"El diseño es simple, por eso es tan complicado"
Paul Rand

CAPÍTULO III

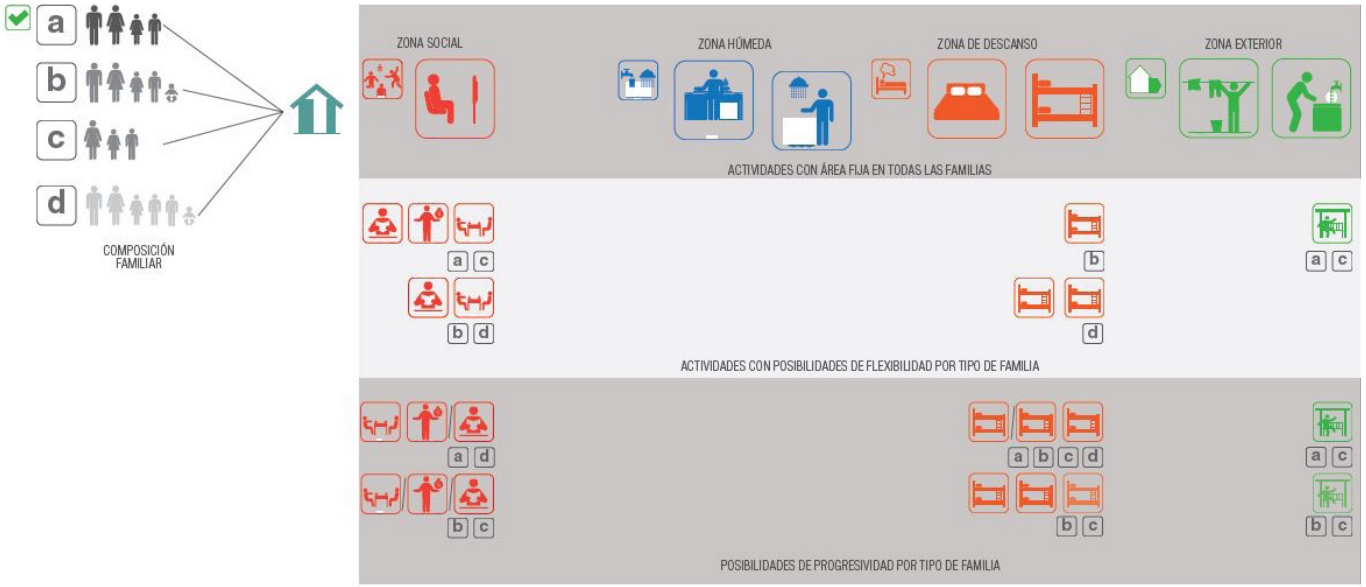
Propuesta, experimentación y comprobación

Antecedentes

En el laboratorio in.lab Cuenca se desarrollaron temas de investigación sobre vivienda, donde se logró comprender cómo las personas han habitado históricamente y la configuración de sus espacios; de acuerdo a estas formas de habitar, se desarrolló la tesis "Diseño de núcleo básico con el presupuesto del bono de la vivienda y su posterior crecimiento. <<Formas de habitar, criterios bioclimáticos y sistema constructivo sostenible>>", la misma que estudia un modelo de habitar denominado, "el *espacio unitario*".

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO

Se afirma que siempre ha existido el espacio flexible, versátil y cambiante, dónde se definen las actividades por medio de mobiliario, "...un espacio unitario en la vivienda como herramienta indispensable en el diseño, así como el carácter



01

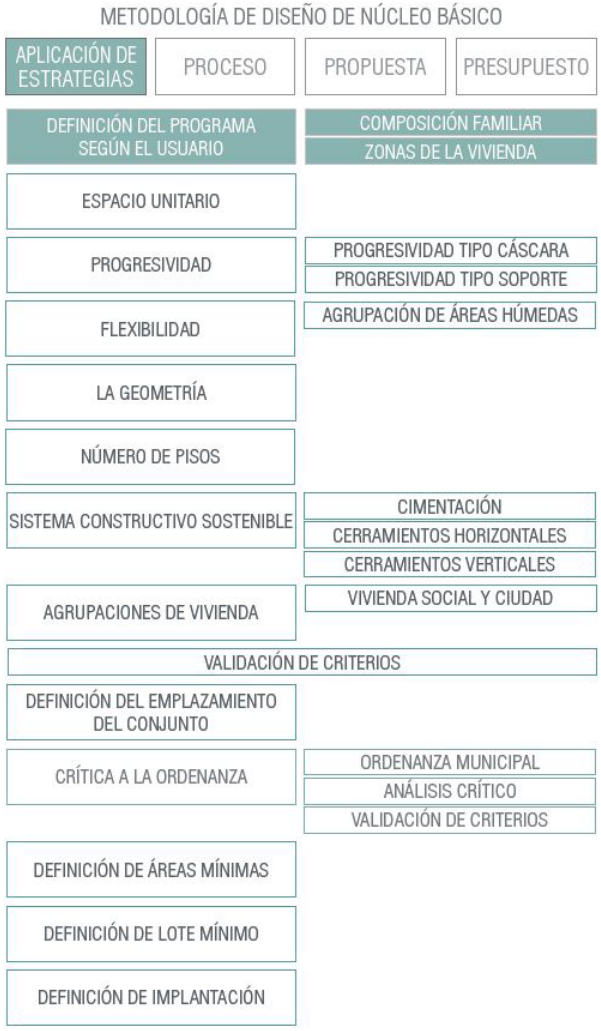
Figura 01: Definición del núcleo básico
Cherrez, Maldonado, Pozo, (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>>. Universidad de Cuenca.

progresivo y flexible del núcleo." (Cherrez, Maldonado, Pozo, 2015, p. 179).

Es así que se plantea un núcleo básico transformable logrado a través del **espacio unitario**, ya que "...Esta alternativa es viable pues carece de divisiones fijas que limiten el uso del espacio, que por naturaleza es reducido, de manera que se facilite la apropiación individual de los diferentes grupos familiares identificados" (Ibidem, pág 156), como respuesta de las formas de habitar históricamente estudiadas y la solución de espacios mínimos.

Se tiene en cuenta que el programa arquitectónico se define según el usuario, es decir de acuerdo a la composición familiar (4 personas inicialmente), donde se definen las zonas: social, húmeda, de descanso y la zona exterior.

Para acoplarse a las necesidades que cada familia tiene y su crecimiento futuro acorde a su evolución económica, se plantea la progresividad tipo cascarón, la misma que se define como un crecimiento controlado dentro de los límites preestablecidos en la propuesta, es decir "...en la superficie horizontal se posee un área definida, mientras que en vertical, facilita el incremento de espacios dentro del cascarón."(Ibidem, p.157), es así que "...la propuesta dota de un cascarón de dos pisos, con la planta baja construida y con la libertad de completar la planta alta para ampliar el área útil; se considera que dotar del cáscaron implica una inversión inicial mayor, sin embargo, se justifica debido al carácter progresivo de la vivienda identificado en el análisis del usuario, dicho crecimiento posterior no compromete la calidad y seguridad de los usuarios." (Ibidem, p.159).



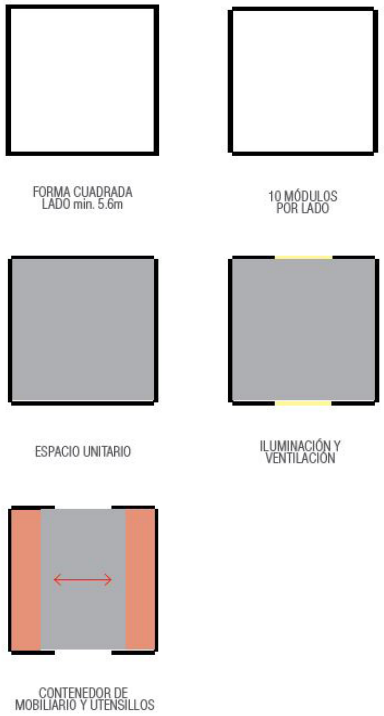
02

Figura 02: SMetodología de diseño de Núcleo Básico Cherrez, Maldonado, Pozo, (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>>. Universidad de Cuenca.

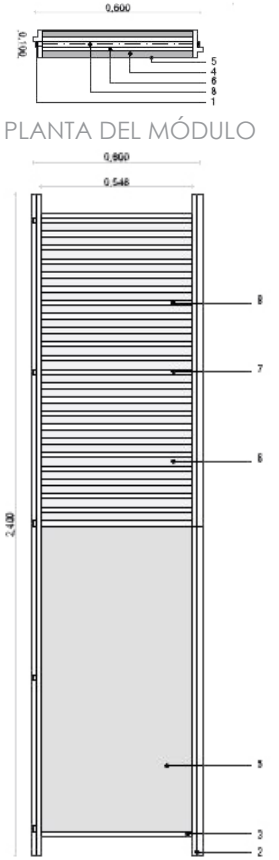
El sistema estructural que se usa en esta propuesta, es de muros portantes de bahareque que conforman un sistema encajonado, ubicando 4 columnas de pino de 10x10cm para conformar así la estructura que confina la vivienda.

La lógica de concepción del espacio, se determina por medio del módulo del panel estructural de 60cm, que permiten plantear espacios mínimos, partiendo de un cuadrado como figura geométrica mas apropiada y regular para una mejor funcionalidad y modulación del material.

Se destina una zonificación que permite separar las diferentes zonas y actividades de la vivienda, pero se mantiene un área libre que permite flexibilidad para la multiplicidad de usos.



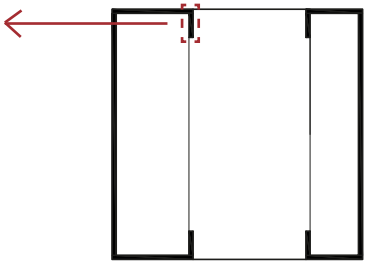
03



PLANTA DEL MÓDULO

ELEVACIÓN DEL MÓDULO

04



ESQUEMA DE PROPUESTA
escala 1:200

1. Tarugos de madera d=8m
2. Pie derecho de pino 10x1.8cm
3. Elemento de cierre de pino10x1.8cm
4. Revoque primera capa e=2cm
5. Revoque segunda capa e=0,5cm
6. Impermeabilizante de fibras naturales
7. Transversal cortafuegos 5x2cm
8. Carrizo diám= 2cm

Figura 03: Secuencia de la concepción de la propuesta
Cherrez, Maldonado, Pozo, (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>>. Universidad de Cuenca.

Figura 04: Panel modular y prefabricado de bahareque.
Vacacela, N. (2015). Innovación en el bahareque como material alternativo y económico de construcción modular. Universidad de Cuenca.

MEMORIA TÉCNICA

El área construida en la primera etapa es de 77,41m^2 y el área habitable de 50,85m^2 como se muestra en la Tabla 01, la edificación concibe su estructura desde un principio, a doble altura, por lo que depende del usuario el ampliarse a la segunda etapa del diseño arquitectónico. La luz libre lograda es de 6m, lo que fundamenta el espacio flexible propuesto.

Bajo estos insumos ha sido concebida la propuesta y programa arquitectónico en su totalidad y se puede apreciar en los planos arquitectónicos mostrados en las figuras 05 a la 08.

ESPACIOS REQUERIDOS EN NÚCLEO BÁSICOEN PRIMERA ETAPA

ESPACIO	ÁREA
portal	5.4 m2
sala / comedor	11.50 m2
cocina	3.90 m2
baño	2.90 m2
lavandería	1.44 m2
espacio de descanso 1 (padres)	3.60 m2
espacio de descanso 2	1.80 m2
espacio de descanso 3	1.80 m2
grada	4 m2
almacenamiento	1.65 m2
	TOTAL= 38 m2
	+ circulación= 48.3 m2

ESPACIOS POSIBES GRACIAS A FLEXIBILIDAD

ESPACIO	ÁREA
negocio/taller	5.40 m2

POSIBILIDADES DE FLEXIBILIDAD DE ÁREA SOCIAL

ESPACIO	ÁREA
comedor	5.75 m2
estudio	3.60 m2
sala	5.75 m2
	TOTAL= 20.50 m2

ESPACIOS PRODUCTO DE CRECIMIENTO PROGRESIVO EN SEGUNDA PLANTA

ESPACIO	ÁREA
habitación 1	5.04 m2
habitación 2	9.81 m2
habitación 3 (ampliación)	4.5 m2
baño+circulación	7.21 m2
	TOTAL= 26.56 m2

ÁREAS CONSTRUIDAS POR ETAPA

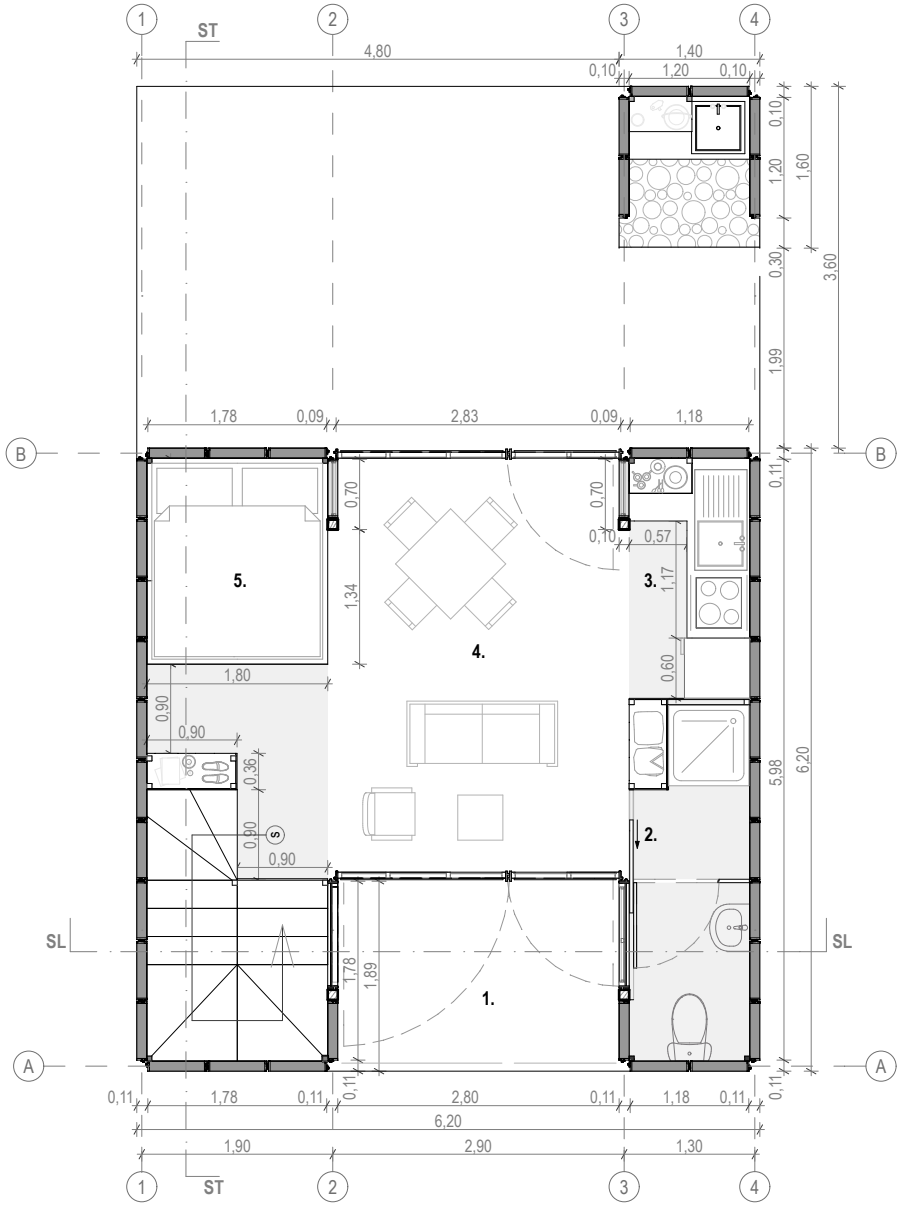
ESPACIO	ÁREA CONSTRUIDA	ÁREA HABITABLE
Núcleo básico (I ETAPA)	77,41 m2	50,85
Vivienda (II ETAPA)	77,41	77,41 m2

4.5

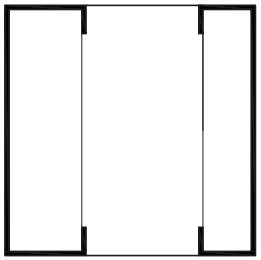
01

Tabla 01: Áreas de espacios propuestos en el partido arquitectónico.
Cherrez, Maldonado, Pozo, (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>>. Universidad de Cuenca.

PLANOS ARQUITECTÓNICOS



PLANTA BAJA
escala 1:75



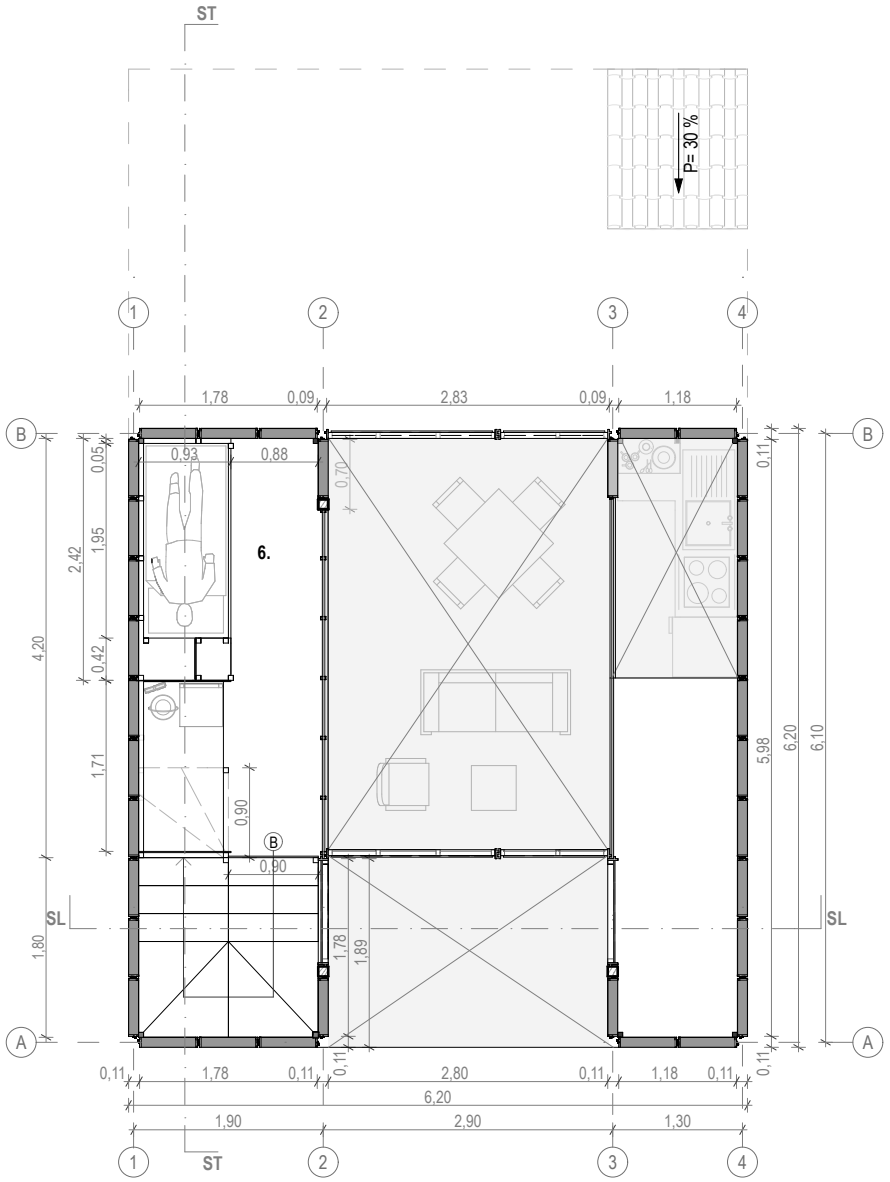
ESQUEMA DE PROPUESTA
escala 1:200

01. Portal de acceso
02. Baño
03. Cocina
04. Área social (sala / comedor)
05. Espacio de descanso padres
06. Espacio de descanso hijos (2)

Figura 05: Planos arquitectónicos propuesta de diseño de núcleo básico
Cherrez, Maldonado, Pozo, (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>>. Universidad de Cuenca.

05

PLANOS ARQUITECTÓNICOS



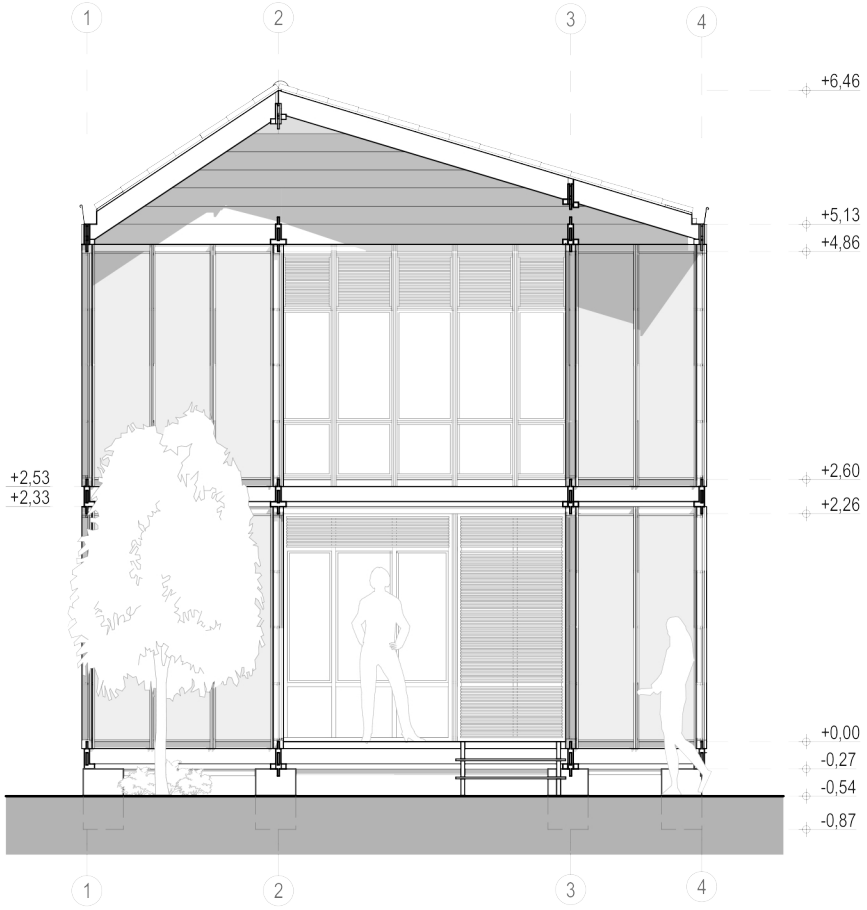
06

PLANTA ALTA
escala 1:75

06. Espacio de descanso hijos (2)

Figura 06: Planos arquitectónicos propuesta de diseño de núcleo básico
Cherrez, Maldonado, Pozo, (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>>. Universidad de Cuenca.

PLANOS ARQUITECTÓNICOS

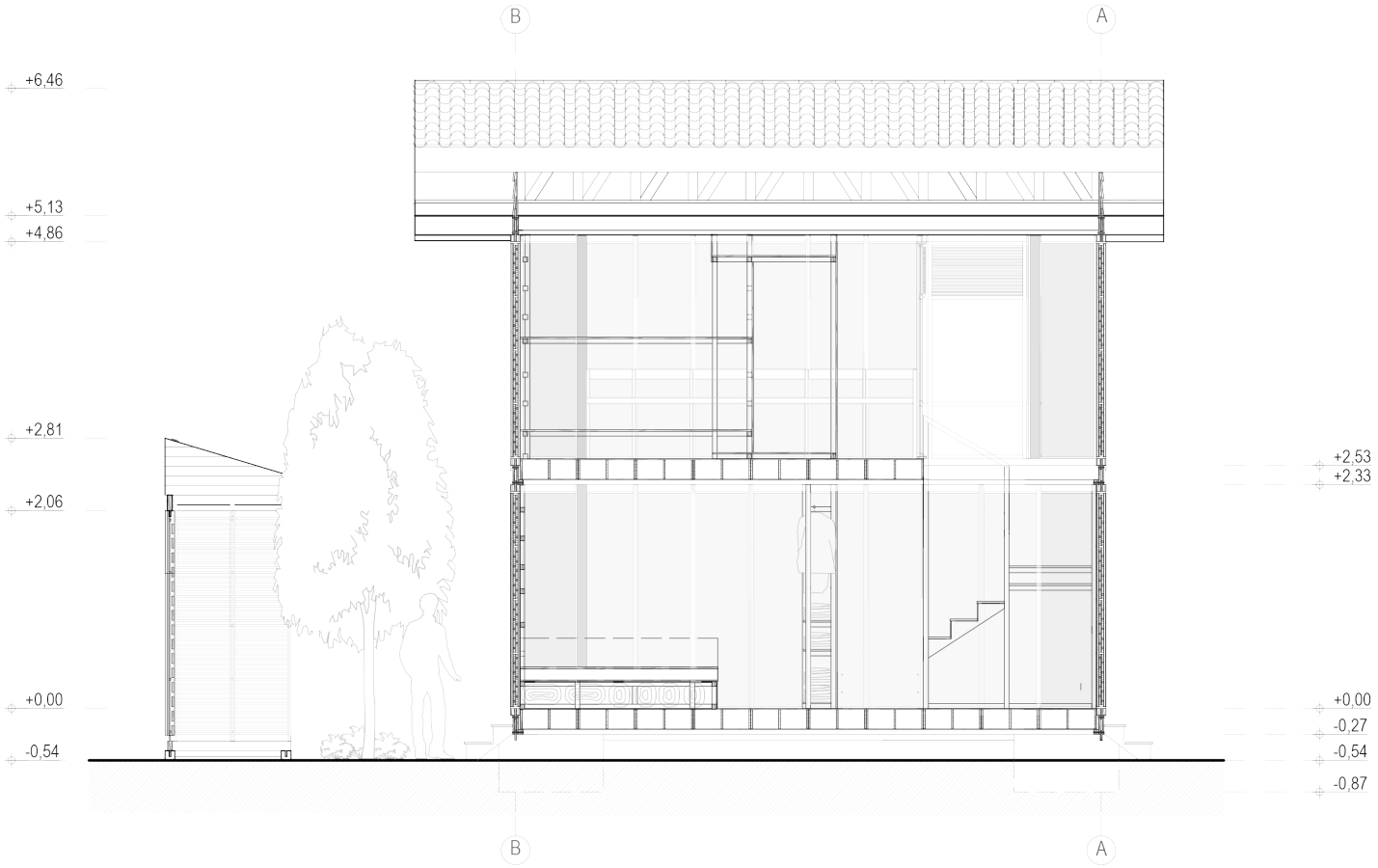


07

ELEVACIÓN FRONTAL
escala 1:75

Figura 07: Planos arquitectónicos propuesta de diseño de núcleo básico - elevación frontal.
Cherrez, Maldonado, Pozo, (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>>. Universidad de Cuenca.

PLANOS ARQUITECTÓNICOS



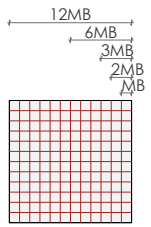
08

SECCIÓN TRANSVERSAL
escala 1:75

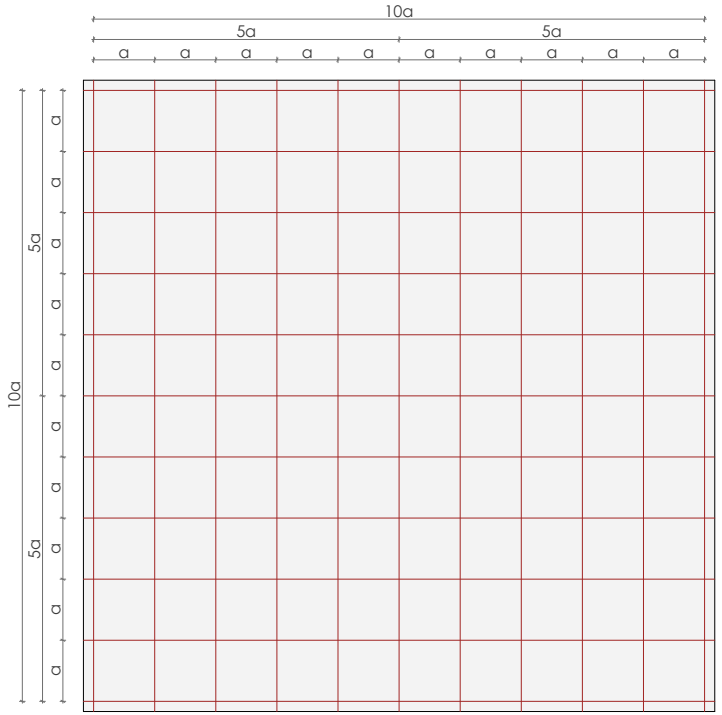
Figura 08: Planos arquitectónicos propuesta de diseño de núcleo básico - sección transversal. Cherrez, Maldonado, Pozo, (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>>. Universidad de Cuenca.

En base a los conceptos mencionados, se determina la modulación espacial para la aceptación de la propuesta estructural al programa arquitectónico expuesto, pues el sistema estructural de costillas, debe acoplar el espaciamiento logrado en la propuesta estructural del programa planteado, siempre y cuando este módulo base de 60cm, no interfiera en la coordinación modular del material a emplearse y no afecte en la resistencia a los esfuerzos admisibles del mismo.

De esta manera se parte del módulo base a = 60cm, el mismo se acopla a los lineamientos de modulación de la madera que propone el Manual de diseño de maderas del Grupo Andino, donde el módulo MB=100mm (figura 09), del cual adoptamos 6MB como lineamiento base para la propuesta (figura 10) con posibilidad de modificación dependiendo de los requerimientos que se vayan suscitando en la concepción del diseño respectivo, teniendo en cuenta que se debe salvar una luz de aproximadamente 6m, lo cual es uno de los principales condicionantes de la propuesta.



09



10

Figura 09: Módulo base
JUNAC(PADT-REFORT)."Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino". Lima-Perú,1984. p. 120

Figura 10: Módulo base "a"
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

3.1 Introducción

En el laboratorio de vivienda social in.Lab Cuenca se ha establecido un partido arquitectónico que contempla la edificación como un **Núcleo Básico** con una posibilidad de crecimiento con ocupación de cascarón, una nueva manera de construir la vivienda social.

El presente trabajo de titulación, pretende llevar a cabo el diseño del sistema estructural de costillas acoplado al partido arquitectónico planteado en la tesis "Diseño de núcleo básico con el presupuesto del bono de la vivienda y su posterior crecimiento. <<Formas de habitar, criterios bioclimáticos y sistema constructivo sostenible>>", con el fin de concebir una estructura que abarate costos en la vivienda social.

El núcleo desde un inicio se encuentra edificado en sus dos plantas, y conforme las necesidades se susciten, éste se va habitando. La versatilidad del espacio libre permite varias posibilidades de uso en el mismo día, lo que convierte a la vivienda en un ente capaz de albergar actividades productivas como alternativa de ingresos económicos para sus usuarios.

En base a los temas mencionados y desarrollados en cuanto a programa y partido arquitectónico propuesto, dentro de la investigación se plantea desarrollar un sistema estructural de costillas experimentando con elementos laminares de madera, logrando así la innovación en sistema constructivos, implementando el método autoconstruible y el uso adecuado del material como medios eficientes para economizar recursos.

Con estos antecedentes, se plantea el diseño de un sistema constructivo que se disponga a manera de elementos sucesivos transversales llamados **costillas**, arriostrados por elementos longitudinales llamados **largueros**. La construcción de éstos se da a través de **elementos laminares en madera**, de una de las especies más asequibles en el mercado de la Ciudad.

La estructura funciona como una unidad, capaz de transmitir las cargas en conjunto, que a su vez conlleva un sistema desarrollado con eficiencia en el uso de la materia prima, con buen comportamiento estructural y de fácil ejecución, sin necesidad de conocimiento en técnicas constructivas especializadas para la construcción.

3.2 Pautas de diseño

El diseño estructural debe abarcar ciertos lineamientos y criterios que exponen las normativas, para asegurar la resistencia de uso y peso propio, la durabilidad, y seguridad de la misma, además de sujetarse a las limitaciones que impone el material. y a la vez cumplir con la funcionalidad del espacio que abarca, brindando versatilidad al mismo. De esta manera se obtienen ciertas directrices para la propuesta estructural.

3.2.1 Marco normativo

Para la concreción del diseño se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas que se exponen en las normativas vigentes en el Ecuador para el diseño de estructuras de madera, por lo que se ha revisado las mismas remitiéndonos a las siguientes normativas:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), Estructuras de madera;
- Manual de diseño para maderas del Grupo Andino PADT-REFORT;
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), Cargas y materiales;
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Código Ecuatoriano de la construcción. Requisitos generales de diseño (CPE INEN 5 Parte 1:2001).

Éstas indican que "Las pautas de diseño arquitectónico propuestas deben tener en cuenta las especificidades del material y asegurar estabilidad, seguridad y durabilidad de las construcciones en madera." (NEC Estructuras de madera, 2014, p.44).

En lo referente a la norma planteada en la NEC de Estructuras de madera, específicamente el capítulo 4, se proporcionan especificaciones a tomar en cuenta para el sistema estructural, en cuanto a diseño modular, protección por diseño, protección contra hongos, protección contra insectos xilófagos, protección contra el fuego y diseño sismoresistente.

De la misma manera se revisa el Manual de diseño para maderas del Grupo Andino, el capítulo 4, donde se dan especificaciones de las consideraciones para el diseño en madera, el capítulo 6 y 7, donde se habla de las consideraciones generales para una protección por diseño y los métodos de análisis; el capítulo 8 y 9 para el dimensionamiento de vigas y columnas en madera, de acuerdo a los diferentes esfuerzos a los que se encuentra sometida la estructura.

La norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos generales de diseño, en su desarrollo prescribe los requisitos generales de diseño aplicables a todas las estructuras en general, y hace referencia a que "Cualquier sistema o método de construcción a utilizarse debe admitir un análisis racional, de acuerdo con los principios bien establecidos de la Mecánica." (CPE INEN 5, 2001, p.1).

Cabe recalcar que a pesar de haber revisado la normativa que rige en el país, referida a lineamientos para un correcto diseño estructural en madera, éste es limitado, ya que en este campo no se ha logrado mayor innovación ni desarrollo tecnológico en el medio.

Es evidente también, que los análisis que se nombran en la normativa no se asemejan a los requerimientos de la propuesta, pues al ser un sistema de innovación se requiere otro tipo de tratamiento en el análisis estructural, por lo que recae en la investigación experimental.

Sin embargo, se toman en cuenta todos los lineamientos proporcionados en la normativa en cuanto a esfuerzos, dimensionamientos, secciones, refuerzos, uniones, anclajes, y protección de la madera, pues de esta manera se tiene un mayor conocimiento del material a usar y de los requerimientos que una estructura necesita preveer para su correcta "organización de cuerpos dispuestos en el espacio de modo que el concepto del todo domina la relación entre sus partes." (Cárdenas, 2014 , "ESTRUCTURAS 1", párr. 3).

Bajo estos parámetros se debe concebir un sistema estructural, el cual consista en el "ensamblaje de miembros o elementos independientes para conformar un cuerpo único y cuyo objetivo es darle solución (cargas y forma) a un problema civil o arquitectónico determinado." (Ibídem, párr.4).

Figura 11: Estructura de Cúpula Parabólica de madera laminada
Malta Design Week. *Cúpula parabólica.* http://abc.2008php.com/tu_shouji.php?id=937486&topy=4 [Consultado: 09 de marzo del 2016]

3.2.2 Sistema constructivo

Una vivienda de carácter social está íntimamente ligada a economizar recursos, por ello se propone como método para lograr este objetivo, la autoconstrucción con el uso eficiente del material.

A continuación, se describe de manera global los lineamientos que se consideran en cada una de las partes que conforman el sistema.

a. Cimentación

Los cimientos son los encargados de transmitir las cargas actuantes en la edificación hacia el terreno dónde se emplaza.

Se ha determinado que la cimentación para el caso de la vivienda que se esta proponiendo, debería tomar en cuenta además de las características propias, los siguientes parámetros:

- La cimentación debe ser superficial, ya que al ser una edificación liviana, los requerimientos son menores.

- No debe elevar en un alto porcentaje el precio final de la vivienda.

- Debe aislar al sistema de problemas provocados por la presencia de humedad.

- Permitir que el sistema constructivo trabaje en conjunto.

Bajo estos criterios se definió que la cimentación por dados o viga de cimentación de hormigón ciclópeo son las mejores opciones para utilizar en el diseño.

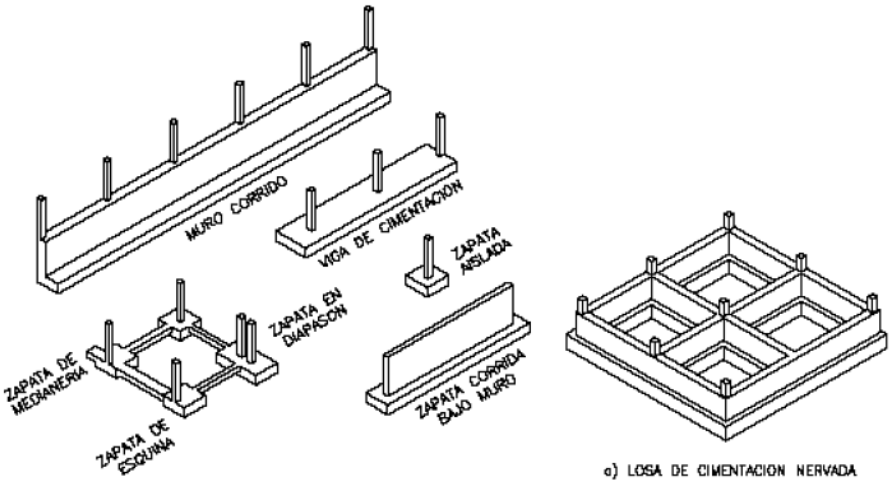


Figura 12: Tipo de cimentaciones superficiales
Villarin, A. (2012). Cimentaciones. Recuperado de http://ocw.usal.es/eduCommons/ensenanzas-tecnicas/ingenieria-civil/contenido/TEMA%204-CIMENTACIONES.pdf

b. Estructura

La edificación concebida además de responder a los esfuerzos de una vivienda como peso propio y cargas muertas, debe comportarse de manera satisfactoria ante movimientos sísmicos, por la ubicación en donde se prevee ser usada. En este caso el emplazamiento está dirigido hacia la vivienda social en Cuenca; según la normativa, Cuenca se encuentra en la zona sísmica II (peligro sísmico alto), para esto como una estrategia se plantea que la edificación sea ligera.

Al mismo tiempo, la estructura al estar sometida a varios esfuerzos tiene diversas posibilidades de fallo, pero los considerados nudos (uniones de elementos verticales y horizontales), son los más propensos a fracasar por soportar la concurrencia de varios esfuerzos. Es por ello que en estos puntos la estructura deberá estar mayormente reforzada.

Así también, la estructura que soporte el entrepiso debe presentar un peralte considerable y reforzado, tanto para salvar la luz de 6m propuesta inicialmente, como para tolerar las cargas a las que estará sometida, en este caso de flexión.

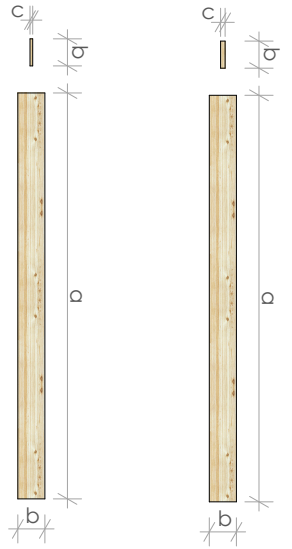
A fin de constituir un cascarón que responda a las cargas ya mencionadas, tanto cierre como estructura tienen sus funciones específicas, ambos en conjunto deben resistir diversos esfuerzos

La estructura propiamente dicha implementará elementos transversales llamados "costillas", y elementos longitudinales de arriostre llamados "largueros o cerramiento", pues con estos elementos se pretende controlar cargas provenientes de todos los sentidos.

En cuanto a la ejecución de la obra, como ya se mencionó anteriormente, será llevada a cabo por los propios usuarios, por lo que debe ser ejecutada de manera sencilla. Además de la posibilidad de tener elementos prefabricados con el fin de que el armado en obra de las costillas, resulte ser de manera eficaz, sin necesidad de maquinaria pesada.

Las tablas usualmente miden desde 1,80 a 2cm de espesor, 20 a 25cm de ancho, y de longitud de 2,70 a 5m; en cuanto a los tablones el espesor que se encuentra en el mercado va entre 5 a 7cm (revisar capítulo I).

A pesar de ser madera aserrada, se muestra una diferencia considerable es sus espesores y dimensiones, teniendo como medidas reales y finales las que se muestran en las figuras 13 y 14.



13 **14**

Tabla
a= 270cm; b=18cm; c=1,8cm

Tablón
a= 270cm; b=18cm; c=3cm

Figura 13: Estructuración del sistema de costillas
Figura 14: Medidas de tabla de madera de Pino
Figura 05: Medidas de tablón de madera de Pino.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

c. Uniones

Las uniones permiten la continuidad constructiva para conformar un conjunto que estructure la edificación.

Éstas deben asegurar rigidez y capacidad suficiente para soportar y transmitir esfuerzos, garantizando así, la permanencia original del diseño edificado, brindando seguridad a sus usuarios.

Existen varias maneras de unir piezas de madera, para ello se emplean diversos elementos de los cuales los más usuales son:

- Clavos
- Tornillos
- Pernos
- Pasadores
- Grapas
- Tirafondos
- Zunchos
- Platinas
- Ángulos metálicos

Las uniones más fáciles de fabricar y verificar son las clavadas, ya que la mayoría de las construcciones livianas se hacen con clavos (Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, pág. 4-24).

Se debe tomar en cuenta que para cualquiera de los sistemas utilizados se debe dotar de la adecuada protección a la cara superior de los elementos de unión y a la madera en sí, que se encuentre expuesta directamente a la intemperie y en los que pueda acumularse el agua, pues puede generar grandes afectaciones estructurales.

Características de los elementos de unión utilizados

ELEMENTOS DE UNIÓN	PRETALADRO	CARGA LATERAL	CARGA AXIAL	UNIÓN MADERA - MADERA	UNIÓN ACERO - MADERA
Clavos	NO d>500 SI	SI	NO	SI	NO
Tornillos	SI	SI	SI	SI	SI
Pernos	SI	SI	SI	SI	SI
Pasadores	SI	SI	NO	SI	SI
Grapas	NO	SI	NO	SI	NO

02

Tabla 02: Características de los elementos de unión utilizados
structurasT. Elementos de unión. http://www.structurat.es/mediapool/78/784930/data/TEMA3.pdf [Consultado: 31de julio del 2016]
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

d. Elementos de cierre

El cierre, debe poseer características que aporten al sistema, una de ellas es que el material sea relativamente ligero, para un mejor comportamiento ante sismos y también para un fácil traslado en la construcción, además de trabajar bien ante esfuerzos laterales para así aportar estructuralmente al diseño.

La técnica que se emplee para ejecutar los cierres no debe tener mayores complicaciones, para que sean de fácil construcción para los usuarios.

En el medio se encuentran varios materiales que se utilizan para el cierre tanto de muros exteriores como para cubierta, a continuación se muestran los más utilizados.

LADRILLO

Es una pieza con forma de paralelepípedo rectangular maciza o hueca de arcilla cocida a horno. Según datos de la Cámara Construcción el ladrillo más utilizado es el Panelón, en aparejos a soga unidos con mortero de base de cemento.

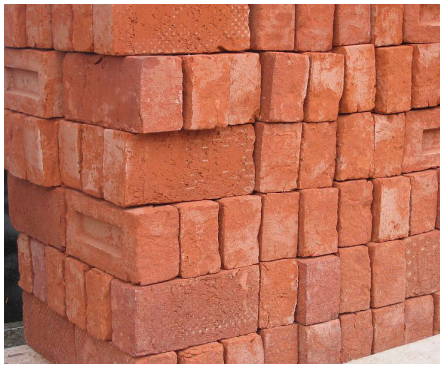
El Ladrillo en la ciudad de Cuenca se utiliza de varios tipos entre los que se describen a continuación:

- Gigante 200x400x100mm
- Gigantón 200x400x120mm
- Chucurillo 100x200x120mm
- Mini-chucurillo 80x210x80mm
- Simple con 1 perforación 70x300x50
- Simple con 2 perforaciones 100x250x50 mm
- Simple con 4 perforaciones 70x300x50
- Simple con 4 perforaciones 240x300x100
- Doble con 6 perforaciones 120x250x80
- Triple con 9 perforaciones 150x300x150
- Con 19 perforaciones 60x240x120

BLOQUE PÓMEZ

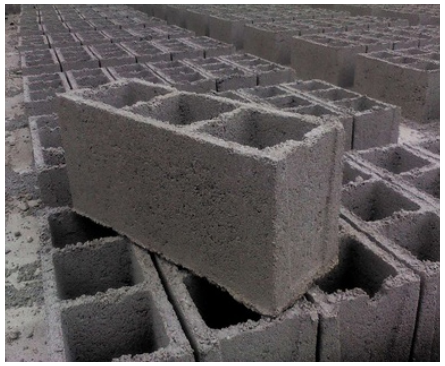
Los bloques son hechos con cemento gris, arena y agua, con una consistencia dura y textura áspera. Se los utilizan para la construcción de cierres tanto externos como internos.

Los bloques son huecos, con dimensiones en el mercado de aproximadamente 10x20x40cm, 12x20x40cm y 15x20x40cm.



15

Figura 15: Elementos de mampostería de Ladrillo. Cómo se fabrican los ladrillos, Ladrillos, http://ladrillos.es/como-se-fabrican-los-ladrillos/ [Consultado: 30 de junio del 2016]



16

Figura 16: Elementos de mampostería de Bloque. Bloque de pómez 15cm, Ferretería multicomercio, http://www.multicomercio.com.ec/images/productos/construccion/bloque_de_15.jpg [Consultado: 30 de junio del 2016]

CONTRACHAPADO

La madera que se utiliza para cierre usualmente suele ser tableros de contrachapado. Estos tableros son construidos por laminas delgadas, con fibras traslapadas a 90°, pegadas a presión con resinas que aportan resistencia. En el medio se expenden en medidas de 122x244cm y con espesores de 4,5,9,12,15,18mm.

ADOBE

El Adobe es un sistema de mampostería, a base de bloques de tierra con cierto porcentaje de arcilla y paja secados al ambiente y sin cocer. Utilizada en el medio por culturas prehispánicas y hasta la actualidad, aunque con menos frecuencia. Se emplea mucho en climas fríos. En el medio se fabrican bloques de 20x20x40cm.

BAHAREQUE

Es la técnica vernácula de más bajo costo, liviana, y de rápida elaboración, consiste en una estructura de madera anclada a un cimiento con cañas entretejidas y empastado de barro, este sistema no tiene mucha capacidad portante y funciona muy bien en edificaciones de hasta dos pisos.

TAPIAL

Este sistema de tierra es uno de los menos utilizados en la actualidad, debido al gran desgaste físico que se necesita al emplear su construcción, además se necesita conocimientos que poco a poco se han ido perdiendo en la cultura. Este sistema funciona muy bien a compresión y se lo lleva a cabo con tierra apisonada en cofres de madera.

17

Figura 17: Tableros de contrachapado Triplay 18mm, Madereria Aztecas, http://www.madereriaaztecas.com.mx/TRIPLAY-18-mm,15_9 [Consultado: 30 de junio del 2016]

18

Figura 18: Elementos de mampostería de Adobe Revista 209, Obras y protagonistas, http://www.oyp.com.ar/nueva/revistas/209/img/2-01.jpg [Consultado: 30 de junio del 2016]

19

Figura 19: Sistema constructivo de Bahareque El Bahareke, Somos Xinkas, http://4.bp.blogspot.com/-rBQMbo99HgE/Tkwr-2rdfOI/AAAAAAAAAvo/SLi24L4SOq8/s400/piscuilofoto-20080326204941.jpg [Consultado: 30 de junio del 2016]

20

Figura 20: Sistema constructivo Tapial Alcazaba Málaga, spainCenter, http://www.spaincenter.org/turismo-spain/andalucia/malaga/fotos/malaga-91.jpg [Consultado: 30 de junio del 2016]

PLANCHAS YESO CARTÓN

Es un material de construcción utilizado en la ejecución de cierres, revestimientos de paredes y cielo raso. La presentación del material es en planchas de 122x244cm e=10 o 12mm, compuesta por una alma de yeso, cubierta por dos láminas de cartón. Para su colocación usualmente se requiere de una estructura de acero galvanizado.

