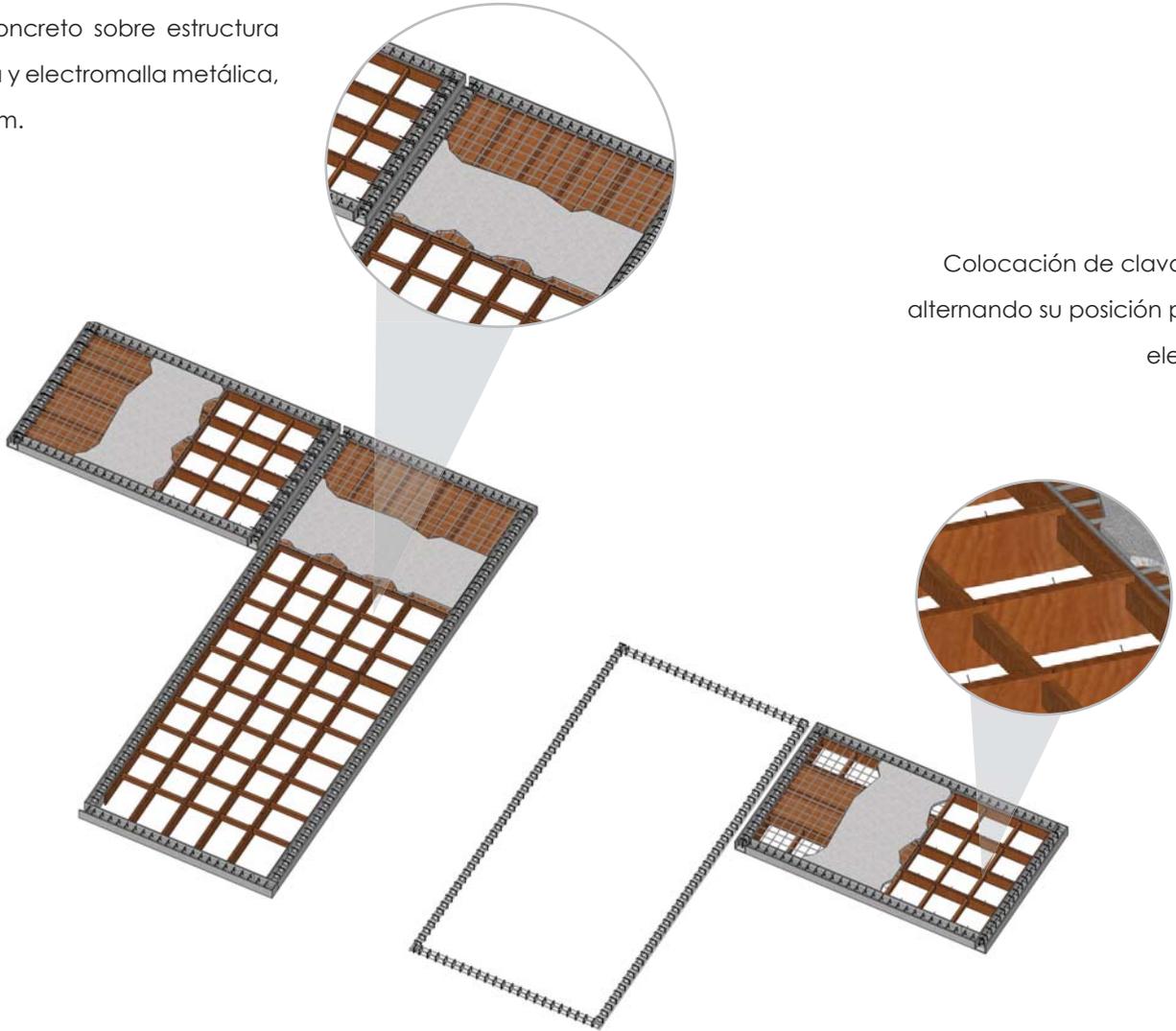
Viguetas pretensadas
y bovedillas a base de lodo
de celulosa

Estructura principal de
acero, según diseño definido
por el estructurista.

c) ESTRUCTURA DE MADERA Y LOSA DE CONCRETO

La ventaja de utilizar este tipo de entrepiso es que se logra una mayor resistencia si la estructura es obligada a soportar grandes cargas, ya que incluye refuerzo de hierro y un lleno de concreto de 5 cms. aproximadamente, este tipo de entrepiso estará sujeto a la evaluación del estructurista, quien definirá los detalles de este diseño estructural.

Losa de concreto sobre estructura de madera y electromalla metálica, espesor 5cm.

