
TESINA
ESTUDIO DE ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y COSTOS
DE UNA VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA EN URUGUAY

MATERIA: CONSTRUCCIÓN EN MADERA
ALUMNO: JAVIER CANTO
TUTOR: PATRICIA FLORES

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1- OBJETIVOS | 2 |
| 2- PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA | 4 |
| 2a- Presentación descriptiva y gráfica del sistema estructural. | 4 |
| 2b- Presentación descriptiva y gráfica de la vivienda. | 13 |
| 2c- Presentación descriptiva de los componentes complementarios y de terminación de la vivienda. | 17 |
| 2d- Detalles constructivos | 18 |
| 2e- Memoria de montaje. | 22 |
| 3- ANÁLISIS DE COSTOS | 24 |
| 3a- Cuantificación de componentes y materiales. | 24 |
| 3b- Análisis de costos generales de materiales y mano de obra. | 25 |
| 4- DISCUSIÓN DE DATOS Y CONCLUSIONES | 26 |
| 4a- Ventajas y desventajas del sistema elegido | 26 |
| 4b- Evaluación del sistema desde el punto de vista económico. Comparación de costos con otros productos disponibles en el mercado uruguayo. | 26 |
| 4c- Conclusiones | 29 |
| 5- BIBLIOGRAFÍA | 30 |
| 6- INDICE DE FIGURAS | |

1- OBJETIVOS

El objetivo de la tesina consiste en profundizar el análisis de una vivienda proyectada, diseñada para el trabajo final correspondiente a la materia opcional Construcción en Madera.

Como premisa fundamental del trabajo se pretende resolver la construcción utilizando un sistema seriado de piezas estructurales en madera manteniendo una complejidad tecnológica elemental, cuya producción pueda ser realizada en talleres de pequeño porte, y utilizando mano de obra de oficio (Carpintero, Herrero, etc.), que no sea altamente especializada. En cuanto a los materiales complementarios y de terminación se pretende utilizar aquellos disponibles en el mercado local Uruguayo, cuyo montaje o fabricación pueda ser realizado con los sistemas de construcción tradicionales y con mano de obra de baja especialización. Se realizará un análisis de los costos de construcción de dicha vivienda, tanto de materiales, como transporte de los mismos, y costos de mano de obra, y se realizará una evaluación del sistema desde el punto de vista económico, asociado a la imagen final de la vivienda.

2- PRESENTACION DE LA PROPUESTA

2a- Presentación descriptiva del sistema estructural

En cuanto al sistema estructural, se diseñó una estructura para la vivienda del tipo **entramado ligero**, basándonos en el "Sistema de plataforma con entramado ligero de madera". (Palma Carazo, Javier. 1ª edición. Madrid, España, 2008). El entramado ligero tiene su origen en Norteamérica y surge en el siglo XIX como consecuencia de dos factores: la disponibilidad de productos industriales normalizados (madera aserrada y clavos) y la necesidad de disponer de un sistema rápido de construcción.

Aunque procede del entramado pesado, se trata de una nueva concepción estructural. La direccionalidad del trabajo de flexión exige la disposición ortogonal de muros portantes que da lugar a la arquitectura diafragmada: son elementos portantes que se traban entre sí de forma que lo que es arriostrado para unos, es soporte para otros. El sistema se ha ido perfeccionando con el tiempo, pero sus características básicas han permanecido inalteradas.