TABLAS DE MADERA

Las tablas de madera de diferentes especies es un material muy utilizado en la construcción, principalmente para el recubrimiento de piso y cierres. Cuenta con propiedades estructurales y viene en formatos desde 270x18x1,8cm aproximadamente.

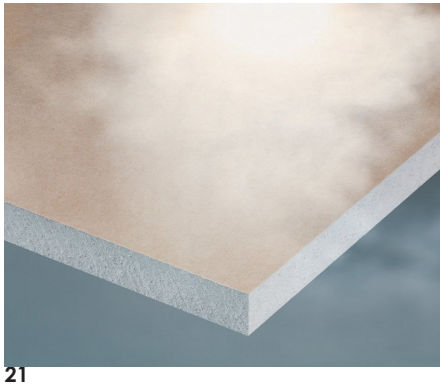
PLANCHAS DE ZINC

Plancha muy utilizada para la protección contra factores climáticos, aplicado en cubierta y también en cierre vertical. El material con el que se elabora es el Aluminio y Zinc (Galvalume) cuenta con nervios longitudinales rigidizadores que presentan diversas formas, las más utilizadas son circulares y trapezoidales.
Dimensiones: 80x250x0,03cm

TEJA

Material para protección de cubierta utilizado desde hace varios siglos, este elemento recibe y canaliza el agua lluvia, granizo o nieve. Viene de diferentes formas y tamaños, fabricado en materiales de barro cocido, mortero, o plástico.

Una de las dimensiones más utilizadas es de: 10x30x7cm

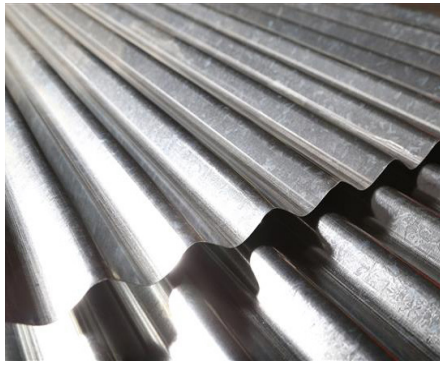


21

Figura 21: Tableros de Yeso cartón. Placas de cartón, archiproducts.com, http://www.archiproducts.com/es/productos/63880/tabiqueria-de-carton-yeso-lastra-vapor-fermacell.html [Consultado: 03 de septiembre del 2016]

22

Figura 22: Tablas de Madera. El manual para entender al Eucalipto, thecambiumdesign.com, http://www.thecambiumdesign.com/the-cambium-design-blog/manual-para-entender-al-eucalipto/[Consultado: 03 de septiembre del 2016]



23

Figura 23: Planchas de Zinc CONFORTE Fabricantes de Planchas de Zinc a la medida, cl.ypgo.net, http://cl.ypgo.net/CONFORTE+Fabricantes+de+Planchas+de+Zinc+a+la+medida-121784775180[Consultado: 03 de septiembre del 2016]

24

Figura 24: Tejado REPARAR LAS TEJAS DE LOS TEJADOS EN MADRID, reparacionesteycu.com, http://www.reparacionesteycu.com/reparar-las-tejas-de-los-tejados-en-madrid/ [Consultado: 03 de septiembre del 2016]

Cada material de cierre ha sido evaluado en base a parámetros que deben cumplir para poder comportarse de manera satisfactoria en el sistema que se diseñará, como se muestra en la tabla 03.

Se ha tomado en cuenta parámetros que influyen en la autoconstrucción como peso, transportabilidad, complejidad de armado y facilidad de modulación, además de factores clave en el uso de la estructura como el comportamiento de éstos ante esfuerzos laterales. Así también se llevó a cabo la comparación en cuanto a precios por m^2, ya que esto influirá directamente en el costo final de la edificación y del sistema.

El ladrillo y el adobe presentaron características negativas en cuanto a su facilidad de transportación y su puesta en obra, pues los tiempos que se manejan para su empleo son largos a comparación de las planchas de contrachapado que presentan gran facilidad de armado.

En cuanto a los comportamientos ante esfuerzos laterales, el Bahareque y las tablas de Eucalipto resultaron ser los materiales que mejores aportes proporcionan a una edificación.

Los materiales más económicos para cerramiento resultaron ser el bloque, el yeso cartón y las tablas de Eucalipto, sin embargo se debe tener en cuenta que para la aplicación del bloque y los tableros de yeso cartón, la puesta en obra requiere de mano de obra especializada por lo que aumenta el costo de los mismos y se dificulta la autoconstrucción.

Se determina así, que el material más favorable para llevar a cabo los cierres son los tableros Contrachapados y las tablas de Eucalipto, teniendo en cuenta que entre estos dos, existe una gran diferencia en cuanto a costos, sin embargo ambos materiales aportan estructuralmente. A la vez éstos dos materiales trabajan de mejor manera con la estructura de madera, pues el ensamble entre éstos materiales facilita la ejecución de obra proporcionando mejores características mecánicas que estabilizan el sistema.

Para el cierre de cubierta, se considera al zinc y la teja como materiales de bajo costo y que son los más utilizados en las construcciones informales, por su fácil accesibilidad en el mercado y teniendo en cuenta que la teja es uno de las materiales que identifican la quinta fachada de las viviendas en la Ciudad.

Análisis de características para elementos de cierre más usados en la construcción según características del material.

MATERIALES	DIMESIONES (cm)	PESO (kg)	TRANSPORTABILIDAD	COMPLEJIDAD DE ARMADO	COMPORTAMIENTO ANTE ESFUERZOS HORIZONTALES SIN REFUERZO	FLEXIBILIDAD DE MODULACIÓN	COSTO (m2)	EVALUACIÓN			
								Verde	Naranja	Rojo	Total
Ladrillo	10x30x15	270	DIFICIL	LENTO	BUENO	FACIL	7	3		3	0
Bloque	20x40x15	0,8	DIFICIL	MEDIO	MEDIO	FACIL	5,22	3	2	1	2
Contrachapado	244x122x1,8	7,8	FACIL	RAPIDO	MEDIO	MEDIO	17,88	4	2	0	4
Adobe	40x25x10	350	DIFICIL	LENTO	MALO	FACIL	11	1	1	4	-3
Bahareque(panel)	240x60	46,82	MEDIO	LENTO	BUENO	MEDIO	45	1	2	2	-1
Tapial	-	-	FACIL	LENTO	MALO	FACIL	-	2		2	0
Tablero de yeso-cartón	244x122x1,2	7	MEDIO	RAPIDO	MEDIO	MEDIO	4,36	3	2	0	3
Tablas Eucalipto	270x181,8	3,31	MEDIO	MEDIO	BUENO	MEDIO	4,88	3	3	0	3
Zinc	300x80x20	1,41	FACIL	RAPIDO	MEDIO	MEDIO	5,41	4	2	0	4
Teja	18x30x7	60	DIFICIL	LENTO	MEDIO	FACIL	39,22	1	1	4	-3

03

Tabla 03: Análisis de características para elementos de cierre más usados en la construcción según características del material.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

3.2.3 Validación de criterios de pautas de diseño

De acuerdo a los lineamientos expresados anteriormente, se definen ciertos parámetros iniciales con los que se llevará a cabo el diseño de la estructura, teniendo en cuenta el funcionamiento especifico que tendrá cada uno de ellos en el sistema, para que de esta manera sea mayor el aporte al todo estructural.

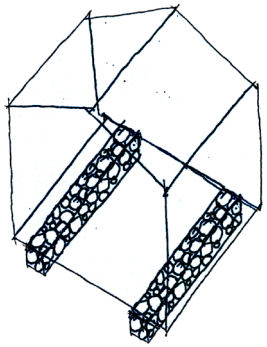
A continuación se describen éstos y las razones principales que sustentan estas decisiones (Ver Figuras 25 a la 30).

Figura 25: Viga de cimentación.
Figura 26: Sistema estructural de costillas.
Figura 27: Tablero de Contrachapado.
Figura 28: Tablas de Eucalipto.
Figura 29: Planchas de Zinc.
Figura 30: Teja
Figura 31: Clavos

Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero. 2016

CIMIENTOS

Cimentación corrida

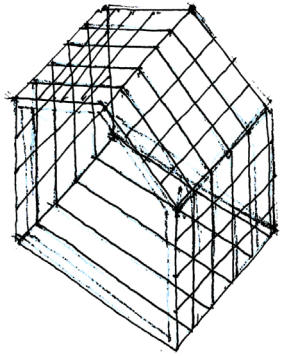


25

- Eleva la edificación con lo que la proteje de problemas por humedad.
- Permite que el sistema constructivo trabaje en conjunto.
- Costo bajo en comparación a otros sistemas de cimentación.

ESTRUCTURA

Costillas arriostradas por largueros y confinada con recubrimiento

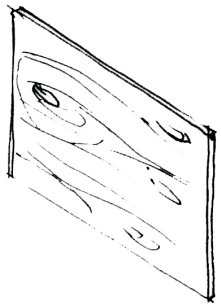


26

- Estructura que se comporta establemente ante varios tipos de esfuerzos, presentando secciones laminares.
- Uso efectivo de las propiedades mecánicas de la materia prima.

RECUBRIMIENTO LATERAL

Contrachapado

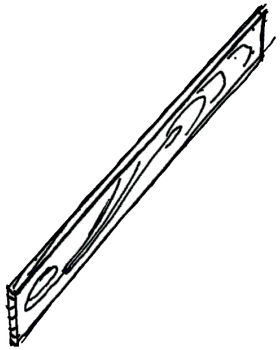


27

- Construcción sencilla, fácil puesta en obra y modulación.
- Fácil transportación.
- Buenas características mecánicas.

RECUBRIMIENTO LATERAL

Tablas de madera

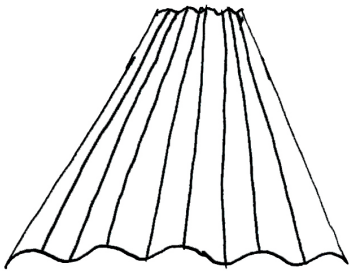


28

- Construcción sencilla, fácil puesta en obra y modulación.
- Fácil transportación.
- Buenas características mecánicas.
- Material de bajo costo.

RECUBRIMIENTO SUPERIOR

Planchas de Zinc

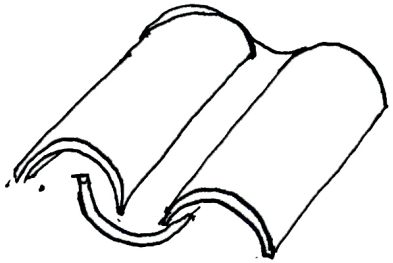


29

- Construcción sencilla, fácil puesta en obra y modulación.
- Fácil transportación.
- Material de bajo costo.

RECUBRIMIENTO SUPERIOR

Teja

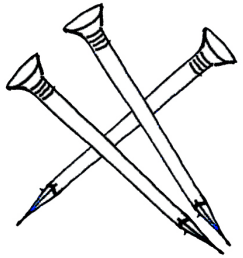


30

- Construcción sencilla, fácil puesta en obra y modulación.
- Fácil transportación.
- Material de bajo costo.
- Material de con buenas características de aislamiento térmico.

UNIONES

Clavadas



31

- Fácil ejecución.
- Material de bajo costo.

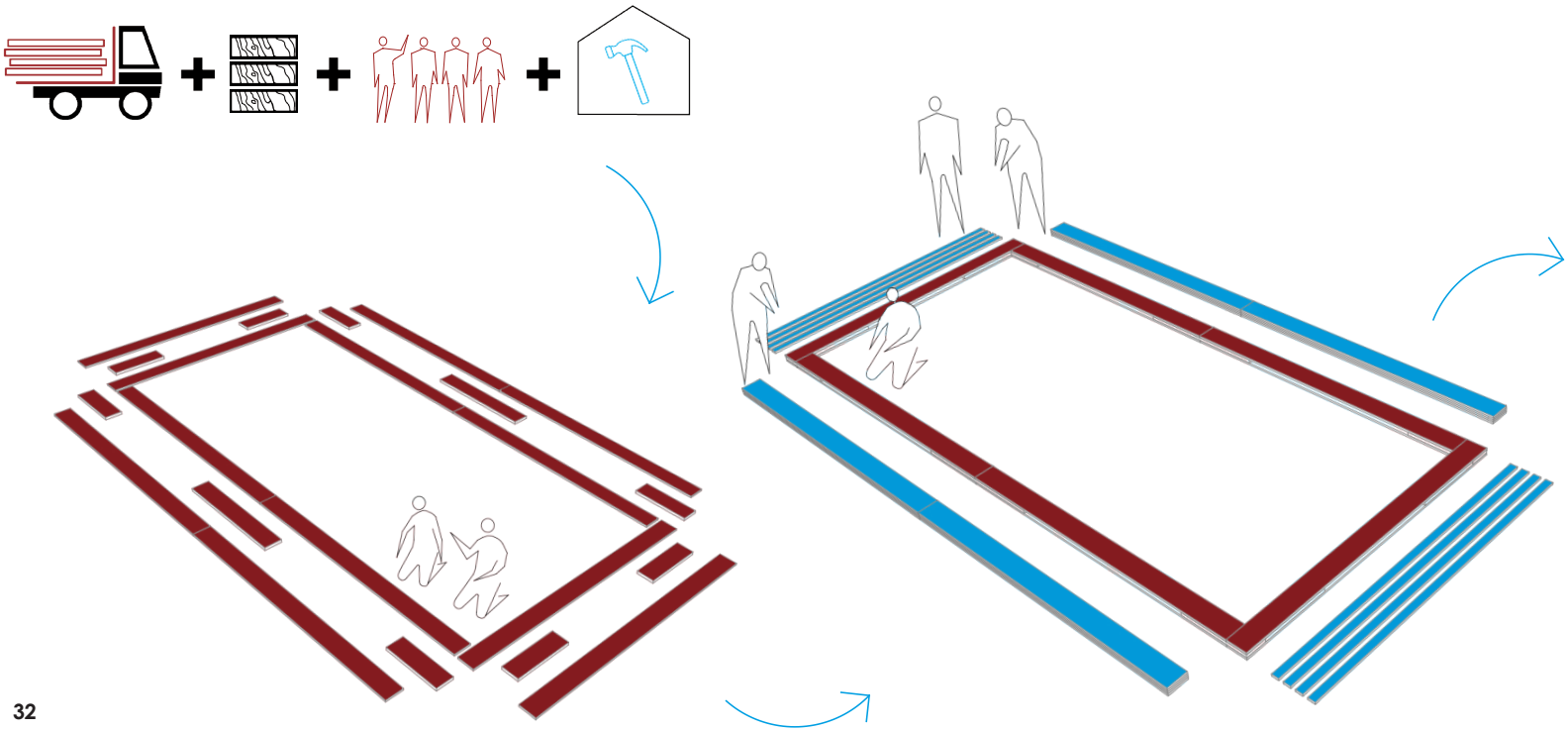
3.3 Descripción de la propuesta

3.3.1 Lógica del sistema estructural

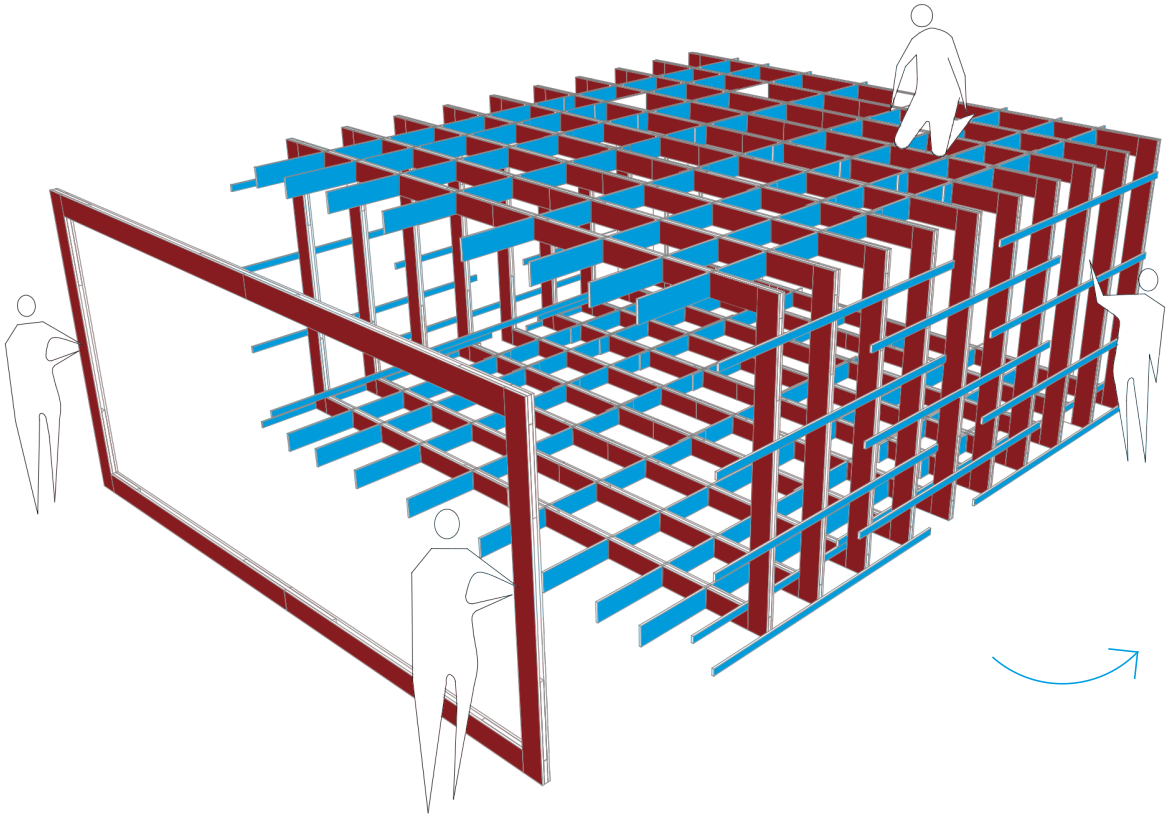
a. Lógica de armado

La propuesta se basa en un sistema de elementos laminares en madera arriostrados en sentido transversal unos con otros, es decir que funcionan en conjunto y no se puede prescendir de ningún elemento del sistema, pues de esta manera se garantizará la estabilidad de la edificación concebida, como ya se ha explicado en los ítems anteriores; la lógica de su armado y concepción se explica de manera esquemática en la figura 32.

Su armado se realiza en obra pero para lograr una manera más efectiva de colocación, ciertos elementos pueden ser prefabricados y llevados a obra para ensamblarlos a manera de rompecabezas para conformar las costillas que estructuran el sistema.



32



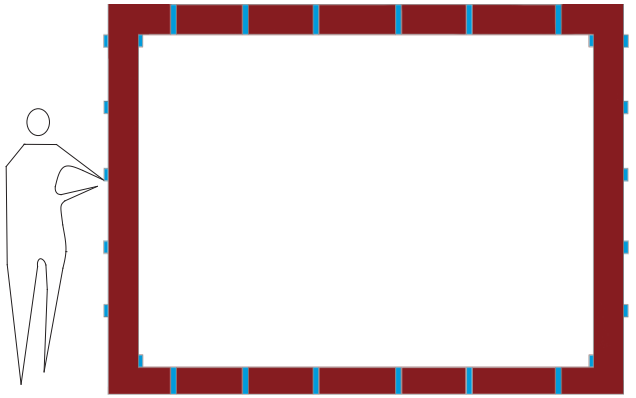
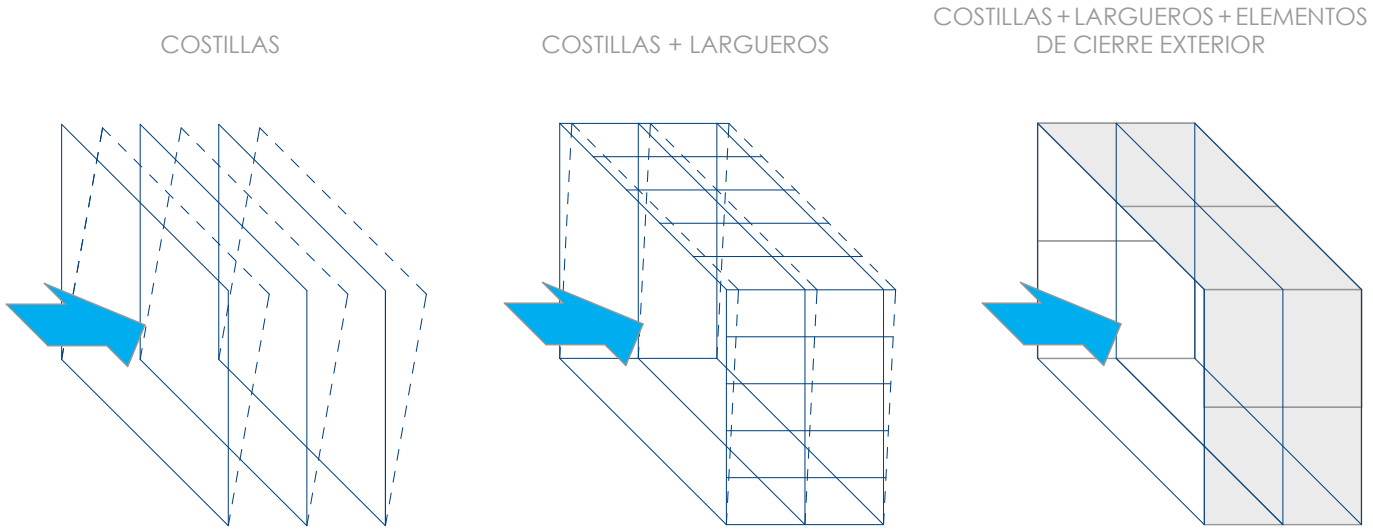


Figura 32: Lógica del sistema constructivo de costillas
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

b. Lógica de funcionamiento

Como ya se explicó anteriormente, las costillas actúan ante diversos esfuerzos en conjunto con los largueros o elementos de cierre, pues al prescindir de éstos elementos el sistema no funcionaría de manera adecuada, ya que no se pueden erguir las costillas sin existir un arriostramiento entre las mismas, como se observa en la figura 33, los elementos longitudinales actúan arriostrando a las costillas, contrarrestando los esfuerzos provocados por las mismas.

De esta manera se crea un sistema trabado que estabiliza la edificación, presentando así una nueva concepción estructural, teniendo muy en cuenta que los elementos que se disponen en el sistema tienen la condición de ser laminares, es decir, una de las secciones es más pequeña a comparación de las otras dos longitudes.



33

Figura 33: Lógica de trabajo del sistema constructivo de costillas
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

3.3.2 Morfología y consideraciones de diseño

a. Cubierta

La concepción morfológica de cubierta ha sido analizada en base a las usadas comúnmente (figura 34), concibiendo finalmente que para la propuesta planteada, la más adecuada es a una agua, donde la pendiente se encuentra paralela a la fachada frontal de la vivienda.

Esta solución ha sido adoptada en función de que la construcción de la misma sea fácil y permita acoplarse a posibles ampliaciones de la vivienda.

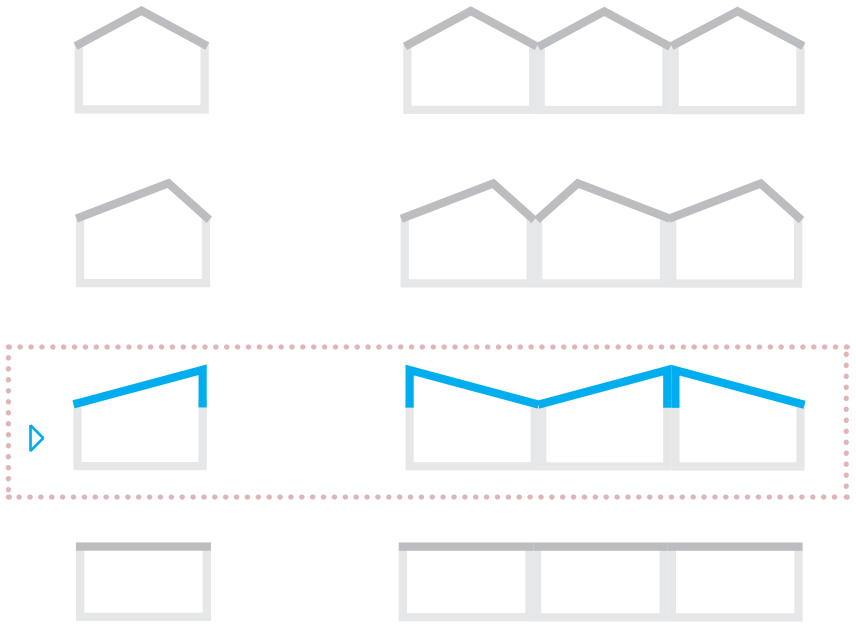
La estructura de la cubierta sigue el orden y se asienta en la sucesión de las costillas utilizadas para estructurar el espacio de la vivienda, además al permanecer la estructura en el sentido de la pendiente, permite que los elementos sean iguales y por consiguiente puedan ser objeto de prefabricación, al igual que los marcos que conforman las costillas.

MATERIAL	PENDIENTE
Planchas sintéticas	5% al 15%
Planchas galvanizadas	8% al 15%
Zinc	10% al 25%
Fibrocemento	10% al 27%
Teja	30% al 60%
Pizarra	50% al 60%

04

Se piensa en la posibilidad de adosar las viviendas diseñadas, para conformar conjuntos habitacionales, por lo que la disposición de la siguiente edificación se emplazará adosada pero reflejada, para de esta manera, tener canales de recolección de aguas lluvias compartidos entre dos viviendas (figura 34).

Para la pendiente de la misma se debe tomar en cuenta el material que se



34

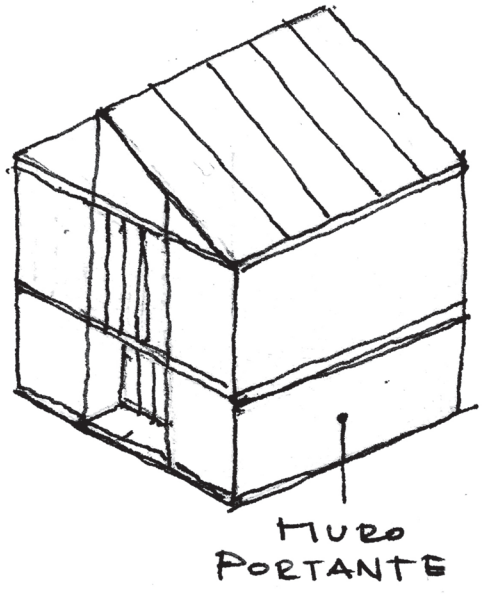
Tabla 04: Pendientes según los materiales
Fuente: Código Técnico de la Edificación de España (DB HS1), España, 2006
Elaboración: Tesis Prefabricados estructurales cerámicos

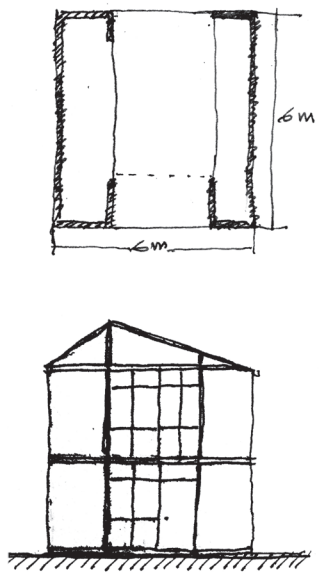
Figura 34: Análisis de tipología de cubierta y disposición en conjunto.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

empleará, pues el mismo condiciona el porcentaje de pendiente que se debe mantener para la correcta evacuación de aguas lluvias, en este caso en particular la pendiente que dispone el zinc fluctúa entre el 10 al 25% (Tabla 04).

b. Edificación

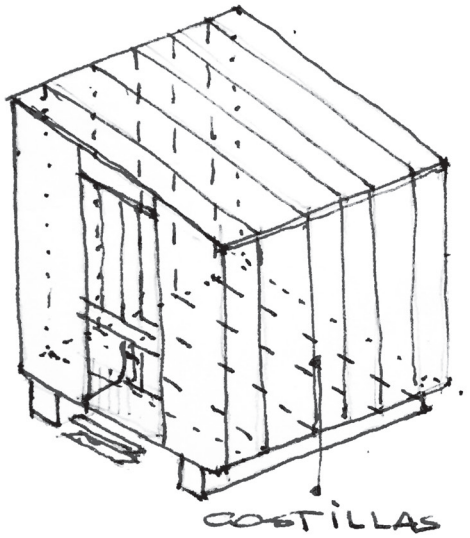
En cuanto a la concepción de la morfología de la edificación, se adapta, como ya se mencionó en el ítem anterio, al diseño arquitectónico de la tesis "Diseño de núcleo básico con el presupuesto del bono de la vivienda y su posterior crecimiento. <<Formas de habitar, criterios bioclimáticos y sistema constructivo sostenible>>", el cual abarca un área cuadrada de aproximadamente 6x6m, desarrollada en dos plantas.
De ésta manera obtenemos como parámetros generales la luz libre (6m)y área habitable que debemos abarcar para el dimensionamiento del diseño.

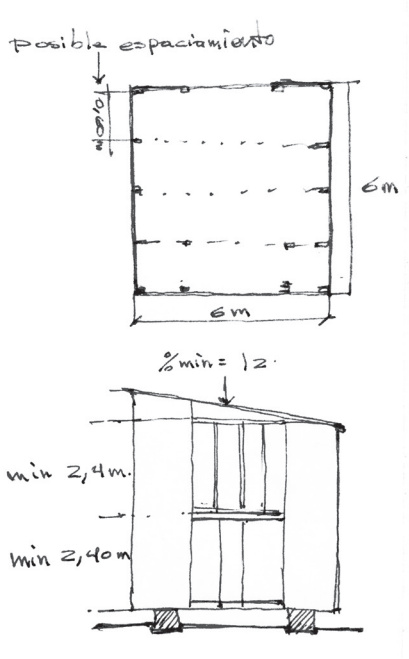




35

PROPUESTA NÚCLEO BÁSICO





36

PROPUESTA GRUPO DE TESIS

Figura 35: Gráfico de vivienda con solución de muro portante.
Figura 36:Gráfico de vivienda con solución de sistema de costillas con elementos laminares en madera.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

3.3.3 Proceso experimental de diseño en modelos a escala reducida

a. Primera propuesta

Se concibe el diseño de la estructura, formando costillas dispuestas transversalmente y arriostradas por largueros en el sentido longitudinal (lógica del sistema de costillas), la estructura trabaja en conjunto y transmite los esfuerzos de manera uniforme en toda la edificación.

El formato laminar del material a utilizarse condiciona el diseño (2,70m de largo), debido a que el claro a salvar es de 6 metros. Se opta por disponer "almas" tanto para unión como para rigidizar en el centro de los elementos y en los nudos, pues es en estos lugares en donde la estructura es mas susceptible a fallo.

Bajo esta solución se pretende que la estructura funcione como un solo cascarón y no como pórticos en donde trabaja por separado viga y columna.

El proceso de construcción (figura 39) está pensado para que la estructura se arme en obra, ensamblando las piezas en el piso, para luego erguir uno a uno los marcos y así conformar la edificación.

En ésta propuesta las costillas están diseñadas a manera de sandwich donde se utilizan tres elementos de madera de secciones laminares para conformar la pieza estructurante.

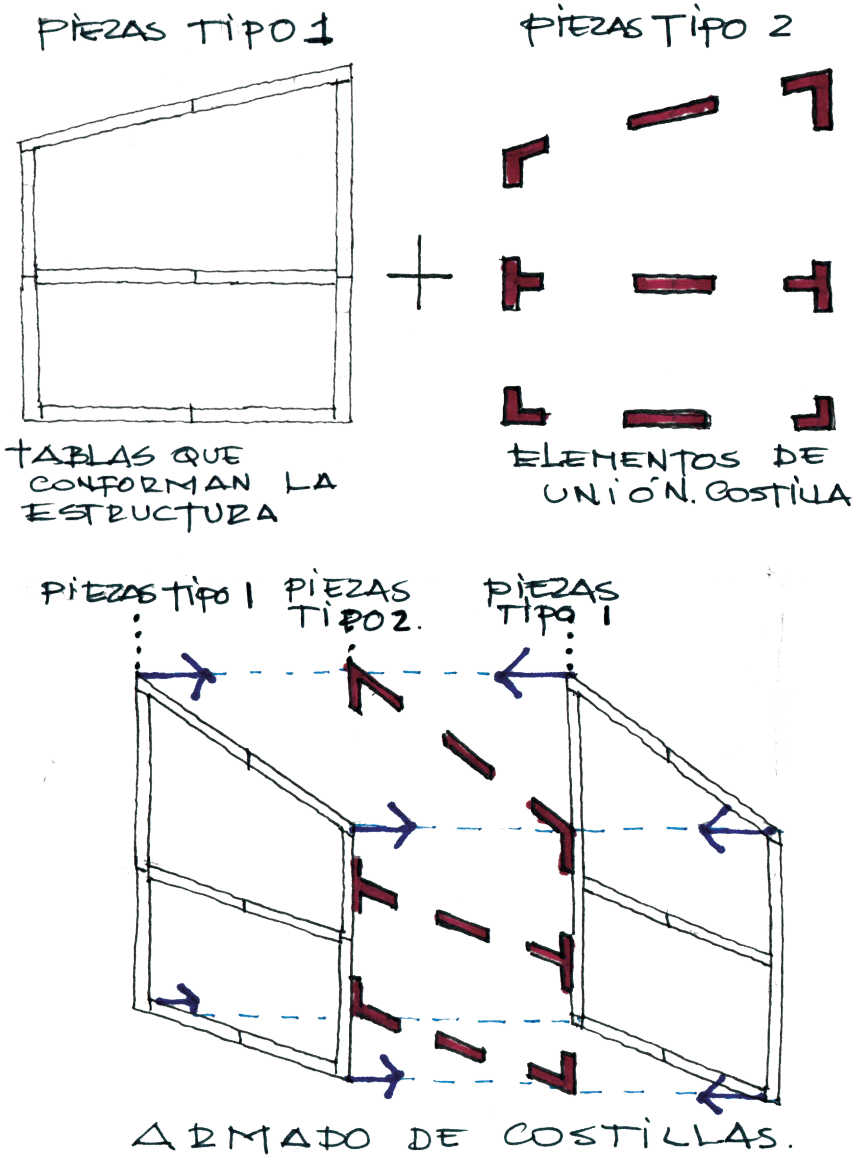
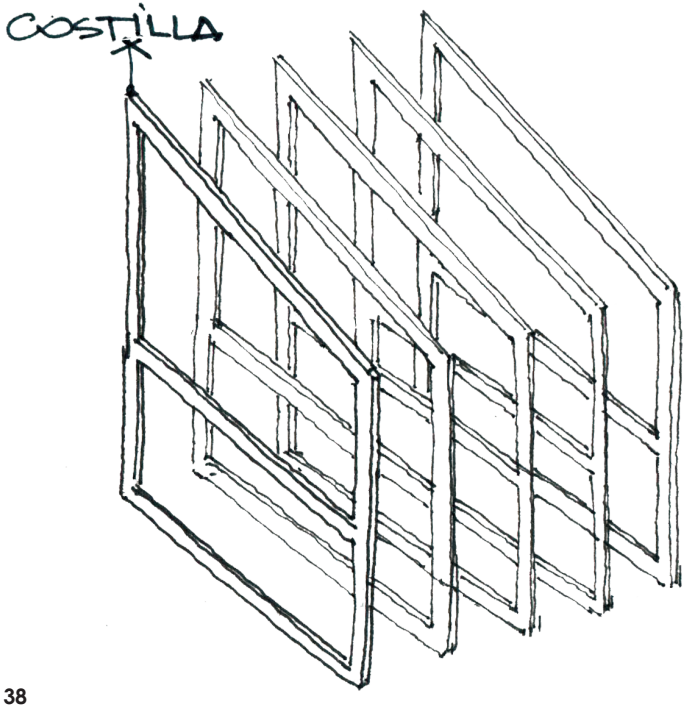


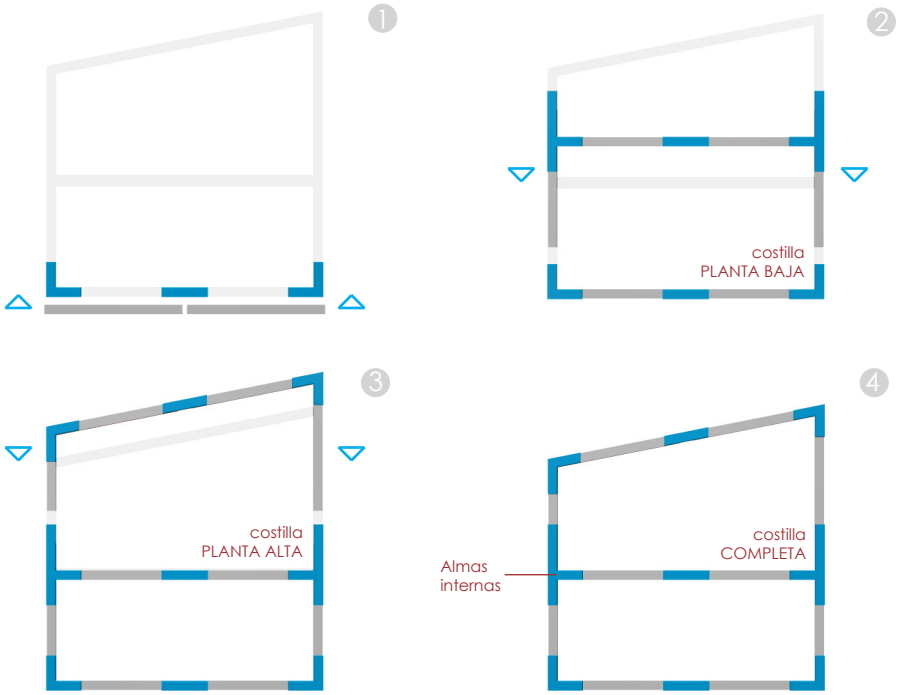
Figura 37: Gráfico esquemático de armado de costillas primera propuesta de vivienda desarrollada con el sistema de costillas.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero 2016

PROCESO DE ARMADO DE COSTILLAS



38

PROCESO DE IZADO DE COSTILLAS



39

Figura 38: Disposición de costillas primera propuesta.
Figura 39: Proceso de armado de costillas primera propuesta.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

b. Segunda Propuesta

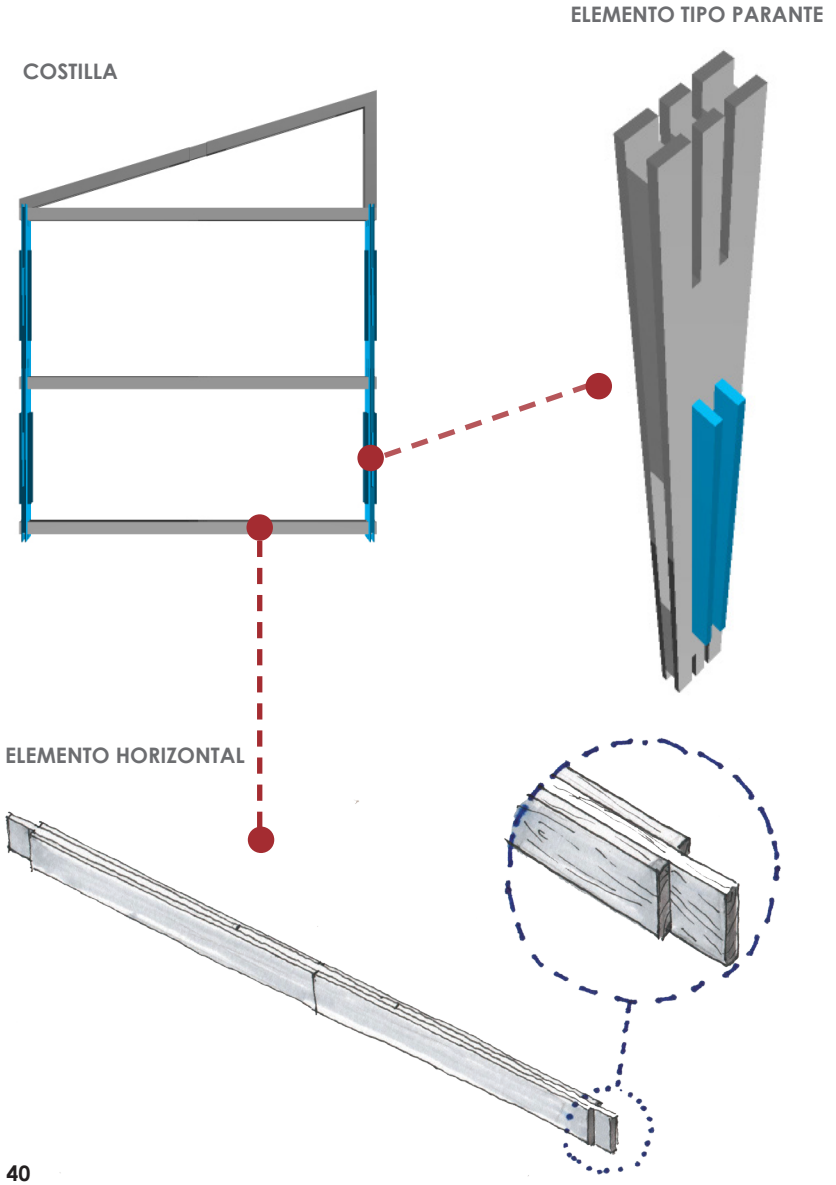
Se basa en la lógica de que los elementos que conforman la edificación, marcos tipo vigas y columnas, se dispongan de manera continua mediante piezas trabadas para soportar las solicitaciones que presente la edificación.

En los elementos verticales se pretende controlar las deformaciones del material, por medio de trabas entre las piezas, mediante cortes longitudinales en cada tabla de madera (figura 40).

Los elementos que se encuentran dispuestos horizontalmente trabajaran mayormente a flexión, por lo que, en función de que el uso del material sea efectivo y además que puedan salvar el claro de 6m, se unen longitudinalmente, con el canto de 18cm en vertical para así trabajar con la mayor inercia de las tablas a flexión.

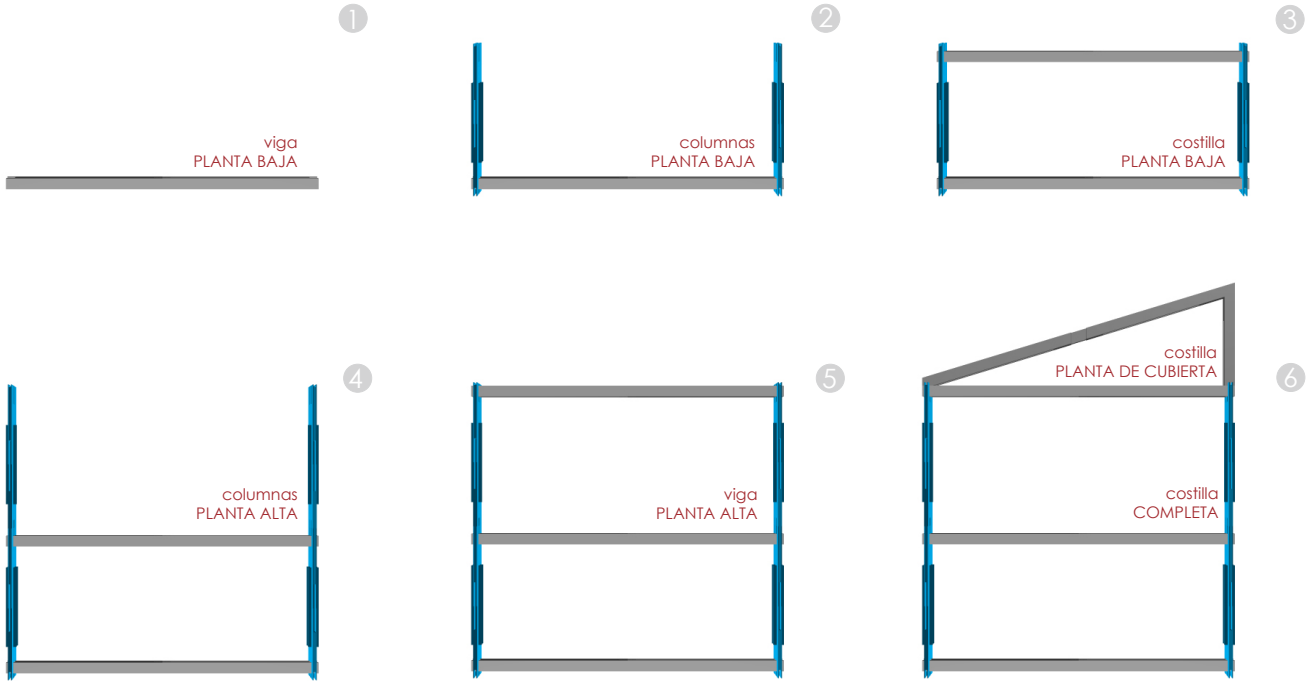
A diferencia de la propuesta anterior, cada pieza se levanta en obra una a una, siguiendo evidentemente el orden respectivo piso, columnas, viga (figura 41), sin embargo el uso de larguero es imprescindible, pues los marcos formados no pueden erguirse sin arriostramiento, por lo que se han colocado largueros en los puntos más críticos de la estructura contrarrestando los momentos producidos.

Ambas propuestas siguen la misma hipótesis desarrollada (sistema que funciona en conjunto) acoplándose a la morfología cuadrada que se impone por la disposición de la planta arquitectónica, y sobre todo se sigue la lógica inicial de conformar costillas mediante un elementos de sección laminar.



40

PROCESO DE ARMADO DE COSTILLAS



41

Figura 40: Gráfico esquemático de armado de costillas segunda propuesta de vivienda desarrollada con costillas.
Figura 41: Proceso de armado de costillas propuesta 1
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

c. Comparación de propuestas

Se elaboran maquetas a escala 1:20, para así comprender de mejor manera la lógica de funcionamiento de la estructura y armado de las propuestas desarrolladas, permitiendo un mayor entendimiento de la ideología desarrollada, y determinando así, la propuesta que mejor comportamiento presenta.

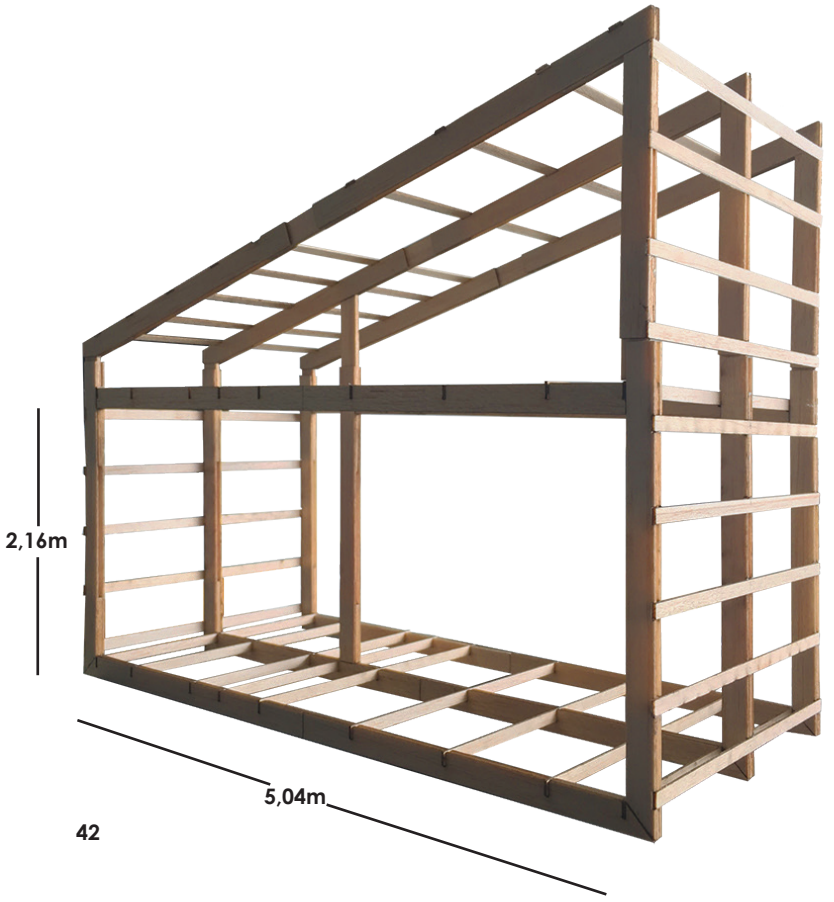
En los dos casos se conformó costillas que luego serían arriostradas por largueros, sin embargo, se evidencia ciertas diferencias en el funcionamiento de las dos estructuras.