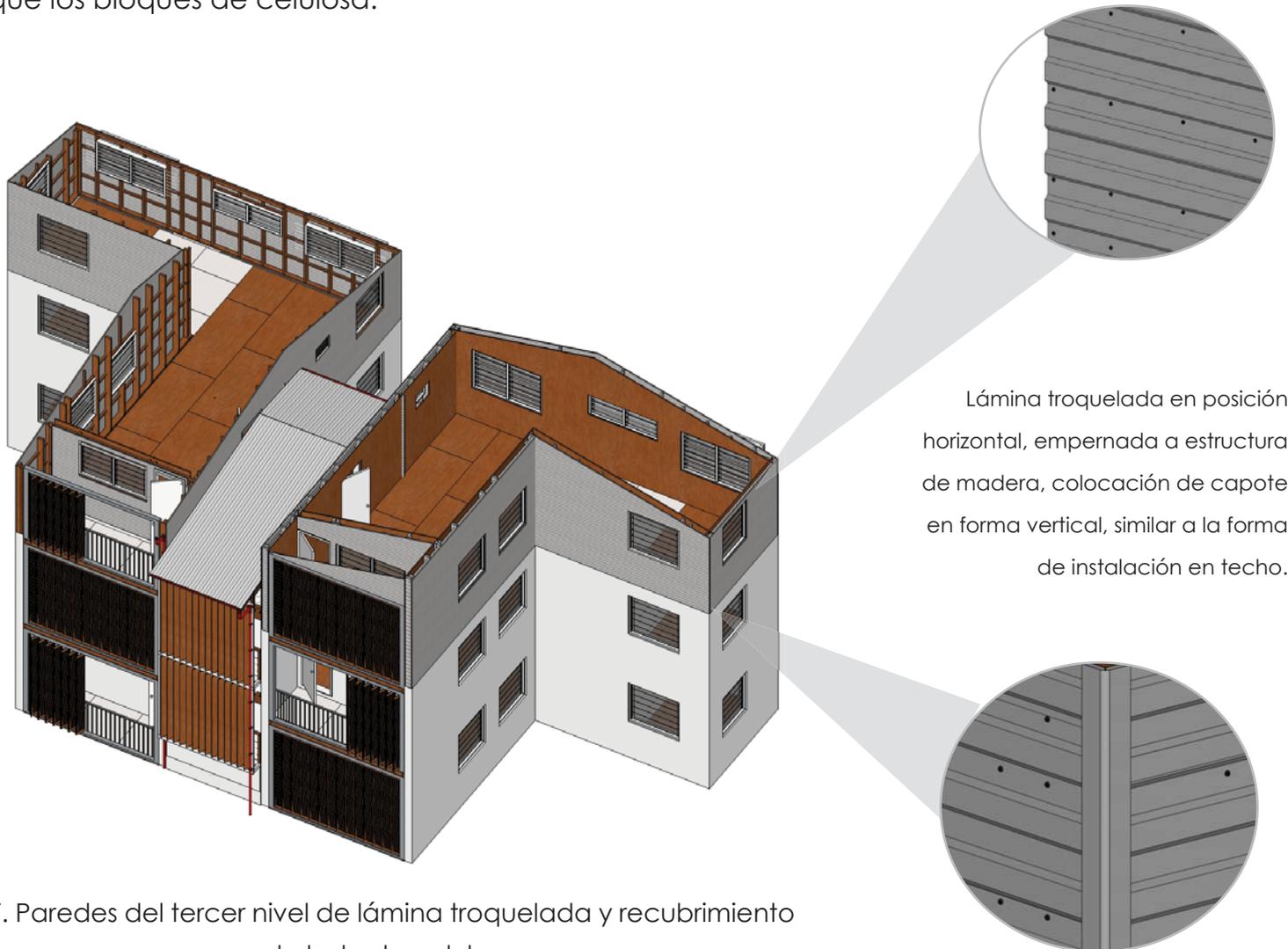


Colocación de clavos lancers alternando su posición para fijar la electromalla.

3.2.4 PAREDES DEL TERCER Y CUARTO NIVEL

LÁMINA TROQUELADA CON RECUBRIMIENTO DE LODO DE CELULOSA

La propuesta de diseño sugiere utilizar materiales livianos en paredes a medida que crece el edificio, por lo tanto en el tercer y cuarto nivel es posible adaptar paredes de madera y forro de lámina troquelada con recubrimiento de lodo de celulosa, las cuales son aún más livianas que los bloques de celulosa.