Descripción del sistema de entramado ligero

1. Se crean estructuras superficiales en muros, forjados y cubiertas que al unirse funcionan como una estructura espacial.
2. Se emplea un gran número de elementos, con una disminución de las escuadrías, por lo que se distribuye y alterna la carga a través de muchos elementos de pequeña dimensión.
3. Las piezas suelen ser normalizadas y certificadas, lo que facilita la intercambiabilidad, la modulación y la prefabricación. Además el ajuste de calidades mínimas, lo que favorece el ahorro económico.
4. Las piezas tienen un bajo nivel de mecanización, lo que supone un bajo coste en la fabricación.
5. Las uniones son sencillas, sin juntas ni ensambles especiales, bastando el empleo de clavos y grapas. Por contra se pierde bastante del oficio de carpintería ya que requiere personal poco especializado aunque se logra una alta productividad.
6. El tiempo de construcción es menor que la construcción tradicional por la prefabricación y la construcción seca.
7. Es más fácil de aislar e impermeabilizar que la vivienda tradicional. Las cavidades que deja el entramado permiten el paso de instalaciones y el relleno con aislante.
8. La mayoría del trabajo se ejecuta en seco, por lo que independiza la construcción de la estación climática y es un proceso más limpio y rápido.
9. Su durabilidad, no tiene por qué ser menor que la construcción tradicional, con un diseño y mantenimiento adecuado.
10. Tiene un alto grado de flexibilidad, tanto en el diseño inicial, como en los cambios posteriores, si son necesarios.
11. Exige una gran cantidad de detalles constructivos especiales, debido al elevado número de piezas que se emplean.
12. Necesita un control riguroso de su contenido de humedad para que no se produzcan variaciones dimensionales.
13. Al tratarse de un sistema normalizado y modulado, el proceso de montaje ha de controlarse especialmente con una planificación más estricta que la construcción tradicional.
14. Se exige un mayor control en la recepción de materiales, su protección y almacenaje.

Elementos compositivos del sistema.

El sistema estructural de entramado liviano está conformado por elementos compositivos superficiales, los cuales suprimen la existencia de elementos compositivos correspondientes al sistema de entramado pesado como pueden ser los pilares y las vigas. En el caso concreto de la vivienda diseñada, la cual desarrollaremos en el punto 2b, podemos afirmar que se trata de un sistema estructural de entramado liviano, pero que a su vez toma algunos de estos elementos del sistema de entramado pesado, dando como resultado un sistema híbrido.

Específicamente en dicha vivienda se utilizan pilares y vigas de secciones mínimas, generando un sistema que por sí solo no es suficiente para resistir los esfuerzos estructurales. De esta manera el sistema es complementado por elementos de tipo superficial, característicos del entramado liviano, los cuales garantizan la resistencia necesaria de la estructura. Los elementos del entramado pesado pasan a cumplir un rol secundario y de diseño de la estructura. Son utilizados más bien como elementos de unión y encastrado de los elementos superficiales. (ver Fig.1)