En el caso de la primera propuesta (figura 42) los elementos de unión dispuestos en los nudos y centro del claro hacen que la estructura se comporte satisfactoriamente. La segunda propuesta (figura 43) evidencia debilidad en los nudos, con lo que los marcos no podrían trabajar en las trabas de la madera.

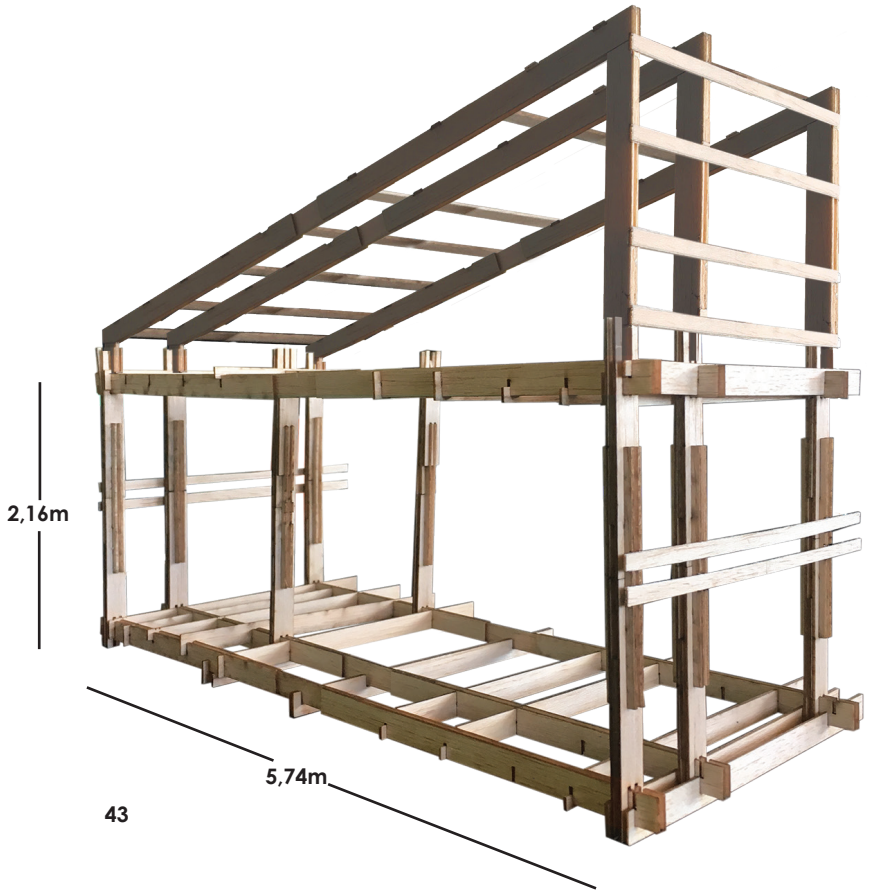
En cuanto al ámbito constructivo, considerando que la solución debería ser edificada por los usuarios o también pudiera ser prefabricada, se tiene que las dos propuestas son de ejecución relativamente sencilla.

La primera propuesta tiene elementos conformados por tablas poco trabajadas, lo que facilita el proceso para una persona que no tiene conocimiento de construcción en madera, sin embargo, podría existir un problema al erguir las costillas por el peso de las mismas, tomando en cuenta que este proceso no se lo debe realizar con maquinaria pesada, por el costo que esto implica.

En la segunda propuesta las costillas se diseñan a partir de elementos más trabajados por lo que el tiempo



42



de ejecución podría ser mayor.

Se tiene así que la primera propuesta es la más viable, sin embargo se requiere definir una manera más reforzada y eficiente de armado de las costillas y puesta en obra.

Se considera la posibilidad de prescindir de los componentes longitudinales de arriostre, en el caso de emplear elementos de cierre confinados que actúen de la misma manera que los largueros, o en su caso de diagonales que permitan mayor estabilidad a la estructura, sin embargo la morfología y la lógica que se desarrolla para la propuesta final, se basará en la primera propuesta planteada en esta sección, por ser la que mejor comportamiento, eficiencia estructural y de armado presenta.

En base a esto, en el transcurso de la ejecución del prototipo final se tomarán en cuenta los aciertos aquí considerados, así como también las ideas poco viables que deben ser desechadas o modificadas y mejoradas, para que guíen el diseño de la propuesta final.

Figura42: Elaboración de maquetas a escala 1:20, primera propuesta.
Figura 43: Elaboración de maquetas a escala 1:20, segunda propuesta.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

3.3.4 Prototipo final

Mediante la experimentación con modelos a escala reducida, y el asesoramiento de varios profesionales con amplios conocimientos en el manejo de la madera y el campo del diseño estructural, se realizaron varias modificaciones al diseño inicial (primera propuesta).

La propuesta del sistema constructivo se plantea desde la innovación en dos ámbitos importantes: la eficiencia en el uso del material y la autoconstrucción. La primera se logra a través de la eficacia en el trabajo estructural de los elementos laminares que componen la edificación, además del uso de una modulación desde las medidas del material que se ofertan en el mercado para que el desperdicio sea mínimo; la segunda, se consigue a través de la disminución de la transformación de materia prima y el empleo de técnicas básicas de construcción.

Es así que el diseño se concibe en base de 7 lineamientos (figura 44) que abarcan el programa arquitectónico previamente establecido: la economía lograda a través del uso eficiente del material y la autoconstrucción; la innovación al fomentar nuevos sistemas constructivos experimentando con elementos laminares; el sistema constructivo aplicado mediante la implementación de el sistema de costillas; los elementos estructurantes confinados, 11 costillas arriostradas con planchas de contrachapado; la verificación de esfuerzos admisibles para que la estructura propuesta sea estable, de ésta manera se lograrán áreas flexibles, es decir áreas dispuestas de espacios libres para poder producir varias actividades en un mismo espacio durante las diferentes horas del día, según las necesidades de los usuarios.

44

a. Estructura y revestimiento de la edificación

El sistema estructural propuesto parte de concebir un conjunto de elementos que funcione de manera global, soportando las solicitaciones que toda estructura conlleva, en este caso en específico para la vivienda social en Cuenca, con el objetivo de resistir cargas resultantes de su uso, cargas exteriores y de peso propio; siendo la estructura la que condiciona la morfología final de la edificación.

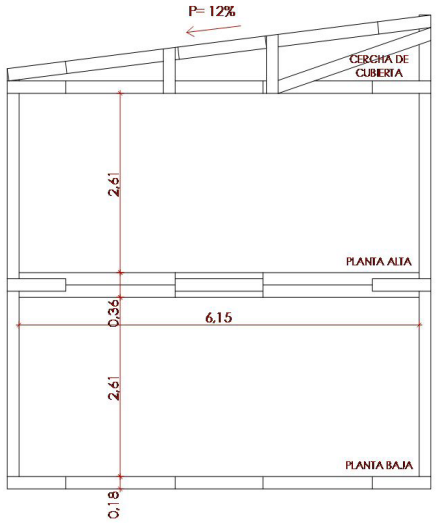
El diseño del sistema está confinado en base a todos los ensayos y parámetros ya experimentados anteriormente, tanto por los resultados obtenidos en el Capítulo I, así como también abordando las pautas de diseño expuestas en éste capítulo. Es por ello que se parte de la conformación de costillas de madera mediante uniones machihembradas (ensamble de elemento "macho"en forma de pestaña sobresaliente, y hembra en forma de canal). Para lograr estos ensambles se unen tres piezas de madera de Eucalipto a manera de sándwich de 1,80cm de espesor por 18cm de ancho unidas a través de pegamento y clavos, para conformar marcos con las siguientes características(figura 45):

- espesor de costilla: 5,40 cm
- ancho de costilla: 18 cm
- altura libre a entrepiso: 2,61m
- peralte de viga de contrapiso, planta baja: 18 cm
- peralte de viga de entrepiso, planta alta: 36 cm
- cercha de cubierta con pendiente del 12%

Cada una de estas costillas se encuentran confinadas unas con otras logrando por medio de arriostramiento con elementos de cierre exterior, conformar una estructura de 11 costillas en sentido longitudinal para abarcar una luz libre de 6,18m. El cierre ayuda a erguir la edificación y al mismo tiempo actúan como diagonales que estabilizan el sistema.

Este cerramiento se compone por planchas de contrachapado de 1,22x2,44m y 18mm de espesor, los mismos que son colocados de manera continua por medio de uniones empernadas hacia las costillas, de esta manera se asegura que la estructura se mantenga estable ante los esfuerzos tanto laterales como verticales, que pueden ser inducidos por acciones de las solicitaciones de la edificación.

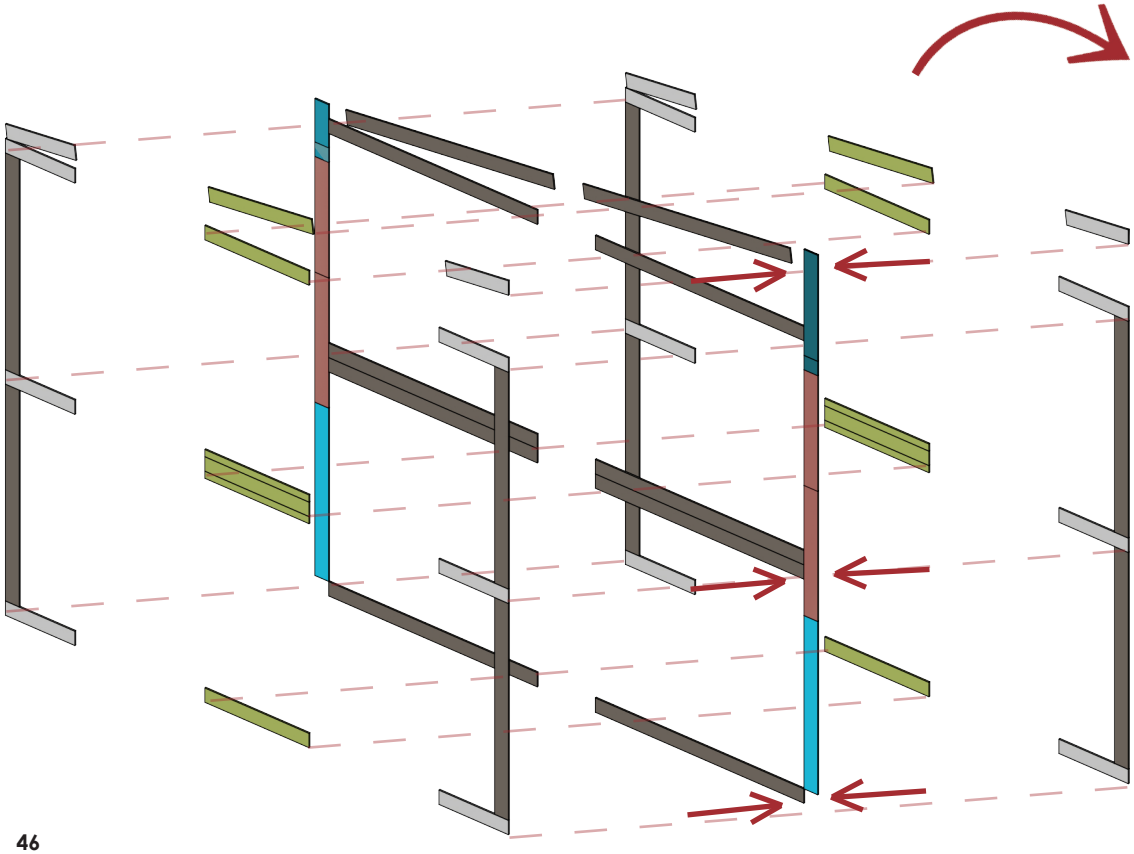
La disposición de los elementos del cerramiento exterior se modula de acuerdo a las planchas de contrachapado, de manera que cada junta entre tableros exteriores coincida con el emplazamiento de cada costilla, manejando una junta



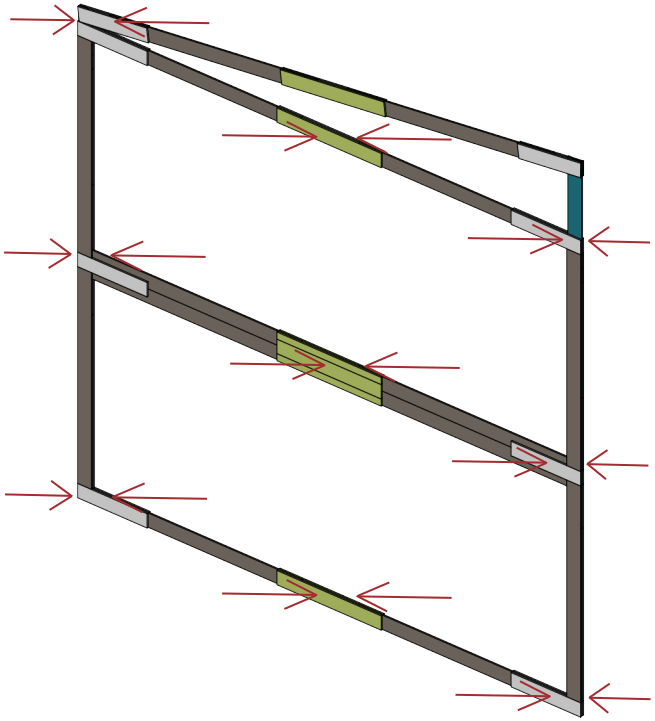
45

Figura 44: Diagrama de concepción del sistema estructural de costillas laminares

Figura 45: Dimensiones del diseño de costilla laminar
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

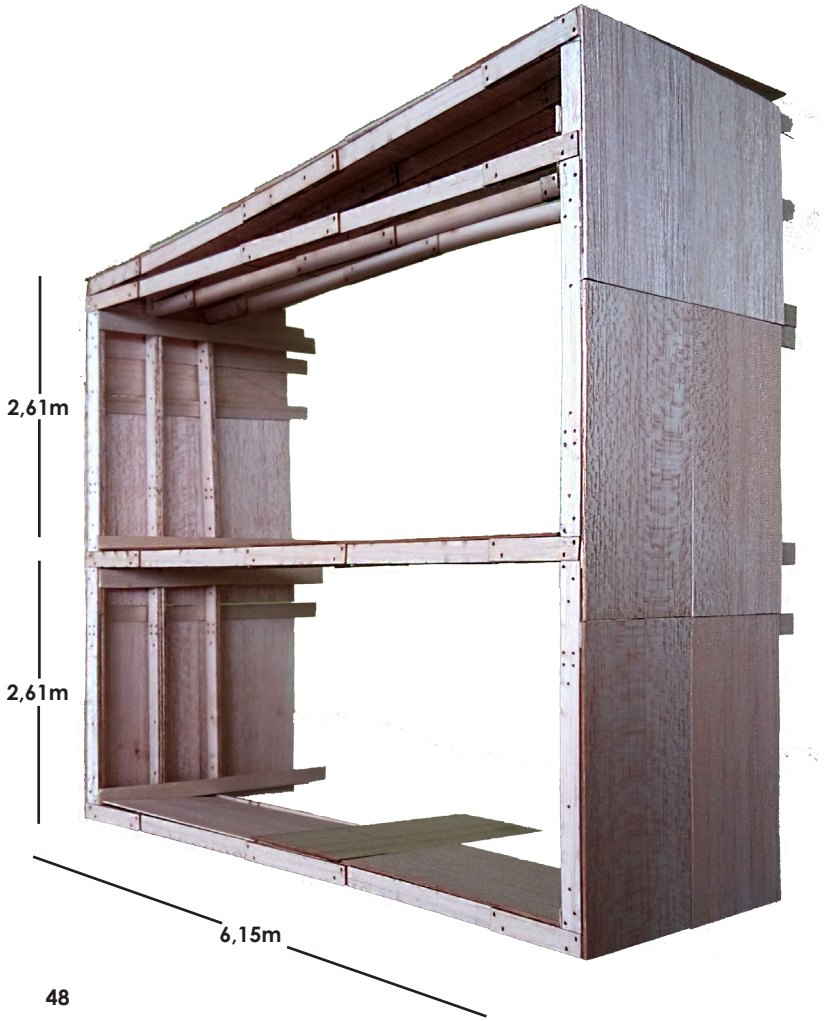


46



47

Figura 46: Dibujo esquemático explotado de piezas moduladas que conforman una costilla laminar
Figura 47: Dibujo esquemático de una costilla laminar
Figura 48: Maqueta tercera propuesta
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero



48

entre tableros de 2cm.

Sin embargo, se ha visto pertinente para la propuesta, cambiar el cerramiento de tableros de contrachapado por tablas de Eucalipto, al evidenciar el alto costo que conlleva el empleo de éste material, en función de economizar recursos que no alteren la estabilidad de la edificación. Tomando en cuenta que el aporte estructural de las tablas, es igual al del contrachapado. Además la modulación adoptada da la posibilidad de aplicación de cualquiera de éstos dos materiales.

Por ello se plantea que los elementos de cierre de la edificación asuman la función, que los largueros en las propuestas expuestas anteriormente cumplían, es decir, se reemplaza los elementos longitudinales y el forro, por un único elemento que funciona de cierre y de arrioste, en éste caso las tablas de Eucalipto suplirán ésta función.

La lógica del sistema se repite tanto en planta baja como en planta alta, entregando como resultado final una vivienda de dos plantas, cumpliendo el fin de abarcar una luz máxima libre de 6,15m en sentido transversal y 6,18m en sentido longitudinal, con una superficie aproximada de 78m^2. De esta manera, se lograr la versatilidad de los espacios interiores de la vivienda social propuesta en el laboratorio in.Lab Cuenca (figura 48).

Se debe tener en cuenta que los cálculos y ensayos experimentales definirán las secciones finales que deba adoptar el diseño propuesto, sin alterar la lógica desarrollada del sistema.

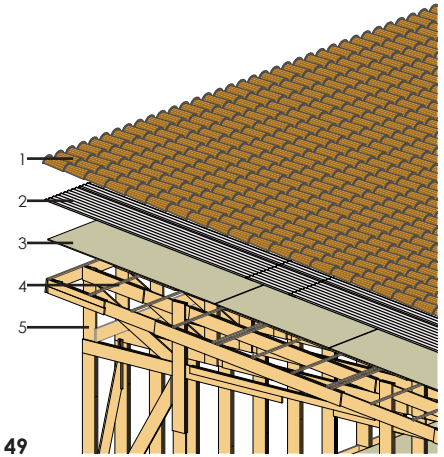
b. Estructura y revestimiento de cubierta

El material de revestimiento de cubierta, condiciona la pendiente de la misma(12%), en este caso constituida por las mismas costillas que edifican la vivienda y las planchas de contrachapado que estructuran la cubierta, a ellas se adhiere planchas de zinc de 20mm de espesor, ancho total de 800mm, 3,04m de largo, existiendo por disposición del material un traslape de 200mm entre plancha, utilizando para la fijación del zinc, clavos paraguas (4 unidades por m^2) según las especificaciones del proveedor.

Sobre el zinc como acabado final se coloca teja cerámica curva de 10x30cm y 12mm de espesor, para brindar una mayor protección tanto por el desalojo de aguas lluvias, así como por protección de cambios de temperaturas producidos por la exposición a la intemperie de la cubierta.

La elección del zinc y la teja como materiales de revestimiento se debe principalmente a su costo, pues según indicadores de materiales eficientes económicamente, analizados en la tesis "Prefabricados estructurales cerámicos para cubierta en la ciudad de Cuenca" las piezas cerámicas, en este caso la teja, el m^2 se encuentra entre los $8,00 a $12,00 dólares (p. 42) y para el zinc según precios que se expenden en el mercado varía entre $2,00 a $5,00 dólares.

Cabe recalcar que el material de revestimiento posee una vida útil con un bajo costo de mantenimiento, lo que lo vuelve un material sustentable económicamente. En cuanto a aspectos estructurales, cumple con los requerimientos para soportar esfuerzos y cargas requeridas para cubierta, y al estar destinada a una vivienda económica para la ciudad de Cuenca, se debe tener en cuenta el valor histórico y cultural que posee la Ciudad y que se identifica mediante el uso de este material.



49

1. Teja
2. Planchas de Zinc
3. Planchas de contrachapado
4. Tiras
5. Costillas

Figura 49: Dibujo esquemático explotado de piezas que conforman la cubierta.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

c. Modulación del material

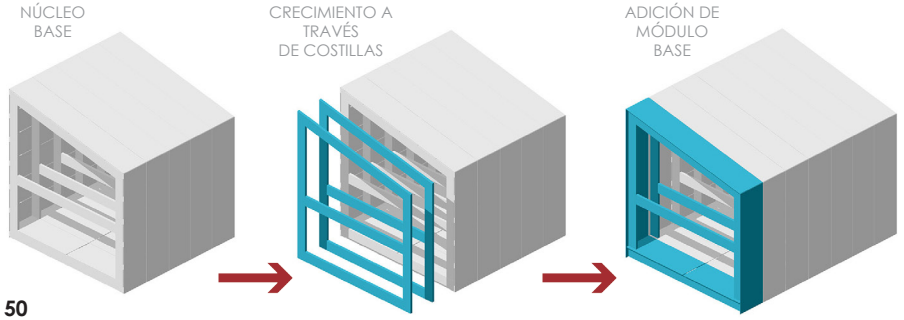
El dimensionamiento concebido para el diseño, parte del formato en el que se oferta la madera de Eucalipto en el mercado (revisar capítulo 1), permitiendo que las piezas se utilicen íntegramente, logrando un desperdicio mínimo.

El área de toda la vivienda está constituida por módulos compuestos por el sistema desarrollado (cierre y costillas) dispuestos sucesivamente en sentido longitudinal, lo que permite que la vivienda pueda ser ampliada con la adición de dichos módulos (Figura 50).

Las costillas trabajan principalmente a flexo-compresión, la construcción de éstas se da a través de tablas de Eucalipto en un formato efectivo de 270x18x1,8cm, construidas íntegramente con piezas obtenidas con un máximo de dos cortes en su longitud (Figura 51). el sistema se estabiliza complementándose con los cierres que trabajan a cortante.

Por ello, la estructura de la vivienda es construida con 8 piezas tipo, obtenidas de los formatos anteriormente mencionados; los mismos han sido codificados desde la "a" a la "g" (Figuras 51 y 52) según los cortes realizados a la pieza.
Las costillas en sí tienen una sección efectiva de 5,4cm y se componen por un total de tres tablas de 1,8cm de espesor, unidas con una mezcla encolada y clavos.

La modulación del material previsto para el cierre, condiciona el espaciamiento de las costillas. En un principio el formato de las planchas de contrachapado (122x244mm) dimensionó la disposición de las mismas, por lo que se propone un espaciamiento de 61cm entre eje de cada costilla, de esta manera se

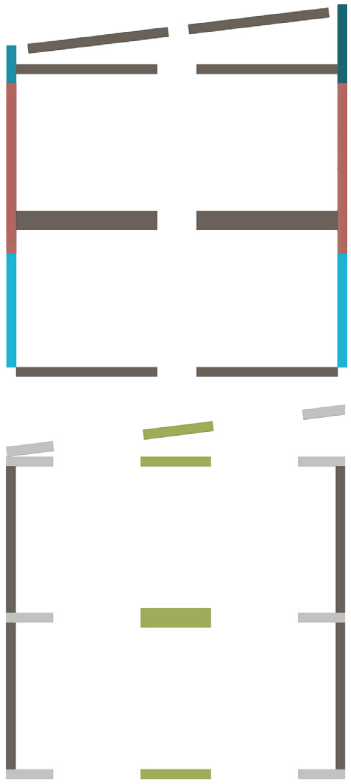


50

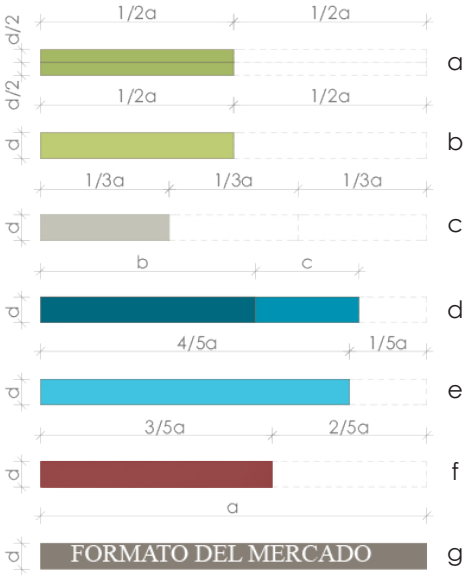
prevee que la estructura funcione correctamente al tener una distribución de cargas continua.

La estructura y el acabado del contrapiso y el entrepiso es considerado de aporte dentro del sistema, porque pueden mantener la disposición de las costillas indeformable, y al mismo tiempo de aportar con características estructurales, por lo que, se decide crear un entramado de viguetas cada 100 cm que se ubiquen perpendiculares a las costillas y estén sujetados al piso de cada planta. Se emplea como acabado planchas de contrachapado de 18mm pues la dimensión mínima de éstas en cualquiera de sus formatos es estructural a partir de los 12mm.

Cabe recalcar, que en el empleo tanto de las tablas de madera de Eucalipto, así como para las planchas de contrachapado se lo hace en cuanto al formato efectivo de las piezas, eliminando



51



52

PIEZAS DE COSTILLA TIPO

Figura 50: Crecimiento de vivienda mediante módulo del sistema de costillas con elementos laminares
Figura 51: Modulación del material que conforman las piezas de una costilla tipo
Figura 52: Piezas de costilla tipo, según cortes realizados a las tablas de madera de Eucalipto
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

considerablemente desperdicios en la construcción.

La modulación óptima en el material con el que se construye, permite que la propuesta pueda ser objeto de procesos de prefabricación e industrialización, con facilidad en la ejecución de la obra, para que usuarios sin conocimientos técnicos de construcción, puedan levantar la edificación paso a paso con materiales económicos y herramientas sencillas, y que además se sientan libres de ampliarla el momento que lo crean conveniente según su ocupación.

d. Confort térmico

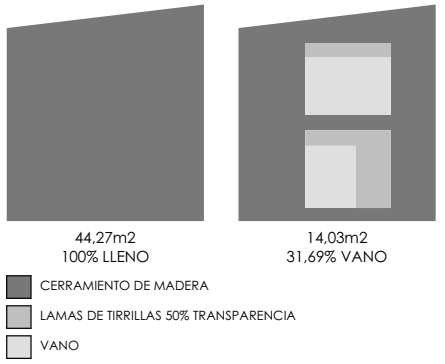
Toda edificación que conlleve el habitar diario de una persona, debe ser confortable internamente para cumplir con su objetivo, que es el dar refugio y bienestar a las personas, es por ello que el confort térmico es uno de los aspectos importantes que se deben manejar en el diseño, especialmente cuando el uso al cual va destinado es la vivienda.

El confort térmico consiste en "mantener un clima interior que sea satisfactorio para las personas, fisiológica e higiénicamente, dentro de una instalación residencial." (INEN, Eficiencia Energética en Edificaciones. Requisitos, 2009, p.1).

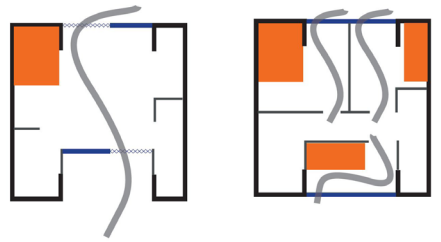
Para el caso de la vivienda propuesta, como ya se ha mencionado anteriormente, ha sido acoplada a una de las tesis desarrolladas dentro de la investigación, por lo que se ha mantenido ciertos parámetros de confort que ya han sido analizados, fundamentados en el clima de la ciudad de Cuenca y en base a ello al confort lumínico, a la circulación del aire y al confort térmico en sí.

Por lo que, en la propuesta que se plantea se mantiene la misma geometría y distribución de espacios por ello la cantidad de vanos tanto en la parte frontal como posterior, en planta baja y en planta alta es la misma, esta disposición de vanos se encuentra dentro de lo que establece la NEC - 11 para llenos y vanos de una vivienda (figura 53), por lo que "las estancias se ubican de tal manera que la zona social (...) recibe asoleamiento directo desde la parte anterior o posterior. Debido al espacio unitario y a la escala de la vivienda estos vanos permiten la iluminación de la zona de descanso y de las zonas húmedas." (Cherrez, Maldonado, Pozo, 2015, p. 184).

En cuanto a la ventilación "La circulación de aire en la vivienda se garantiza debido al espacio unitario y la posición de las ventanas en la parte anterior y posterior. En la segunda planta, (...) se resuelve la ventilación de las habitaciones por las ventanas para cada local" (Cherrez, Maldonado, Pozo, 2015, p. 187) (figura 54).



53



54

Figura 53: Proporción de vano en fachada anterior y posterior del núcleo básico
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016
Figura 54: Circulación de viento en la vivienda
Cherrez, Maldonado, Pozo, (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>>. Universidad de Cuenca.

En la investigación realizada en el laboratorio in.lab se ha determinado que "La madera, tierra y piedra son los materiales con más inercia térmica, ya que cumplen con las características de captación, transmisión y conservación del calor." (Culcay, M. y Maldonado, M. 2016, p.104).

Por lo que queda pendiente el análisis del confort térmico que experimenta la vivienda con el sistema de costillas con elementos laminares de madera desarrollado, mediante software especializados. Se debe tener en cuenta que para su análisis, el material que se emplea en la totalidad de la edificación es la madera de Eucalipto y representa características térmicas como:
"Conductividad: 0,21 W/m.C
Resistividad: 4,76 m.C/W
Calor específico: 1255 J/Kg.C
Calor específico volumétrico: 1004 Kj/m3.C"[1]

Éste análisis no ha sido llevado a cabo por el grupo de tesis debido a la extensión del mismo, planteándolo para futuras líneas de investigación a desarrollarse.

Sin embargo se determina como recomendaciones que los materiales de aislamiento que puedan ser empleados tanto para confort térmico como acústico, pueden ser el poliestireno expandido o lana mineral (de roca o de vidrio)[2], en los espacios determinados entre las costillas y el cerramiento, ya que estos materiales han sido utilizados para aislamiento en diversos paneles y sistemas constructivos. Se debe emplear como se muestra en la figura 58, de manera que al interior de la vivienda se utilice como acabado final planchas de contrachapado.

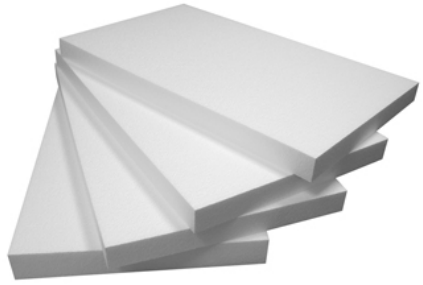
Se debe considerar que el implementar cualquier tipo de sistema de aislamiento aumenta costos en la edificación, aún así, éste gasto puede ser solventado en un futuro por los usuarios a medida que sus ingresos económicos aumenten.

55

Figura 55: Material aislante lana de roca INSULVAS. Colchoneta de lana de roca con malla. https://insulvasaislantes.wordpress.com/tag/lana-de-roca/ [Consultado: 18 de diciembre del 2016]

56

Figura 56: Material aislante lana de vidrio R y R Rodriquez y Rodriguez. Lana de Vidrio. http://www.empresasryr.cl/importadora/lana-de-vidrio/ [Consultado: 18 de diciembre del 2016]

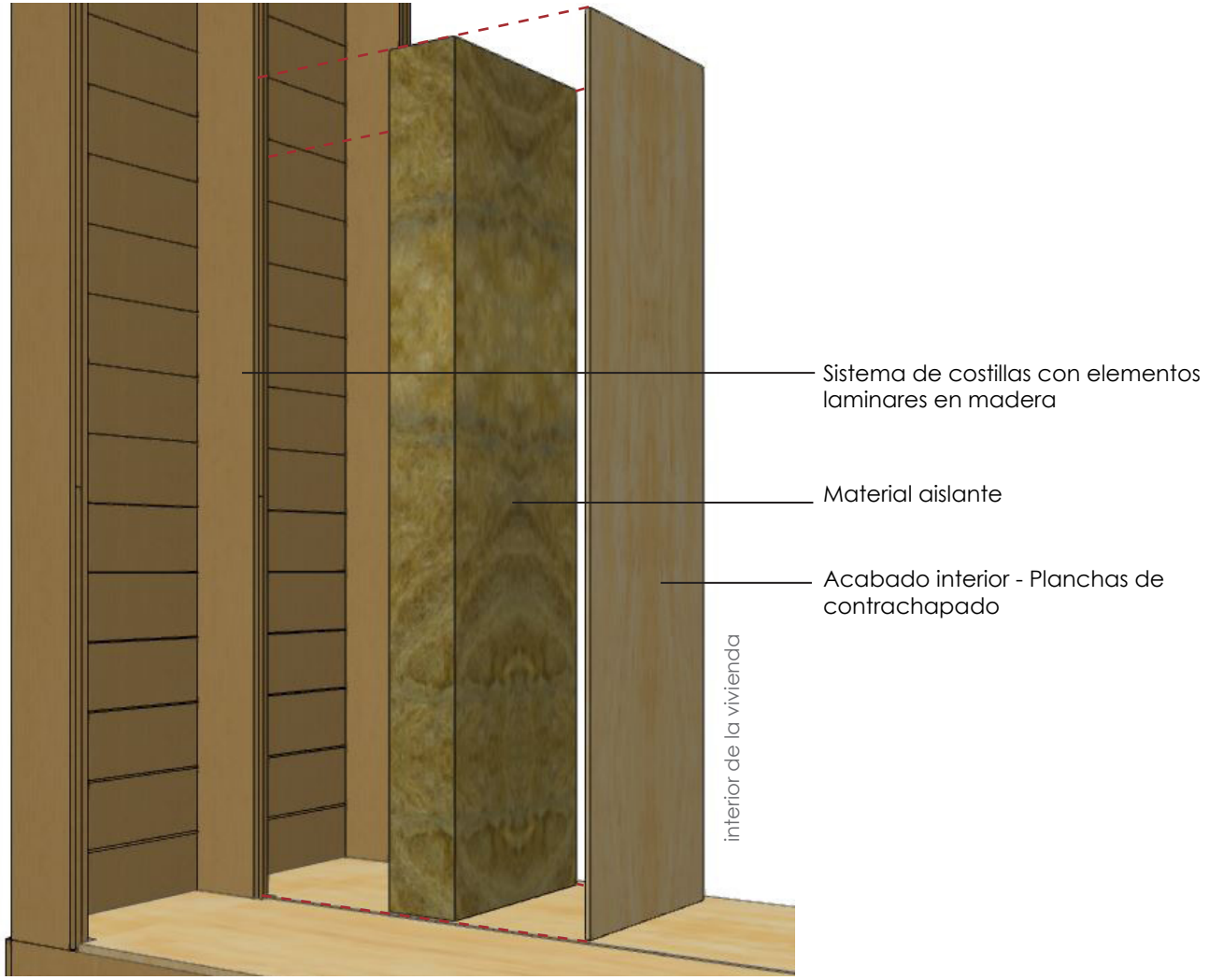


57

Figura 57: Material aislante poliestireno Valero. PLANCHAS DE EPS. http://www.grupovalero.com/soluciones-constructivas/e-p-s-poliestireno-expandido [Consultado: 18 de diciembre del 2016]

1: (2011, May 02). Aislamiento térmico, tipos y recomendaciones (actualizado). Retrieved from UNAMACOR website: http://www.grupounamacor.com/?p=1147

2: (2016). Materiales de aislamiento. Retrieved from Sol - Arq website: http://www.sol-arq.com/index.php



58

Figura 58: Aplicación de sistema de aislamiento recomendado para el sistema estructural propuesto (sujeto a estudio en futuras líneas de investigación)
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

3.3.5 Comprobación a través de medios digitales

Actualmente para el tipo de solución de costillas que se plantea, no existe normativa en el país, por lo que, se realiza el análisis estructural bajo el asesoramiento del Ing. Patricio Cevallos.

A través de simulación de cargas a las que se encuentran sometidos cada elemento de las costillas, se determina las secciones efectivas para un correcto funcionamiento de la edificación, buscando la estabilidad de cada una de las piezas conformantes del sistema.

Las cargas utilizadas para el diseño y su correspondiente análisis son las contempladas en la NEC-11, y son las siguientes:

- **Cargas vivas:** también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo y depende de la ocupación a la que está destinada la edificación. Están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición y otras.

- **Cargas permanentes** (carga muerta)**:** "Están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura." (NEC-SE-CG)

Para un mejor entendimiento del comportamiento de la estructura se deberían llevar a cabo simulaciones digitales al modelo en su totalidad, sin embargo, el análisis es profundo y extenso, ya que la estructura que se propone no corresponde a sistemas estructurales convencionales de los que ya se tiene mayor conocimiento.

La investigación en este ámbito debería integrarse a estudios de Ingeniería civil para de esta manera llegar a un mejor conocimiento profundo y real del funcionamiento de la estructura.

a. Datos para el análisis:

a.1 Datos generales de diseño:

Carga viva (NEC)= 0,20 ton/m^2
Carga muerta= 0,08 ton/m^2
Módulo de elasticidad de la madera promedio: 113594 kg/cm^2
Luz libre máxima: 6,15m
Luz libre mínima: 2,20m
Pisos de la edificación: 2 pisos

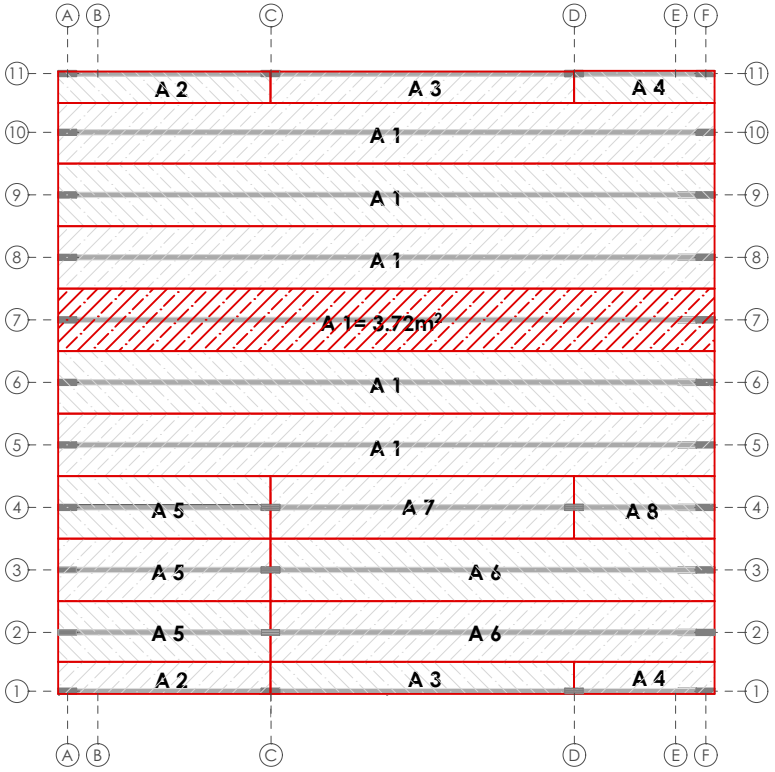
Para el cálculo de elementos que conforman las costillas tipo columna, viga, y vigueta, se ha considerado las de mayor área de aporte.

a.2 Datos cálculo de elementos de costilla tipo vigas

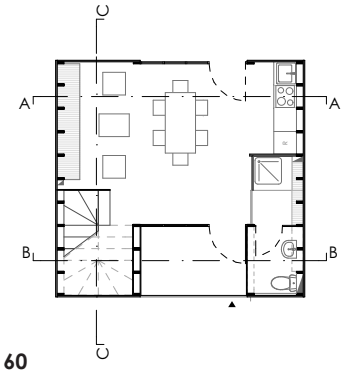
DATOS PARA EL ANÁLISIS DE VIGAS

Luz total (m)	6,15
Luz libre (m)	6,07
Area trib. Piso (m²)	3,75
Madera grupo	B
Sección estimada (cm)	5,4 X 45
Viga de	ENTREPISO / PISO
Peso muerto entrepiso (kg/m²)	15,00
Sobrecargas totales (kg/m²)	320,00
Espaciamiento de viguetas (m)	1,00

05



59



60

Planta arquitectónica
esc 1:200

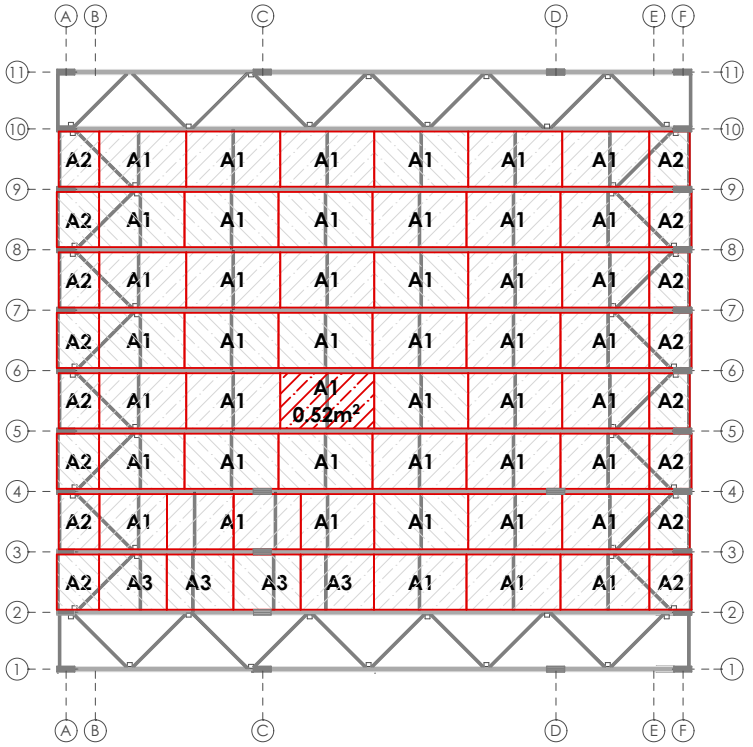
Tabla 05: Datos para cálculo de vigas de madera
Figura 59 : Área tributaria vigas
Figura 60: Planta arquitectónica
Elaboración: Ing. Patricio Cevallos - Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016

a.3 Datos cálculo de viguetas

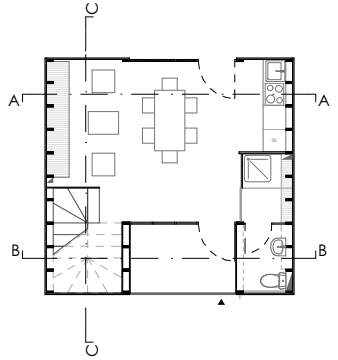
DATOS PARA EL ANÁLSIS DE VIGUETAS

Luz total (m)	0,62
Luz libre (m)	0,62
Area trib. Piso (m²)	2,68
Madera grupo	B
Sección estimada (cm)	4 x 8
Vigueta de	ENTREPISO / PISO
Peso muerto piso (kg/m²)	15,00
Sobrecargas totales (kg/m²)	320,00
Espaciamiento de viguetas (m)	0,61

06



61



62

Planta arquitectónica
esc 1:200

Tabla 06: Datos para cálculo de viguetas de madera
Figura 61: Área tributaria viguetas
Figura 62: Planta arquitectónica
Elaboración: Ing. Patricio Cevallos - Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016

a.4 Datos cálculo de elementos de costilla tipo columnas

CARGAS CUBIERTA

MATERIAL	CARGA kg/m²	FACTOR NEC	CARGA TOTAL	
Contrachapado	15,00			
Tejas	25,00			
Zinc	3,00			
Correas y cabíos	7,00			
Carga Muerta	**50,00**	1,20	**60,00**	**= D**
Carga Viva	**70,00**	1,60	**112,00**	**= L**
			172,00	**= U**

CARGAS ENTREPISO

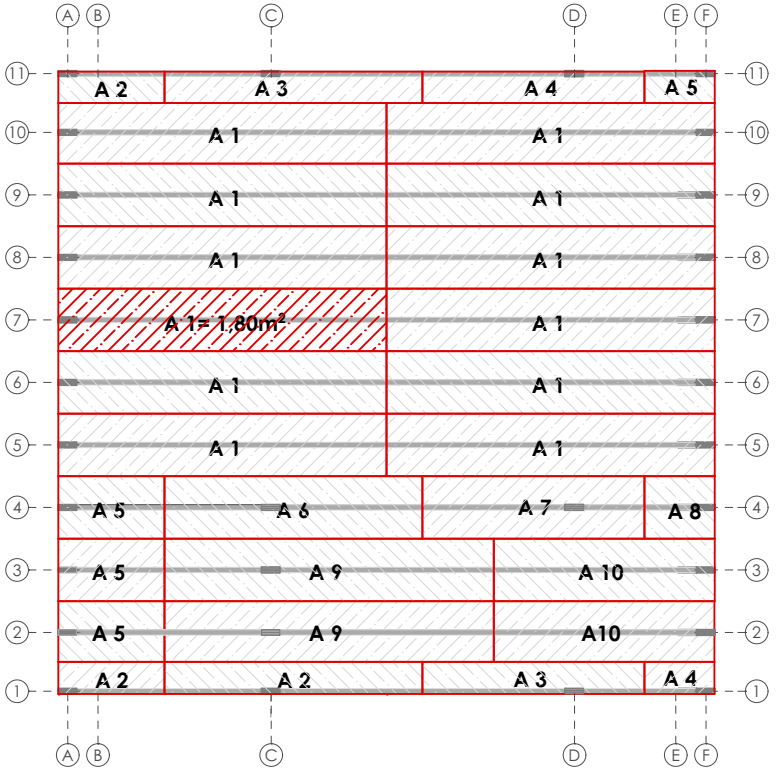
MATERIAL	CARGA kg/m²	FACTOR NEC	CARGA TOTAL	
Contrachapado	12,00			
Carga Muerta	**12,00**	1,20	**14,40**	**= D**
Carga Viva	**200,00**	1,60	**320,00**	**= L**
			334,40	**= U**

PARA COLUMNAS

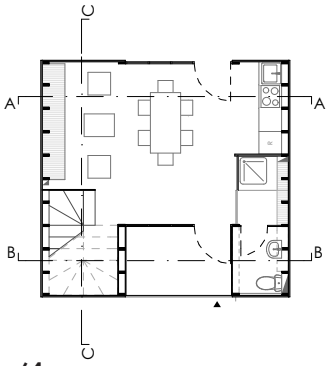
Area tributaria m²	1,80

W	CARGA kg/m²
W cubierta	309,60
W entrepiso	601,92
CERGA DE DISEÑO	911,52
Asumir	**1.139,40**

07



63



64

Planta arquitectónica
esc 1:200

Tabla 07: Datos para cálculo de columnas de madera
Figura 63: Área tributaria columnas
Figura 64: Planta arquitectónica
Elaboración: Ing. Patricio Cevallos - Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016

b. Cálculos

b.1 Cálculo de elementos de costilla tipo de Vigas

Se determinó que las secciones que se han utilizado para las vigas de piso y entrepiso no son las adecuadas, pues los momentos producidos fuerzan a que las vigas sufran deformaciones, por lo que, para contrarrestar éste problema se ha visto como solución viable el aumentar la sección de éstas a 243cm^2 con dimensiones de h=45 y b=5,4cm.

1.- Análisis de cargas, momento y cortante

Total de carga muerta (kg/m)	31,02
Total de sobrecarga (kg/m)	195,20
Carga total (kg/m)	226,22
Momento máximo (kg-m)	1.041,88
Cortante máximo (kg)	686,58
Carga equivalente (kg)	256,04

2.- Chequeo de inercias, módulo de sección y cortante

	REQUERIDO	ASUMIDO
Sección	243cm2	**243cm2**
Inercia (cm4)	33.229,07	**41.006,25**
Módulo de sección (cm^3)	1.041,88	**1.822,50**
Cortante (kg)	3,61	**8,00**
Longitud mínima de apoyo (cm)		**8,48**

Tabla 08: Cálculo de vigas de madera
Elaboración: Ing. Patricio Cevallos - Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016

08

b.2 Cálculo de viguetas

Así también, se ha analizado el entramado de viguetas dispuestas en el piso y en el entrepiso para determinar las secciones y espaciamiento adecuado. Se requiere como mínimo el disponer de viguetas de sección de 16,20cm^2, pero se asume una de 32,40cm^2 por el formato de oferta en el mercado del material, obteniendo medidas de h=18cm y b=1,8cm; el espaciamiento de las mismas será cada 100cm.