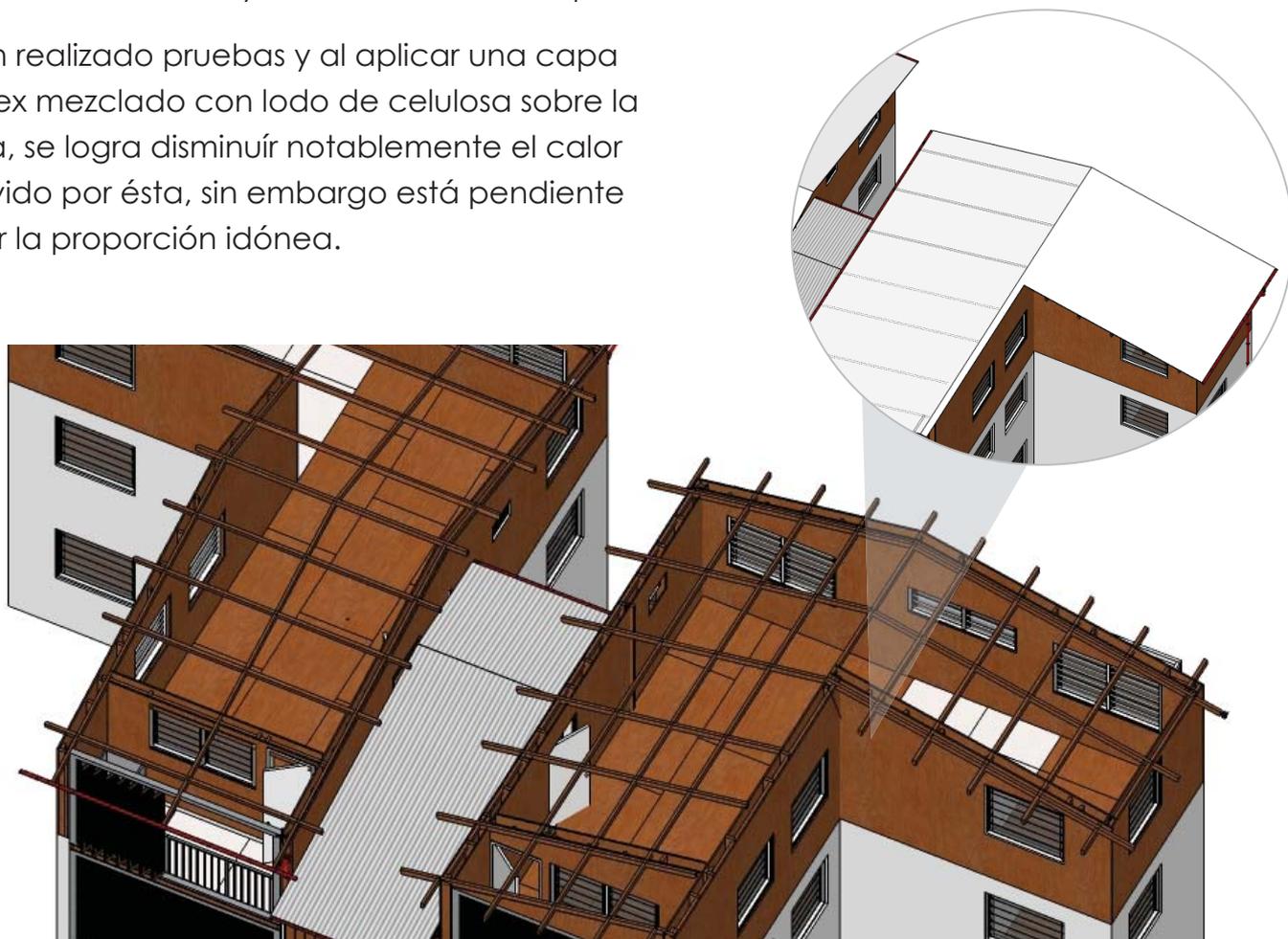


7. Paredes del tercer nivel de lámina troquelada y recubrimiento de lodo de celulosa

ESTRUCTURA DE MADERA Y LÁMINA TROQUELADA CON LODO DE CELULOSA

La lámina troquelada como material convencional cumple con ciertas características que reúnen los materiales constructivos sostenibles presentados en este documento, por ejemplo el bajo costo, ya que en algunos casos son distribuidas del tamaño del específico del que serán utilizadas, esto disminuye la cantidad de desperdicio.

Se han realizado pruebas y al aplicar una capa de látex mezclado con lodo de celulosa sobre la lámina, se logra disminuir notablemente el calor absorbido por ésta, sin embargo está pendiente buscar la proporción idónea.



8. Techo de lámina troquelada con recubrimiento de lodo de celulosa sobre estructura de madera

3.2.5 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

VENTANERÍA

DESCRIPCIÓN

Se diseñó y construyó un prototipo a escala natural de la propuesta de ventanería que permite la ventilación, la protección del soleamiento y la iluminación necesaria de los espacios, por medio de piezas móviles ajustables según la posición del sol en el transcurso del día, y una pieza fija de vidrio o material transparente en la parte superior para iluminar naturalmente, una de las ventajas más importantes es que permite orientar los espacios hacia cualquier punto y protege del sol a cualquier hora del día.



MATERIALES

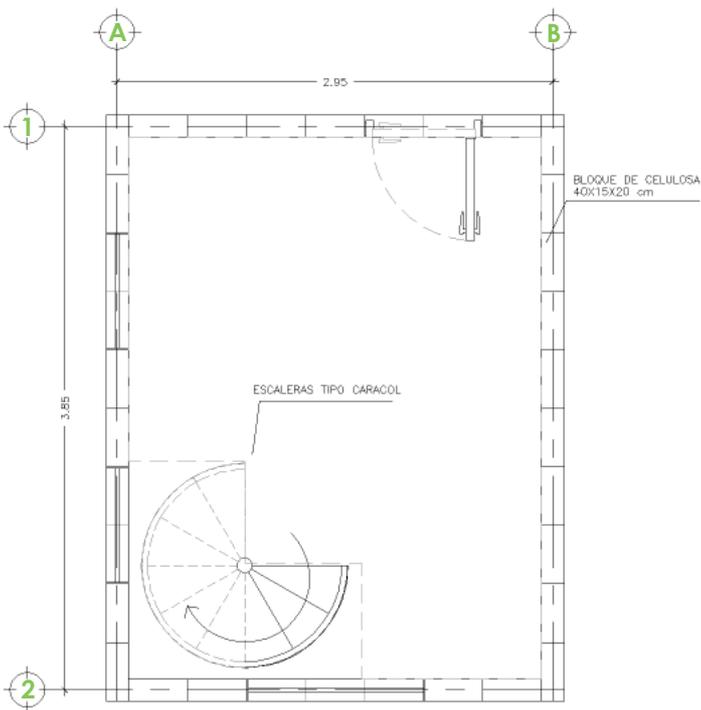
Se han diseñado piezas en módulos de 20 cm. para adaptarlos a las paredes de bloque de 40 cm, con el fin de agilizar el proceso constructivo y no desperdiciar material.

La estructura principal de la ventana es a base de platinas y ángulos metálicos, las piezas móviles son de madera protegida de la lluvia con un aditivo especial.