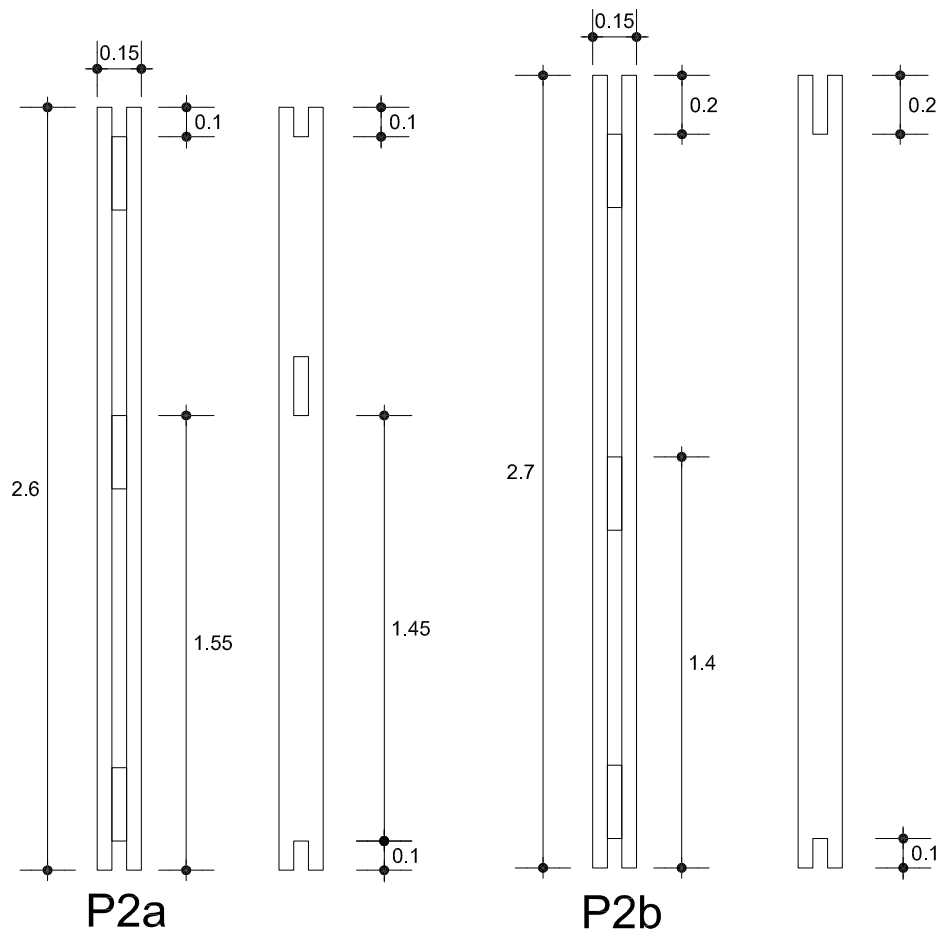
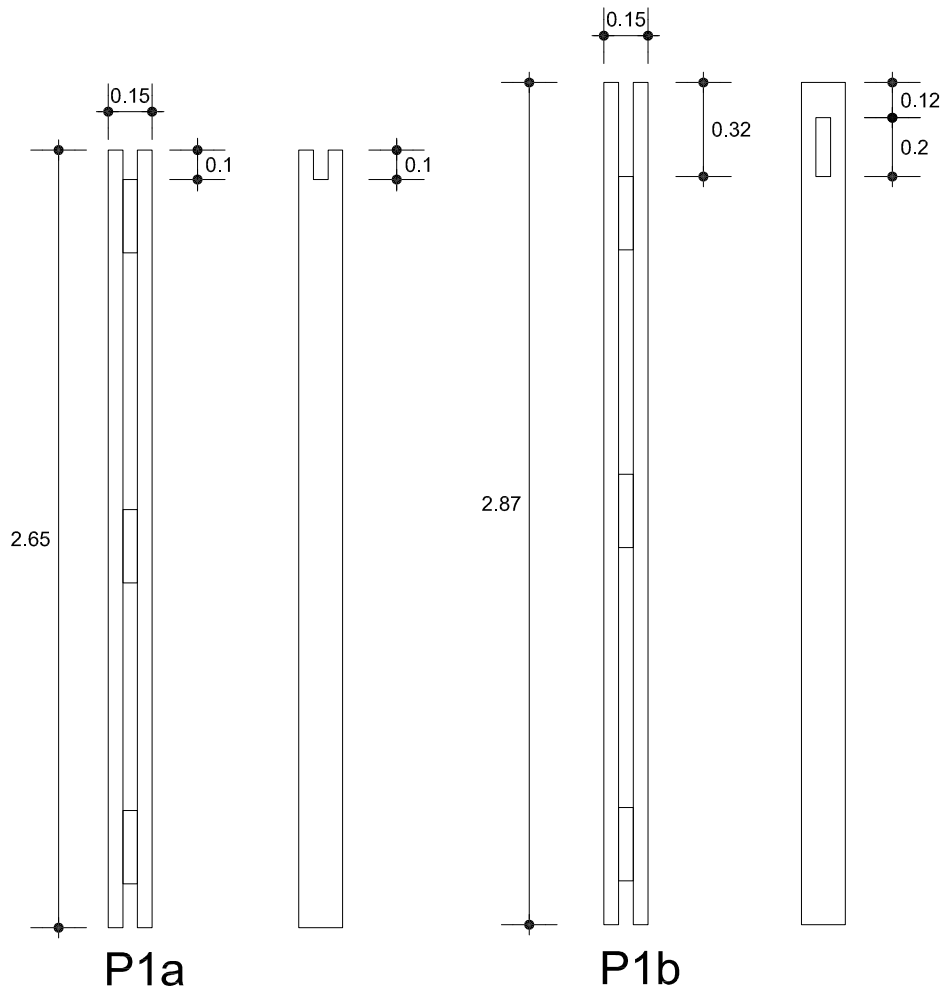
Fig.1 detalle de encastrado de paneles prediseñados con elementos estructurales

Componentes estructurales de la vivienda.