1.- Análisis de cargas, momento y cortante

Total de carga muerta (kg/m)	12,03
Total de sobrecarga (kg/m)	195,20
Carga total (kg/m)	207,23
Momento máximo (kg-m)	9,96
Cortante máximo (kg)	64,24
Carga equivalente (kg)	216,85

2.- Chequeo de inercias, módulo de sección y cortante

	REQUERIDO	ASUMIDO
Sección	32cm2	**32,4cm2**
Inercia (cm4)	23,56	**48,60**
Módulo de sección (cm^3)	9,05	**97,20**
Esfuerzo cortante (kg)		**2,23**
Fv (kg/cm2)		**8,80**
Relación H/B		**10,00**
Longitud mínima de apoyo (cm)		**1,07**

Tabla 09: Cálculo de viguetas de madera
Elaboración: Ing. Patricio Cevallos - Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016

09

b.3 Cálculo de elementos de costilla tipo columnas

El cálculo demostró que la sección utilizada de 5,4x18cm dispuesta cada 62 cm entre ejes funciona correctamente para las cargas a las que estará sometida la edificación.

La esbeltez de la columna se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el Manual para Construcciones en Madera del Grupo Andino (50), y al estar arriostrada en toda su longitud al cierre, no presentará problemas de fallo por este ámbito.

CÁLCULO DE COLUMNA

Carga (kg) =	1.139,40
h (m) =	2,60
Grupo	B
K =	1,50
Lef (m) =	3,90
fc (kg/cm²) =	110,00
Emin (kg/cm²) =	75.000,00
Ck =	18,34
Sección asumida	**5,40 x 18,00 cm**
λ = Lef/d	21,67
λ > Ck	Columna larga
Nadm = 0,329*Emin*A/λ^2	
Nadm (kg) =	**5.107,47**
Nadm >> Carga	**ACEPTAR SECCIÓN 5,4 X 18,00 cm**

Tabla 10: Cálculo de columnas
Elaboración: Ing. Patricio Cevallos - Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016

Tabla 11: Cálculo de número de clavos
Elaboración: Ing. Patricio Cevallos - Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016

b.4 Cálculo de número de clavos

El cálculo se llevo a cabo mediante el proceso expresado en el Manual de Diseño en Madera del Grupo Andino, que se utiliza para determinar el número y espaciamiento de clavos.

El número de clavos utilizados en la unión entre piezas tipo viga y columna en el entrepiso y piso, están determinados con el valor de la carga de cortante máximo, obtenido del cálculo de vigas mostrada anteriormente.

En el caso de las uniones entre piezas tipo columnas y viga de cubierta, se tomaron en cuenta las cargas muerta y viva, provenientes de cubierta estimadas en el cálculo de columnas.

El espaciamiento entre clavos se llevo a cabo como se muestra en la figura 66, cumpliendo con los espaciamientos mínimos que son:

- Espaciamiento entre líneas de clavos 6 d.
- Distancia al borde cargado 10 d.
- Distancia al borde no cargado 5 d.

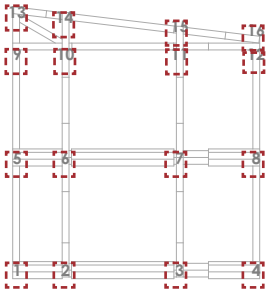
En donde "d" corresponde al diámetro del clavo, en este caso es de 3,3 mm. Se tiene la misma disposición de calvos en las uniones 1,4,5,8 - 2,3,6,7,17 - 9,10,11,12 y 13,14,15,16 (figura 66).

En el caso de la unión entre tablas para la conformación de cada pieza tipo viga y columna, se utiliza el mismo número de clavos calculado para cada unión, ya que, cada elemento transmite la misma fuerza a la que se somete la unión.

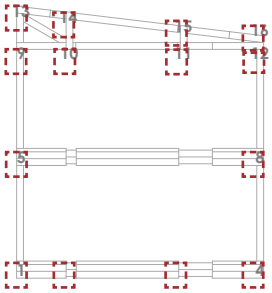
Se debe tener en cuenta que todas las uniones a más de ser clavadas son encoladas mediante cola blanca, lo cual aporta considerablemente para un correcto funcionamiento de las uniones de las piezas.

UNIÓN	CARGA	DIMENSIONES CLAVO	CARGA / CLAVO	NÚMERO DE CLAVOS	ASUMIDOS
1	686,58	50,8x3,3mm	64	10,73	**12**
2	686,58	50,8x3,3mm	64	10,73	**12**
3	686,58	50,8x3,3mm	64	10,73	**12**
4	686,58	50,8x3,3mm	64	10,73	**12**
5	686,58	50,8x3,3mm	64	10,73	**12**
6	686,58	50,8x3,3mm	64	10,73	**12**
7	686,58	50,8x3,3mm	64	10,73	**12**
8	686,58	50,8x3,3mm	64	10,73	**12**
9	172	50,8x3,3mm	64	2,69	**4**
10	172	50,8x3,3mm	64	2,69	**4**
11	172	50,8x3,3mm	64	2,69	**4**
12	172	50,8x3,3mm	64	2,69	**4**
13	172	50,8x3,3mm	64	2,69	**4**
14	172	50,8x3,3mm	64	2,69	**4**
15	172	50,8x3,3mm	64	2,69	**4**
16	172	50,8x3,3mm	64	2,69	**4**
17	172	50,8x3,3mm	64	2,69	**4**

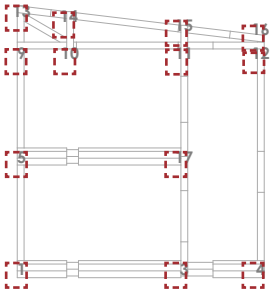
11



Uniones en costilla tipo 1

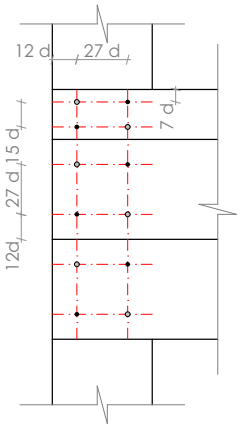


Uniones en costilla tipo 2

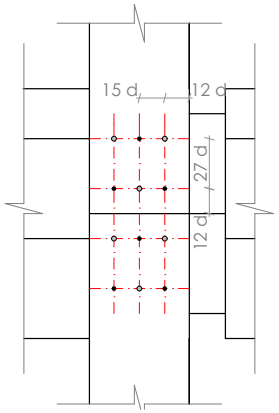


Uniones en costilla tipo 3

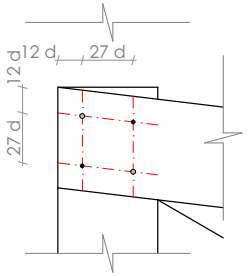
65



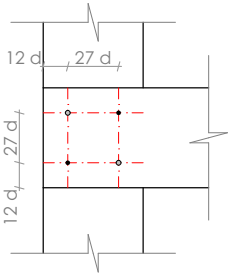
Espaciamiento clavos
Unión tipo 1
esc 1:15



Espaciamiento clavos
Unión tipo 2
esc 1:15



Espaciamiento clavos
Unión tipo 13
esc 1:15



Espaciamiento clavos
Unión tipo 9
esc 1:15

66

Figura 65: Ubicación de uniones con clavos en costilla tipo
Figura 66 : Detalles de uniones de piezas de costillas con clavos, esc 1:15
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero. 2016

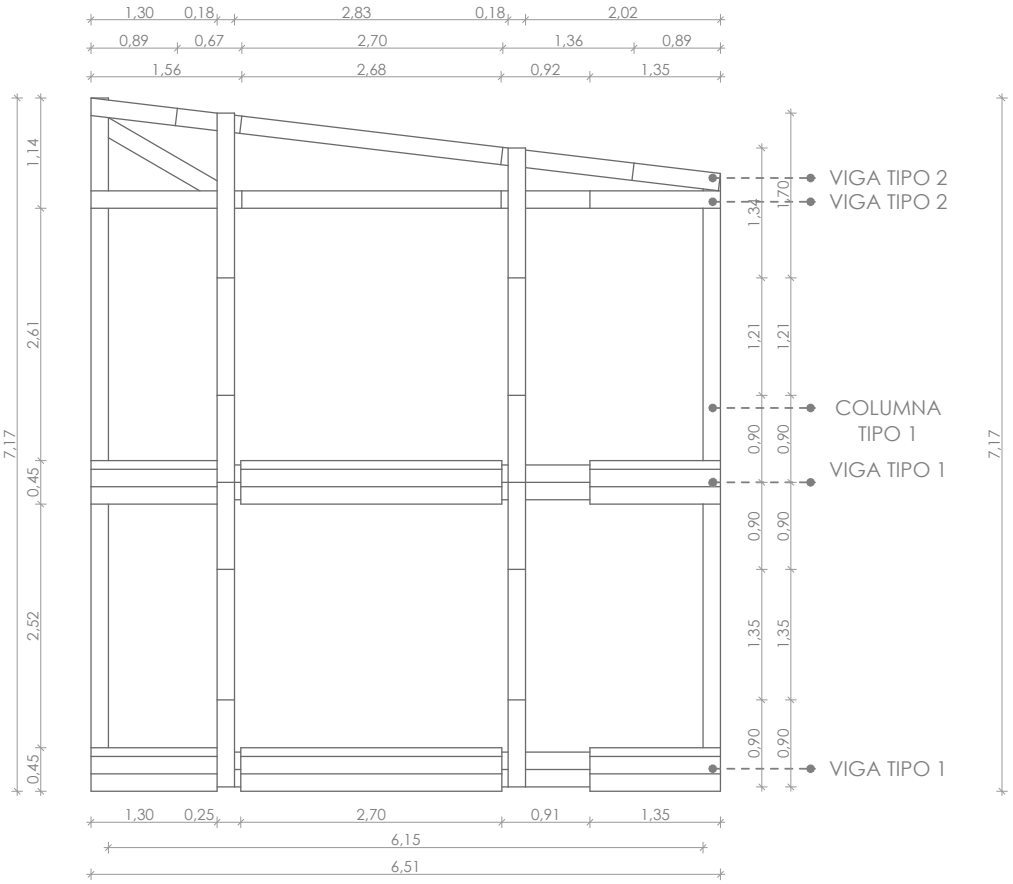
c. Dimensionamiento de piezas

Para un mejor comportamiento de la edificación ante esfuerzos se ha llevado a cabo cambios en las costillas, siguiendo lo determinado en los cálculos mostrados anteriormente.

En las figuras desde la 67 a la 72, se detalla como están conformadas las costillas y secciones de piezas tipo viga y columna.

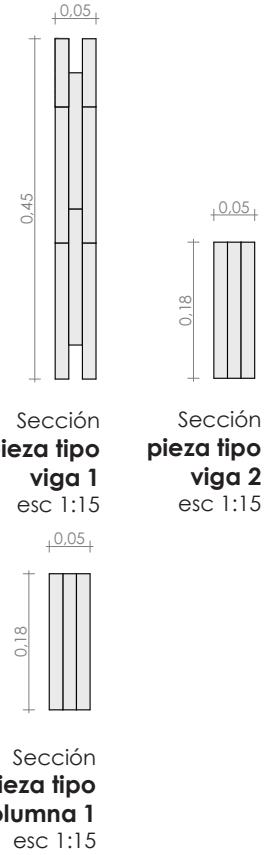
La disposición de las tablas de madera para la conformación de las costillas responden a más de los cálculos realizados, a la modulación efectuada en base a los formatos en los que se expende la madera y éstos a su vez a la luz libre que se debe lograr con éste sistema, teniendo en cuenta que la variación de las tres tipologías de costillas cambia unicamente por el aumento de elementos tipo columna que permiten divisiones al interior de la vivienda.

Se debe considerar también que la estructura de cubierta no es independiente, es decir, que la misma se estructura con el diseño de costilla propuesto, arriostrada por tiras y planchas de contrachapado.



67

Elevación frontal
Dimensionamiento **costilla tipo 1**
esc 1:75



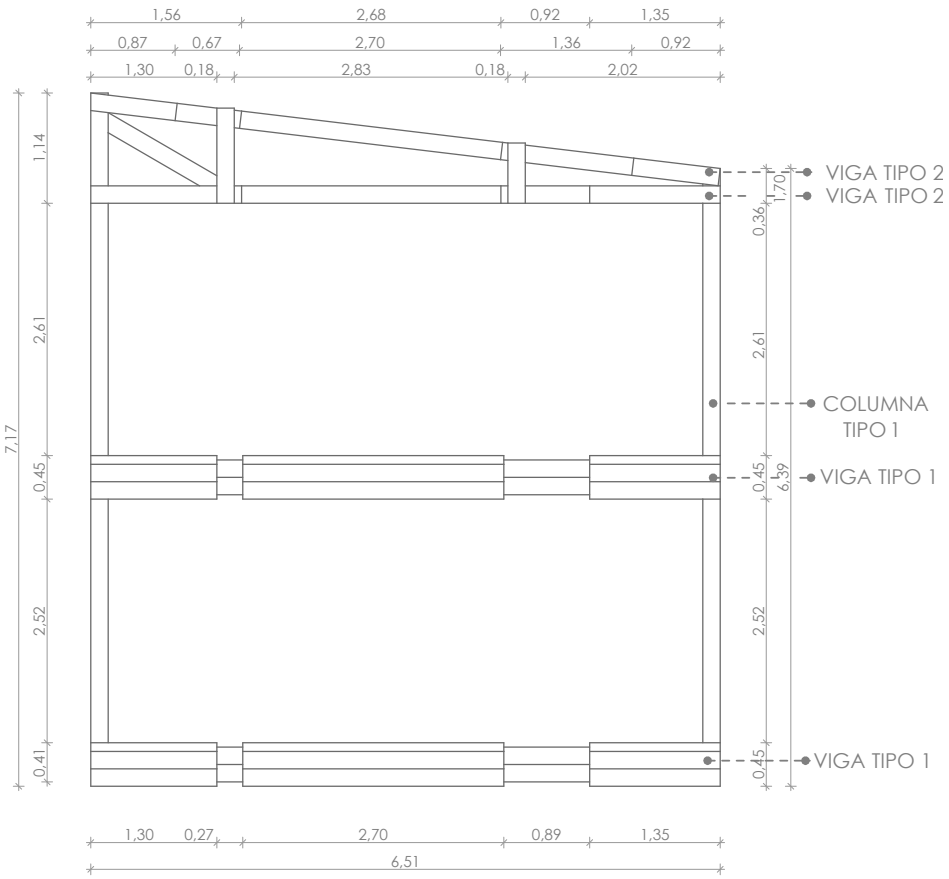
Sección **pieza tipo viga 1** esc 1:15

Sección **pieza tipo viga 2** esc 1:15

Sección **pieza tipo columna 1** esc 1:15

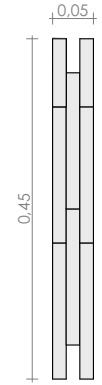
68

Figura 67: Elevación frontal costilla tipo 1
Figura 68: Secciones tipo de partes conformantes de costilla tipo 1
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero. 2016

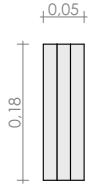


69

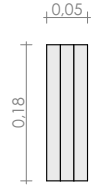
Elevación frontal
Dimensionamiento **costilla tipo 2**
esc 1:75



Sección
pieza tipo viga 1
esc 1:15



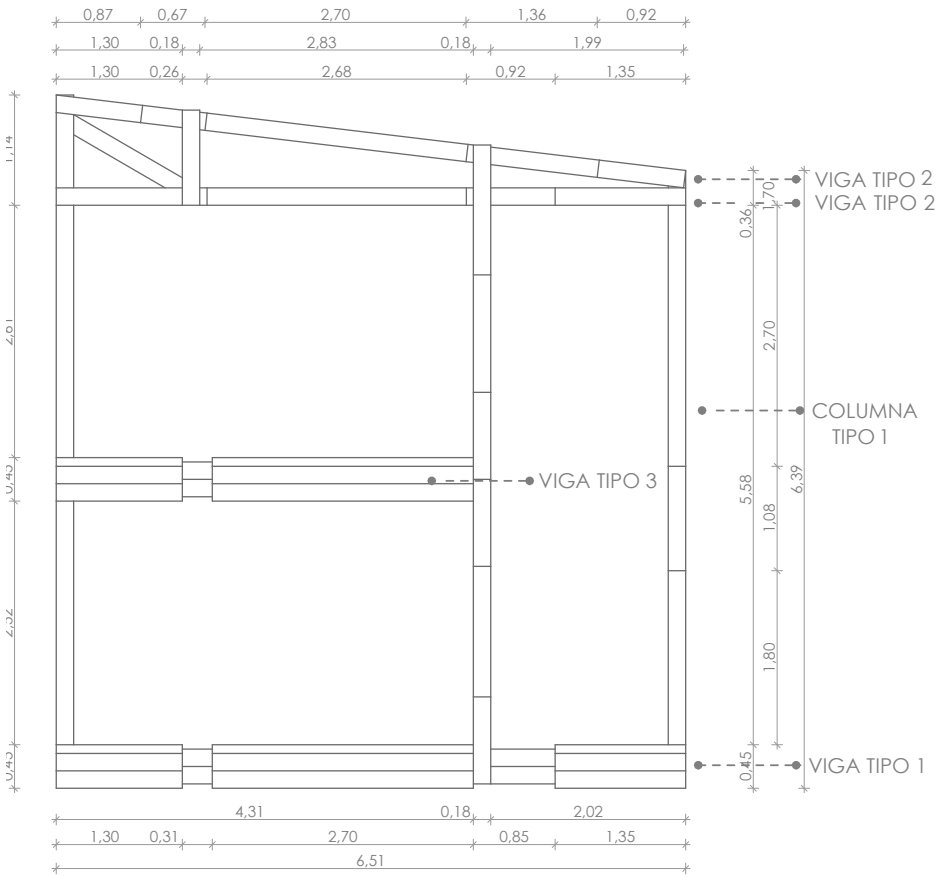
Sección
pieza tipo viga 2
esc 1:15



Sección
pieza tipo columna 1
esc 1:15

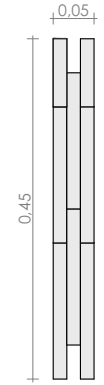
70

Figura 69: Elevación frontal costilla tipo 2
Figura 70: Secciones tipo de partes conformantes de costilla tipo 2
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016

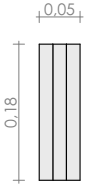


71

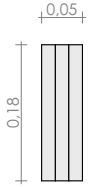
Elevación frontal
Dimensionamiento **costilla tipo 3**
esc 1:75



Sección
pieza tipo viga 3
esc 1:15



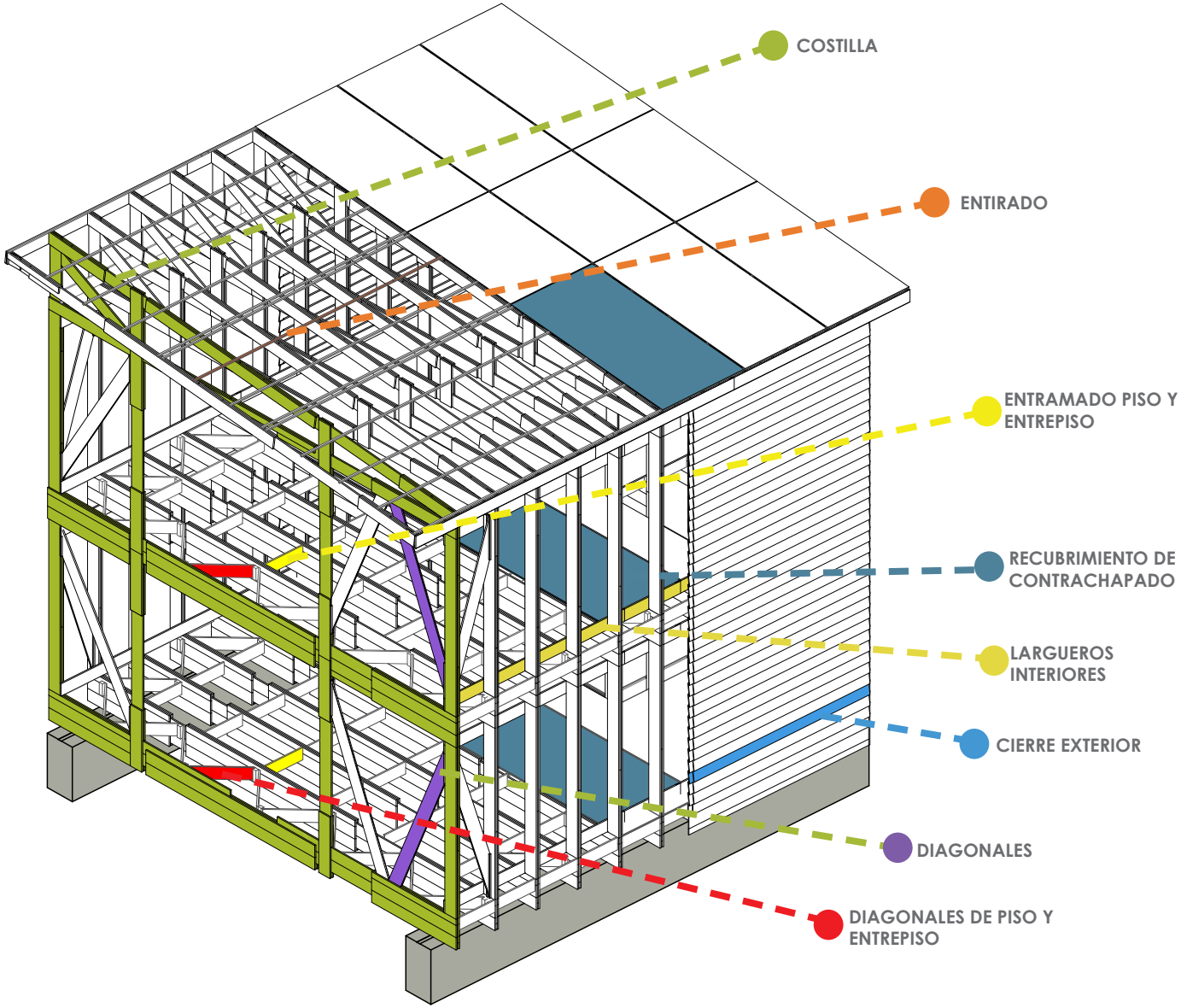
Sección
pieza tipo viga 2
esc 1:15



Sección
pieza tipo columna 1
esc 1:15

72

Figura 71: Elevación frontal costilla tipo 3
Figura 72: Secciones tipo de partes conformantes de costilla tipo 3
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016



Costilla: Soportan principalmente los esfuerzos de flexo-compresión.

Entirado: Ariostra a las costillas en la parte superior.

Entramado de piso y entrepiso: Forman núcleos duros en piso y entrepiso, ariostran las costillas, y permiten que la estructura se comporte como unidad.

Recubrimiento de contrachado: Actúan como diagonales, arriostrando piso, entrepiso y cuebierta.

Largueros interiores: Ariostran las costillas en las partes proximas a los nudos formados entre los parantes y elementos tipo viga de piso, entrepiso y cubierta.

Cierre exterior: Arriostra a toda la edificación el sentido longitudinal.

Diagonales: Rigidizan las esquinas de toda la edificación para un comportamiento estable ante sismos.

Diagonales pe rimetrales de piso y entrepiso: Rigidizan el perímetro del piso y entrepiso de la edificación para un comportamiento estable ante sismos.

Figura 73: Gráfico de elementos estructurales que conforman el sistema constructivo
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016

Elementos estructurales
de la edificación

73

3.3.6 Construcción de una sección del prototipo final a escala 1:2

Una vez realizados los ensayos a través de medios digitales, es decir de comprobar, rectificar y verificar que el diseño estructural propuesto es estable, se plantea una comprobación experimental a escala, para verificar que los lineamientos planteados en cuanto a materialidad, eficiencia en la construcción, fácil armado y puesta en obra, así como también para verificar la capacidad de carga que puede resistir el diseño, se construye a escala el prototipo final planteado.

La construcción del prototipo conlleva altos costos, por lo que para la construcción del mismo se hizo una reducción al prototipo ejecutándolo a la mitad de sus dimensiones reales, es decir a escala 1:2, para de ésta manera edificar únicamente la sección tipo que se muestra en la figura 74.

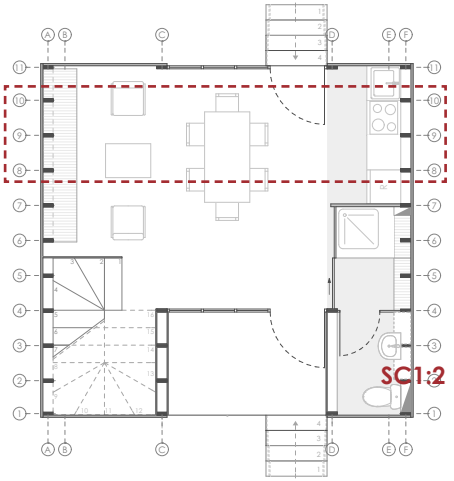
Para ello, se cuenta con el apoyo del Arq. Edison Castillo quién guió el proceso constructivo, redimensionando las piezas a emplearse, y verificando la conversión de medidas para los ensayos experimentales realizados posteriormente a la misma.

Como se puede observar en la siguiente sucesión de figuras (figuras 75 a la 114), la ejecución del mismo comprobó que la autoconstrucción del prototipo es completamente viable, pues las piezas que conforman las costillas se edificaron por personas con pocos conocimientos en construcción, recibiendo un asesoramiento técnico durante la ejecución, es así que las piezas que constituyen las costillas se disponen de manera sencilla, verificando la eficacia del sistema, así como en la conformación de las uniones encoladas y clavadas.

El desperdicio del material fue nulo, pues todas las piezas se obtuvieron de las tablas ofertadas en el mercado (Capítulo I).

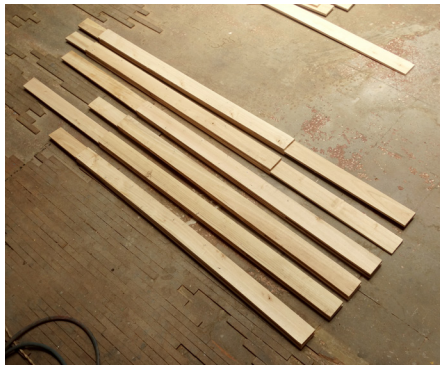
Se vio pertinente la opción de prefabricación de las piezas conformantes de las costillas, pues de esta manera se agilizaran los tiempos de ejecución de la obra, ya que una vez obtenidas las piezas tipo, es muy rápida la ejecución para erguir la edificación.

Se necesitaron 4 personas para la ejecución de toda la sección constructiva, trabajando 5 días durante 6 horas diarias, teniendo en cuenta que las tablas obtenidas fueron canteadas, cortadas, medidas, encoladas y finalmente clavadas y empernadas para la concepción de todas y cada una de las partes conformantes del sistema propuesto.



74

Figura 74: Planta baja prototipo final, ubicación de la sección constructiva SC1:2 construida
Luis Fernández - Cristina Lucero.
2016



76

77

78

79

Proceso de elaboración de piezas conformantes de costillas

Costilla tipo - piezas conformantes

80

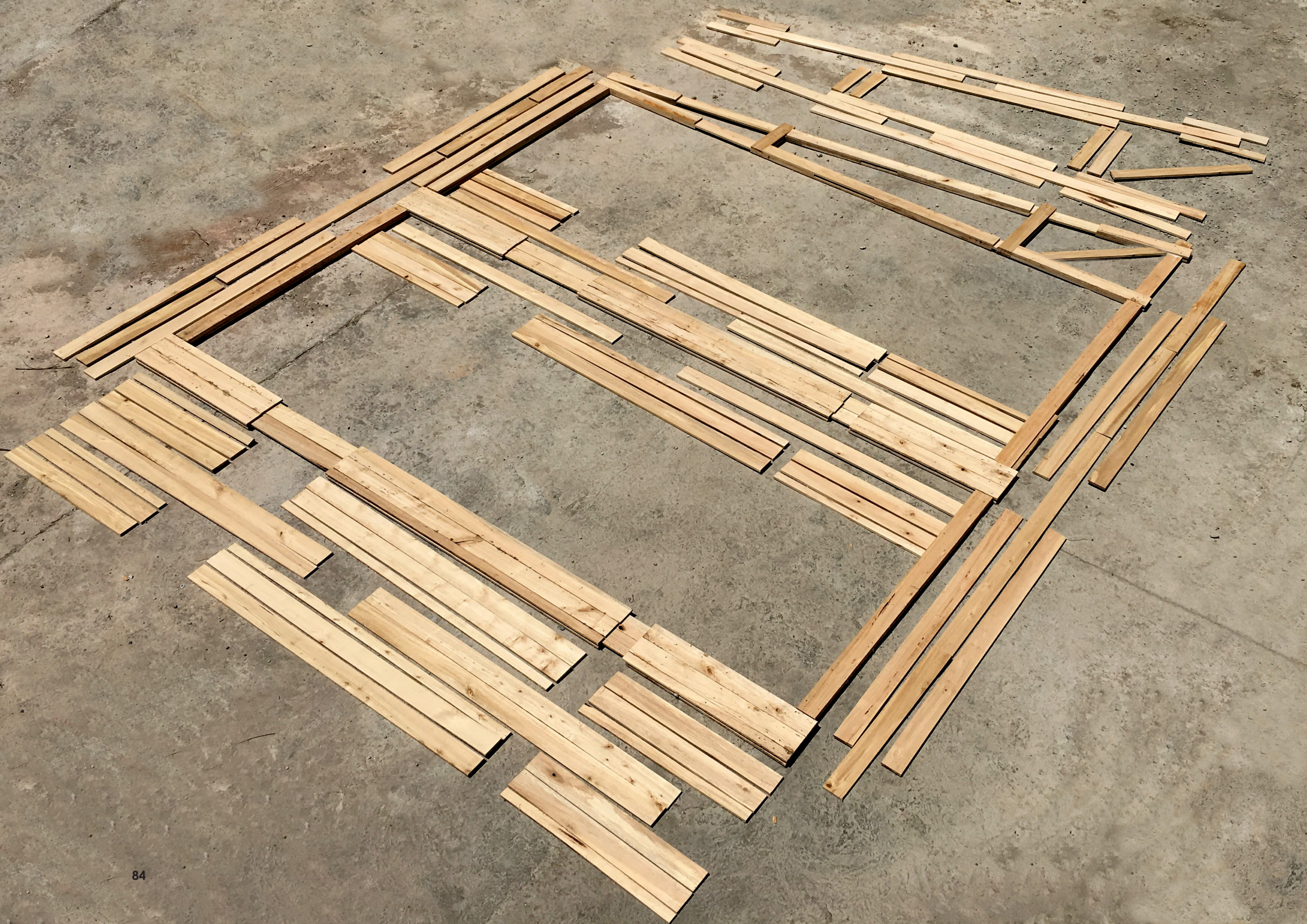
81

82

83

Proceso de armado de costillas de contrapiso

Costilla de contrapiso



Costillas de sección tipo - costillas planta baja y alta

86

87

88

89

Proceso de alzado de costillas de planta baja y alta

90

91

92

93

Proceso de armado de entramado de contrapiso y entrepiso

96

97

98

99

Proceso de armado de piso

Estructura de piso y entrepiso

100

101

102

103

Proceso de armado de cierre de primera y segunda planta

Cierre lateral

106

107

108

109

Proceso de armado de cubierta

110

111

112

113

Prototipo construido en su totalidad

Perspectiva de prototipo final edificado

3.3.7 Pruebas experimentales de laboratorio

En el transcurso de concepción del prototipo final surgieron varias interrogantes en cuanto a su adecuado funcionamiento, es decir que la estructura esté conformada de tal manera que sus elementos constituyentes estructuren y mantengan una vida útil eficiente para dar cabida y conformar así la vivienda social en Cuenca, para ello se procedió a realizar pruebas experimentales al modelo, aproximándose a la realidad.

Para comprobar de manera real la eficiencia del prototipo edificado, se lo debe llevar a laboratorio para aplicar al mismo simulaciones físico mecánicas con cargas puntuales y analizar su comportamiento final.
No obstante, no se puede prescendir los altos costes económicos que lleva consigo y los tiempos de elaboración alargados que requieren éste tipo de análisis, por lo que no se pudo llevar a cabo éste tipo de pruebas.

Sin embargo, al tener contacto con los técnicos y profesionales que ejecutan éste tipo de ensayos, se decidió realizar pruebas experimentales al prototipo construido en escala 1:2, las mismas que consistieron en dar cargas a la estructura.

Se debe tener ciertas consideraciones al momento de determinar el valor real que soporta la estructura; gracias a la colaboración del Arq. Edison Castillo y el Ing. Xavier Cárdenas, se logró verificar la carga total que soporta la edificación, se debe tomar en cuenta que el peso aplicado fue por medio de personas previamente pesadas en kilogramos, llegando a obtener una capacidad portante de 542 kg.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) estipula como un mínimo de 200Kg/m^2, mientras que el prototipo obtuvo una resistencia de 301Kg/m^2. Se debe destacar que este valor no es el de fallo de la estructura, pero al ser mayor al que exige la NEC no se prosiguió con la carga por motivos de seguridad.

Se determinó que al someterse la estructura a la carga dicha anteriormente, el entrepiso tuvo una deflexión de 4mm, que luego de retirar la carga volvió a su estado original.

Los resultados fueron satisfactorios para el comportamiento presentado de la estructura ante cargas resultantes de carga viva aplicada (figura 124), teniendo un sistema estable y apto para la aplicación en la vivienda social.

115

Medida de distancia referencial de la viga de entrepiso a piso

116

117

118

119

Proceso de pesado y cargado al modelo

120

121

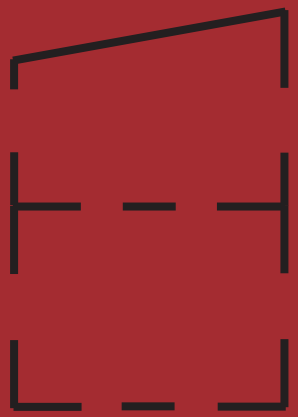
122

Proceso de medido de la deflexión de viga de planta alta

123

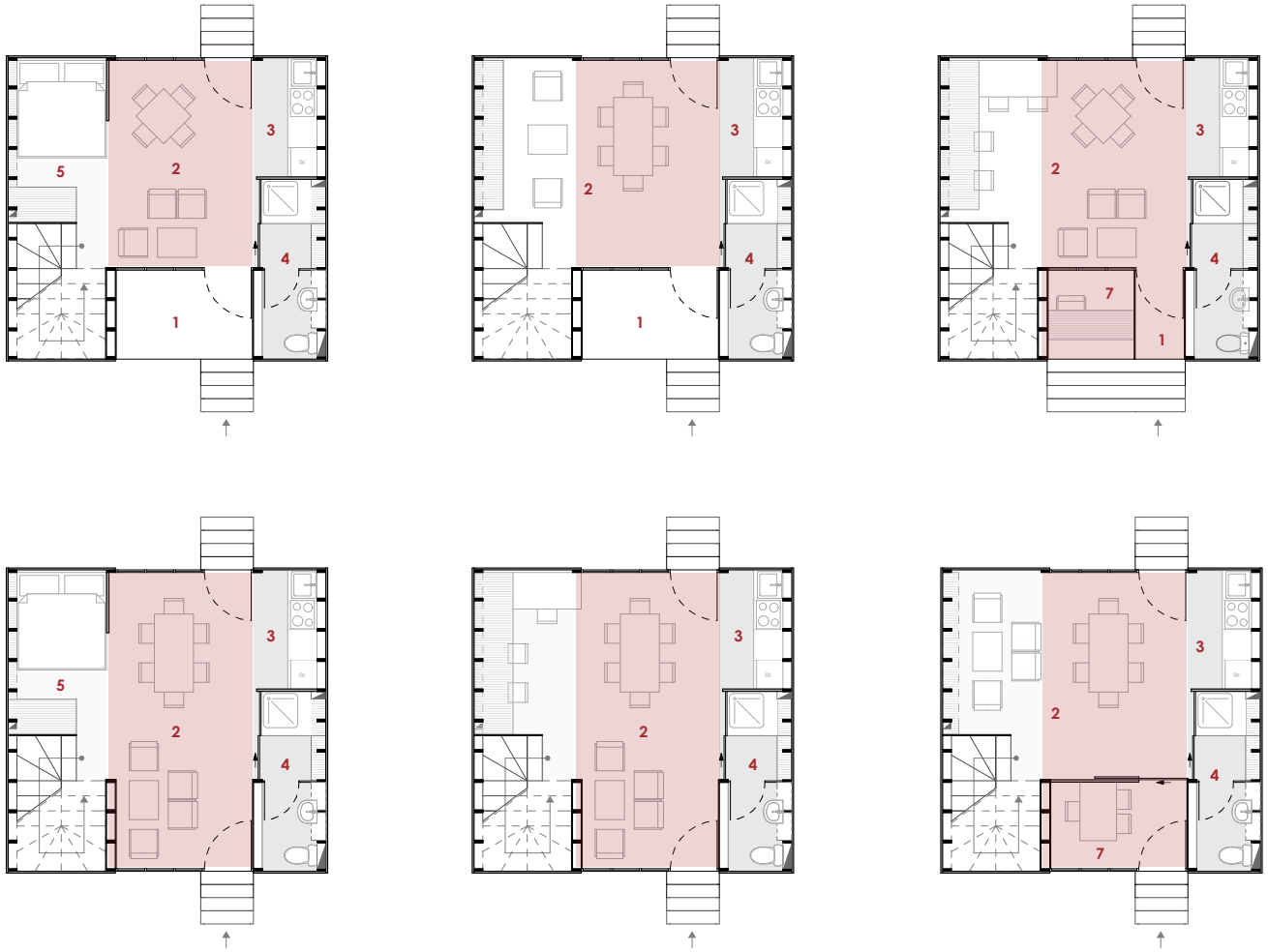
Carga final de 542kg

3.4.8 DISEÑO ESTRUCTURAL
a. PLANTAS ARQUITECTÓNICAS



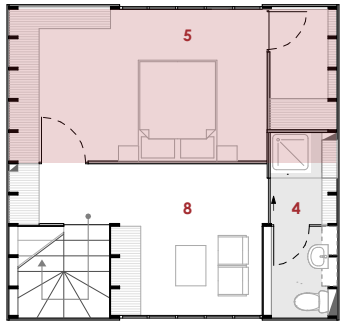
Posibilidades de **flexibilidad de espacios interiores**

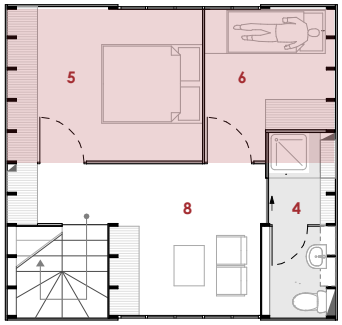
PLANTAS ARQUITECTÓNICAS
PLANTA BAJA

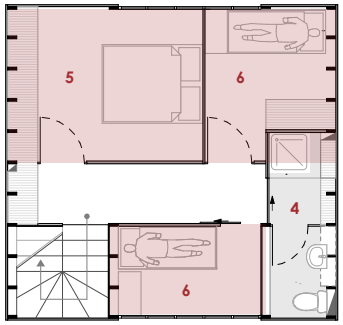


Posibilidades de **flexibilidad de espacios interiores**

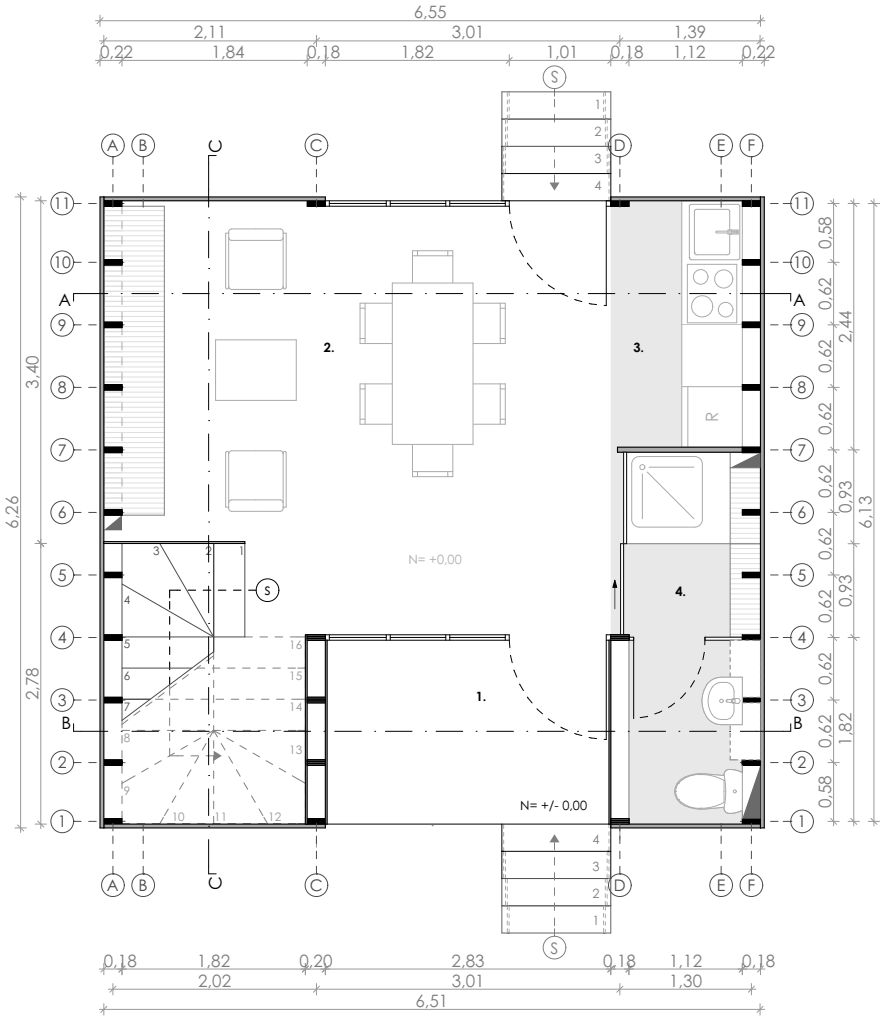
PLANTAS ARQUITECTÓNICAS
PLANTA ALTA



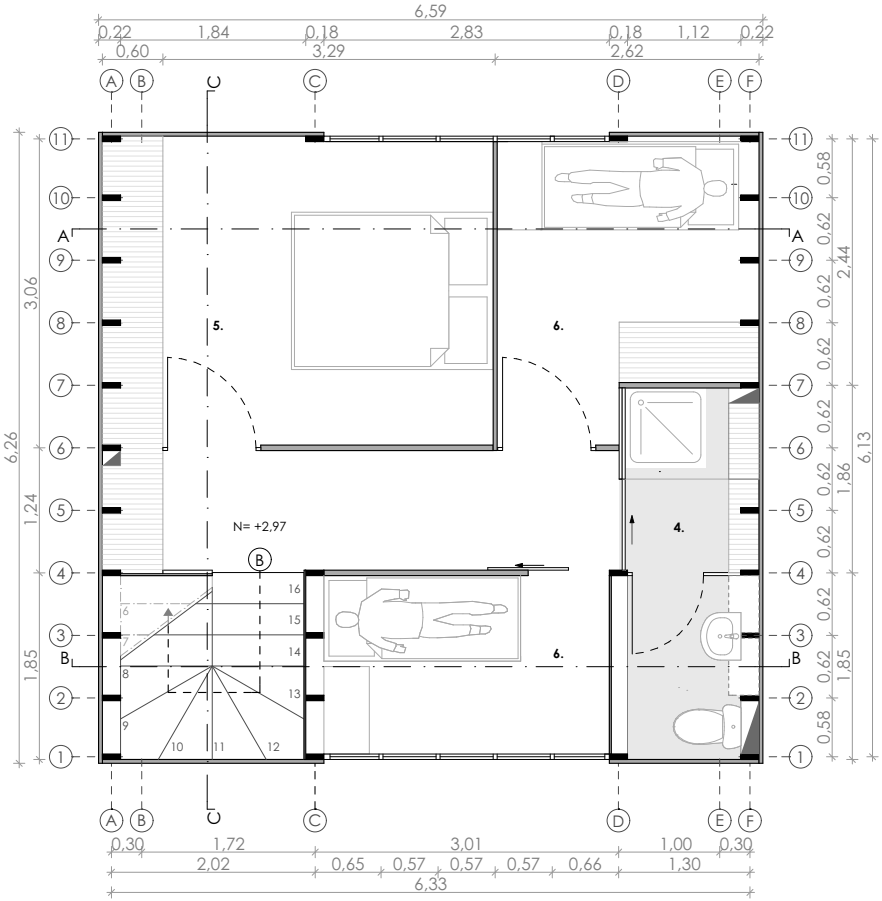




1. Portal de acceso / tienda de abasto
2. Área social (Sala/Comedor/Estudio)
3. Cocina
4. Baño completo
5. Habitación de padres
6. Habitación de hijos
7. Comercio - taller
8. Sala de estar