3.3 MÓDULO DE PRUEBA

3.3.1 DISEÑO

Se ha diseñado este módulo adicional de geometría en planta rectangular y sencilla, con el fin de construir un modelo a escala natural en el Laboratorio de Estructuras Grandes (LEG) de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas", para realizar pruebas del comportamiento ante sismos. Por el momento este módulo no ha sido probado, sin embargo, sería útil para obtener datos que permitan identificar fortalezas y debilidades del sistema constructivo.



Planta de módulo de prueba.



Axonometría del módulo de prueba

3.3.2 MATERIALES

El material propuesto para la construcción de paredes es bloque de celulosa, entrepiso de madera para simular el elemento que da firmeza a las paredes el cual también ejerce un peso sobre la estructura y cubierta de lámina troquelada con estructura de madera.



Sección del módulo de prueba



Axonometría del módulo de prueba

3.3.3 FACHADAS



Fachada Norte



Fachada Sur

La altura máxima es de cinco metros, lo que corresponde a una construcción de dos niveles, ya a que se han realizado pruebas de resistencia que definen que las edificaciones con bloques de celulosa no deben sobrepasar ese límite.

El diseño de las fachadas responde a la necesidad de estudiar el comportamiento de la diversidad de huecos de puertas y ventanas de las paredes de una edificación.



Fachada Este



Fachada Oeste

ANEXOS: ejemplos de aplicación

VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

La vivienda es un bien social básico al que todo ser humano tiene derecho, sin embargo, debido a la falta de terreno disponible para construcción y el alto costo de ésta, muchas personas no pueden acceder a ella.

El alto costo de los materiales convencionales y de la mano de obra encarecen grandemente el precio de la vivienda, y a pesar de la existencia de materiales alternativos de construcción para bajar el precio de éstas, no se ha puesto en marcha ningún plan de desarrollo de vivienda para el sector con escasos recursos económicos; el cual es de los que mas sufren la carencia de vivienda.

Esta problemática es evidente en todo el país, y un ejemplo claro es el Centro Histórico de San Salvador, donde no hay terreno suficiente para desarrollar vivienda que responda la gran demanda que existe.

ANTEPROYECTO MESÓN PALACIOS

OBJETIVOS

- Mostrar un proyecto de vivienda de interés social implementando el sistema constructivo investigado en la UCA que reúne las condiciones de:
 - sostenibilidad
 - bajo costo,
 - construcción rápida,
 - seguridad
 - sismo resistencia
- Compatible con los sistemas constructivos tradicionales.

UBICACIÓN

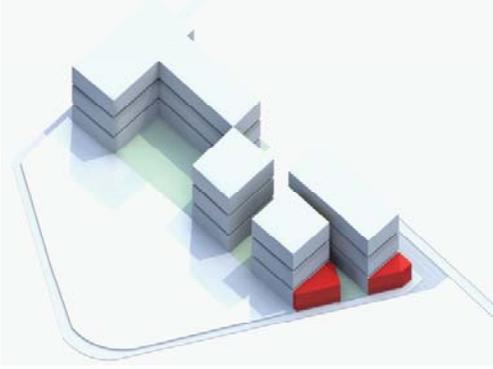


Esquema de ubicación de terreno en el Centro Histórico.
Sin Escala.

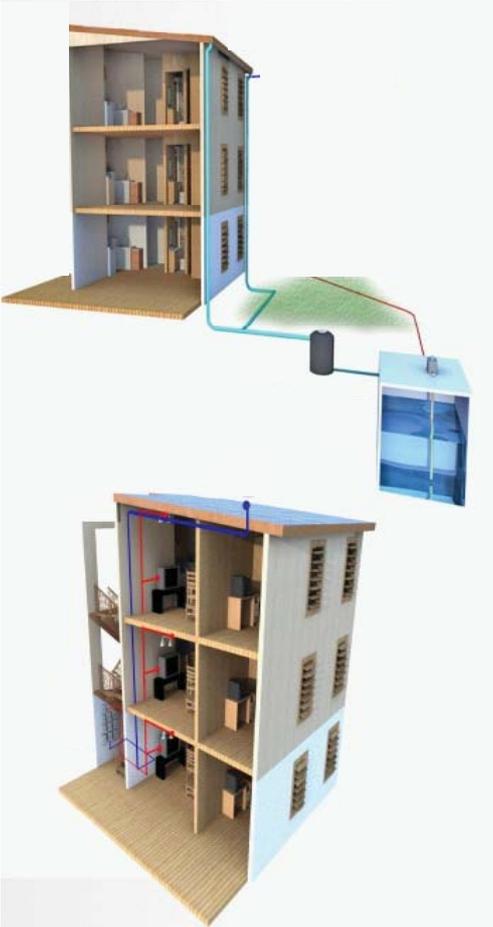
El área a intervenir es la que pertenece al Mesón Palacios, ubicado en el Centro Histórico de San Salvador. Dicho terreno está al noreste del Parque Centenario, y al sur poniente del Mercado Municipal la Tiendona, entre la 11 calle ote y el final de la 20 av norte.

Al norte del Mesón Palacios se ubica un condominio de vivienda para personas de escasos recursos, el cual se encuentra en mal estado y no es suficiente para la demanda que existe en la zona, muchas de las personas que vivían en el Mesón Palacios se trasladaron a este condominio ya que debido al mal estado de las viviendas ubicadas en ese terreno.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Conjunto de 24 viviendas de interés social de 2 o 3 dormitorios con los servicios básicos, 2 locales para comercio en la parte exterior, para una integración positiva con el entorno y áreas internas para recreación de sus habitantes.



Sistema constructivo liviano, de altura moderada (3 niveles) con elementos prefabricables en el sitio (ventanas, puertas, entrepisos, paredes interiores y algunas exteriores) uso de materiales reciclados o reciclables y de fácil obtención

Con un sistema de reciclaje de aguas lluvias y uno de producción de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico, para reducir su dependencia de las redes externas de la ciudad.



Vista aérea del conjunto

PROPUESTA DE UNIDADES HABITACIONALES

En el proceso de construcción se economizan, tanto recursos monetarios como de energía y transporte, al prefabricarse en el sitio de la construcción una gran cantidad de elementos arquitectónicos como paredes, puertas, ventanas y entrepisos, y al ser estos en su mayoría livianos, el uso de maquinaria pesada para el montaje se vuelve prescindible.



Apartamento de 2 dormitorios 46 m2

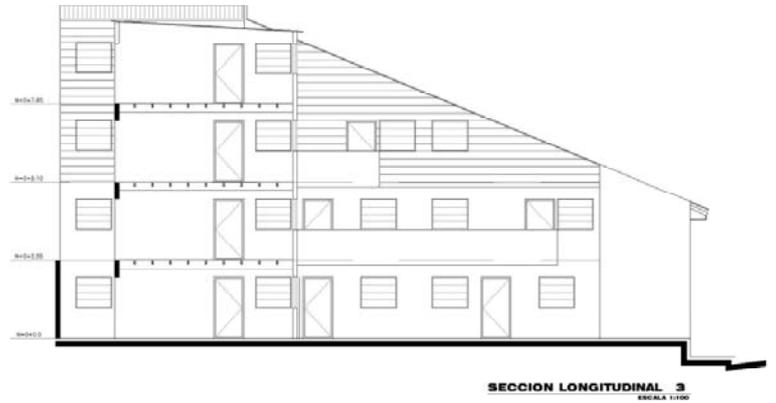
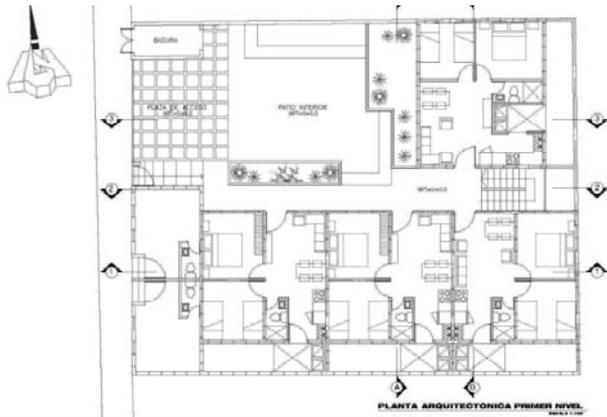


Apartamento de 3 dormitorios 55 m2

El proyecto mejora las actuales condiciones del entorno con el que se integra exitosamente, lo mejora, y revaloriza al intervenir el espacio público inmediato, todo esto, conservando la traza urbana y sin exagerados contrastes.



Fachada principal



proyecto diseñado en el centro histórico de San Salvador, utilizando los sistemas propuestos y adaptándolo a la normativa de SECULTURA



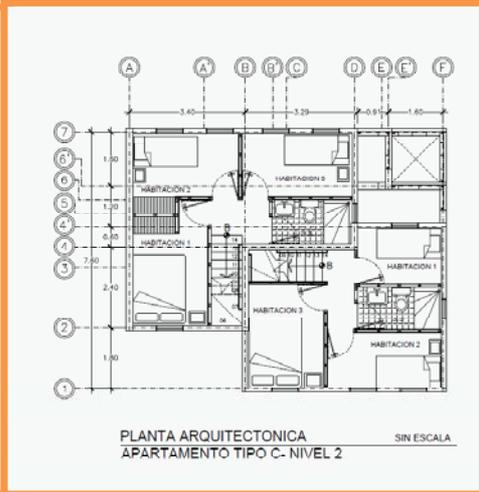
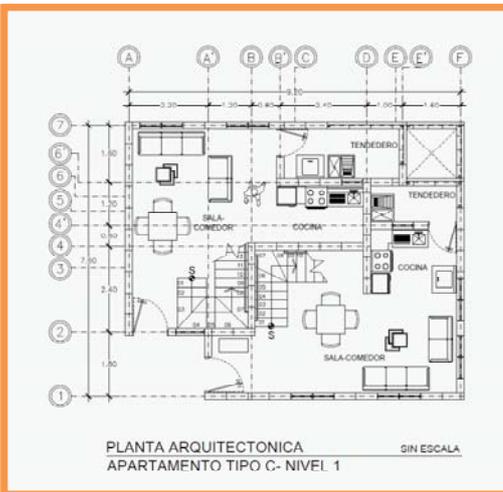
ELEVACION PRINCIPAL