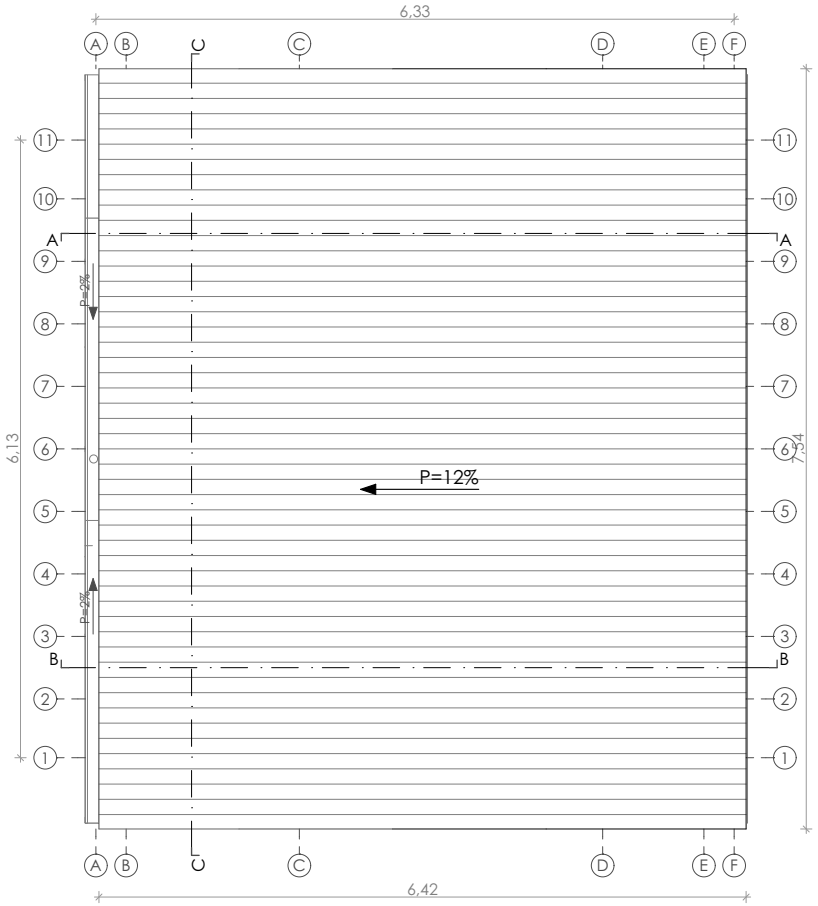


Planta **baja**
esc 1:75

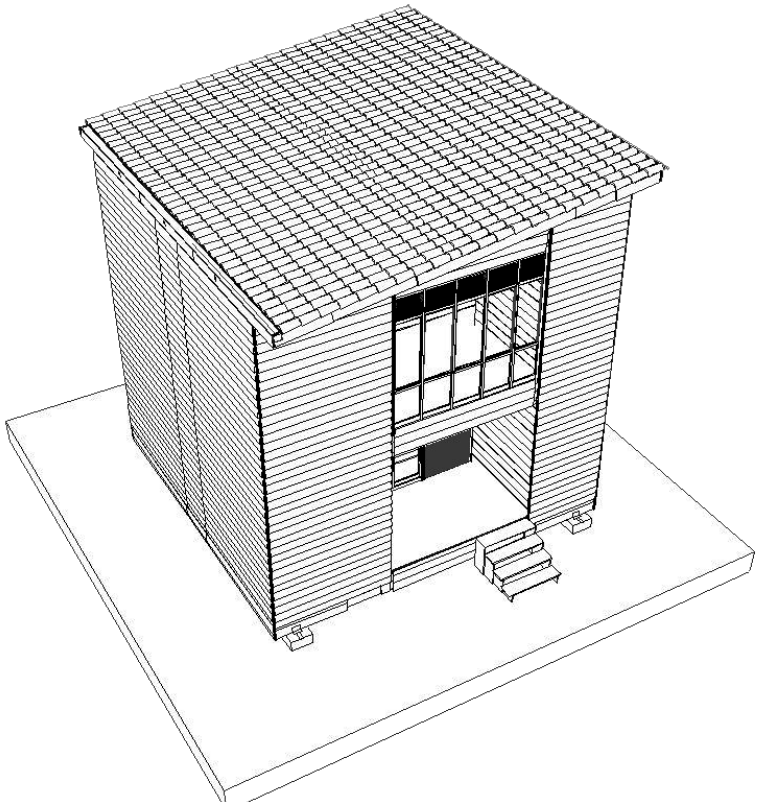


Planta **alta**
esc 1:75

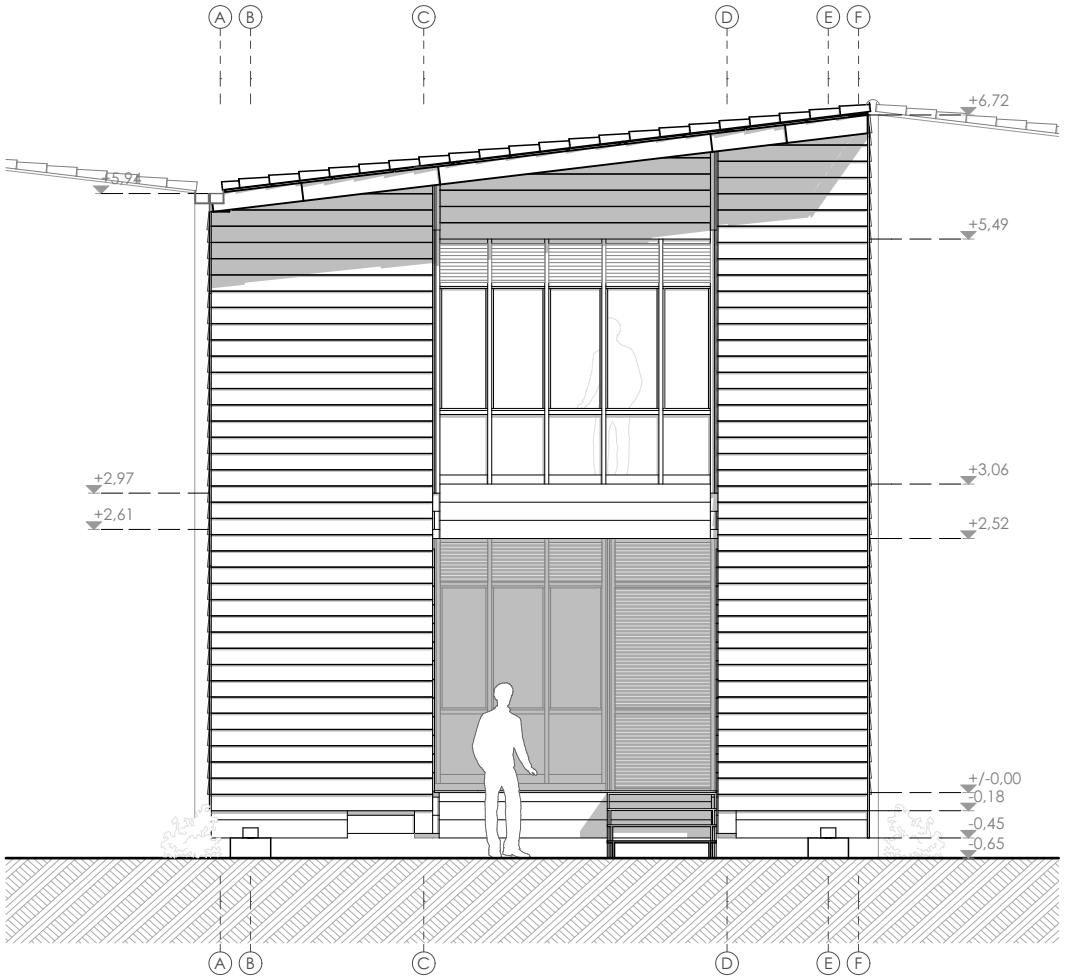
1. Portal de acceso / Tienda de abasto
2. Área social (Sala/Comedor/Estudio)
3. Cocina
4. Baño completo
5. Habitación de padres
6. Habitación de hijos



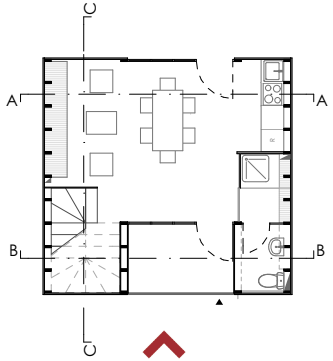
Planta de **cubierta**
esc 1:75



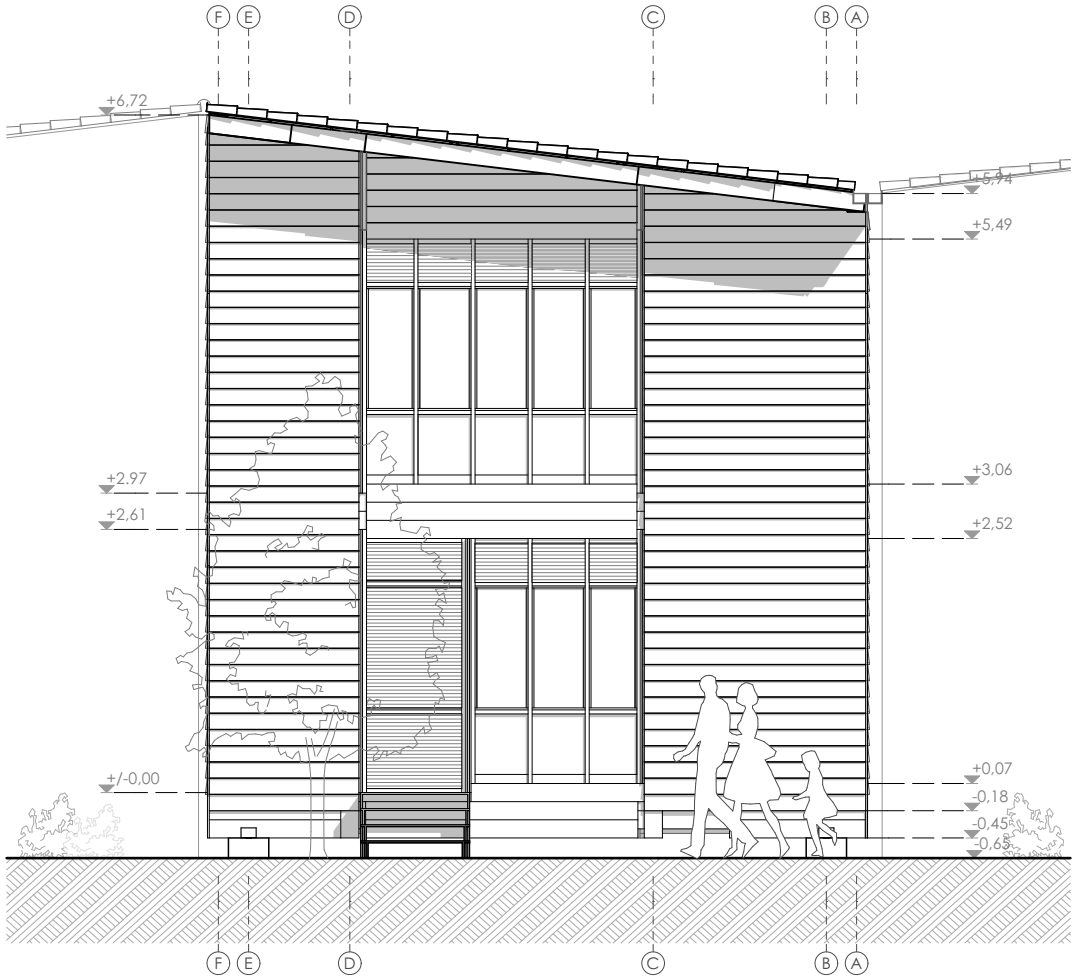
Perspectiva **prototipo final**
esc 1:75



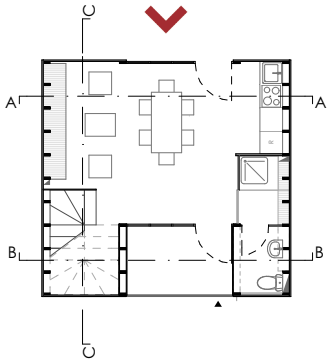
Alzado **frontal**
esc 1:75



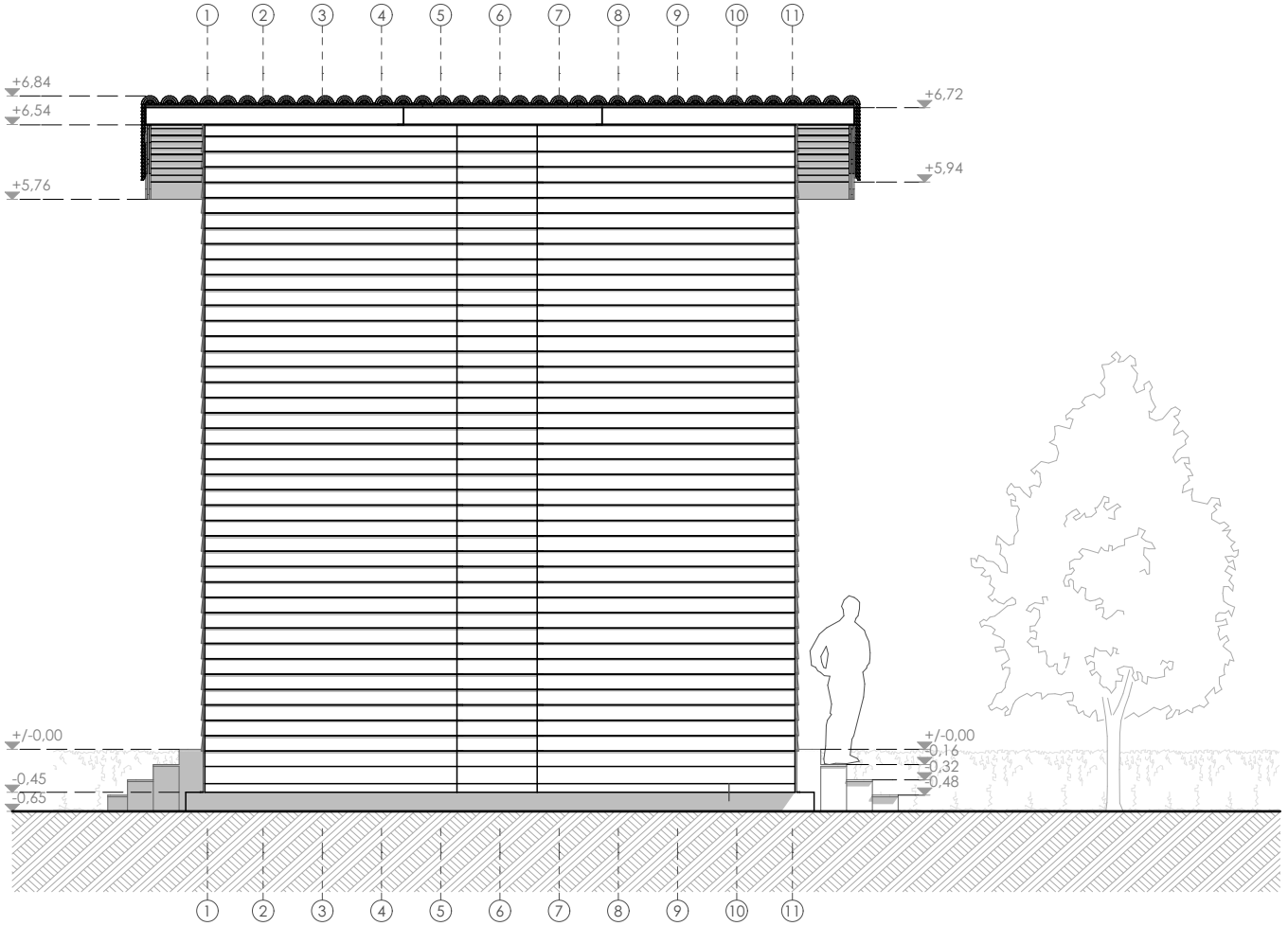
Planta arquitectónica
esc 1:200



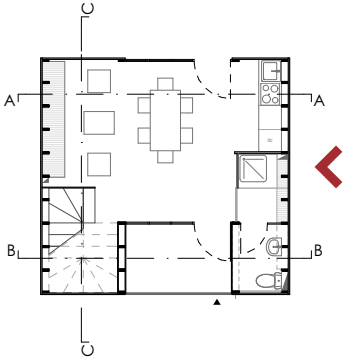
Alzado **posterior**
esc 1:75



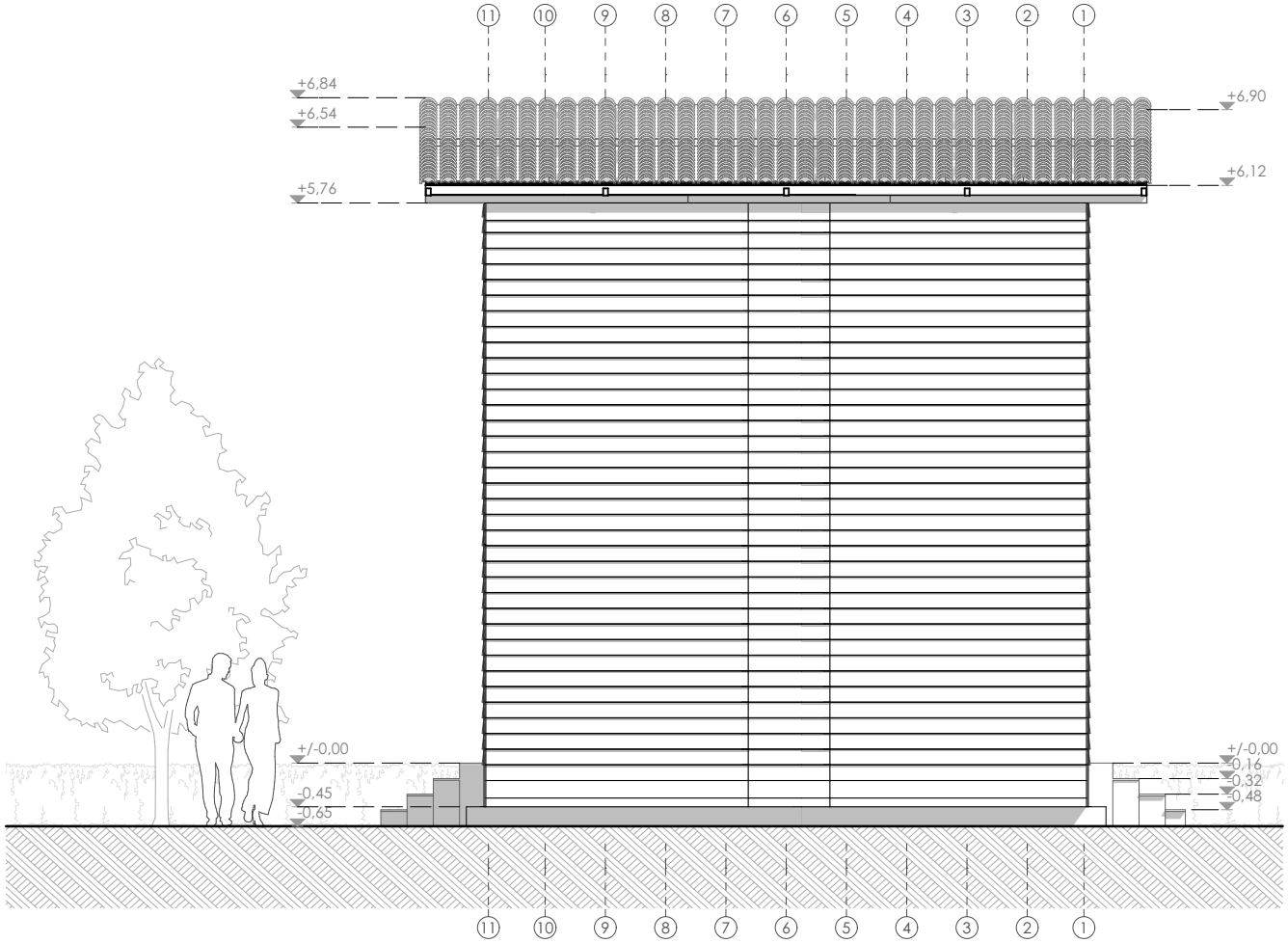
Planta arquitectónica
esc 1:200



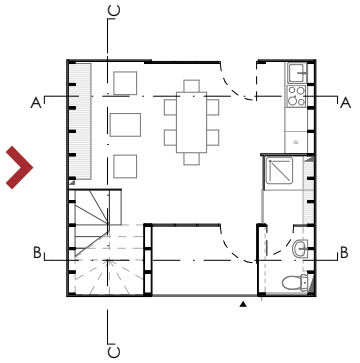
Alzado **lateral derecho**
esc 1:75



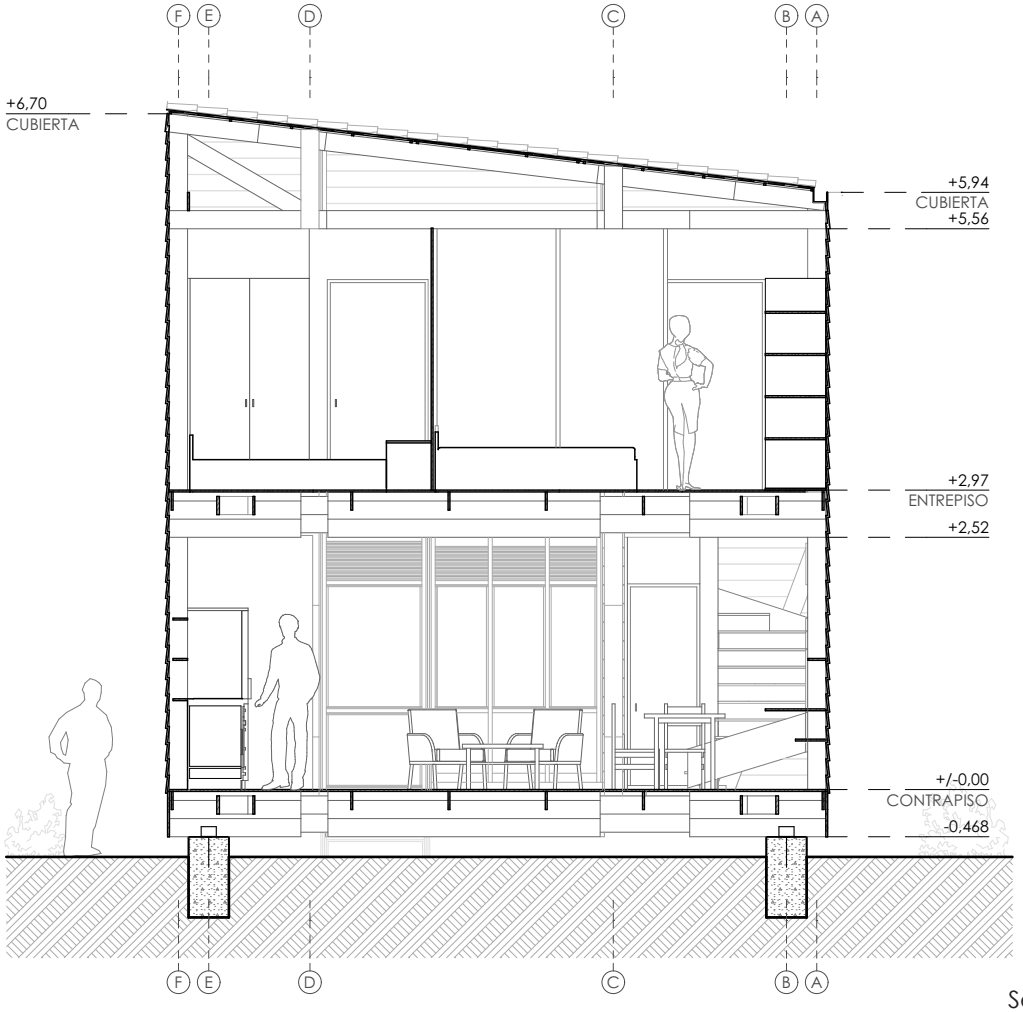
Planta arquitectónica
esc 1:200



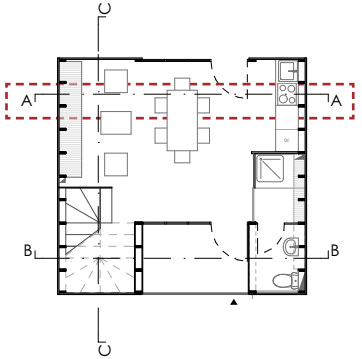
Alzado **lateral izquierdo**
esc 1:75



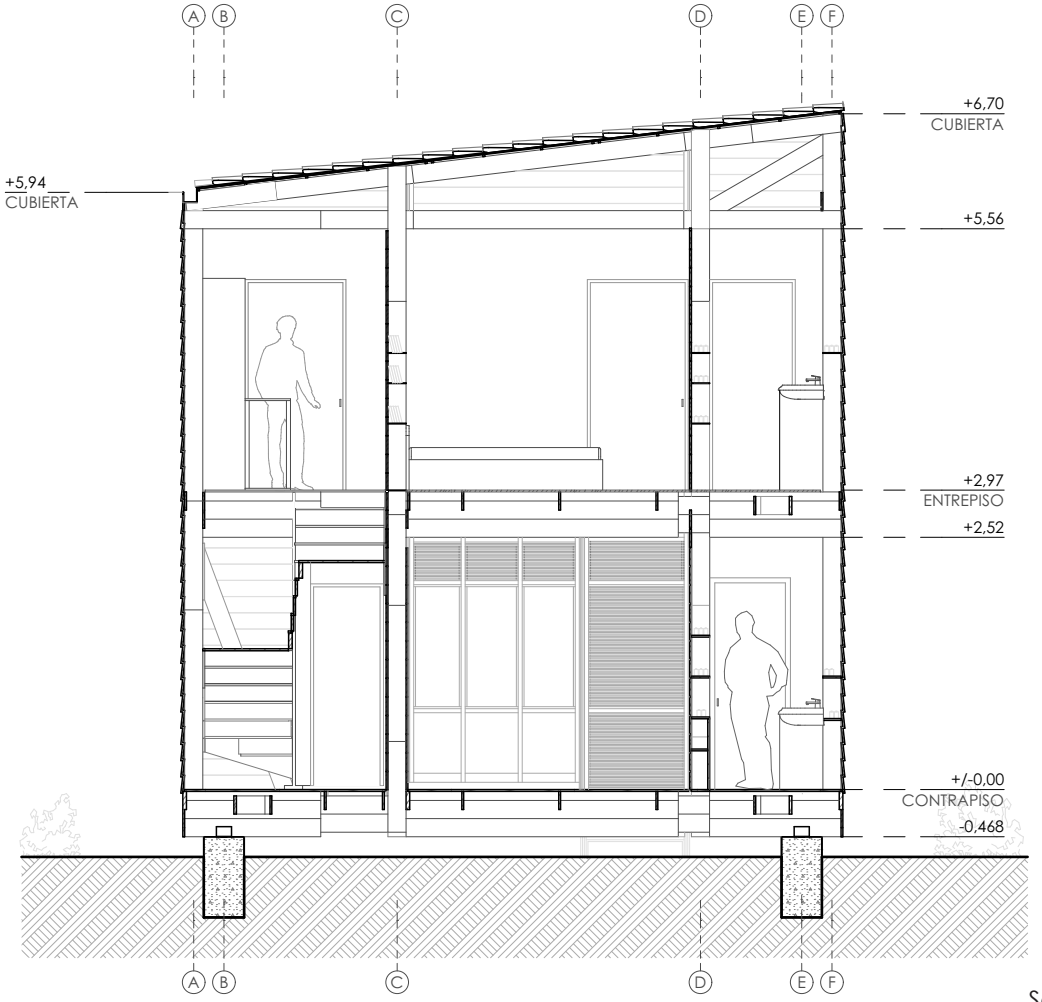
Planta arquitectónica
esc 1:200



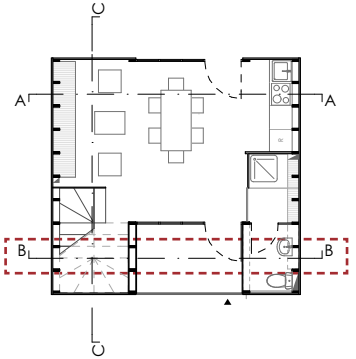
Sección **transversal A - A**
esc 1:75



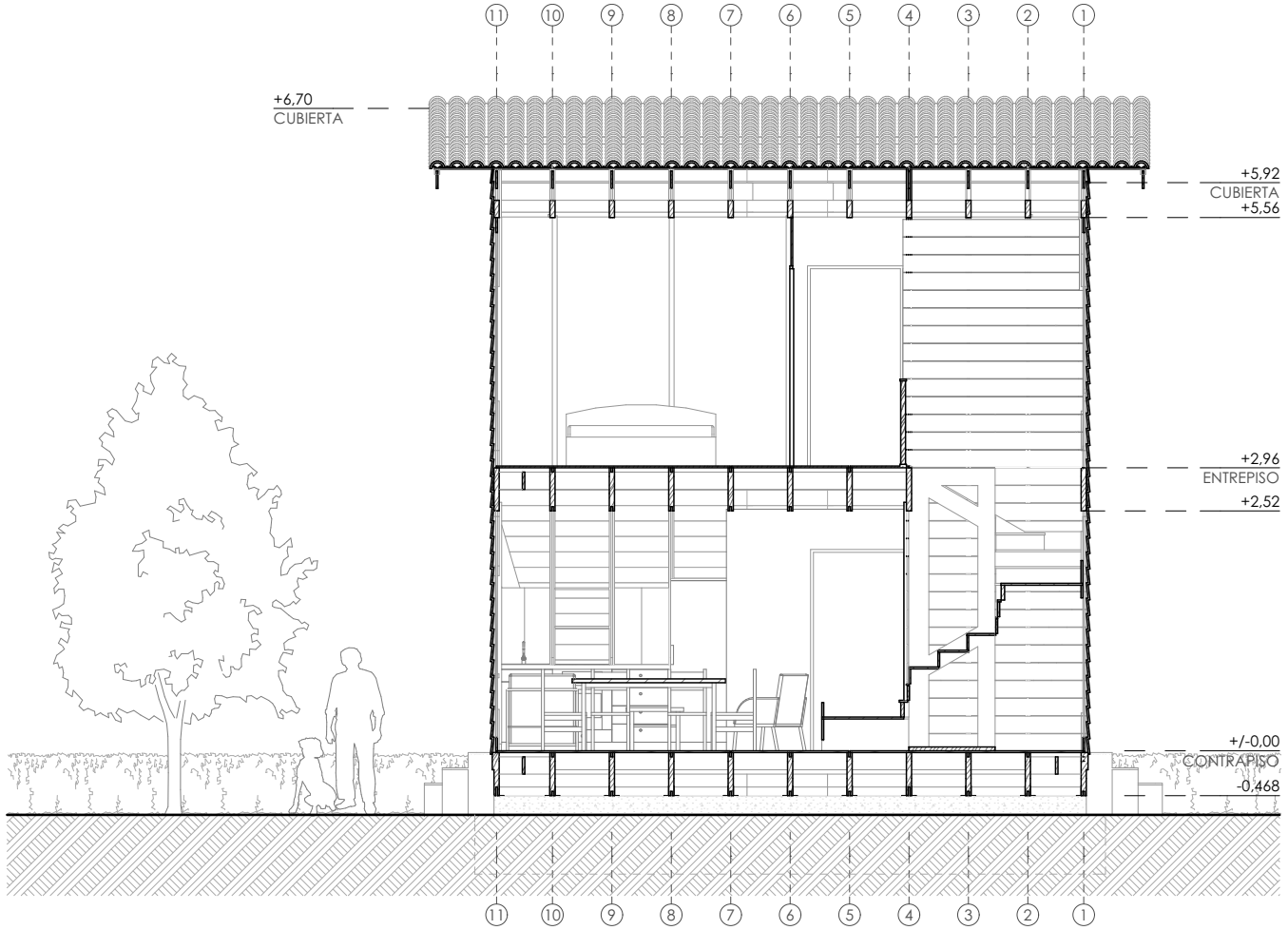
Planta arquitectónica
esc 1:200



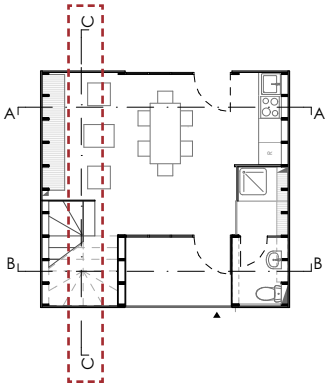
Sección **transversal B - B**
esc 1:75



Planta arquitectónica
esc 1:200

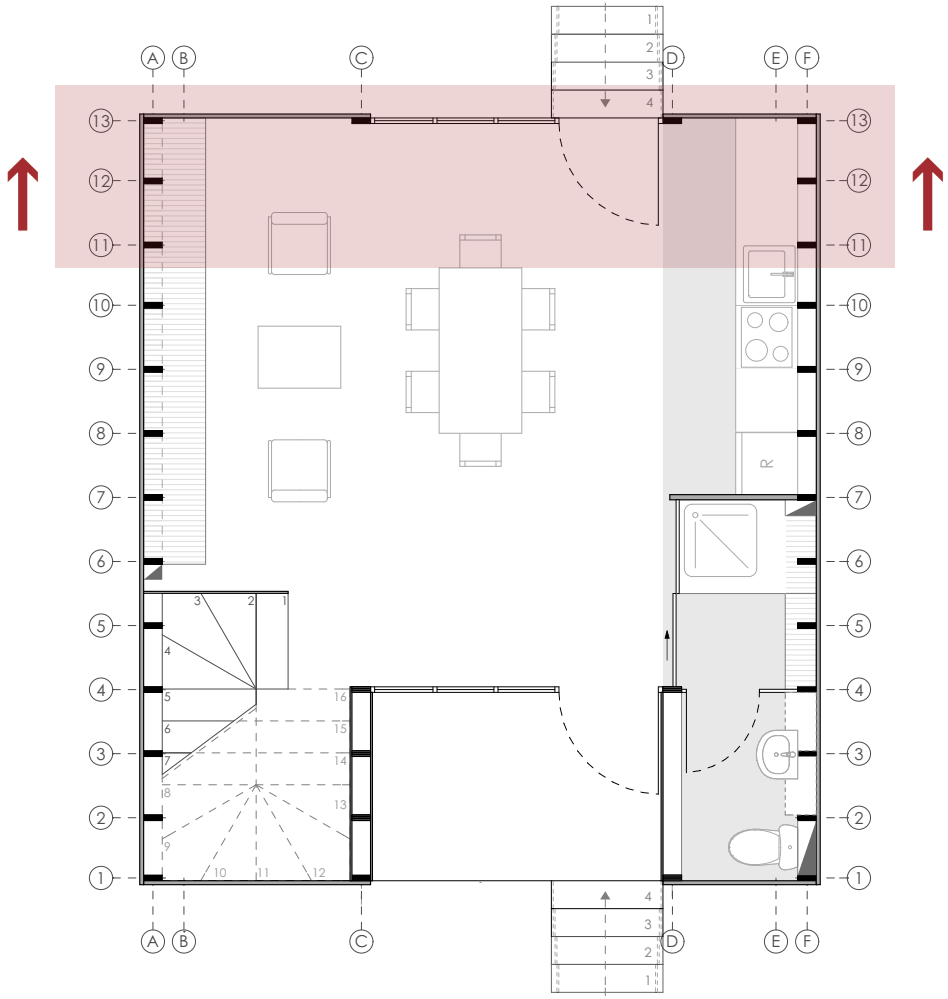


Sección **longitudinal C - C**
esc 1:75

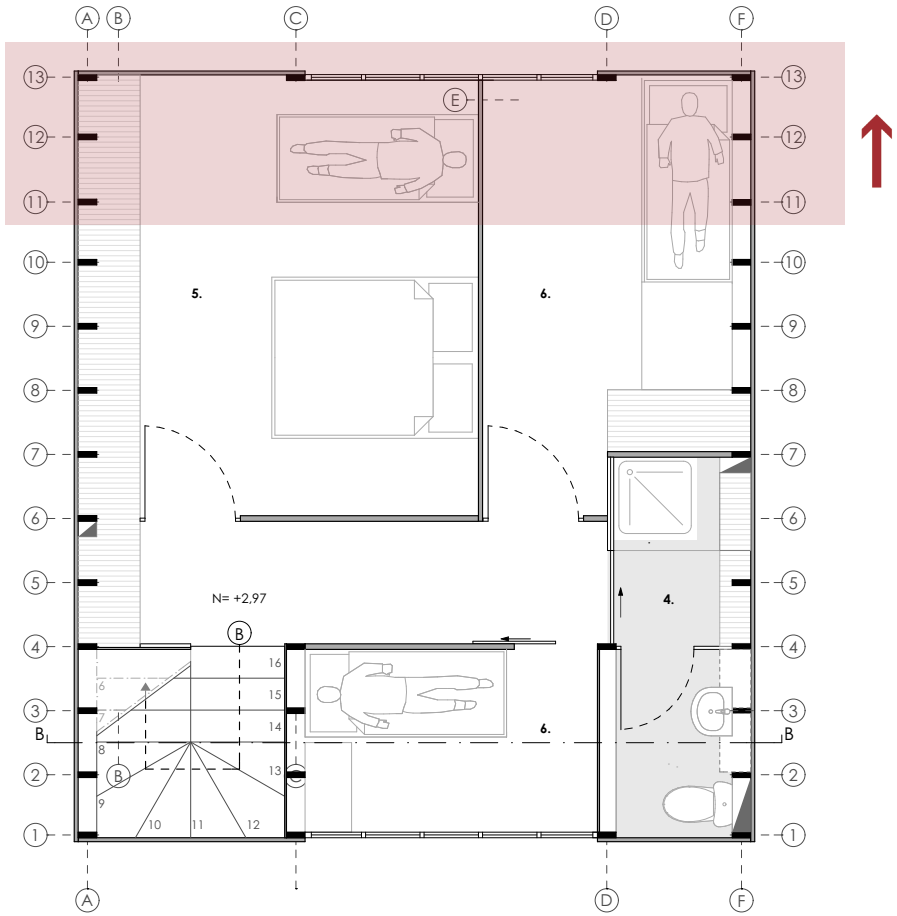


Planta arquitectónica
esc 1:200

Crecimiento en planta mediante la implementación de costillas en sentido longitudinal



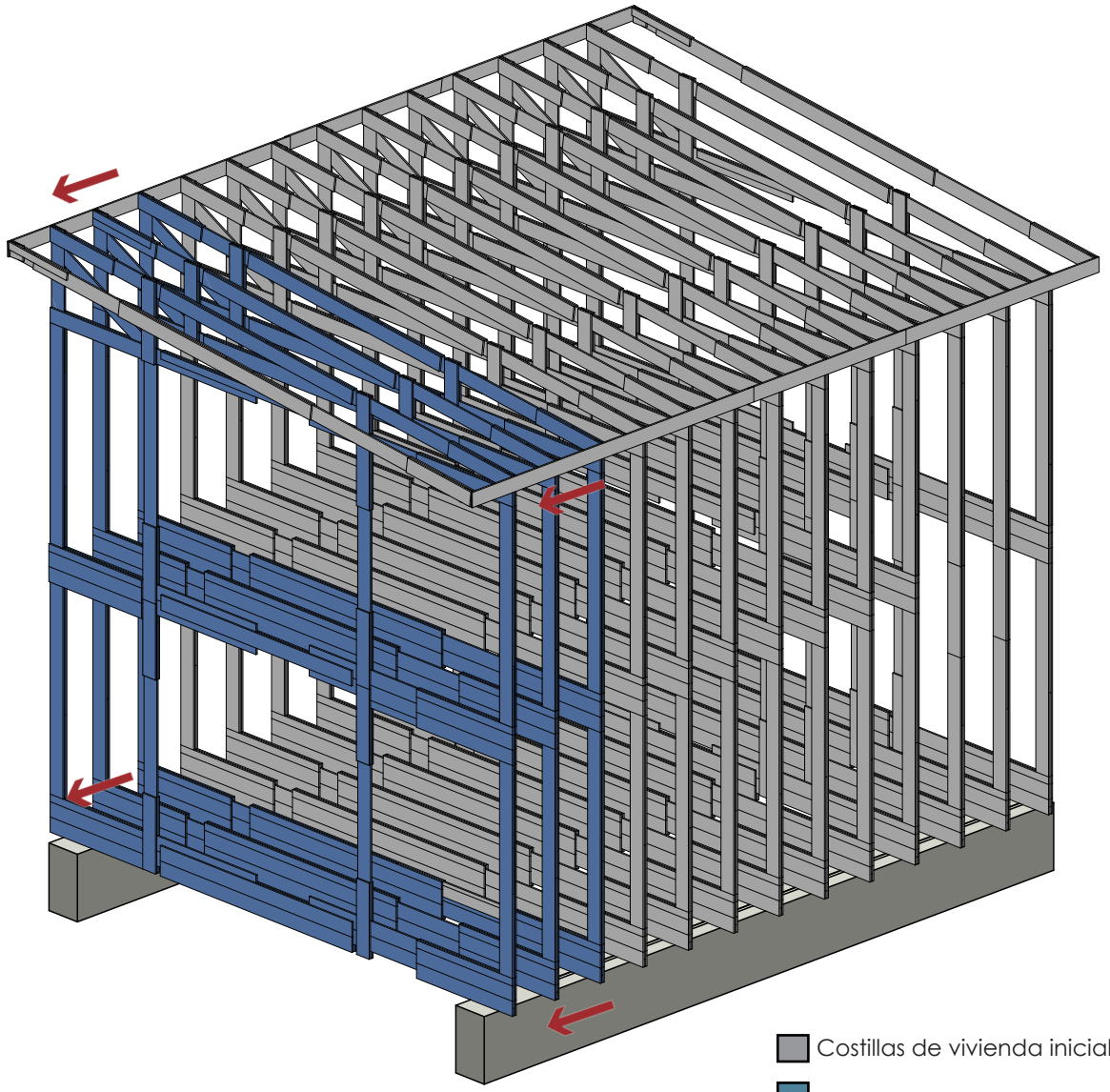
Planta **baja crecimiento**
esc 1:75



Planta **alta crecimiento**
esc 1:75

1. Portal de acceso / tienda de abasto
2. Área social (Sala/Comedor/Estudio)
3. Cocina
4. Baño completo
5. Habitación de padres
6. Habitación de hijos

Crecimiento en perspectiva mediante la implementación de costillas en sentido longitudinal

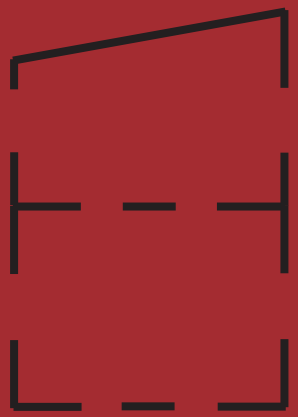


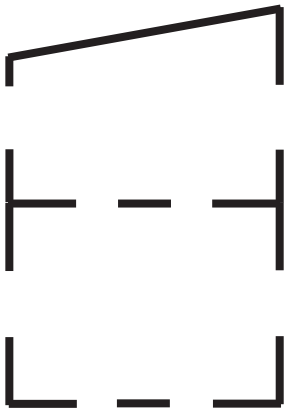
Costillas de vivienda inicial

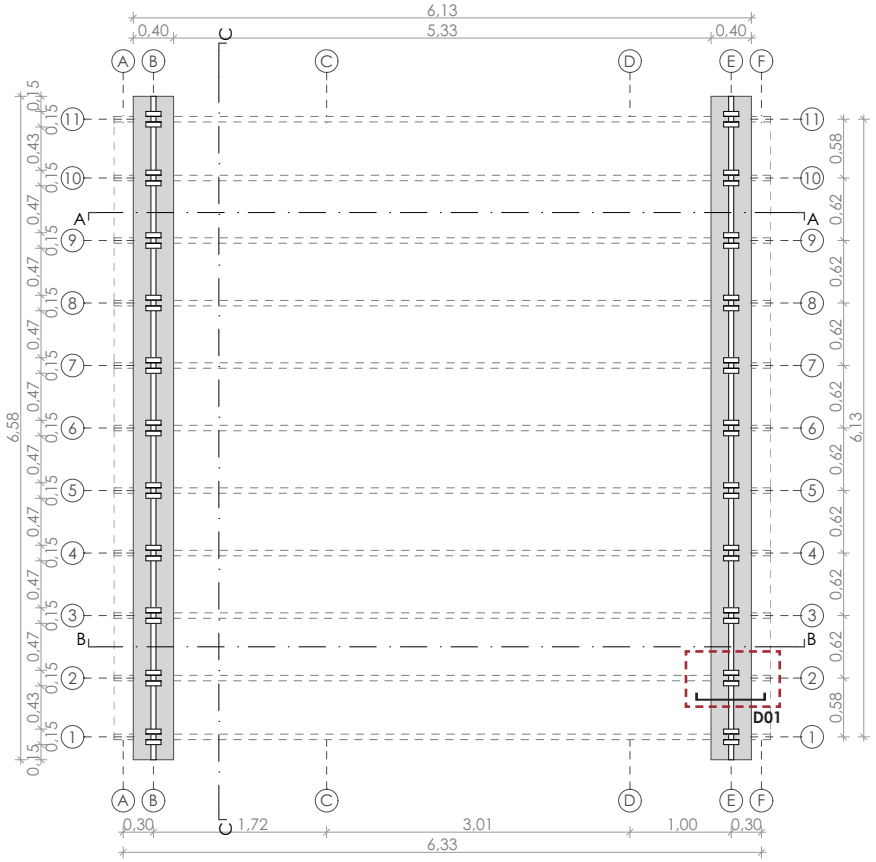
Costillas de vivienda en crecimiento

perspectiva de **crecimiento longitudinal**

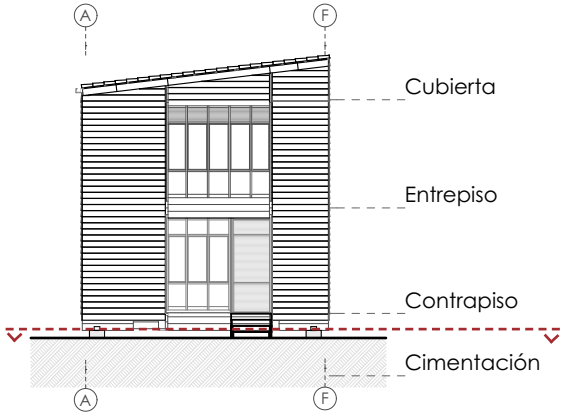
b. PLANTAS ESTRUCTURALES



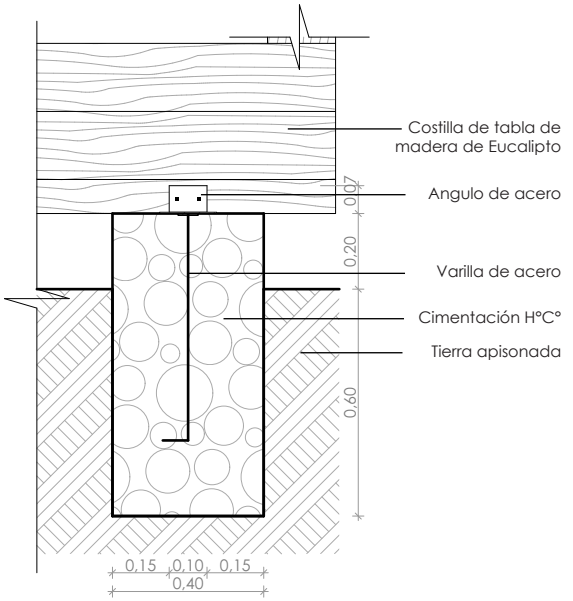




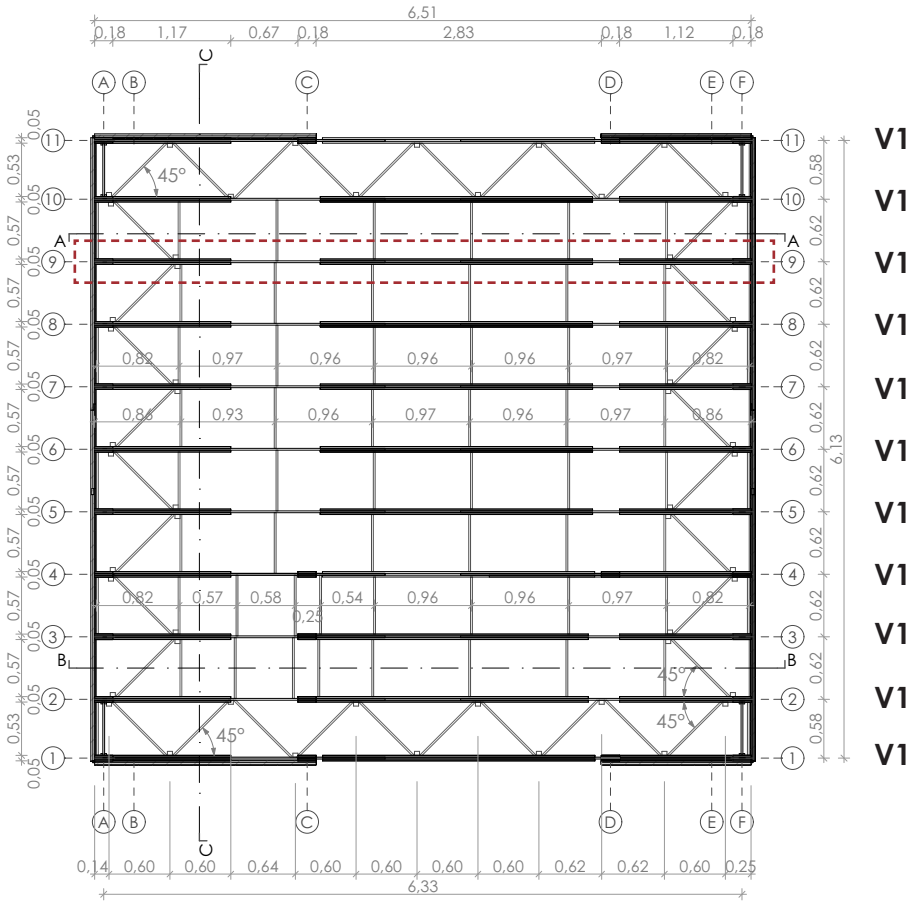
Planta **cimentación**
esc 1:75



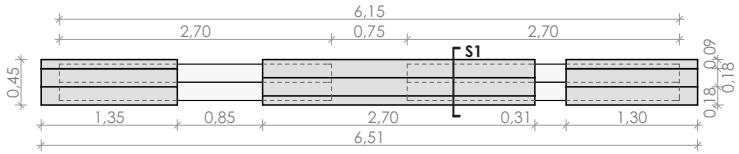
Elevación frontal
esc 1:200



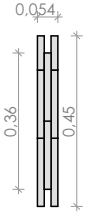
Alzado detalle **D01**
esc 1:200



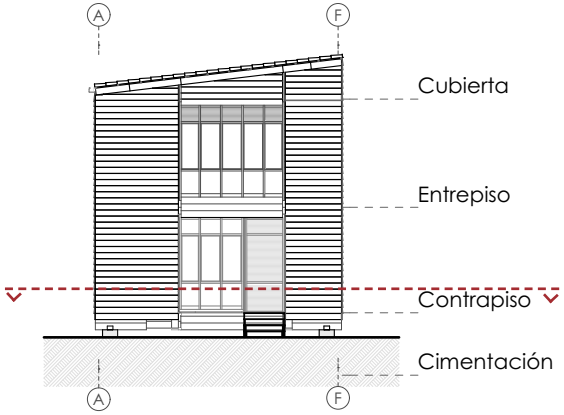
Planta **baja**
entramado de contrapiso
esc 1:75



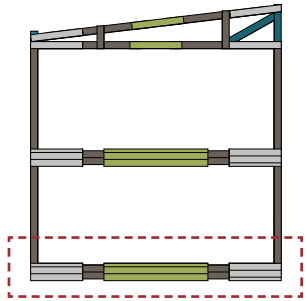
Elevación - **marco inferior tipo viga V1**
esc 1:75