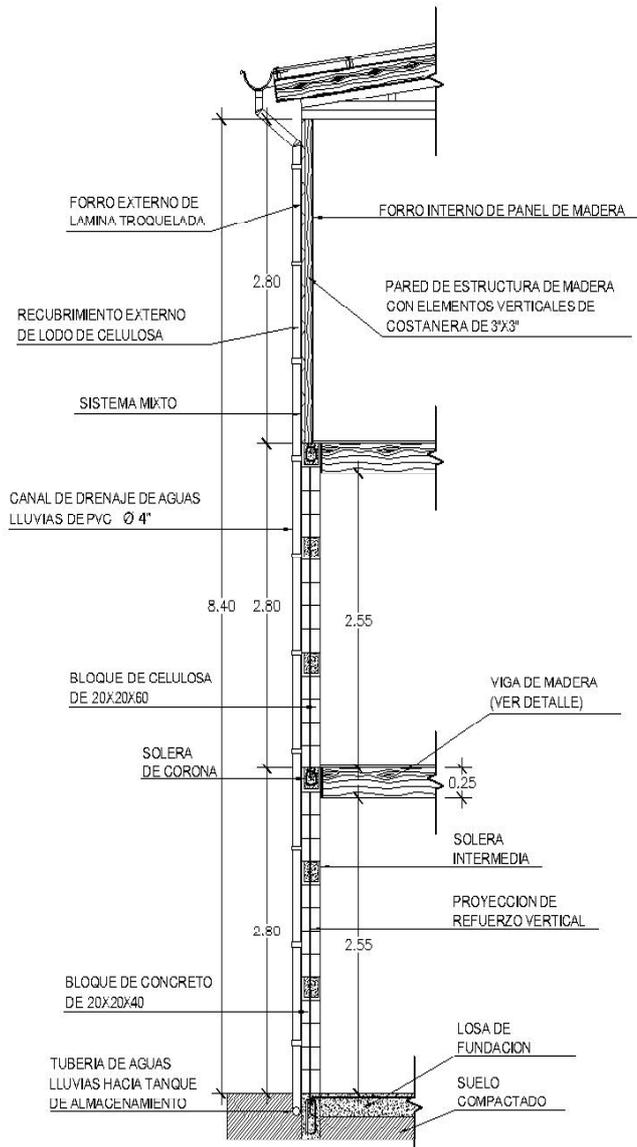
PROYECTO SAN FELIPE EN ILOPANGO



proyecto diseñado con los sistemas propuestos, en la comunidad altos de san Felipe en el municipio de Ilopango conservando la infraestructura existente.



DETALLES TIPO DE PARED



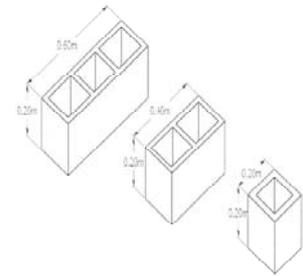
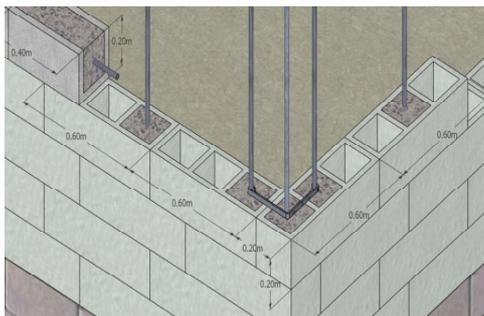
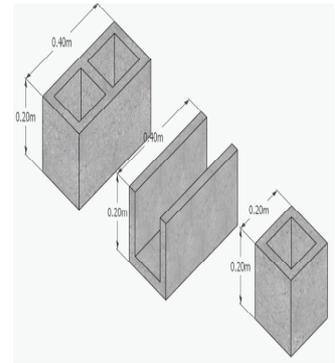
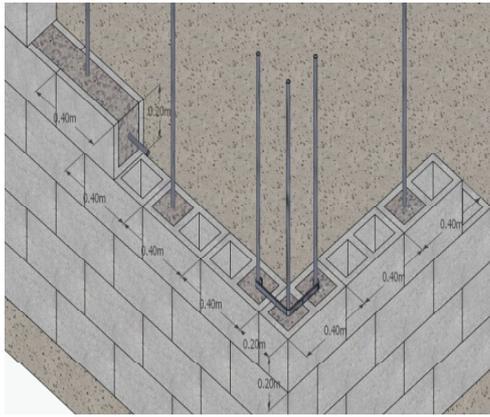
Detalle sección de pared de bloque de concreto, celulosa y sistema mixto.

Nivel 1: Las paredes de los apartamentos del este nivel serán construidas con bloque de concreto.

Nivel 2: Todos los apartamentos del nivel 2 serán de bloque de celulosa.

Nivel 3: Todos los apartamentos del tercer nivel serán de Sistema mixto. En este sistema mixto utilizaremos recubrimiento externo de lodo de celulosa. El forro externo será de lámina troquelada. Internamente tendrá una estructura de madera con elementos verticales de costanera de 3"x3". Por último se colocará un forro interno de panel de madera.

DETALLES DE PARED PRIMER Y SEGUNDO NIVEL



El bloque de concreto con agregado de lodo de celulosa es un material de construcción que se considera como un elemento ecológico debido al contenido de material reciclado que posee.

Los componentes del bloque celulosa son:

- Papel reciclado
- Agua
- Cemento Portland
- Tierra blanca
- Cascajo

DETALLES DE PARED COMPARTIDA SISTEMA MIXTO



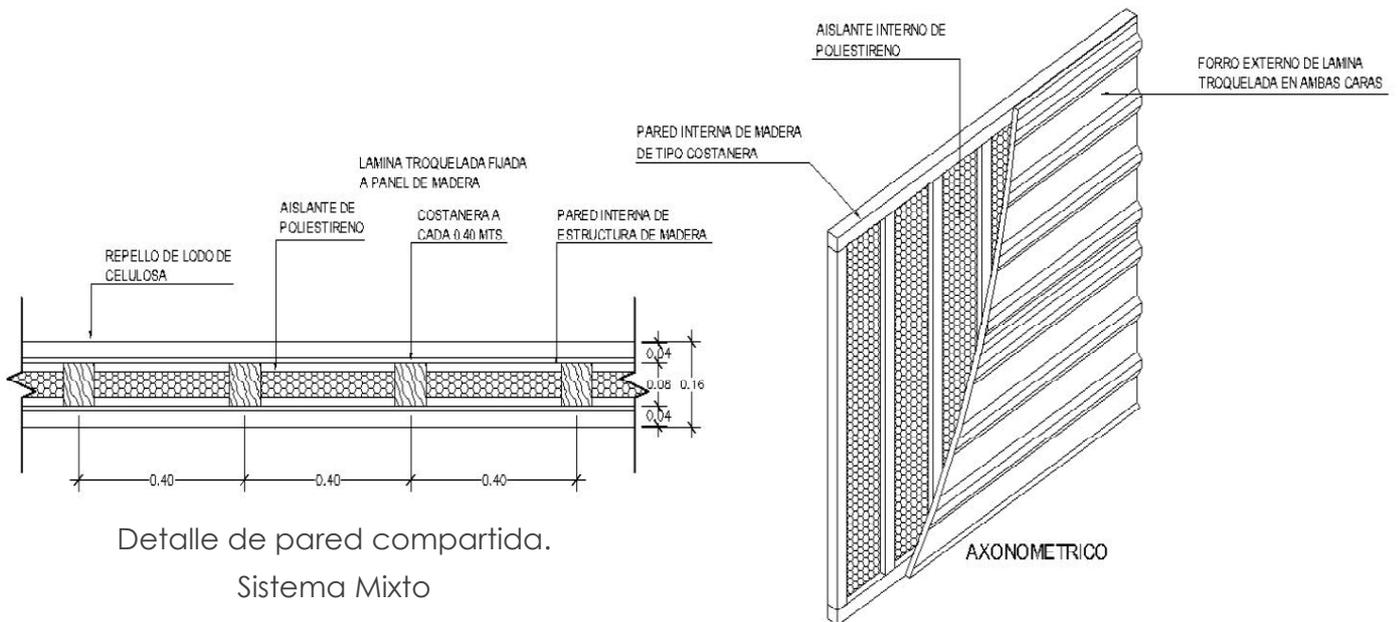
Estructura de madera



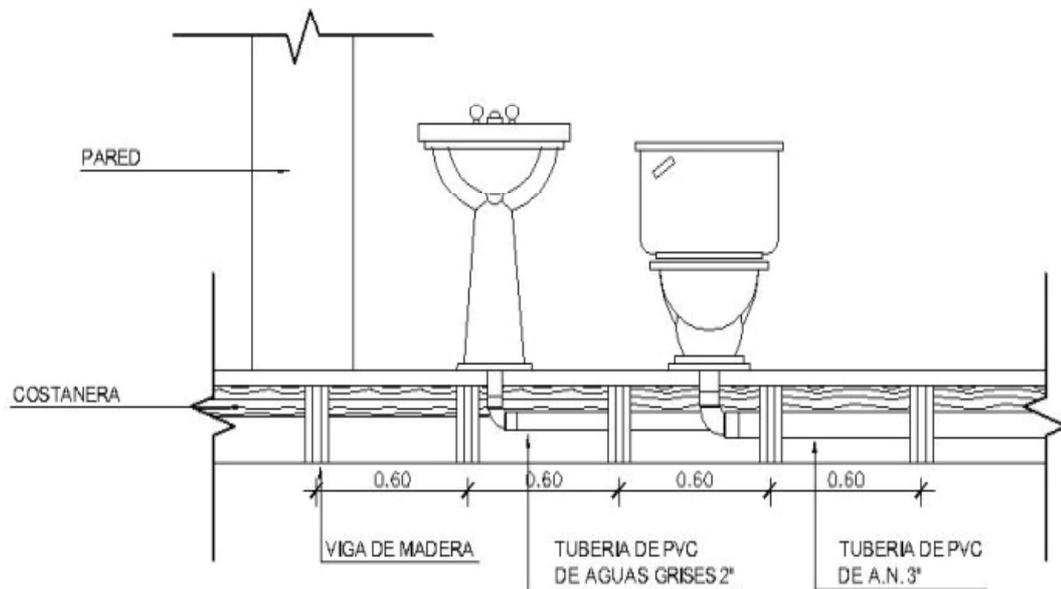
Aislante interno de Poliestireno



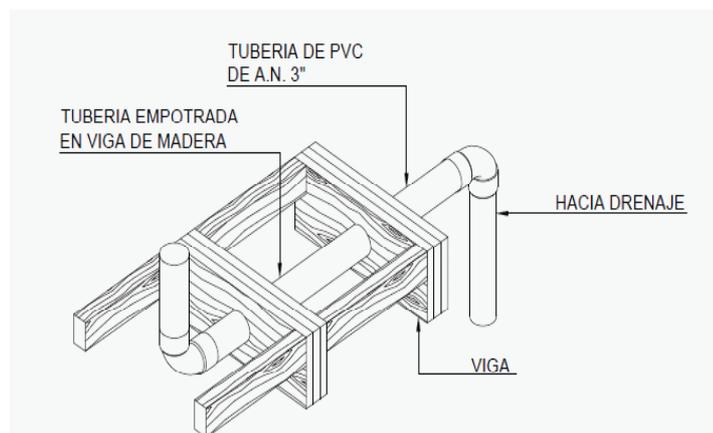
Forro de lámina



INSTALACIONES HIDRÁULICAS



Detalle de tubería en viga de entrepiso



Nota: Todas las tuberías estarán empotradas en las vigas del entrepiso

FASE

4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Es posible usar celulosa como componente de materiales de construcción que cumplan con las características necesarias para ser catalogados como elementos estructurales.
- El diseño de edificaciones livianas disminuye significativamente las cargas ejercidas sobre el suelo, esto permite diseñar elementos de fundación más superficiales y economizar en costos para lograr la estabilización del suelo.
- Los sistemas constructivos propuestos son adaptables a cualquier proyecto de renovación urbana incluyendo aquellos en los cuales ya exista infraestructura.
- Con la integración de los elementos sostenibles propuestos es posible realizar un diseño que respete las normativas de la SEC y cumpla con las condiciones adecuadas de una vivienda mínima digna.
- Es posible la integración de los sistemas constructivos sostenibles propuestos con los tradicionales.

RECOMENDACIONES

- Promover la investigación de los sistemas y materiales constructivos que se presentan en este trabajo, para mejorar su funcionamiento y sus propiedades físicas.
- Llevar a cabo la construcción del módulo de prueba para estudiar sus comportamiento estructural y en base a los resultados optimizar sus propiedades
- Promover la estandarización de materiales, proceso y elementos constructivos alternativos para la construcción, ya que se optimizan gastos de producción y se reduce el consumo de energía.
- Orientar los programas y recursos de investigación y desarrollo en el campo de la industria de la construcción en nuevas tecnologías que utilicen residuos y desechos provenientes de las actividades agro- industriales y de la misma construcción, para la producción de materiales utilizando recursos locales así como para el mejoramiento de las características técnicas de materiales tradicionales o autóctonos con parámetros de sostenibilidad.
- Revisar las normas y códigos de construcción de manera de permitir y fomentar sin menoscavo de la seguridad, el uso de materiales de bajo consumo energético en todas las fases del ciclo de vida del material así como en lo relativo al ahorro en el consumo de agua para así estimular la especificación y uso por parte de diseñadores y constructores.