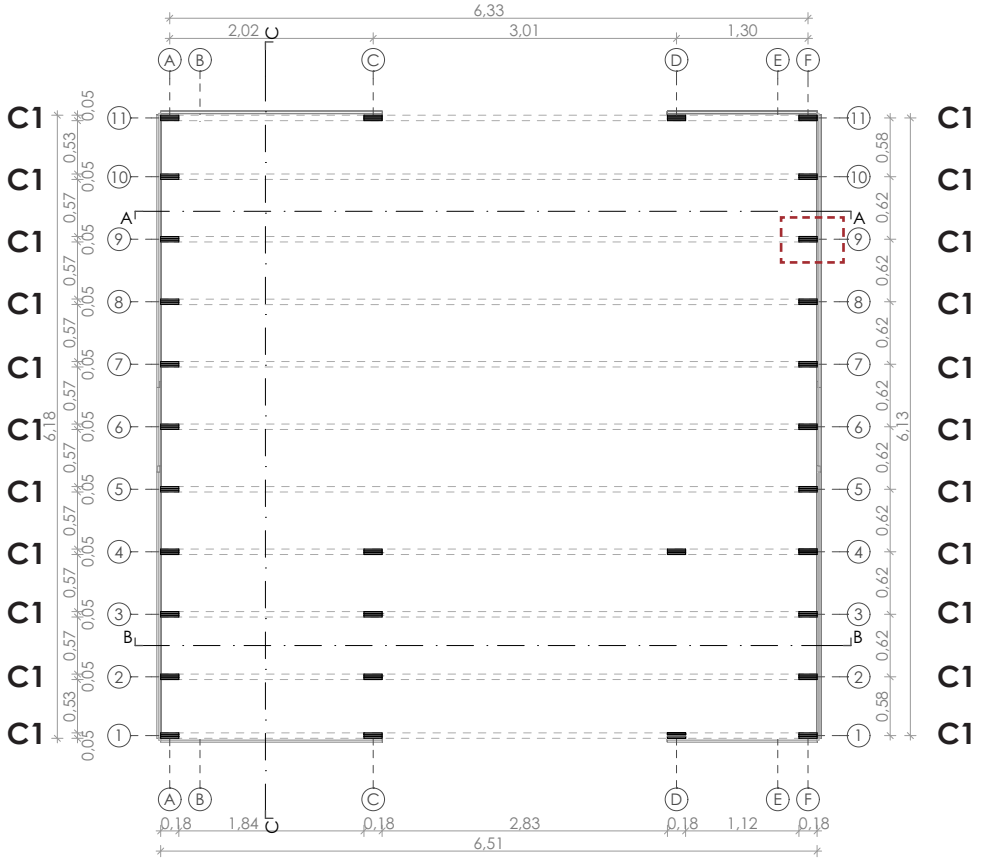
Sección **S1**
esc 1:20



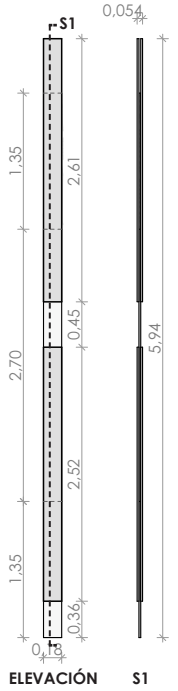
Elevación frontal
esc 1:200



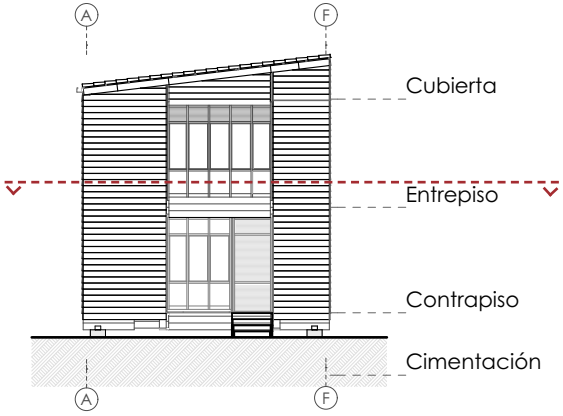
Elevación esquemática costilla tipo
esc 1:200



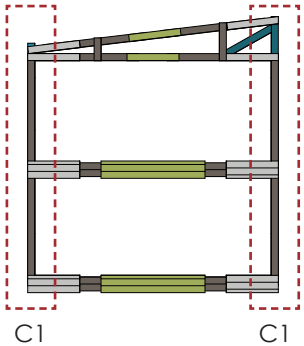
Planta **baja costillas**
esc 1:75



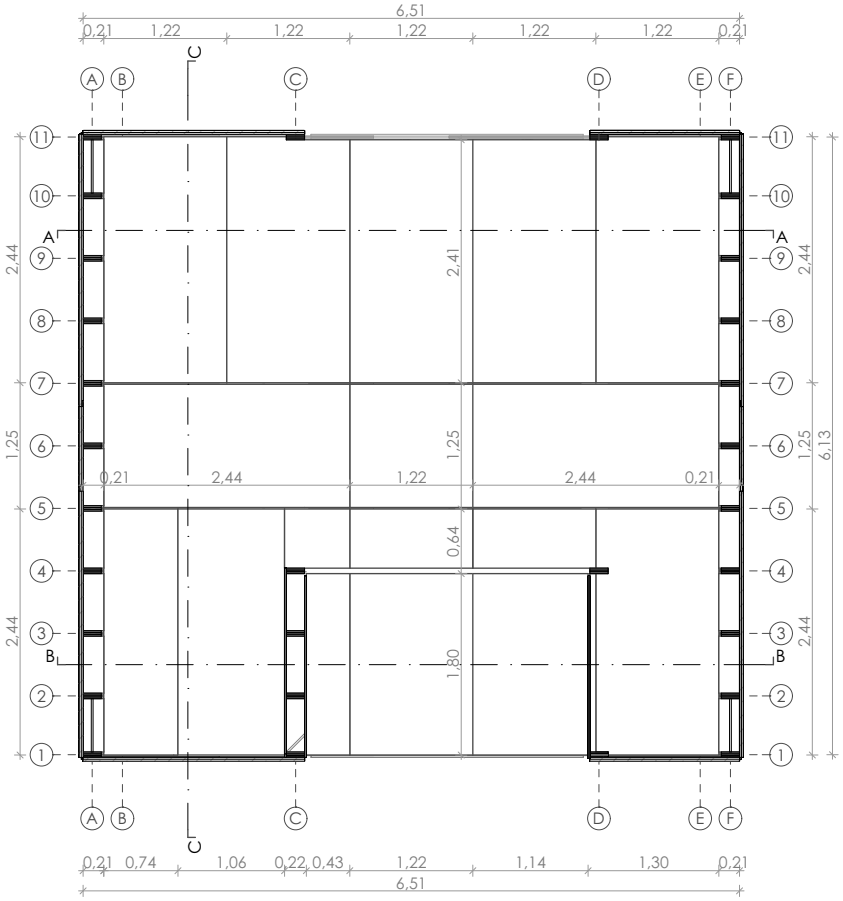
marco lateral C1tipo columna
esc 1:75



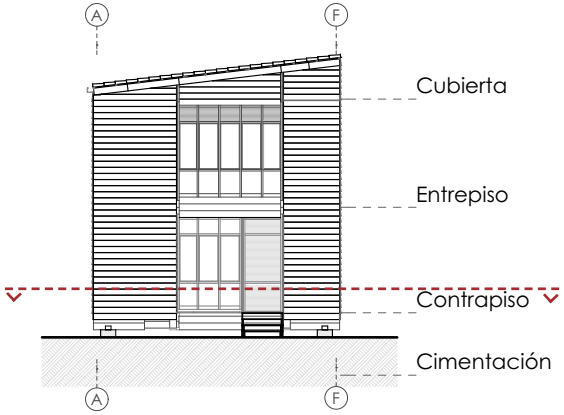
Elevación frontal
esc 1:200



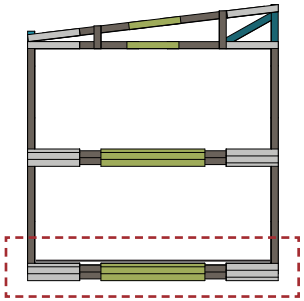
Elevación esquemática costilla tipo
esc 1:200



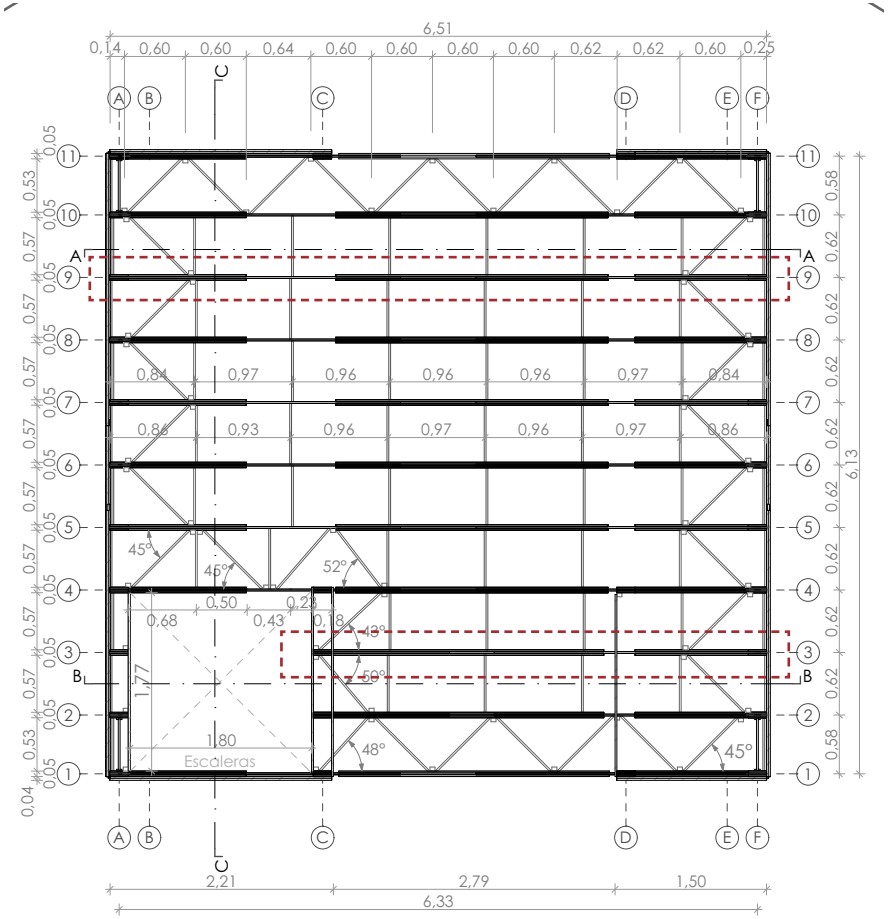
Planta **baja**
modulación de contrapiso
esc 1:75



Elevación frontal
esc 1:200

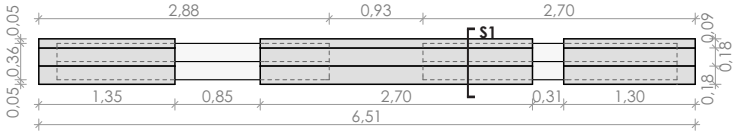


Elevación esquemática costilla tipo
esc 1:200

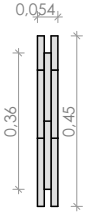


V1
V1
V1
V1
V1
V1
V1
V2
V2
V1

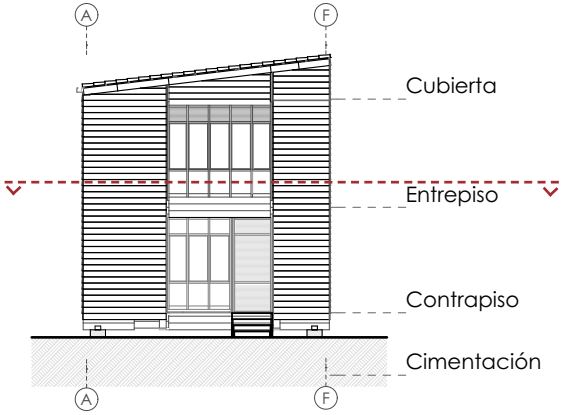
Planta **alta**
entramado de entrepiso
esc 1:75



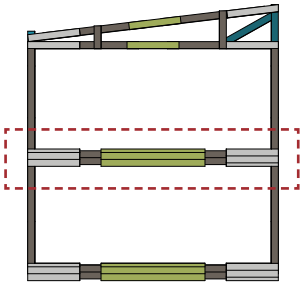
Elevación - **marco superior tipo viga V1**
esc 1:75



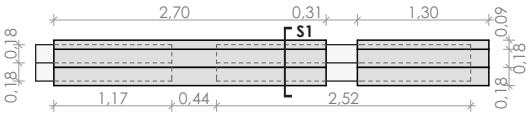
Sección **S1**
esc 1:20



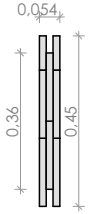
Elevación frontal
esc 1:200



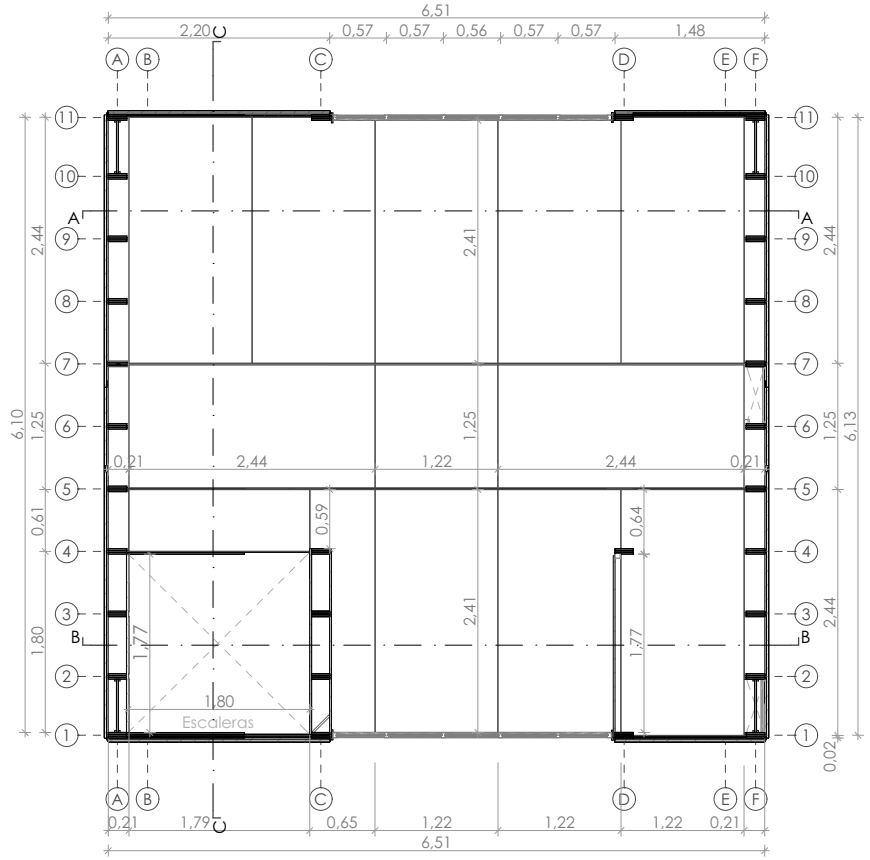
Elevación esquemática costilla tipo
esc 1:200



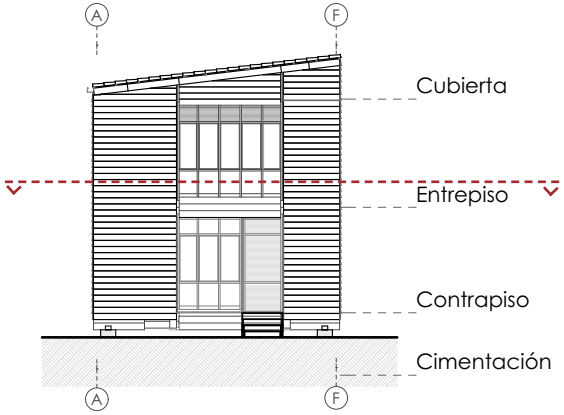
Elevación - **marco superior tipo viga V2**
esc 1:75



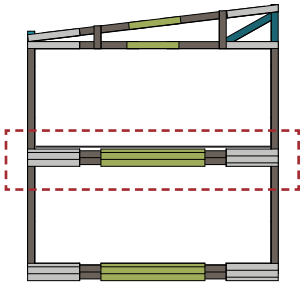
Sección **S1**
esc 1:20



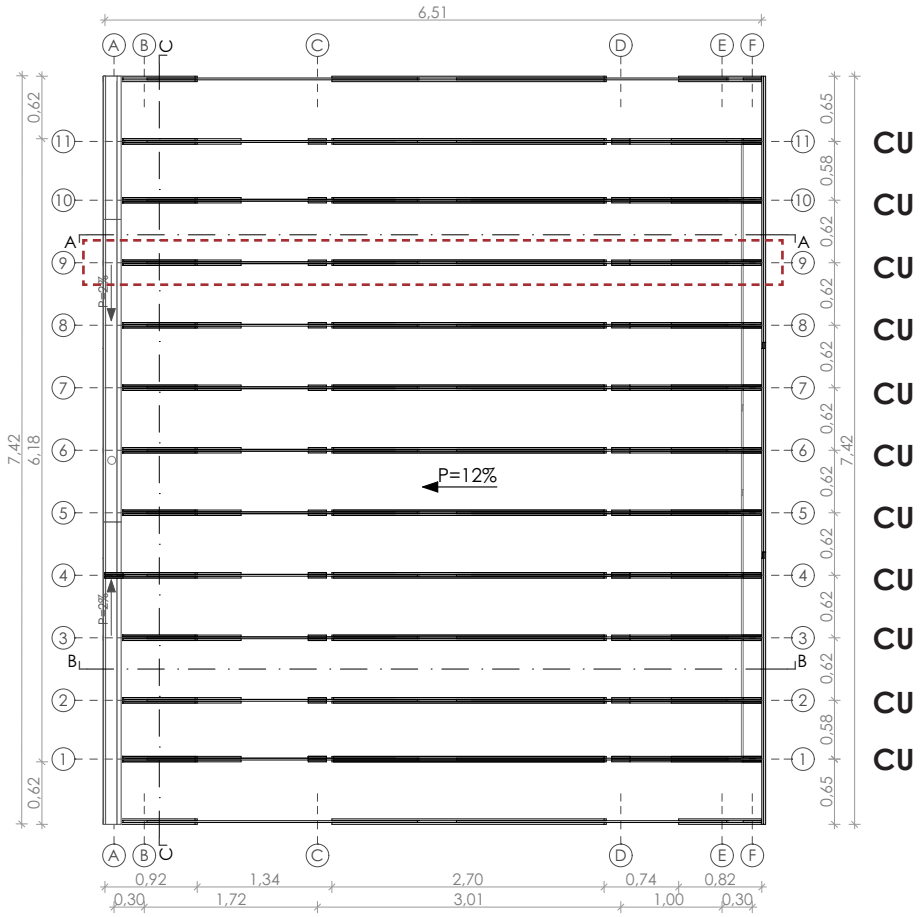
Planta **alta**
modulación de entrepiso
esc 1:75



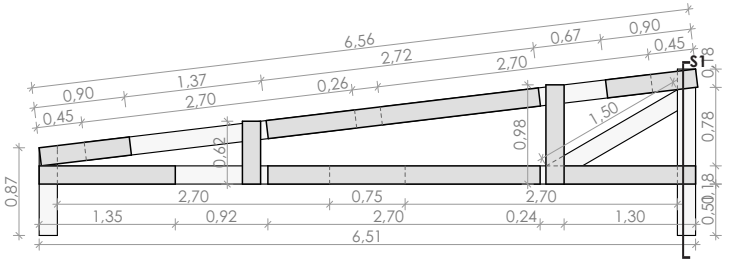
Elevación frontal
esc 1:200



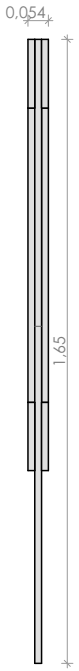
Elevación esquemática costilla tipo
esc 1:200



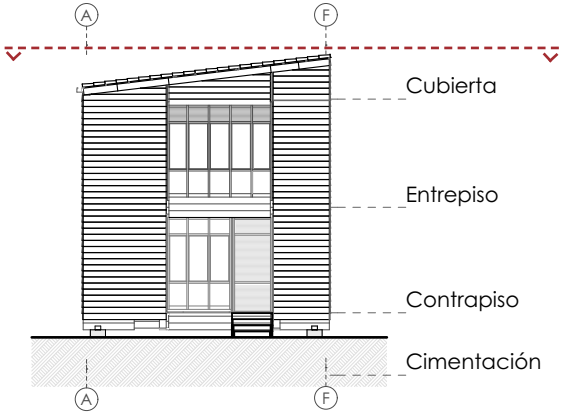
Planta de **cubierta costillas**
esc 1:75



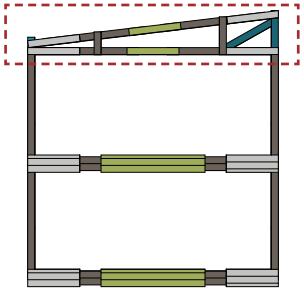
Elevación - **costilla de cubierta CU tipo cercha**
esc 1:75



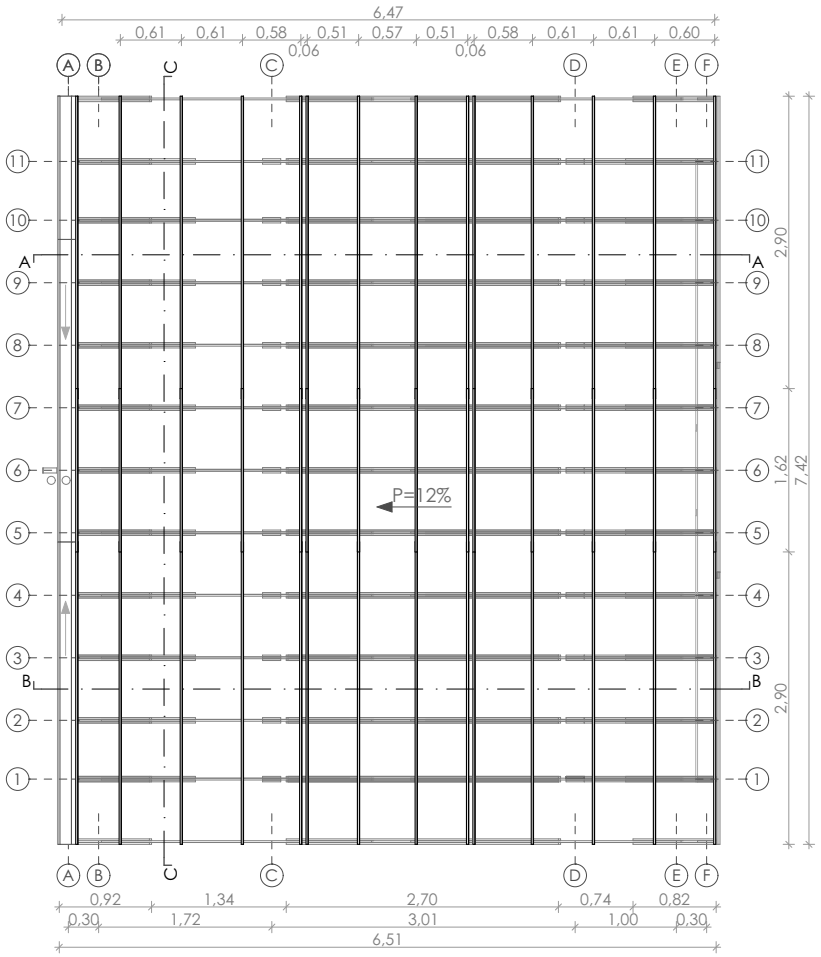
Sección **S1**
esc 1:20



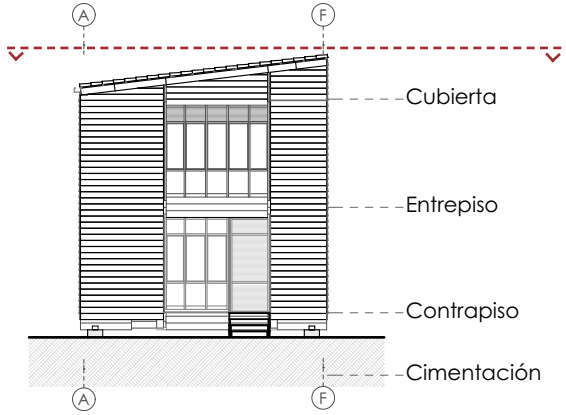
Elevación frontal
esc 1:200



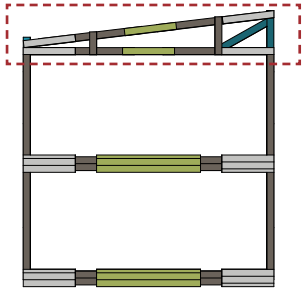
Elevación esquemática costilla tipo
esc 1:200



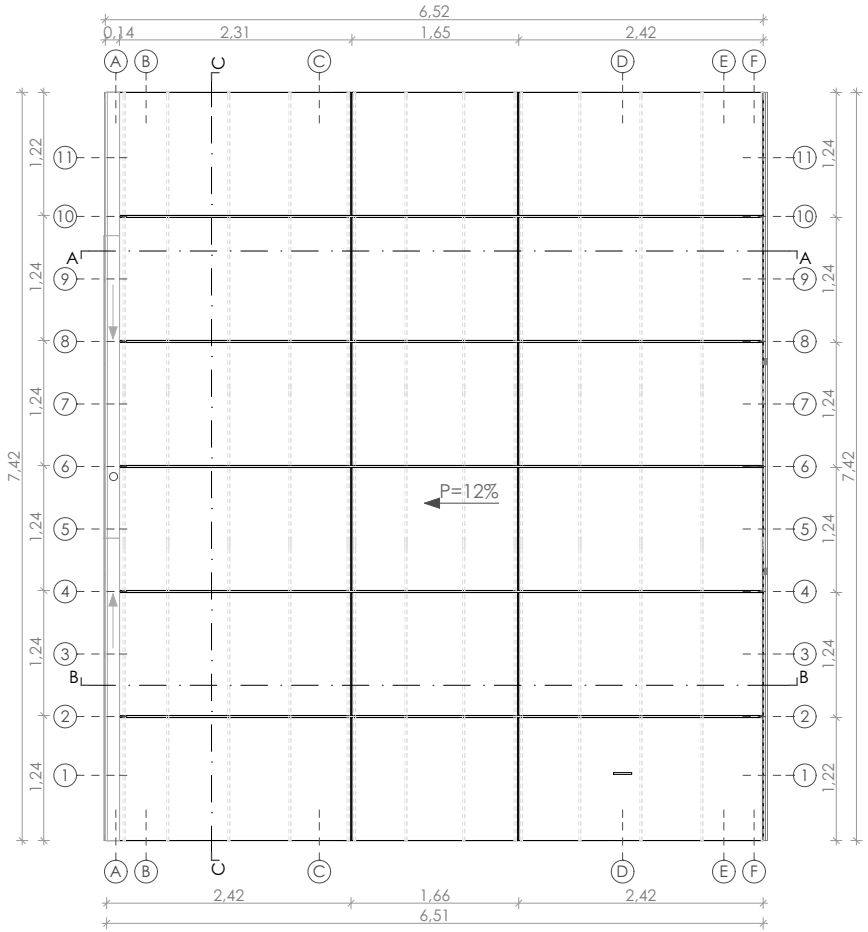
Planta de **cubierta entirado de madera**
esc 1:75



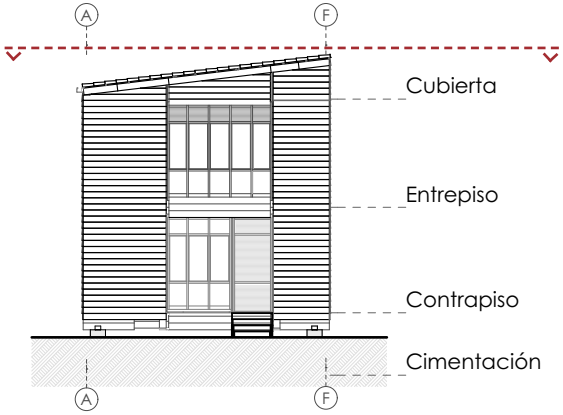
Elevación frontal



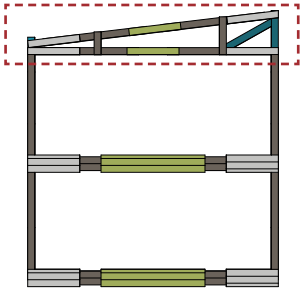
Elevación esquemática costilla tipo
esc 1:200



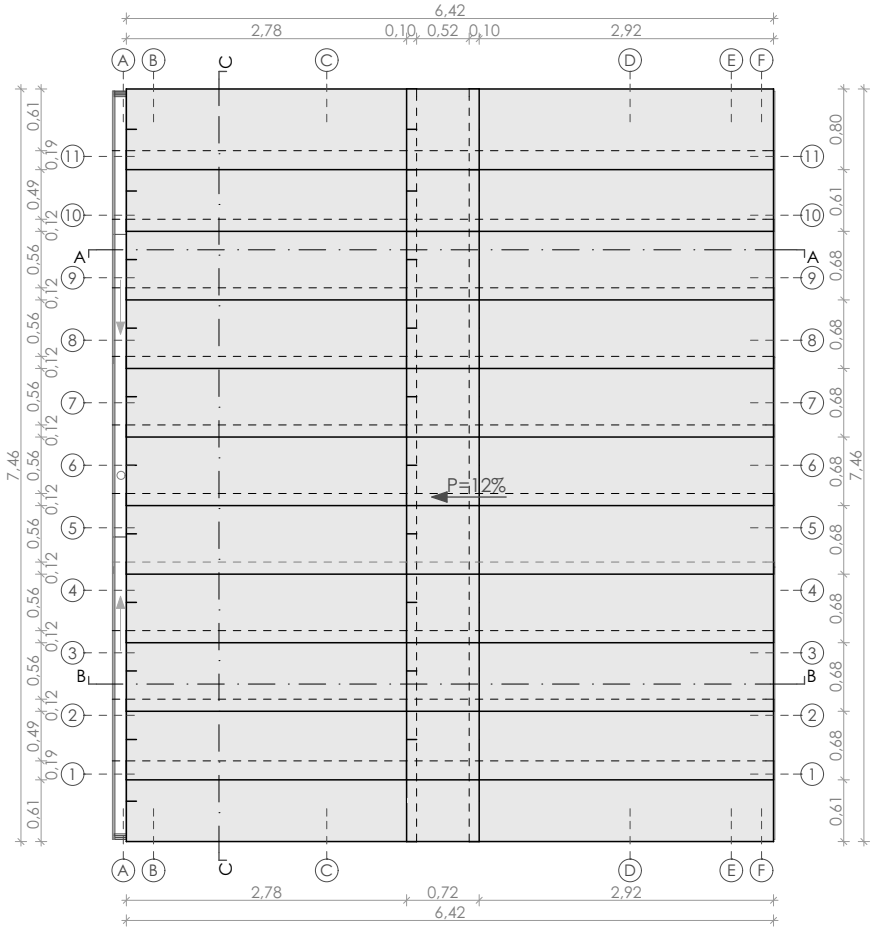
Planta de **cubierta**
modulación de contrachapado
esc 1:75



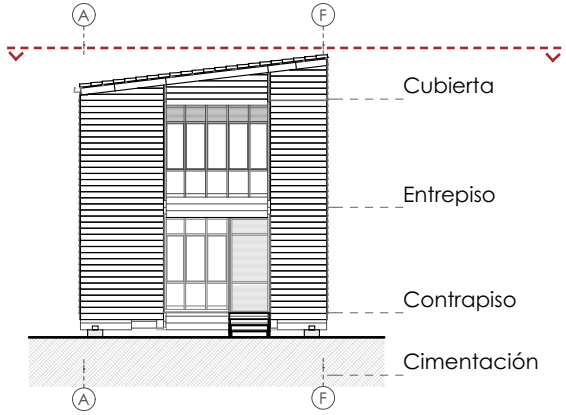
Elevación frontal
esc 1:200



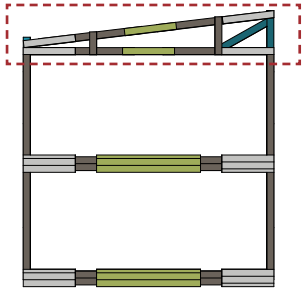
Elevación esquemática costilla tipo
esc 1:200



Planta de **cubierta**
modulación de zinc
esc 1:75

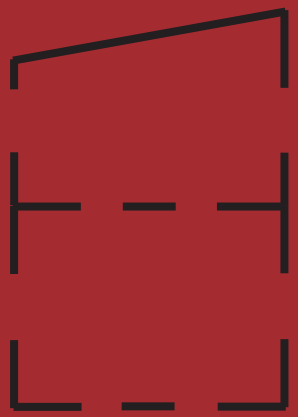


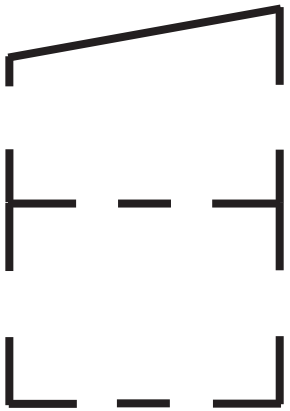
Elevación frontal
esc 1:200

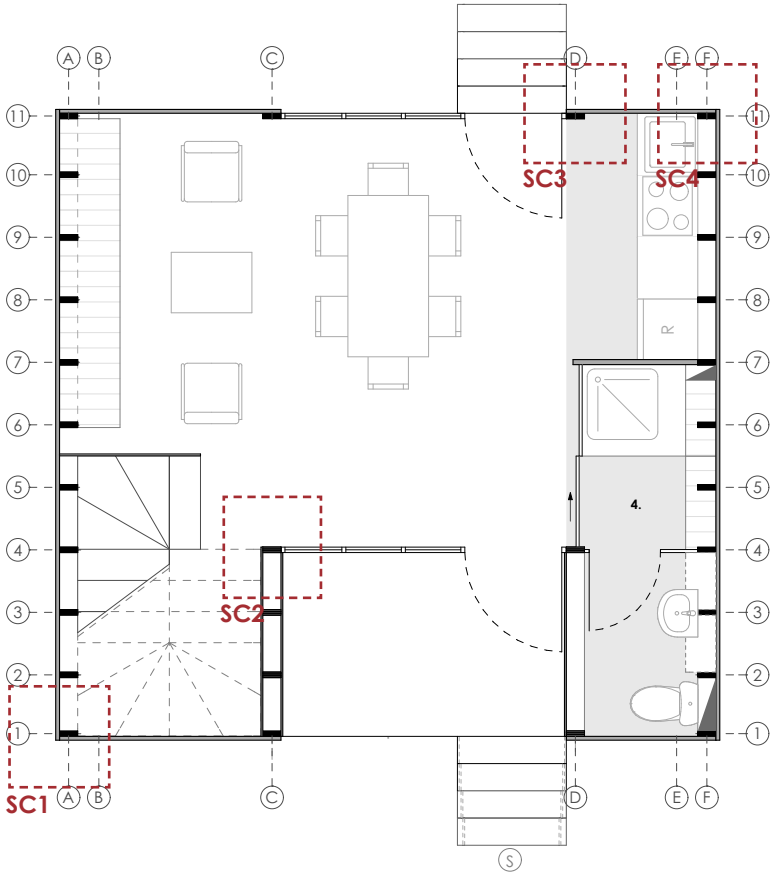


Elevación esquemática costilla tipo
esc 1:200

c. SECCIONES Y DETALLES CONSTRUCTIVOS



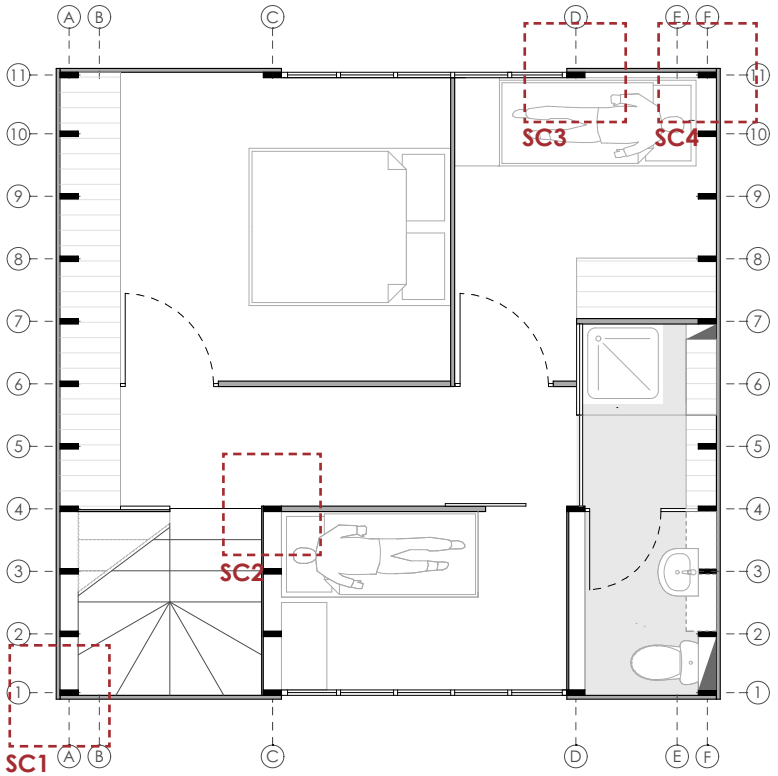




Planta baja

Ubicación de secciones constructivas

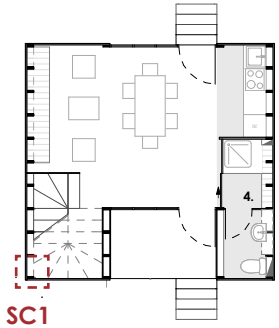
esc 1:75



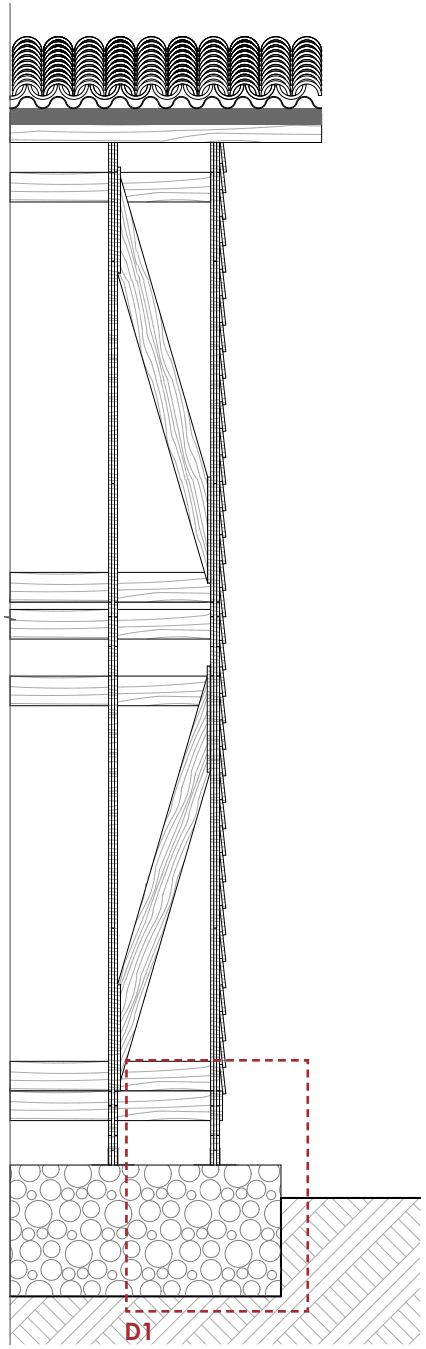
Planta alta

Ubicación de secciones constructivas

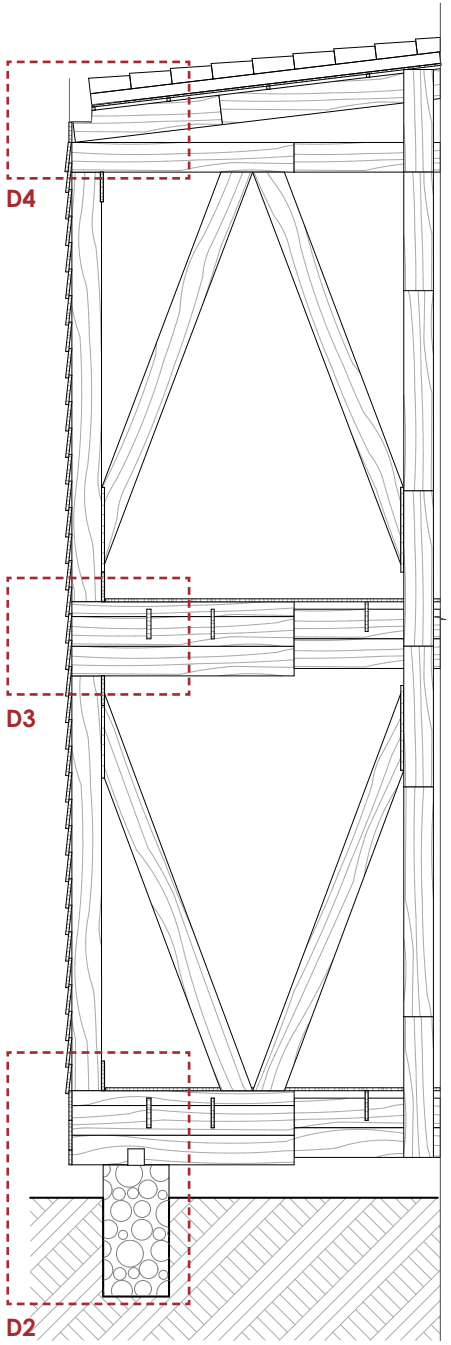
esc 1:75



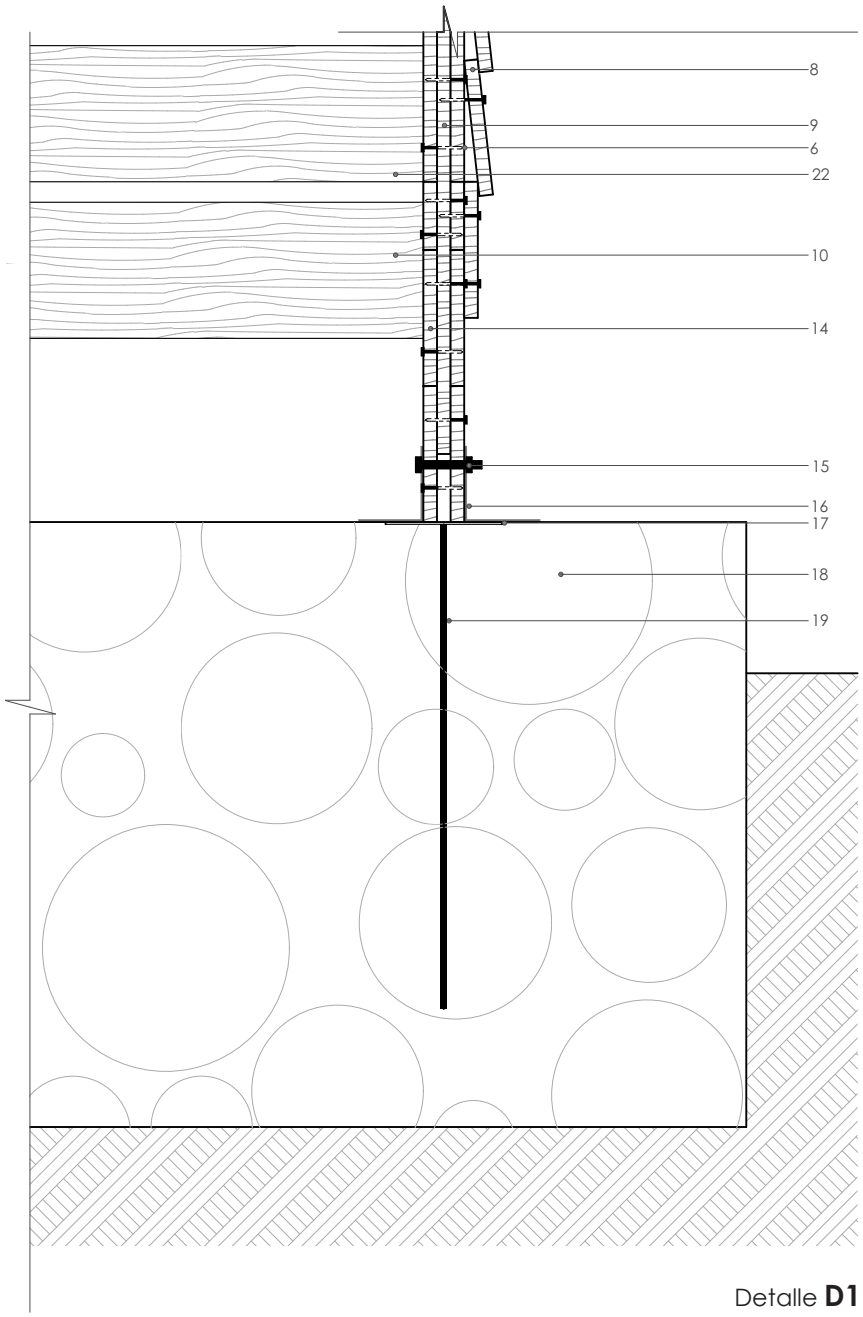
Planta baja
esc 1:200



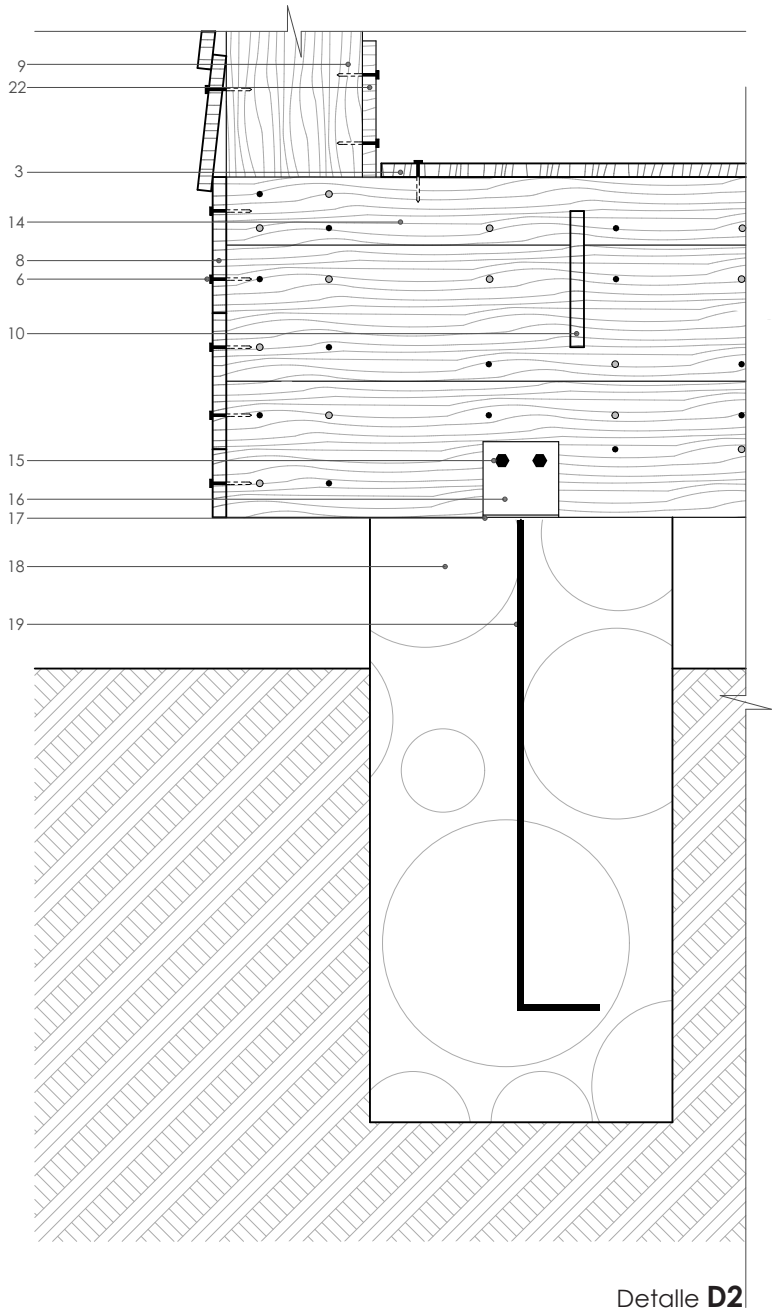
Sección Constructiva lateral **SC1**
esc 1:50