- Al sector educativo estimular, en las áreas de ingeniería y arquitectura, los trabajos que incorporen técnicas que mejoren la eficiencia energética de las edificaciones mediante el uso de medios pasivos que propicien la reducción o eliminación de ventilación mecánica e iluminación artificial.

REFERENCIAS

- www.plycem.com
- www.g-inmobiliaria.com
- www.infomadera.net
- www.arquitectutatropical.org
- www.elblogverde.com
- www.ecomarc.es/aislamiento-termico-celulosa.php

BIBLIOGRAFÍA

- Revista "La Casa de Todos" del Departamento de Organización del Espacio UCA (2009). Artículo: " EL Arquitecto, los materiales y el consumo energético", por: Arq. Arturo Cisneros.
- Trabajo de graduación preparado para la facultad de Ingeniería y Arquitectura UCA. (2009). "Propuesta de Investigación sobre bloques de Celulosa y su aplicación en el Diseño Arquitectónico".
- Trabajo de graduación preparado para la facultad de Ingeniería y Arquitectura UCA. (2010). "Diseño De Prototipo De Vivienda De Interés Social En Altura, Utilizando Materiales Y Procesos Constructivos Sostenibles"
- Trabajo De Graduación Preparado Para La Facultad De Ingeniería Y Arquitectura UCA. (2010). "Investigación De Las Propiedades Mecánicas Y Físicas De Bloques Elaborados A Partir De Celulosa"
- Trabajo De Graduación Preparado Para La Facultad De Ingeniería Y Arquitectura UCA. (2011). "Catalogo De Materiales Y Sistemas Constructivos Sostenibles Y Su Aplicacion En Vivienda Social "
- Trabajo De Graduación Preparado Para La Facultad De Ingeniería Y Arquitectura UCA. (2011). "Propuesta Técnica Para La Construcción De Vivienda En La Comunidad Altos De San Felipe I"
- Libros de FUNDASAL (2009). "Habitat en el Centro Histórico de San Salvador".
- Schleifer, Simone Arch Bk Stks (2006). " Small lofts -Petits Lofts -Kleine Lofts"

- Cisneros Mayén, Arturo y Rodríguez Rodríguez, Lizeth [2006] Tecnología en Construcción. UCA Editores. San Salvador, El Salvador.
- Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC) y Cementos de El Salvador (CESSA). Construcción de Vivienda, utilizando mampostería de bloque de concreto reforzado. San Salvador, El Salvador.
- Aldeghi Luigi S.P.A (1999). " Articoli per costruzioni in Legno"
- Avendaño, Dinora del Carmen; Domínguez, Daniel Antonio y Ordóñez, Oscar Ernesto [1990] Guía auxiliar sobre procesos Constructivos en Edificaciones. Departamento de Mecánica Estructural. San Salvador, El Salvador.



SISTEMA CONSTRUCTIVO

SOSTENIBLE

Madera + Lodo de Celulosa