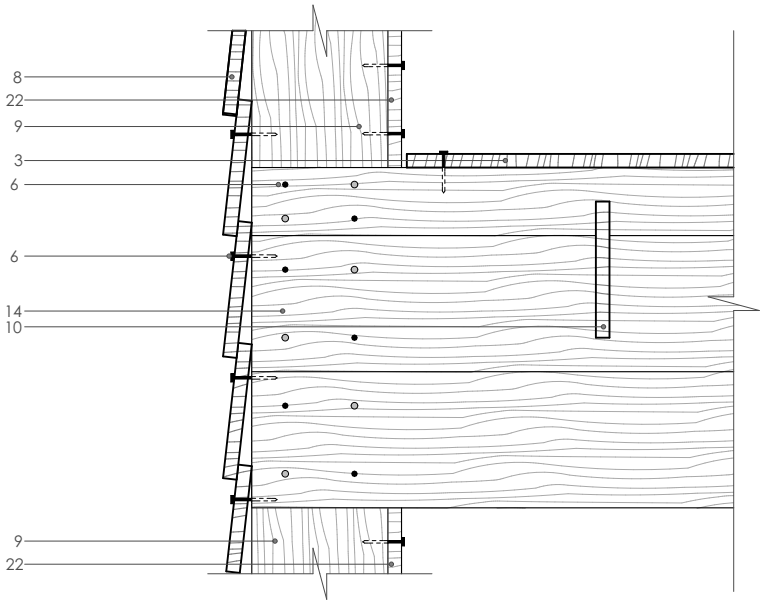
Sección Constructiva frontal **SC1**
esc 1:50



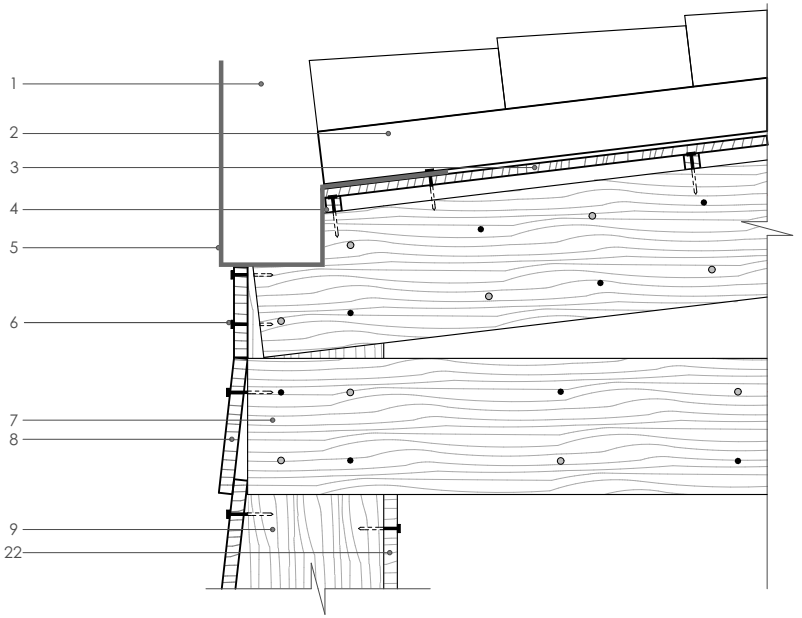
Detalle **D1**
esc 1:10



Detalle **D2**
esc 1:10

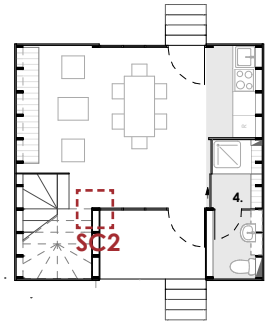


Detalle **D3**
esc 1:10

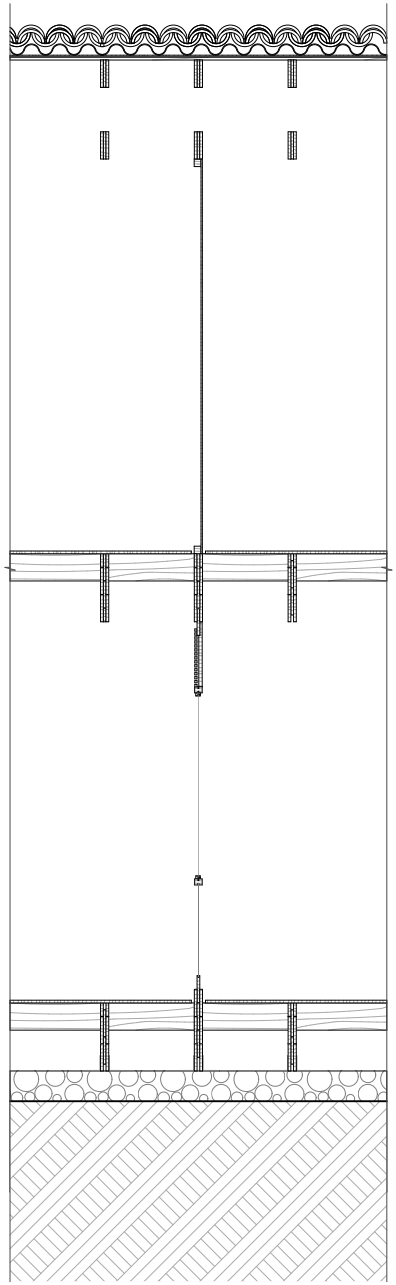


Detalle **D4**
esc 1:10

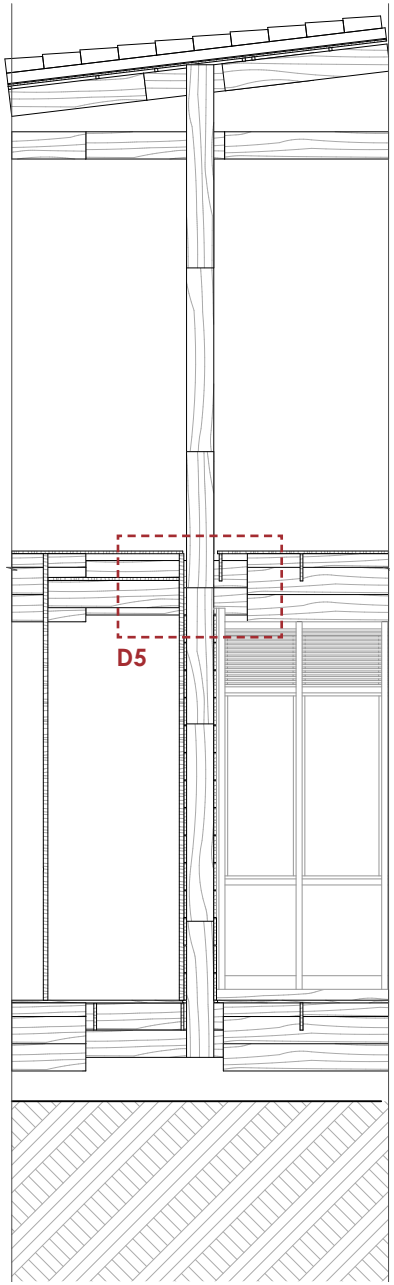
1. Recubrimiento: teja cerámica 10x30x7cm.
2. Plancha de Zinc 304x80cm.
3. Plancha de Contrachapado 244x122x1,8cm.
4. Tiras de madera de Eucalipto 5,4x4cm.
5. Canal metálica: acero galvanizado e: 2mm.
6. Clavo 51x 3,3mm.
7. Pieza inferior de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
8. Cierre: Tabla de madera de Eucalipto 270x18x1,8cm.
9. Pieza de costilla tipo columna, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
10. Vigueta, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
11. Peldaño, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
12. Parante, madera de Eucalipto, sección: 18x4cm.
13. Ventana.
14. Pieza de costilla tipo viga, madera de Eucalipto, sección: 45x5,4cm.
15. Conjunto mecánico: 10x1cm.
16. Ángulo de acero 10x10x0,3cm.
17. Platina de acero 10x0,3cm.
18. Cimiento H°C°: 60% Canto rodado d=15cm, 40% hormigón f´c= 210 Kg/cm^2
19. Varilla acero f'y=4200 kg/cm. Ø =12mm.
20. Pieza superior de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
21. Pieza diagonal de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
22. Larguero interno, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.



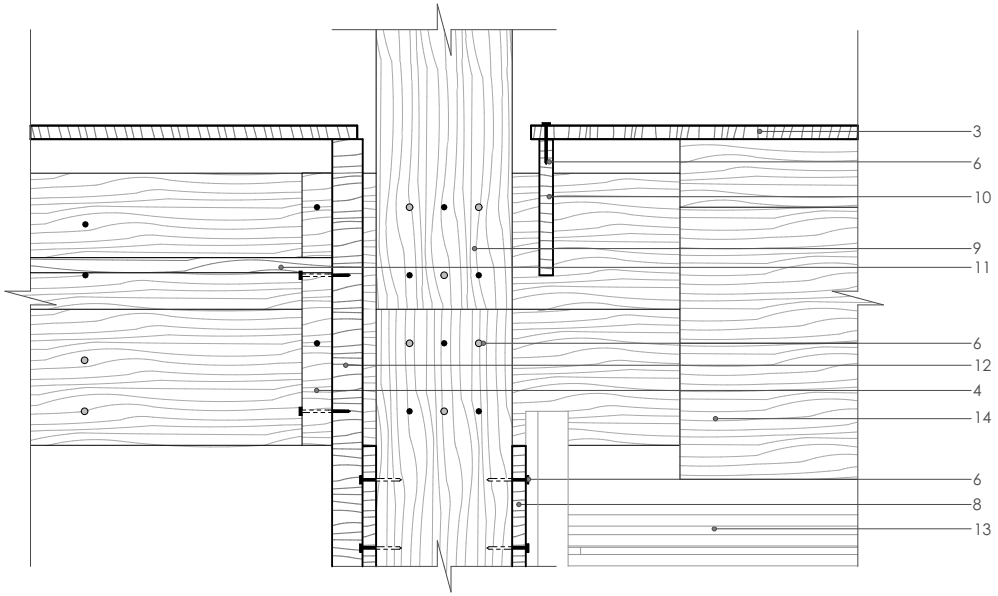
Planta baja
esc 1:200



Sección Constructiva lateral **SC2**
esc 1:50

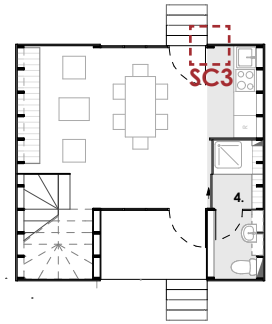


Sección Constructiva frontal **SC2**
esc 1:50

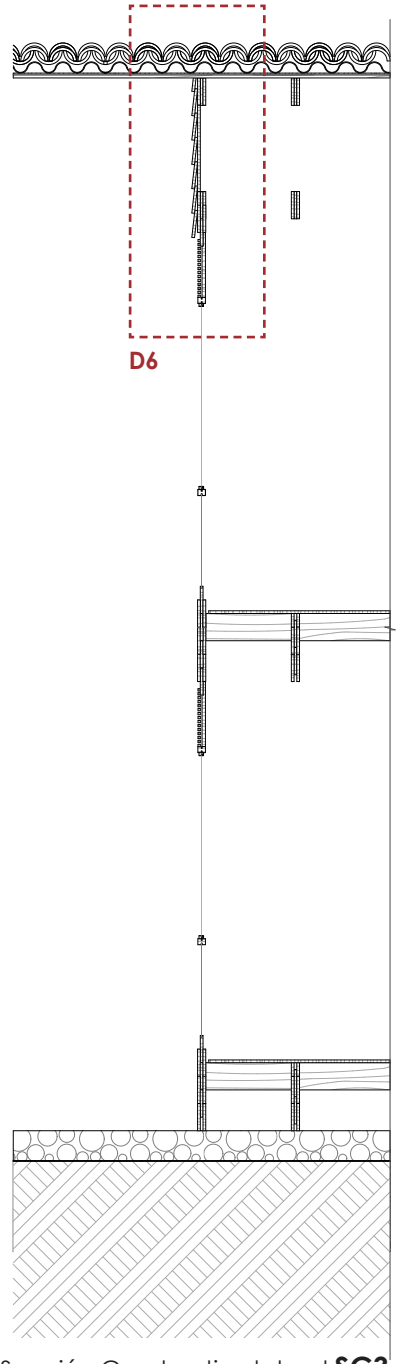


Detalle **D5**
esc 1:10

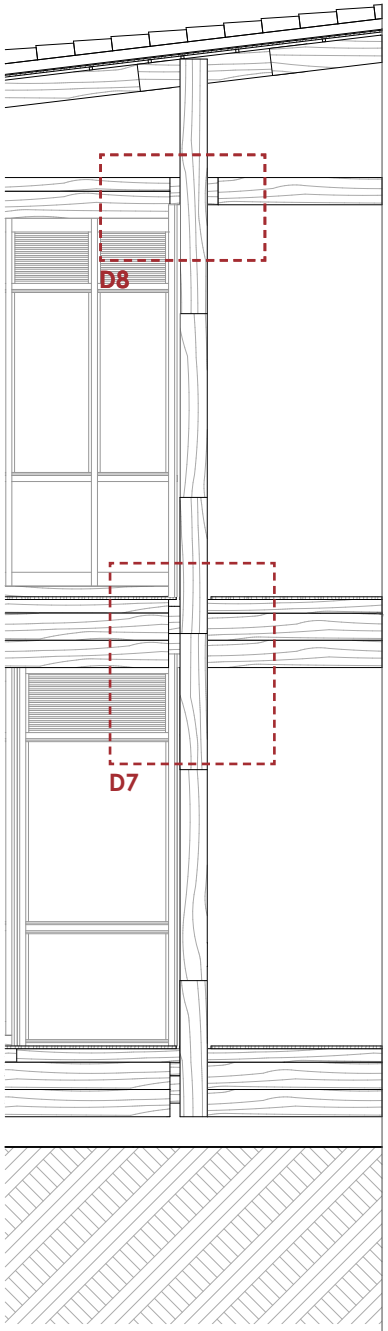
1. Recubrimiento: teja cerámica 10x30x7cm.
2. Plancha de Zinc 304x80cm.
3. Plancha de Contrachapado 244x122x1,8cm.
4. Tiras de madera de Eucalipto 5,4x4cm.
5. Canal metálica: acero galvanizado e: 2mm.
6. Clavo 51x 3,3mm.
7. Pieza inferior de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
8. Cierre: Tabla de madera de Eucalipto 270x18x1,8cm.
9. Pieza de costilla tipo columna, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
10. Vigueta, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
11. Peldaño, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
12. Parante, madera de Eucalipto, sección: 18x4cm.
13. Ventana.
14. Pieza de costilla tipo viga, madera de Eucalipto, sección: 45x5,4cm.
15. Conjunto mecánico: 10x1cm.
16. Ángulo de acero 10x10x0,3cm.
17. Platina de acero 10x0,3cm.
18. Cimiento H°C°: 60% Canto rodado d=15cm, 40% hormigón f´c= 210 Kg/cm^2
19. Varilla acero f'y=4200 kg/cm. Ø =12mm.
20. Pieza superior de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
21. Pieza diagonal de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
22. Larguero interno, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.



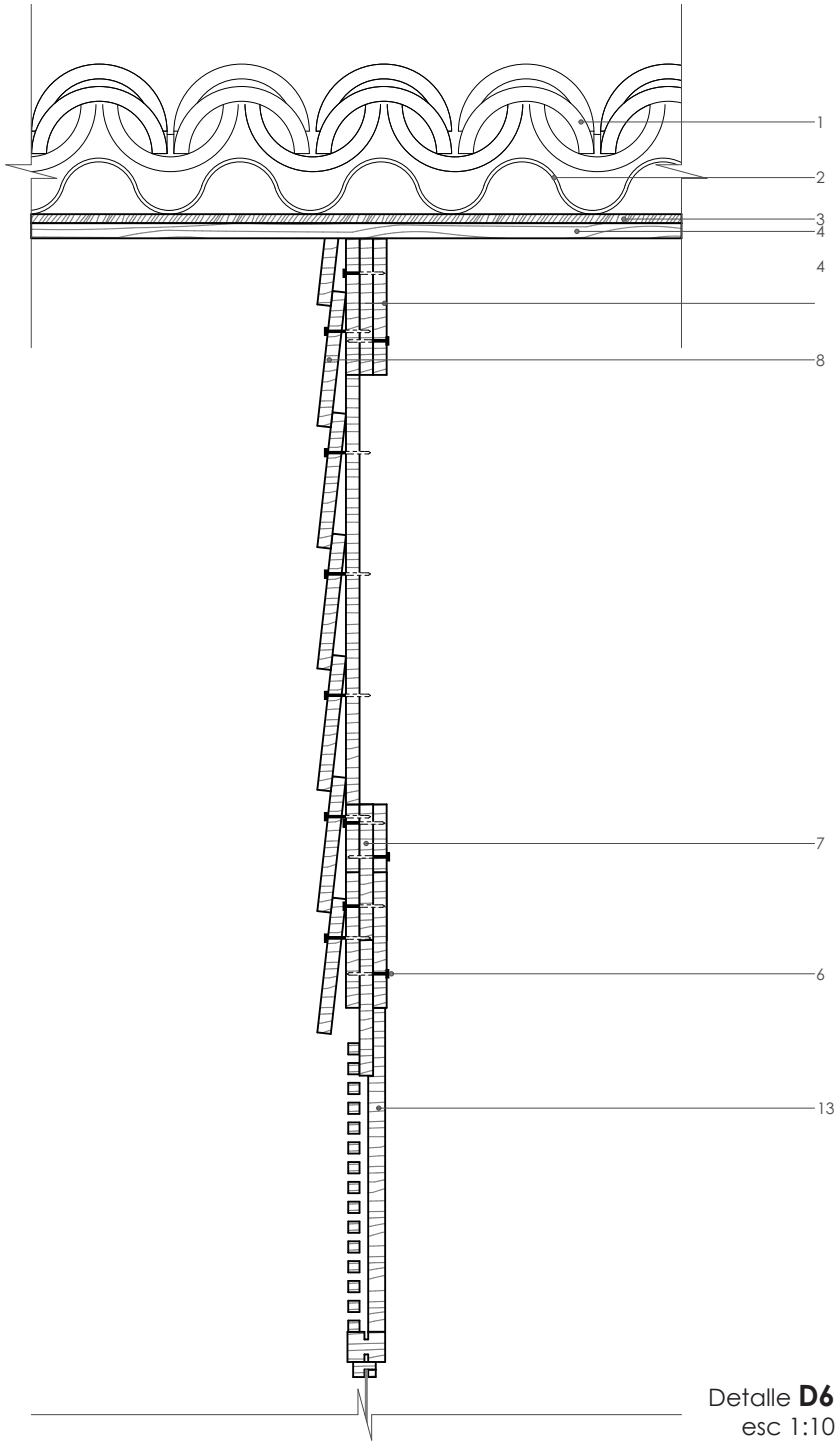
Planta baja
esc 1:200



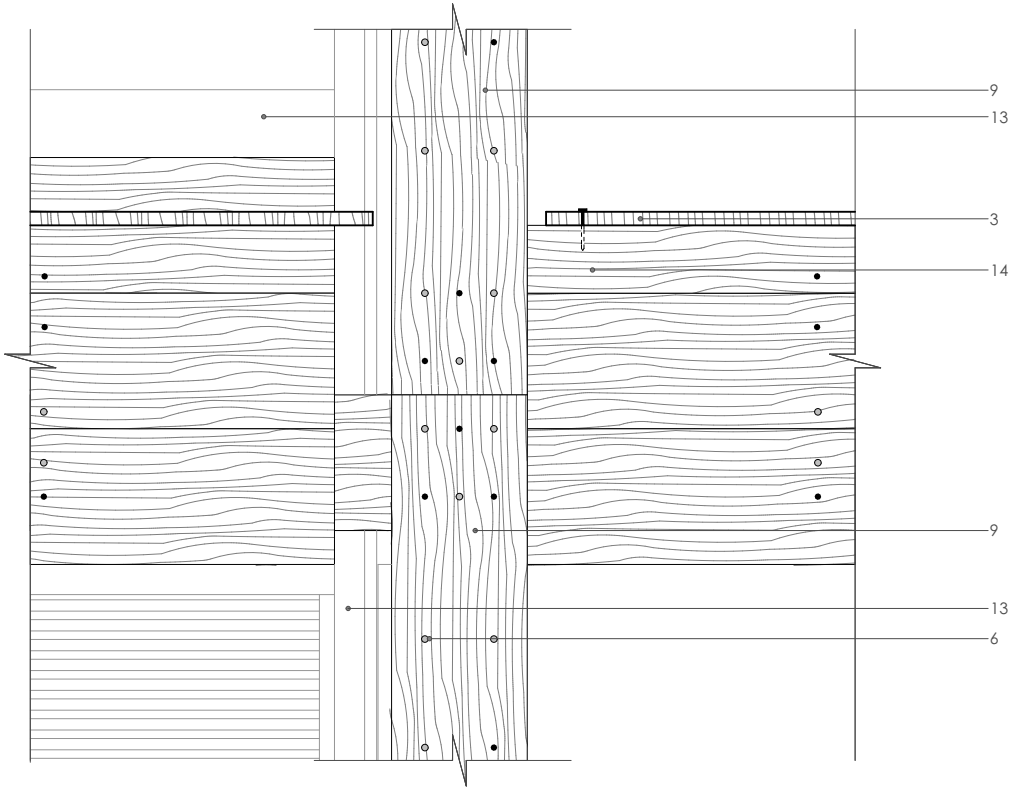
Sección Constructiva lateral **SC3**
esc 1:50



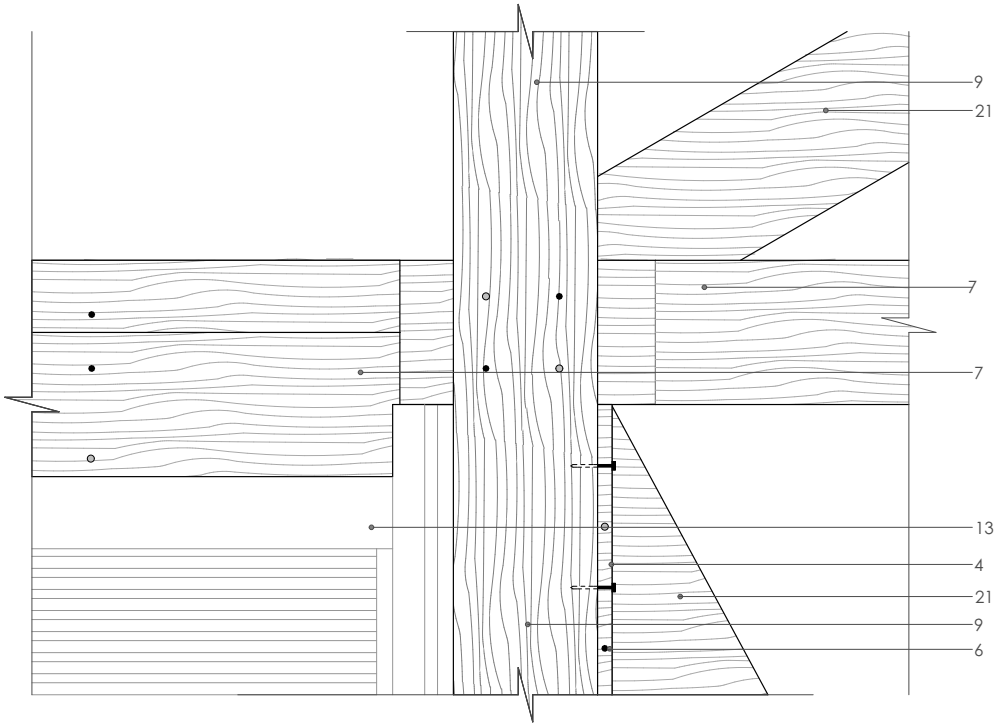
Sección Constructiva frontal **SC3**
esc 1:50



Detalle **D6**
esc 1:10

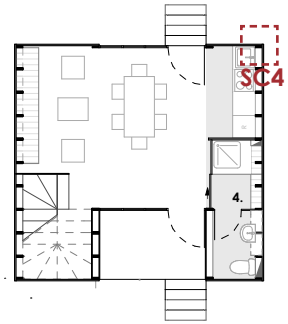


Detalle **D7**
esc 1:10

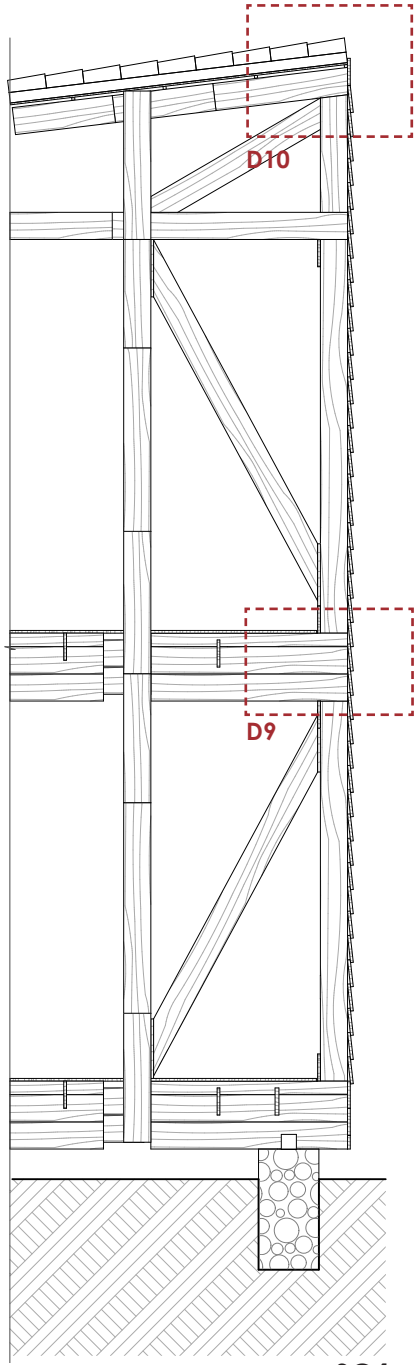


1. Recubrimiento: teja cerámica 10x30x7cm.
2. Plancha de Zinc 304x80cm.
3. Plancha de Contrachapado 244x122x1,8cm.
4. Tiras de madera de Eucalipto 5,4x4cm.
5. Canal metálica: acero galvanizado e: 2mm.
6. Clavo 51x 3,3mm.
7. Pieza inferior de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
8. Cierre: Tabla de madera de Eucalipto 270x18x1,8cm.
9. Pieza de costilla tipo columna, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
10. Vigueta, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
11. Peldaño, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
12. Parante, madera de Eucalipto, sección: 18x4cm.
13. Ventana.
14. Pieza de costilla tipo viga, madera de Eucalipto, sección: 45x5,4cm.
15. Conjunto mecánico: 10x1cm.
16. Ángulo de acero 10x10x0,3cm.
17. Platina de acero 10x0,3cm.
18. Cimiento H°C°: 60% Canto rodado d=15cm, 40% hormigón f´c= 210 Kg/cm^2
19. Varilla acero f'y=4200 kg/cm. Ø =12mm.
20. Pieza superior de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
21. Pieza diagonal de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
22. Larguero interno, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.

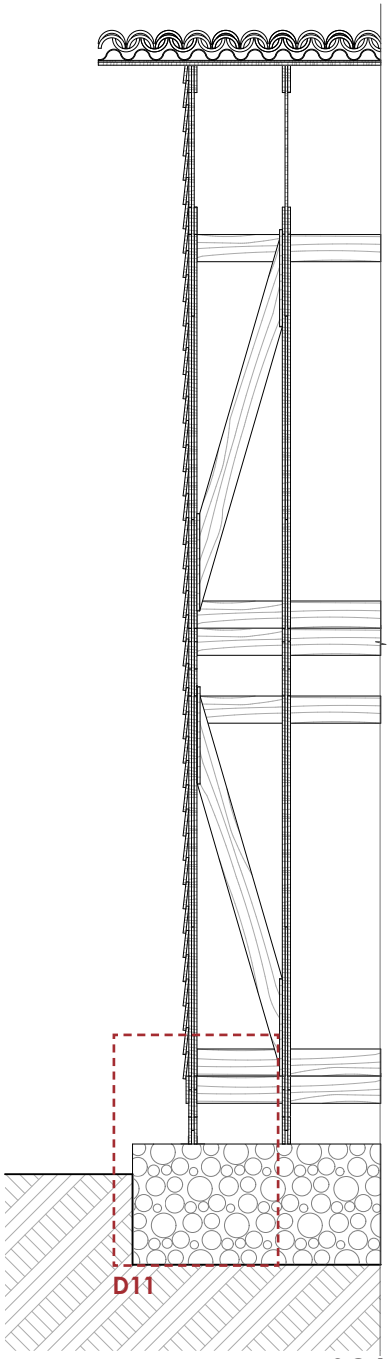
Detalle **D8**
esc 1:10



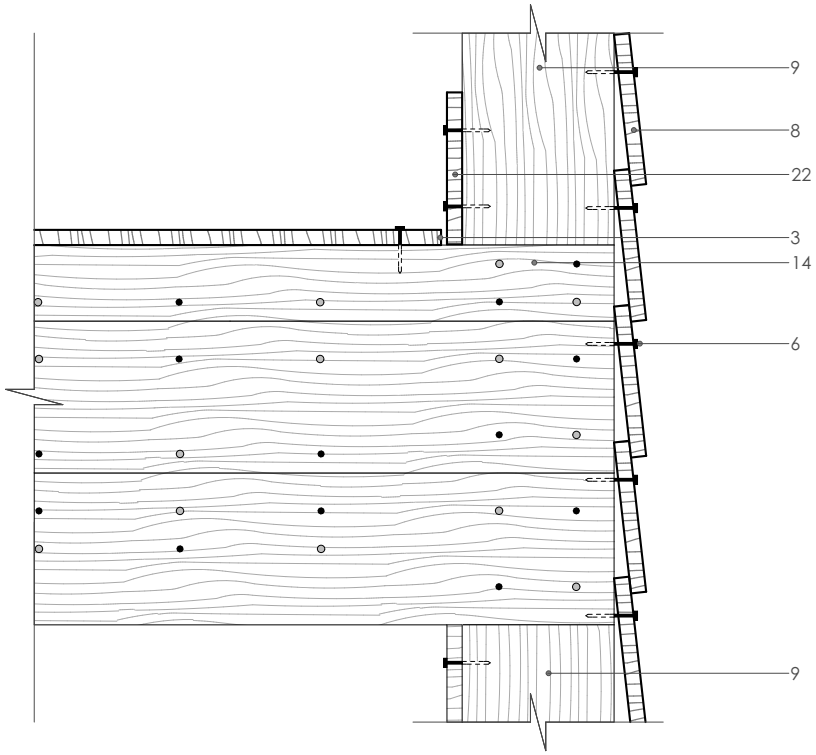
Planta baja
esc 1:200



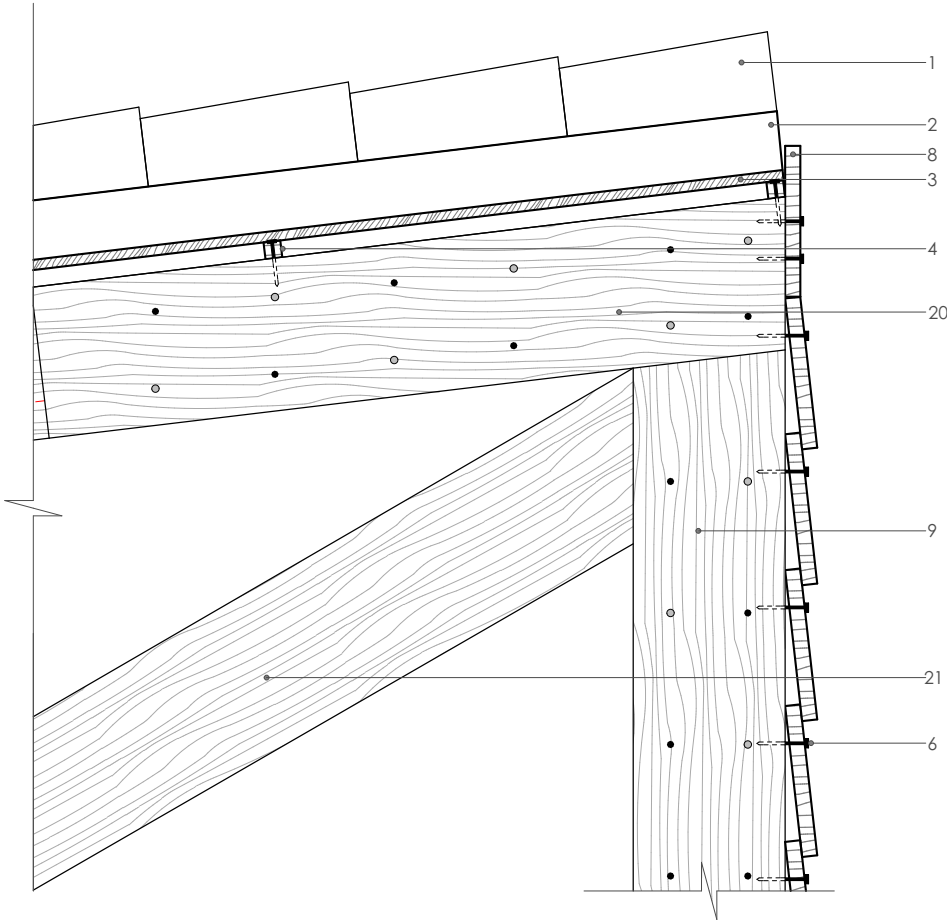
Sección Constructiva frontal **SC4**
esc 1:50



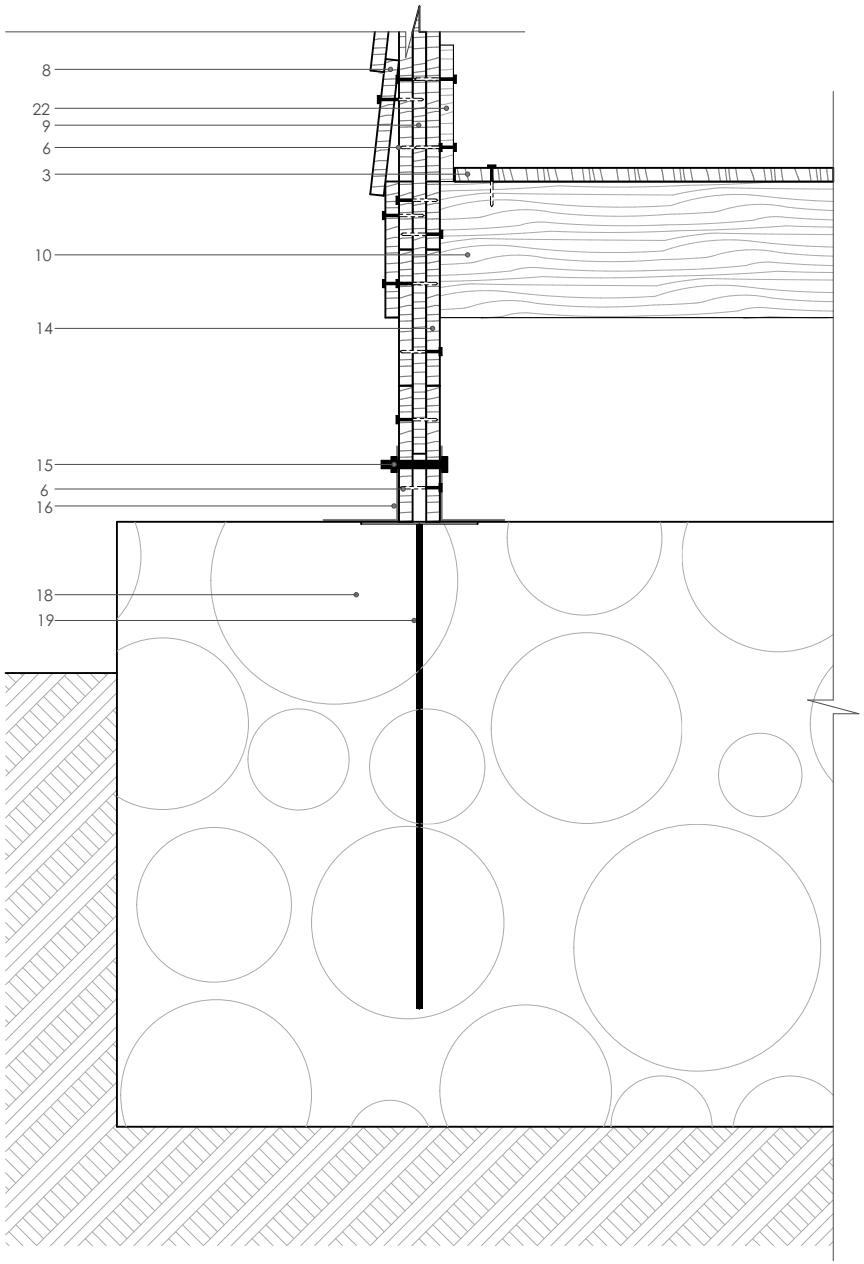
Sección Constructiva lateral **SC4**
esc 1:50



Detalle **D9**
esc 1:10

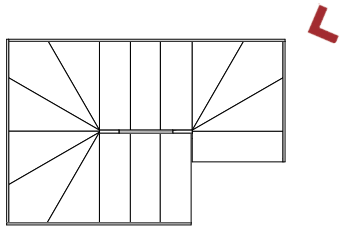


Detalle **D10**
esc 1:10

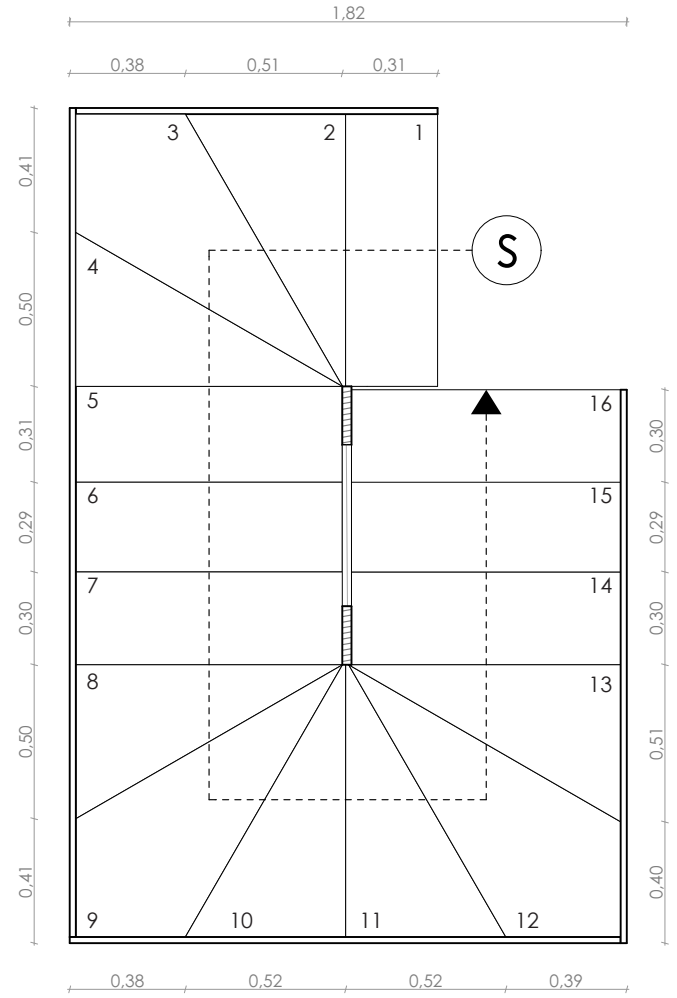


Detalle **D11**
esc 1:10

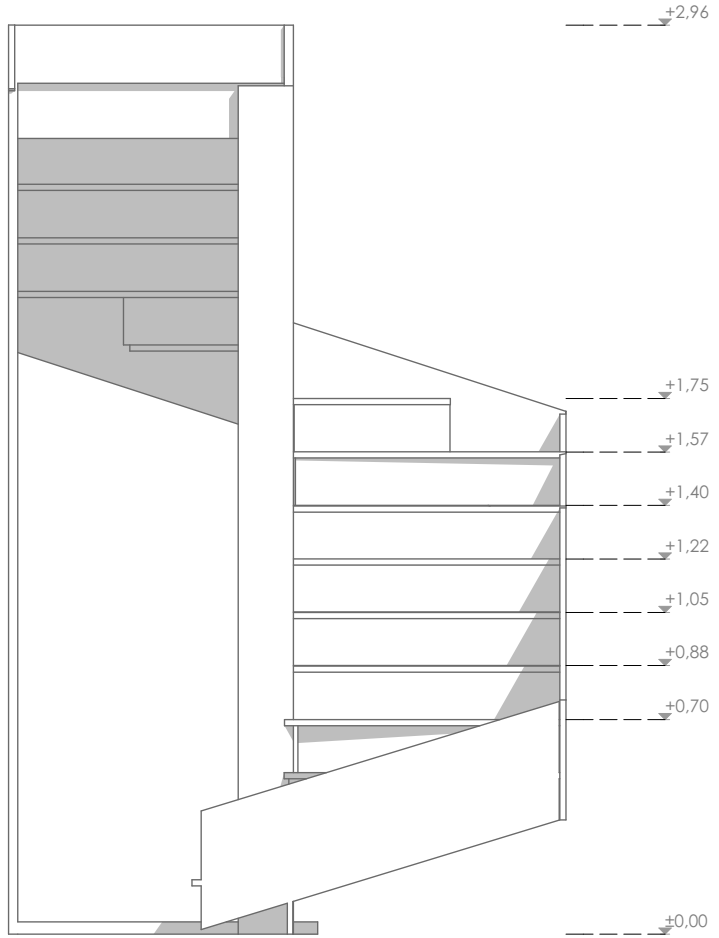
1. Recubrimiento: teja cerámica 10x30x7cm.
2. Plancha de Zinc 304x80cm.
3. Plancha de Contrachapado 244x122x1,8cm.
4. Tiras de madera de Eucalipto 5,4x4cm.
5. Canal metálica: acero galvanizado e: 2mm.
6. Clavo 51x 3,3mm.
7. Pieza inferior de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
8. Cierre: Tabla de madera de Eucalipto 270x18x1,8cm.
9. Pieza de costilla tipo columna, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
10. Vigueta, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
11. Peldaño, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
12. Parante, madera de Eucalipto, sección: 18x4cm.
13. Ventana.
14. Pieza de costilla tipo viga, madera de Eucalipto, sección: 45x5,4cm.
15. Conjunto mecánico: 10x1cm.
16. Ángulo de acero 10x10x0,3cm.
17. Platina de acero 10x0,3cm.
18. Cimiento H°C°: 60% Canto rodado d=15cm, 40% hormigón f´c= 210 Kg/cm^2
19. Varilla acero f'y=4200 kg/cm. Ø =12mm.
20. Pieza superior de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x5,4cm.
21. Pieza diagonal de costilla tipo cercha de cubierta, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.
22. Larguero interno, madera de Eucalipto, sección: 18x1,8cm.



Planta baja **Escaleras**
esc 1:200

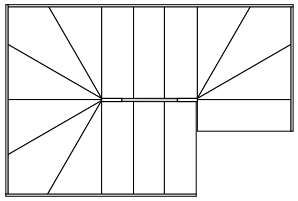


Planta arquitectónica **Escaleras**
esc 1:20

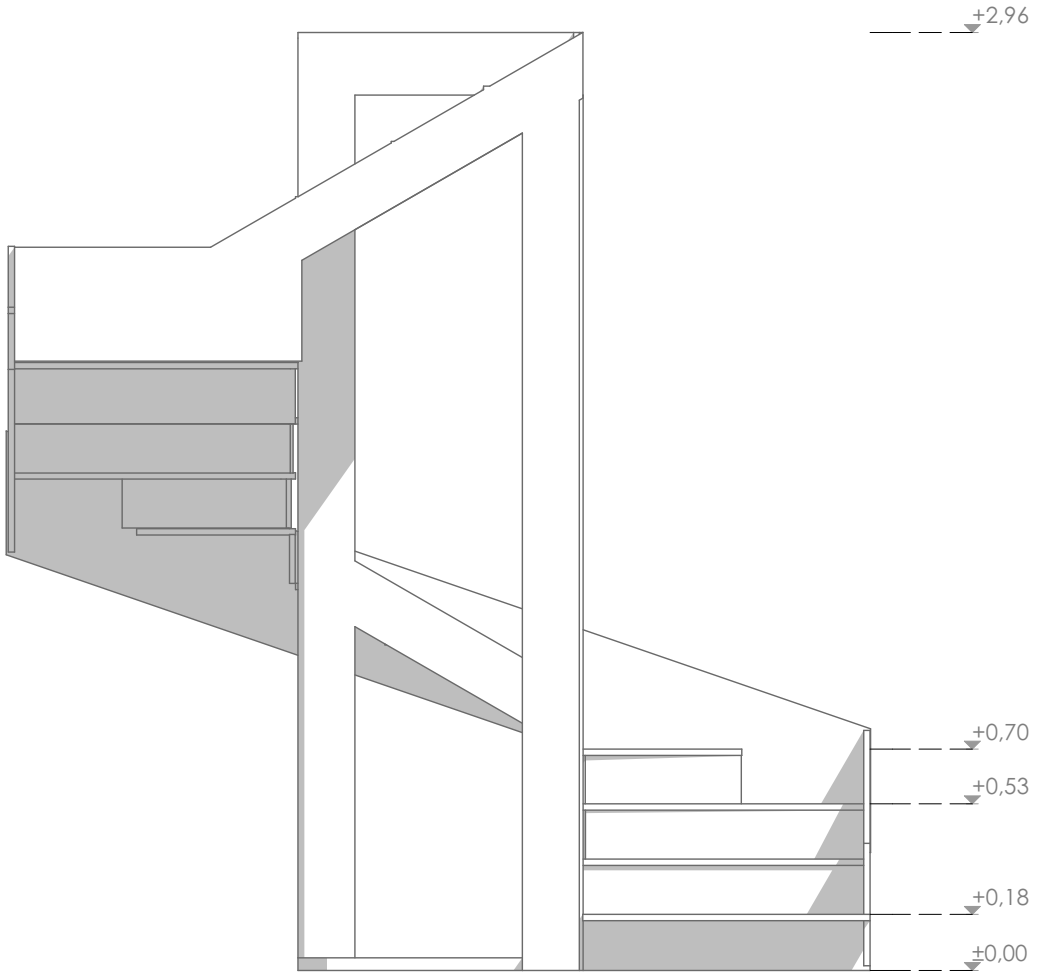


Elevación Frontal **Escaleras**
esc 1:20

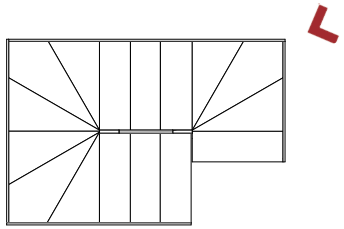
Luis Antonio Fernández Parra - Cristina Gabriela Lucero Poblete



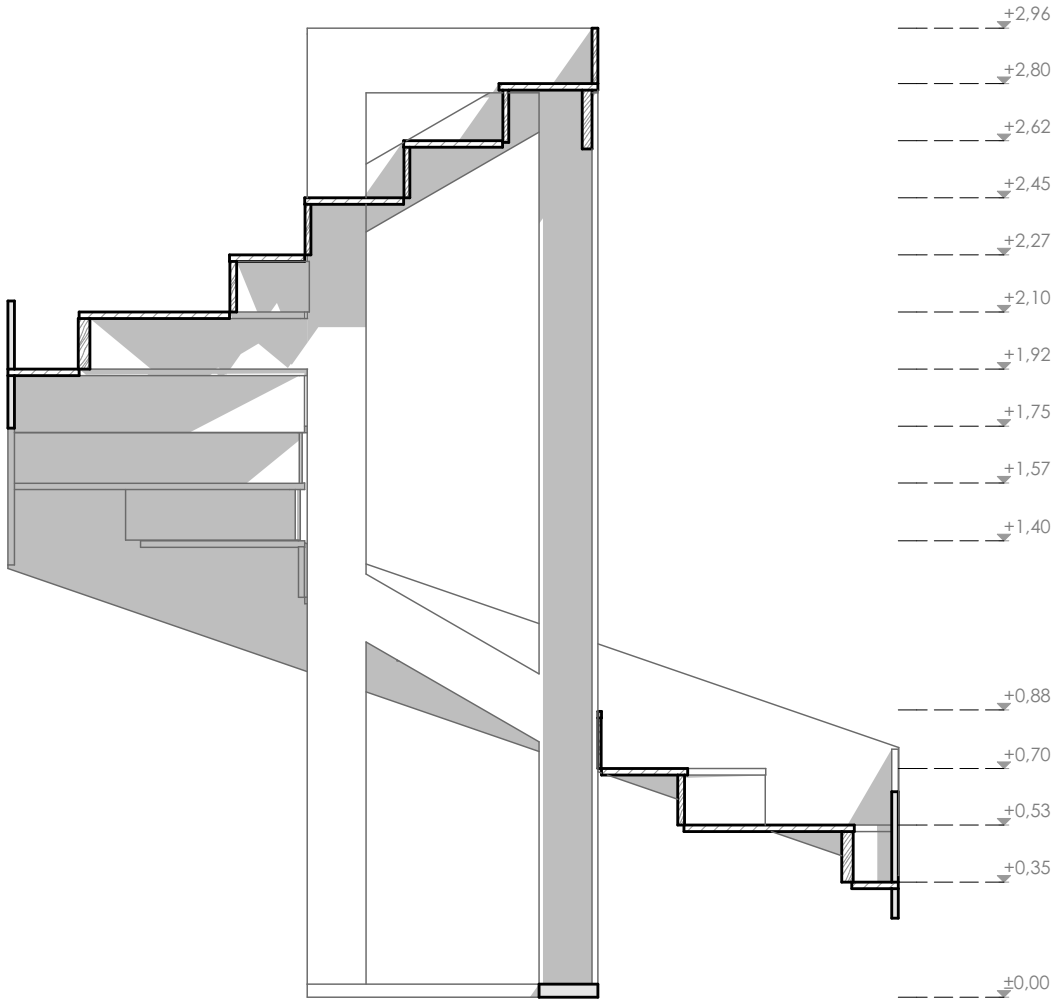
Planta baja **Escaleras**
esc 1:200



Elevación Lateral **Escaleras**
esc 1:20

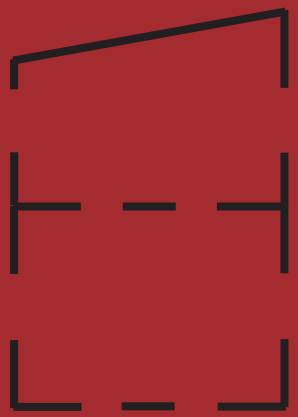


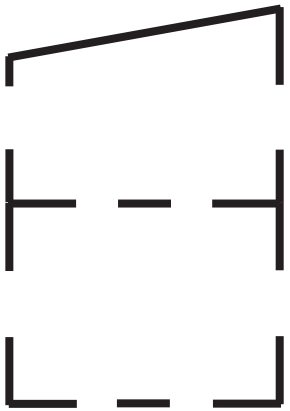
Planta baja **Escaleras**
esc 1:200

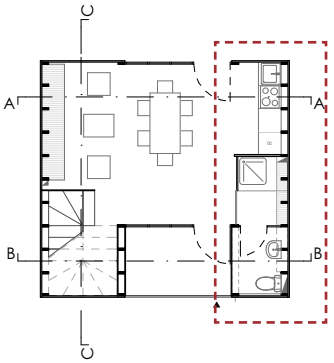


Sección **Escaleras**
esc 1:20

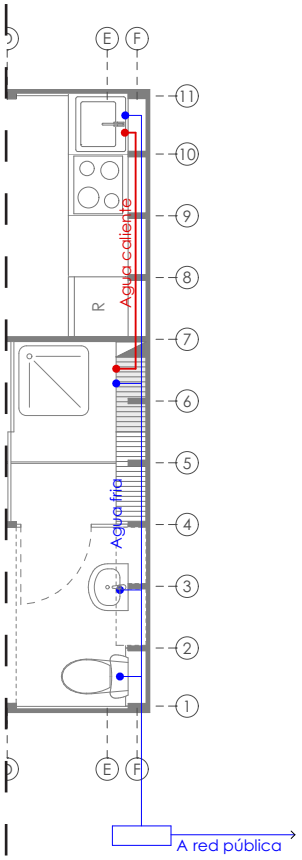
d. PLANTAS DE INSTALACIONES



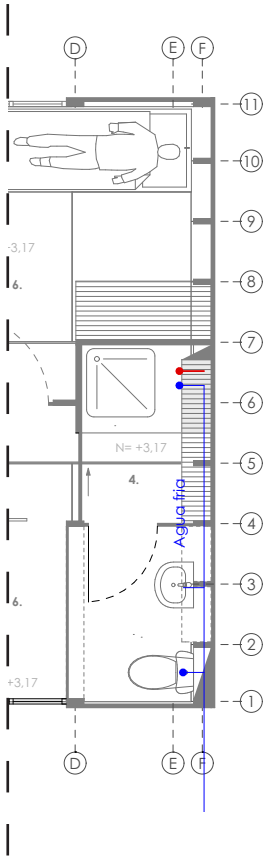




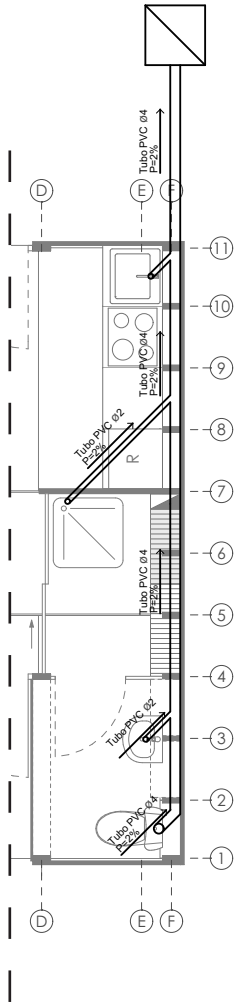
Planta arquitectónica
esc 1:200



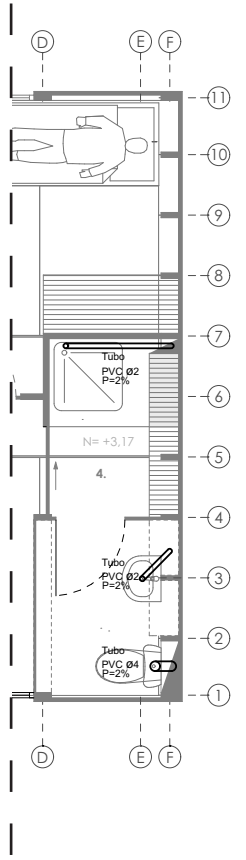
Planta **baja**
instalaciones de agua
esc 1:75



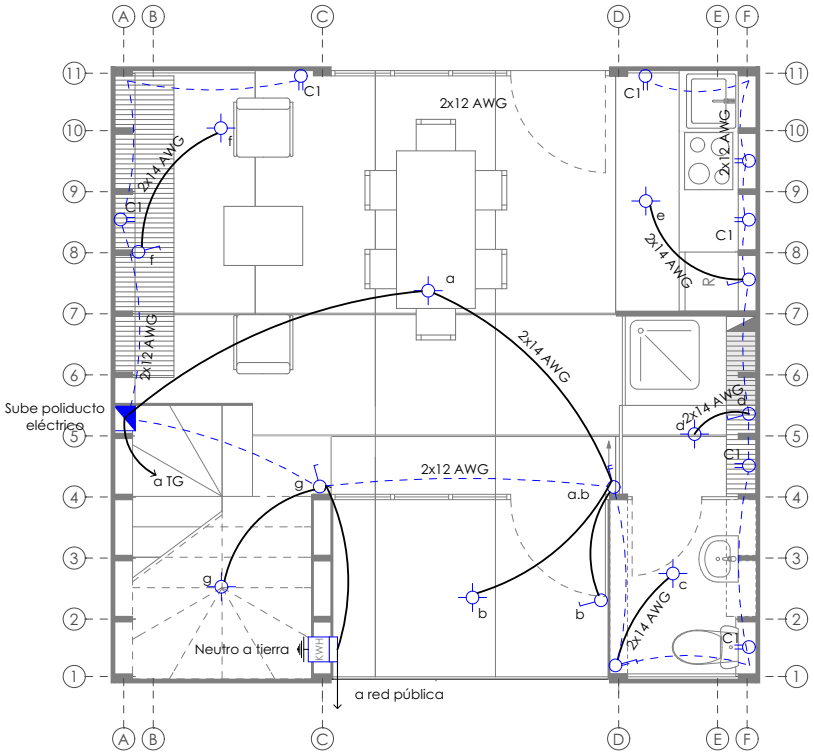
Planta **alta**
instalaciones de agua
esc 1:75



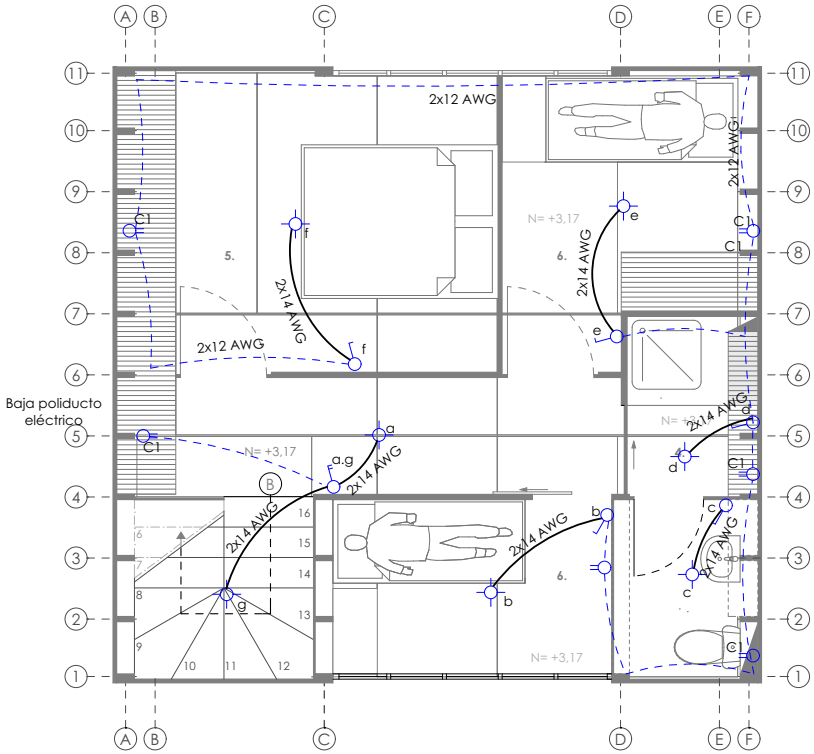
Planta **baja**
instalaciones sanitarias
esc 1:75



Planta **alta**
instalaciones sanitarias
esc 1:75

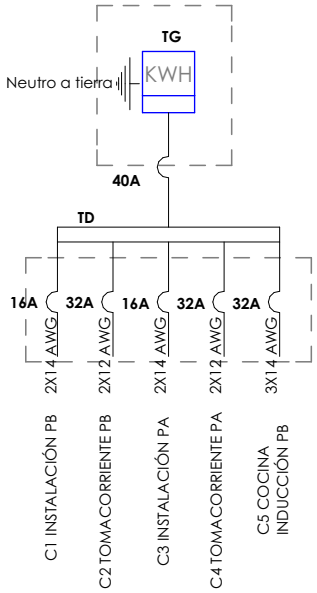


Planta **baja**
instalaciones eléctricas
esc 1:75



Planta **alta**
instalaciones eléctricas
esc 1:75

Diagrama **Unifilar**



Simbología

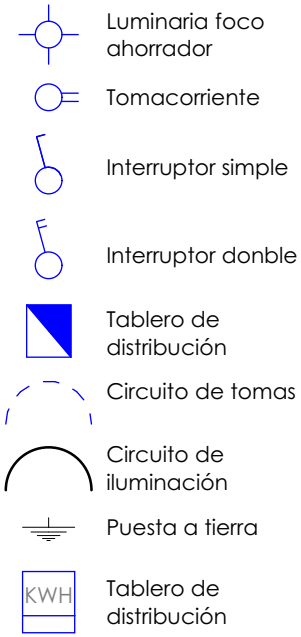
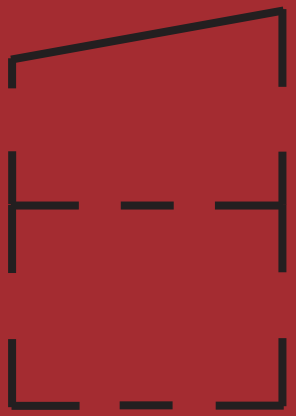
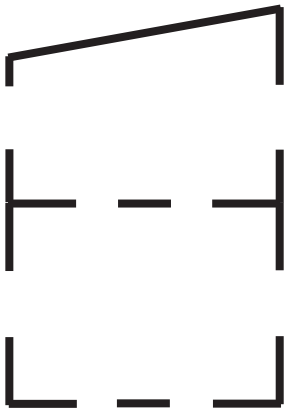


Tabla de **Cargas**

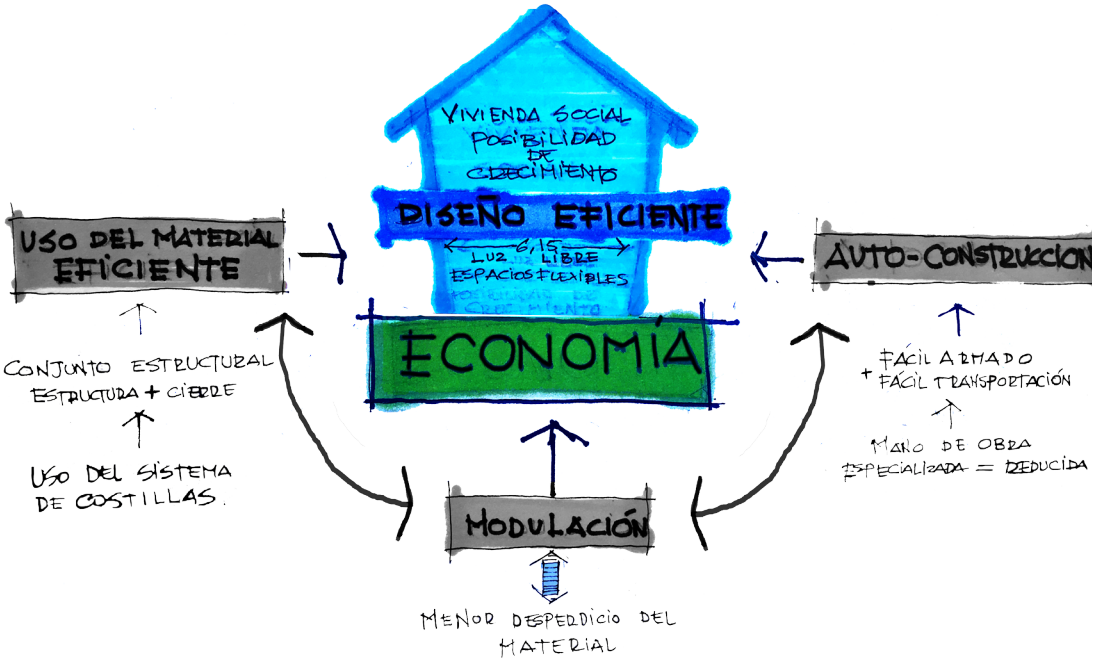
Circuito	# C	Protección	Calibre	Potencia
Iluminación PB	C1	32A	2*14 de AWG	700w
Tomacorrientes PB	C2	16A	2*12 de AWG	1200w
Iluminación PA	C3	32A	2*14 de AWG	500w
Tomacorrientes PA	C4	16A	2*12 de AWG	800w
Cocina de inducción	C5	32A	3*14 de AWG	220w
			TOTAL	3420w

e. PERSPECTIVAS





Proceso **Metodológico de la propuesta estructural**



Proceso **Constructivo**

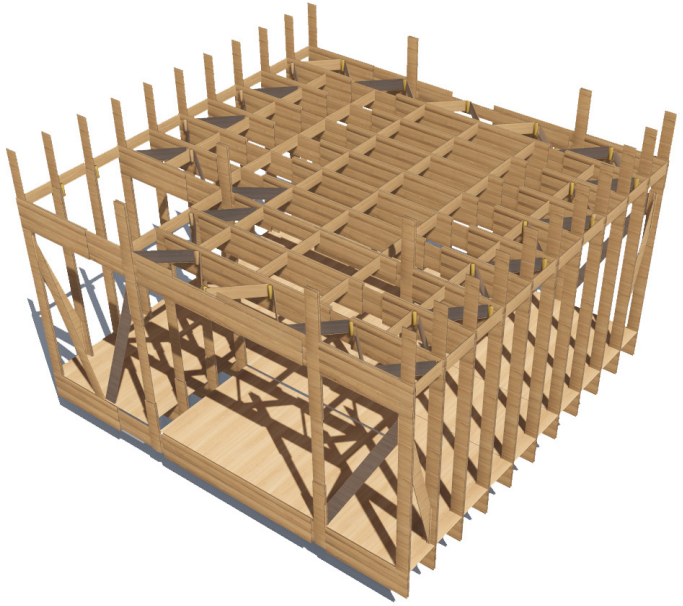
1 Cimentación

2 Costillas contrapiso - planta baja

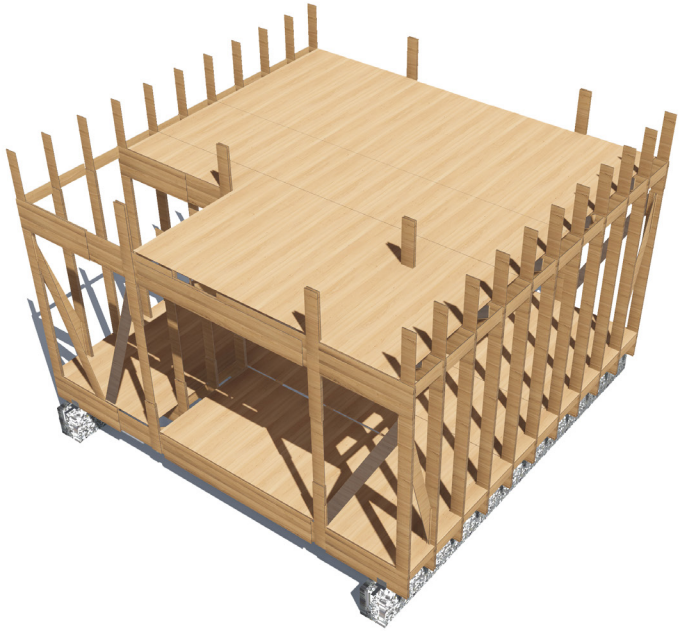
3 Entramado contrapiso

4 Diagonales - planta baja

5 Planchas de contrachapado - contrapiso



6 Entramado entrepiso



7 Planchas de contrachapado - entrepiso

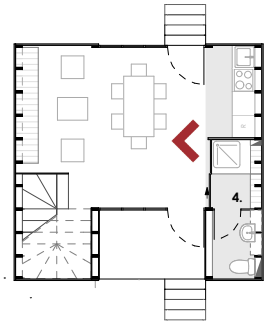
8 Costillas entrepiso - planta alta

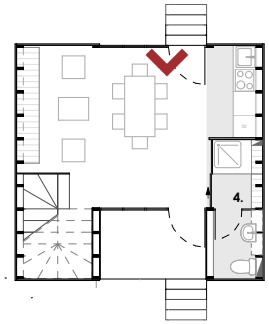
9 Diagonales - planta alta

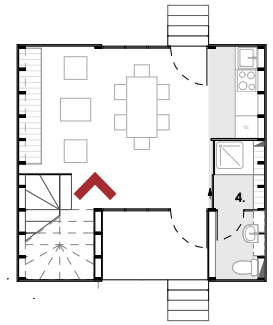
10 Entramado de cubierta

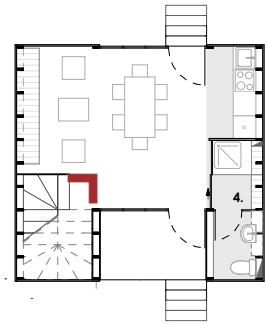
11 Cerramientos exteriores

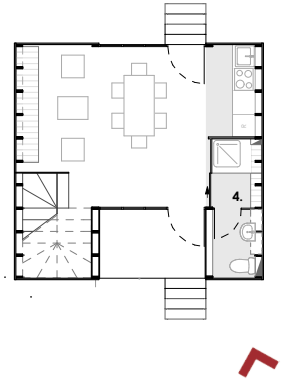
12 Cerramiento de cubierta y cerramiento de ventanas

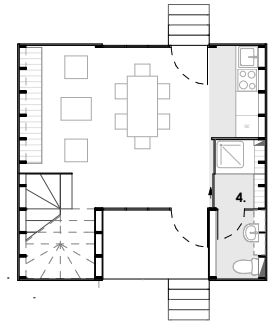

4.

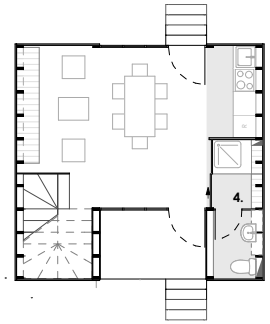


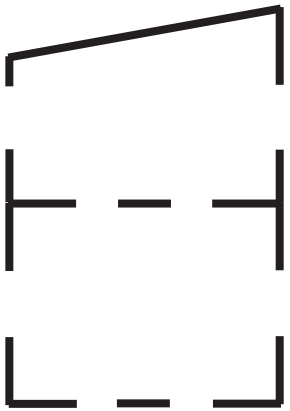

4.


4.


4.


4.


4.



3.4 Conclusiones

- El sistema diseñado se logró estabilizar por el trabajo en conjunto de todos sus elementos conformantes, por lo que se debe tener en cuenta que no se puede prescindir de ninguno de las piezas que estructuran el sistema tanto de costillas y cerramiento exterior como del entramado de pisos.

- Se considera que la estructura del sistema de costillas, permite una optimización en el uso de la materia prima, ya que las partes que conforman la edificación son construidos mediante elementos de secciones laminares y se utilizan piezas de madera con un máximo de dos cortes en su formato de venta, lo que permite fácil transportación.

- Es de gran aporte la metodología aplicada para abordar la resolución del sistema constructivo, planteada desde un diseño eficiente por el uso del sistema de costillas, que considera:
  1) El material por la eficiencia de trabajo ante solicitaciones,
  2) La modulación como herramienta para evitar desperdicio y proveer una facilidad de armado,
  3) La autoconstrucción a través del empleo de técnicas sencillas de construcción y el poco labrado de las piezas de madera con las que se construye.
  Con estos aspectos, se ha comprobado la hipótesis que fue planteada en un inicio.

- El área de toda la vivienda está constituida por 6 módulos compuestos por cierre exterior y costillas con elementos laminares en madera, dispuestos sucesivamente y dimensionados desde las planchas de contrachapado de 122x244cm, lo que permite que la vivienda pueda ser ampliada con la adición de módulos.

- Para abaratar costos en la construcción del prototipo, se ha reemplazado el cierre exterior de contrachapado por tablas de Eucalipto, pues el empleo de estas planchas aumenta considerablemente los costos, pero se pueden manejar cualquiera de éstos dos materiales mencionados, pues la correcta modulación adoptada, permite la flexibilidad de emplear cualquiera de los dos tipos de materiales mencionados, sin afectar la estabilidad de la edificación.

- El sistema constructivo de costillas propuesto es completamente autoconstruible, teniendo en cuenta que las piezas conformantes de las costillas diseñadas pueden ser prefabricadas para agilizar tiempos de construcción.

- El desarrollo del prototipo a escala 1:2 ayudó a comprobar la eficacia de ejecución en obra, por lo que se necesita un total de 4 personas para levantar la vivienda en su totalidad, teniendo en cuenta que dichas personas no presentan conocimientos técnicos previos, por lo que se verificó la posibilidad de la autoconstrucción, siendo esto aplicable a un modelo a escala real.

- A través de las pruebas experimentales realizadas al prototipo a escala 1:2, se determinó que éste tiene una capacidad superior a lo estipulado en la NEC. Las pruebas se llevaron a cabo hasta que el modelo soportó 301 kg/m^2 , este valor es superior a lo que la norma exige que es de 200 kg/m^2, de esta manera se obtuvo una carga total distribuida de 542kg. Es así que se demostró que es una edificación estable y segura para su uso.

- La edificación tiene un área total de 82,40 m^2, desarrollada en dos plantas, con una capacidad de albergar a una familia de 6 personas.

- La capacidad portante final de todo el sistema es de un total de 33.811,92 kg, con una carga de 940kg/m^2, y permitiendo una luz máxima entre apoyos de 6,15m.

3.5 Bibliografía

LIBROS

Rodas Andrade, H. (2014). *Prediseño de elementos estructurales de madera. Estructuras 1 apuntes de clases.* Cuenca - Ecuador.

Samper, G. (2002). *Reflexiones sobre el Hábitat Popular*. México D.F: EXPO CIHAC.

TIMOSHENKO, S. P. (1957) *Resistencia de Materiales, Tomo 1.* Madrid - España.

TESIS

Alvarez, P. Proaño, D. (2010). La vivienda económica: aproximación desde la arquitectura. Utilización de elementos multiuso y flexibles, construidos con materiales de fácil obtención. (Tesis de Maestría). Universidad de Cuenca

Chérrez, K. Maldonado, M. Pozo, G. (2015). DISEÑO DE NÚCLEO BÁSICO CON EL PRESUPUESTO DEL BONO DE LA VIVIENDA Y SU POSTERIOR CRECIMIENTO. <<FORMAS DE HABITAR, CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE>> (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca.

Culcay, M. Maldonado, M. (2015). Prototipo de vivienda social sostenible diseño de una vivienda de interés social de clima frío para la ciudad de cuenca (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca.

Enriquez, M. (2014) Reforzamiento estructural para forjados de madera en edificaciones patrimoniales y contemporáneas (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca.

Vacacela Albuja, N. P. (2015). PANELES DE BAHAREQUE PREFABRICADO Y APLICACIÓN A UNA VIVIENDA (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca.

REVISTAS

Bravo, I., Seco, E. (1988). La unión en arquitectura. *Tectónica, monografías de arquitectura, tecnología y construcción, 1988*(07), pp.20 -pp.55

PÁGINAS WEB

(2011, January 07). En 2011 se construirá vivienda económica. Retrieved from El Mercurio website: http://www.elmercurio.com.ec/265089-en-2011-se-construira-vivienda-economica/#.VBEnHPmSz0Y

(2016, November 25). Geodesic lines for timber rib shells. Retrieved from LABORATORY FOR TIMBER CONSTRUCTIONS IBOIS website: http://ibois.epfl.ch/page-10893-en.html

(n.d.). Información y requisitos para acceder al bono de vivienda urbana. Retrieved from Sistema de incentivos de vivienda

website: http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/Folleto-info-y-requisitos-bono.pdf

(n.d.). Lista de proyectos. Retrieved from www.emuvi.gob.ec website: http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/Folleto-info-y-requisitos-bono.pdf

(n.d.). Veneer house project. Retrieved from Veneer House Project website: http://www.german-architects.com/en/projects/49304_Veneer_House_Project

PONENCIA RECUPERADA ON-LINE

Aravena, A. (diciembre, 2013). FIVS 2013 Conferencia Arquitecto Alejandro Aravena (Chile). Foro Internacional de vivienda sustentable, Vivienda Social Intraurbana, Mérida Yucatán. Extraído el 06 de julio del 2016: https://www.youtube.com/watch?v=tGO40uxu6XU

NORMAS DE CONSTRUCCIÓN

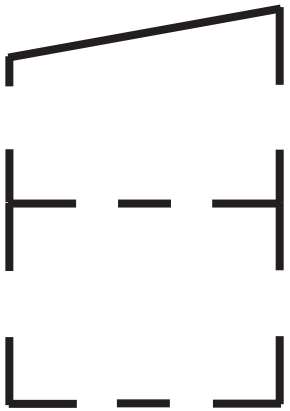
Instituto Ecuatoriano de Nromalización (INEN). "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES. REQUISITOS". Quito-Ecuador: 2009.

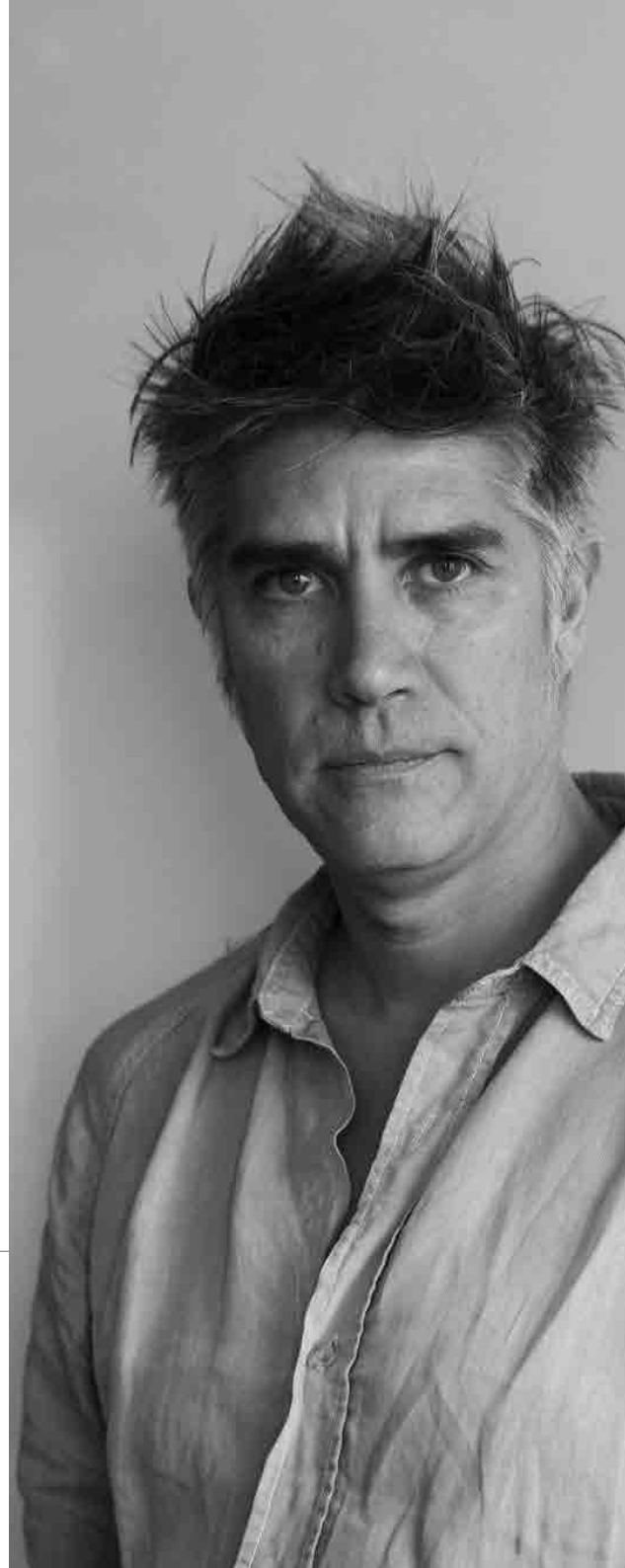
Junta del acuerdo de Cartagena (PADT REFORT)."Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino". Lima-Perú: 1984.

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11). "Cargas y materiales". Quito-Ecuador: 2011.

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11). "Diseño Sismo resistente''. Quito-Ecuador: 2011.

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11). "Estructuras de Madera''. Quito-Ecuador: 2011.





"...Cuando no tienes la capacidad de contestar preguntas nuevas,
entonces estas obligado a innovar..."

Alejandro Aravena

CAPÍTULO IV

Presupuesto y Manual Constructivo

4.1 Presupuesto final del sistema estructural

Las cantidades de obra del sistema estructural propuesto, han sido diseñadas y calculadas de tal manera que se optimice materiales a través de la modulación de los formatos en los que se expenden la madera, empleando la menor cantidad de recursos tanto en herramientas utilizadas como en la materia prima en sí.

Una de las estrategias esenciales para minimizar costos, es el uso de la madera de Eucalipto en la conformación de las costillas y cerramientos de la edificación. Ésta especie se expende en grandes cantidades en el mercado, por ello se economiza en el transporte de la misma.
Al ser una madera muy utilizada en la construcción, es de fácil manipulación para los usuarios, además presenta buen comportamiento estructural.

El diseño presenta eficiencia y facilidad de puesta en obra, por lo que se economiza y se prescinde el uso de maquinaria pesada para su emplazamiento en el lugar.

Es así, como se puede verificar que todos los materiales utilizados en el sistema, muestran buen comportamiento estructural y economía, presentando facilidad de traslado y de colocación.

En el presupuesto realizado, se han consideraron todos los rubros con costo de mano de obra (Anexos Capítulo IV), sin embargo se pretende que el diseño para el sistema estructural propuesto, sea objeto de autoconstrucción por parte de los usuarios, por lo tanto el presupuesto final calculado puede ser reducido al considerar ésta opción. Sin embargo, se expone el precio significativo que representa la mano de obra pues el tiempo que los usuarios invierten representa un costo para la familia.

Se obtiene así un costo final de la vivienda de $11756,84 por lo tanto para el área total de la vivienda de 82,40m^2, el costo por m^2 es de $142,68 (Tabla 01).

El presupuesto obtenido abarca la vivienda en su totalidad, concebida en dos plantas cubriendo estructura, cerramientos e instalaciones, teniendo como consecuencia una vivienda lista para su habitabilidad. De esta manera se produce una vivienda social productiva, que permite dar cabida a un máximo de 6 personas, y con la posibilidad de futuras ampliaciones de acuerdo a la productividad economía de cada familia.

PRESUPUESTO DE SISTEMA ESTRUCTURAL DE COSTILLAS CON ELEMENTOS LAMINARES DE MADERA					
Rubro	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**P. Unitario**	**Total**
1	**OBRAS PRELIMINARES**				
1,1	Replanteo	m2	40,33	0,62	25,17
2	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**				
2,1	Excavación manual en suelo	m3	4,21	8,86	37,29
3	**CIMENTACIÓN**				
3,1	Cimientos de Hormigón Ciclópeo 60% HS y 40% piedra	m3	4,211	96,93	408,18
3,2	Anclaje de costillas	u	22,00	13,03	286,58
4	**ESTRUCTURA**				
4,1	Costillas laminares - madera de eucalipto 1,8x18x270cm TIPO 1	u	6	152,93	917,60
4,2	Costillas laminares - madera de eucalipto 1,8x18x270cm TIPO 2	u	3	179,02	537,06
4,3	Costillas laminares - madera de eucalipto 1,8x18x270cm TIPO 3	u	2	150,26	300,53
4,4	Largueros - madera de eucalipto 1,8x18x270cm	ml	9,72	2,65	25,79
4,5	Forjado de piso - madera de eucalipto 1,8x18x270cm	m2	80,67	26,87	2167,73
4,6	Cierre - madera de eucalipto 1,8x18x270cm	m2	137,01	5,41	741,32
5	**CUBIERTA**				
5,1	Forjados de cubierta	m2	49,38	17,96	886,83
5,2	Recubrimiento de teja	m2	49,38	11,50	567,80
6	**CARPINTERÍAS**				
6,1	Ventana y puerta de acceso de madera (h= 2,52). Frontal/posterior. Armado/colocación	u	2	186,41	372,81
6,2	Ventanas planta alta TIPO 1 (h=2,43), frontal. Armado y colocación	u	2	140,35	280,71
6,3	Puerta corrediza. Armado y colocación	u	3	56,49	169,48
6,4	Puerta de ingreso. Armado y colocación	u	2	70,14	140,28
6,5	Puerta bodega. Armado y colocación	u	1	47,39	47,39
6,6	Panelado interior planta baja y alta. Armado y colocación	ml	9,68	41,35	400,25

7	**PIEZAS SANITARIAS Y ACCESORIOS DE BAÑO**				
7,1	Fregadero de platos de 40x50 cm,incluye grifería y accesorios	u	1	47,42	47,42
7,2	Inodoro blanco tanque bajo incluye accesorios	u	2	75,42	150,84
7,3	Lavabo blanco Incluye grifería y accesorios	u	2	65,76	131,53
7,4	Ducha eléctrica automática	u	2	29,30	58,60
8	**INSTALACIONES Y AGUA POTABLE**				
8,1	Punto de agua potable incluye llave de control	pto	4	25,87	103,49
8,2	Tubería de agua servida PVC 4"	ml	10	6,57	65,68
8,3	Punto de agua servida	pto	4	33,92	135,68
8,4	Tubería de agua potable 1/2" (tubería roscable)	ml	10,5	1,80	18,89
8,5	Pozo de revisión, de 40x40 cm. con tapa de H° A°, enlucido interior	u	1	34,94	34,94
9	**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**				
9,1	Punto de tomacorriente 110 V	pto	11	32,41	356,51
9,2	Punto de tomacorriente 220V- Cocina eléctrica	pto	1	23,00	23,00
9,3	Puntos de luz	pto	13	25,21	327,74
9,4	Tablero de distribución y disyuntores termomagnéticos	u	1	98,47	98,47
10	**MOBILIARIO**				
10,1	M01 Grada y espacio de almacenamiento	u	1	59,11	59,11
11	**PROTECCIÓN DE LA MADERA**				
11,1	Tratamiento antipolillas para elementos de madera	m2	255,47	2,24	572,47
				SUBTOTAL	10497,18
				IVA 12%	1259,66
				COSTO TOTAL	**11756,84**

01

Costo total por **m2= 142,68**

Tabla 01: Presupuesto final de vivienda propuesta con la aplicación del sistema estructural de costillas laminares, Cuenca 2016.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

4.1.1 Análisis de costos

El sistema propuesto genera un gran ahorro económico en comparación con los sistemas tradicionales, en especial para el grupo al cual va dirigida la vivienda social. Esto se lleva a cabo mediante la efectividad en el uso de los materiales en cuanto a costos y ejecución, especialmente por el empleo de la autoconstrucción, ésta estrategia es fundamental para abaratar el proceso de edificación de la vivienda.

Es por esto, que se ha realizado un análisis de costos de los rubros que intervienen en la construcción del sistema estructural, contrapuesto con los precios obtenidos en las tesis que anteceden a ésta investigación, así como también a las viviendas propuestas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

El costo de la vivienda denominada "Núcleo básico" presenta un valor por m^2 de $194, dicha cantidad incluye mobiliario básico para almacenamiento de utensilios, ropa y otros artículos, teniendo como precio final de la edificación $14544,43, de éste valor, $6080,66 fueron empleados en la estructura de la misma.
Mientras que, en el presupuesto planteado en esta investigación, se determina que del costo final de la vivienda (Tabla 01), $3796,72 fueron empleados en la estructura de la edificación, por lo que existe un ahorro significativo al emplear el sistema estructural de costillas laminares en la vivienda social.

En cuanto a la vivienda propuesta por el MIDUVI, se debe tener en cuenta que dicha edificación cuenta con un área inicial de $36m^2$ y no abarca terminados como enlucido, cielo raso y carpinterías interiores, aún así el costo por m^2 oscila entre los $272.

Otro aspecto relevante es el área que se propone en dichas viviendas, comparadas con las de la propuesta, pues se dice que una familia tipo vive bien entorno a los $80m^2$ (Aravena, A. ponencia FIVS 2013), área que se supera y se propone mediante la aplicación del sistema de costillas laminares desarrollado.

PROYECTO	ÁREA m2	COSTO TOTAL	COSTO POR m2
Núcleo Básico in.Lab Cuenca	64	14544	227,25
Vivienda de Interés Social in.Lab Cuenca	140	9873	70,52
Vivienda propuesta por el MIDUVI	36	9790,8	271,97
Propuesta Sistema estructural de Costillas laminares en madera	**82,40**	**11756,84**	**142,68**

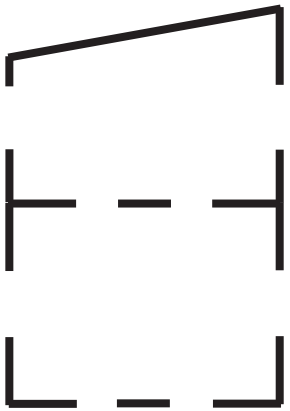
02

Tabla 02: Tabla comparativa de costos de construcción de Viviendas de Interés Social, según áreas de construcción por metro cuadrado.
Elaboración: Luis Fernández - Cristina Lucero
2016

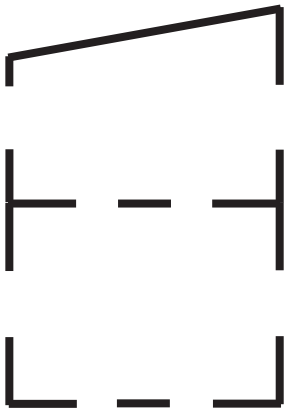
4.2 Desarrollo del manual constructivo del sistema estructural de costillas

4.2.1 Especificaciones técnicas de construcción

Revisar "Manual de Construcción del Sistema estructural de costillas con elementos laminares de madera SC01: Vivienda Social in.Lab Cuenca"



Conclusiones



Ventajas

En base a la investigación desarrollada, se ha adoptado ciertas posturas por parte del grupo de tesis, donde se concluye que los sistemas constructivos que son empleados en soluciones a nivel de país y ciudad no se divisa innovación. Las edificaciones son diseñadas por sistemas constructivos comunes, y ejecutando los cierres mediante bloque o ladrillo, lo que se afirma que es el principal factor que provoca precios elevados para el sector social al cual va dirigida. Se encuentra que éstas no son soluciones efectivas, a diferencia de la propuesta que se ha desarrollado en la investigación.

La inexistencia de innovación, en sistemas constructivos que apliquen materiales locales, recae en costos de construcción aún altos, por lo que, la solución apunta a **innovar tecnológicamente**, manteniendo espacios adecuados para las diversas actividades que se desarrollan dentro de una vivienda.

- Se determina que la madera que se expende en el mercado de Cuenca, es apta para el empleo en estructuras dentro de la construcción, siendo **el Eucalipto la madera que mejores condiciones presenta**, tanto económicamente como por eficiencia estructural.

- Se concluye que se pueden lograr luces que brinden versatilidad a la vivienda en general, y en nuestro programa arquitectónico en especial de vivienda social, a través de elementos laminares en madera, logrando abarcar una **luz libre de 6,15m** con **costillas de sección laminar de 5,4cm** de espesor.

- La **modulación** del material con el que se construye, permite que la propuesta pueda ser objeto de procesos de **prefabricación** e industrialización, con facilidad en la ejecución de la obra.

- El sistema de costillas desarrollado es un **sistema que apunta hacia la autoconstrucción** de la vivienda social, pues su armado es de fácil ejecución, en comparación con otros sistemas estructurales empleados en la construcción. Éste aspecto se verificó por el uso y **experimentación** con **elementos laminares en madera,** donde se comprobó que el empleo de éste tipo de elementos es totalmente viable, ya que mediante la concreción del prototipo a escala 1:2 se pudo comprobar la eficacia de puesta en obra, el fácil traslado de materiales y la economía del mismo.

- Se da la posibilidad que usuarios sin conocimientos previos en construcción, y con **dirección técnica de un manual** que guíe paso a paso la edificación, puedan fabricar la vivienda con materiales económicos y herramientas sencillas.

- Se logra la **libertad de ampliar la vivienda** concebida, según la conveniencia de su uso y necesidades productivas de los usuarios mediante la implementación de módulos de costillas en sentido longitudinal.

- El presente estudio ha tenido como resultado una vivienda en donde el **costo final** se encuentra en **$142,68 por m²** (sabiendo que se pudiera exceptuar la mano de obra al ser autoconstruible), del costo final de la vivienda (Capítulo IV - Tabla 01) $3796,72 fueron empleados en la inversión de la estructura de la edificación; obteniendo una propuesta económica y totalmente viable, para una vivienda de dos plantas con un área total **82,40 m²**.

Desventajas

- La introducción de un **nuevo sistema constructivo**, conlleva un **impacto social**, en el que es complicado imponer la innovación en la construcción de la vivienda y que el mismo sea utilizado y replicado por la sociedad.

- Mediante la construcción del prototipo a escala 1:2 se determinó que la **prefabricación de las costillas** agilitaría los tiempos de armado de la edificación, sin embargo este proceso aumentaría los costos de la vivienda.

- Al utilizar **materia prima no procesada,** como es la madera, la exactitud de las piezas puede variar y no se puede prever las posibles deformaciones que sufra durante su construcción.

- La **madera es muy vulnerable al estar expuesta a la intemperie** por lo que se debe tener mucho cuidado al momento de la construcción para prevenir el contacto de las piezas o cualquier parte de la estructura con el agua, o caso contrario las piezas deben ser previamente impermeabilizadas.

Recomendaciones

• El sistema desarrollado al emplear materia prima no procesada, necesita de mantenimiento cada cierto tiempo, para garantizar y alargar su vida útil, por lo que, se recomienda **emplear gasolina de diésel en ciclos de 7 días** hasta el día 21 de construida la edificación, en todos los elementos en los que se ha empleado madera de Eucalipto, para prevenir ataques de insectos. Así también determinó que:

- **el aceite quemado de carro,**
- **la cera de abeja,**
- **la cera de piso diluida,**
- **la gasolina de bunquer de aviones junto con naftalina**, son buenos protectores empleados y tiene una buena penetración, siendo buenos químicos de protección de la madera, al mismo tiempo que ,son los más asequibles en el mercado y han sido empleado ancestralmente en la construcción.

Existen también químicos procesados que pueden ser empleados al inicio de la construcción para evitar el ataque de polillas, la aplicación de éste tratamiento se da mediante especificaciones técnicas del proveedor. El empleo de cualquiera de éstas dos técnicas depende de la economía del usuario, pues se incrementa el costo de la edificación al implementar químicos avanzados, sin embargo cualquiera de las soluciones es efectiva.

• Para el análisis realizado y por motivo de costos se empleó en el **cerramiento vigas de tablas de Eucalipto**, sin embargo la modulación que se empleo en las costillas fue pensada en un principio, en el empleo de **planchas de contrachapado**, por lo que, se pudiera emplear cualquiera de éstas dos soluciones para el cierre de la edificación, teniendo necesariamente que emplear un cerramiento, ya que la propuesta presentada funciona como un sistema constructivo en el que **no se puede prescindir de ninguna de las partes empleadas**.

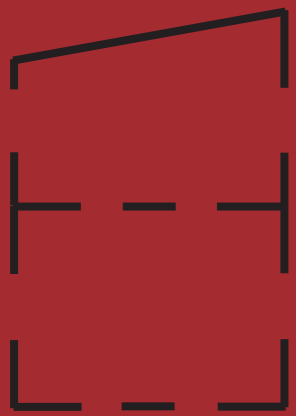
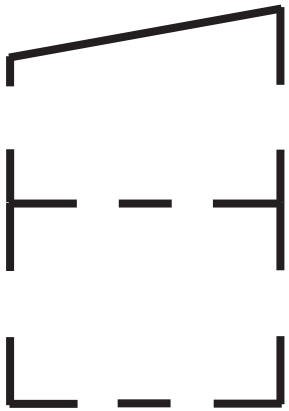
• En cuanto al cerramiento exterior de **cubierta se empleó zinc y teja**, por ser materiales que resultaron ser los más económicos y perdurables en la construcción, sin embargo se puede aplicar cerramientos como **onduline, galvalumen o cualquier otro tipo de cerramiento exterior** que no signifique un peso considerable, que altere la carga la cual soporta la estructura.

• **La vivienda puede ser ampliada** según las necesidades de los usuarios únicamente en **sentido longitudinal** con la adición de módulos de costillas, para ello se debe tener en cuenta el correcto armado sin prescindir de ningún elemento para brindar la continuidad tanto estructural, como funcional a la edificación.

Líneas futuras de investigación

• Queda pendiente la posibilidad de evaluar el sistema concebido, mediante **software avanzados** y especializados en el empleo de la madera, para verificar de diversas maneras el comportamiento de la estructura diseñada, especialmente para casos extremos donde exista la posibilidad de realizar simulaciones poniendo en evidencia el buen comportamiento de la madera ante sismos.

• Se da la posibilidad de que mediante la misma metodología, se pueda concebir nuevas investigaciones que guíen hacia una mejor solución de **vivienda social en otras regiones del País**, basándose principalmente en la innovación de sistemas constructivos, teniendo muy en cuenta el clima y los diversos factores que influyen en la concepción de una vivienda que potencie el buen vivir.

• Un aspecto importante dentro de una vivienda es el confort que produce la misma a sus usuarios, por lo que queda pendiente en futuras investigaciones el **análisis térmico y las diversas soluciones de aislamiento** que se puedan emplear con el sistema de costillas, y que brinden confort tanto térmico, como acústico y lumínico, a la vivienda social obtenida mediante el sistema constructivo desarrollado.

• El empleo de químicos o sustancias que mejoren la durabilidad y la impermeabilización de la madera se lo ha llevado a cabo mediante el conocimiento de técnicas ancestrales, por lo que es necesario el desarrollo de una investigación en base a las diferentes reacciones que pueda tener la madera con la aplicación de sustancias que garanticen científica y económicamente, la eficacia de aplicación en la madera para su conservación y mantenimiento.