La vivienda diseñada está compuesta por una serie de pilares, tirantería y paneles que detallaremos a continuación. Los mismos están diseñados en diferentes variantes, en función de los diferentes tipos de encuentros y encastrados que se necesitan para resolver la estructura general de la vivienda. Se considera que el sistema elegido garantiza la rigidez estructural necesaria, complementado por el arriostramiento generado por la inclusión de placas cementicias como componente principal de la terminación exterior. También a modo de refuerzo se utilizarán un determinado número de herrajes, de una complejidad muy baja, como es el hierro ángulo.

Los Pilares

Los pilares (ver fig.2) están conformados por piezas de madera de eucalipto de 2 x 6 pulgadas (5 x 15cm) y longitud variable según el caso, abulonadas y fresadas para evitar que los herrajes se intersecten. Los pilares están diseñados para poder recibir las vigas o tirantes de 2 x 8 pulgadas (5 x 20cm) también de longitud variable, así como un pilar superior si fuese el caso. La construcción se compone por 6 tipos de pilares prediseñados, los cuales varían en longitud y tipo de encastrado con las vigas. Con esta variedad de pilares se solucionan los diferentes encuentros a lo largo de toda la vivienda.



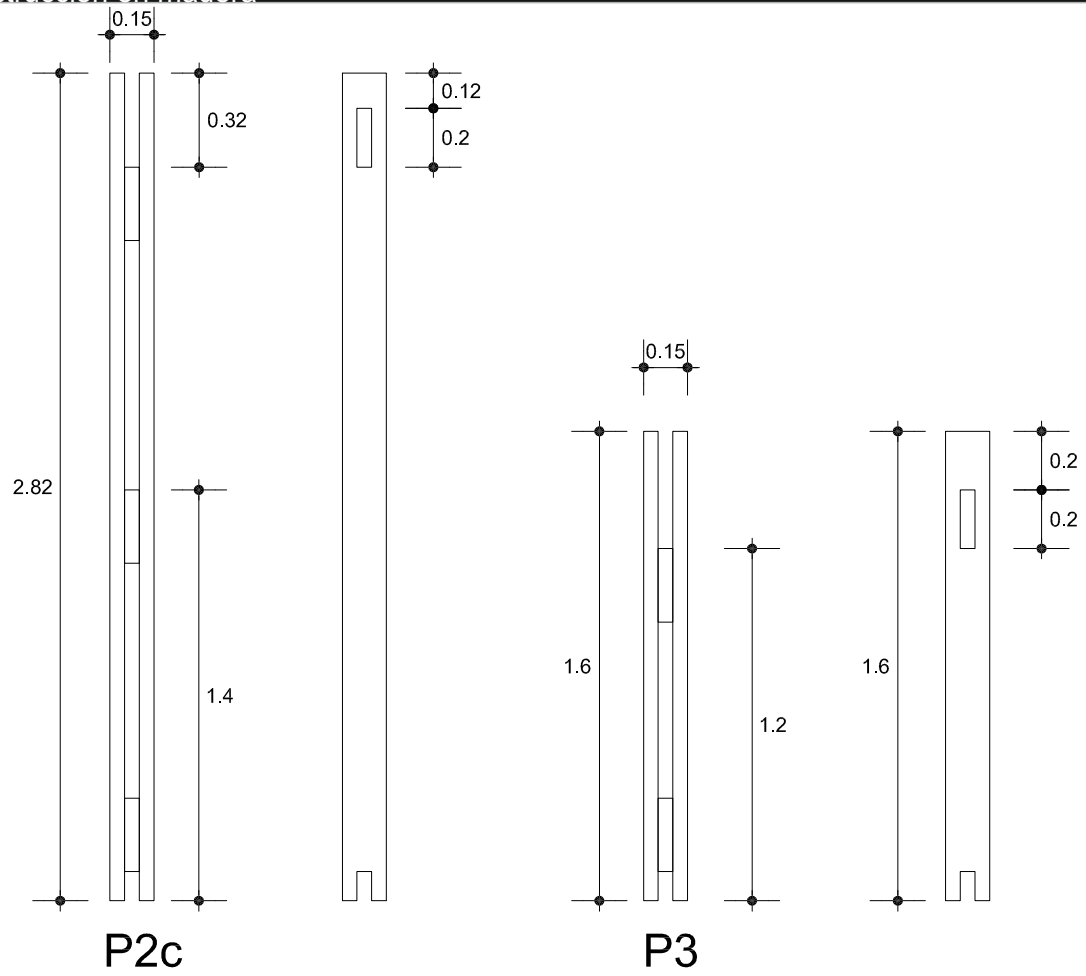
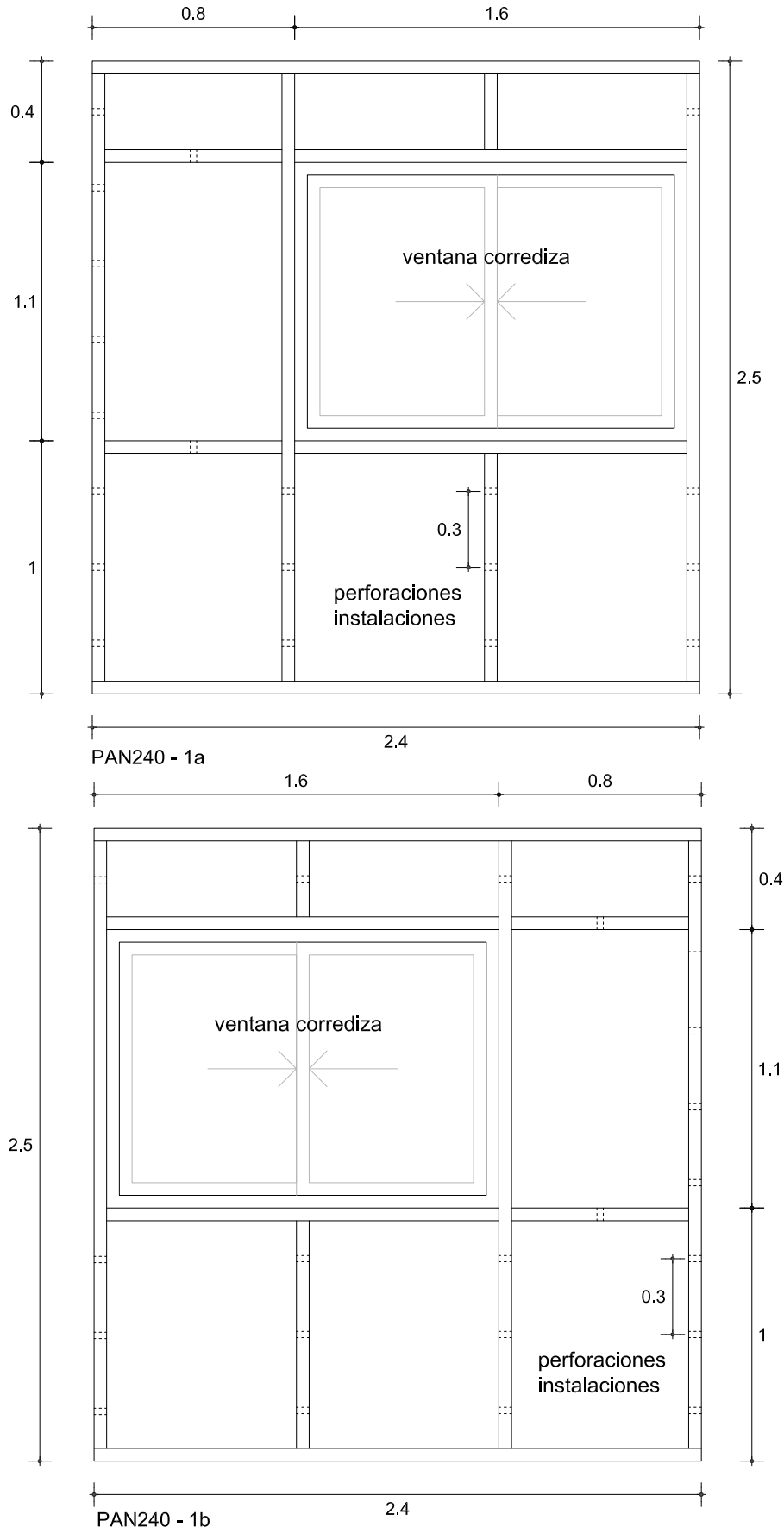
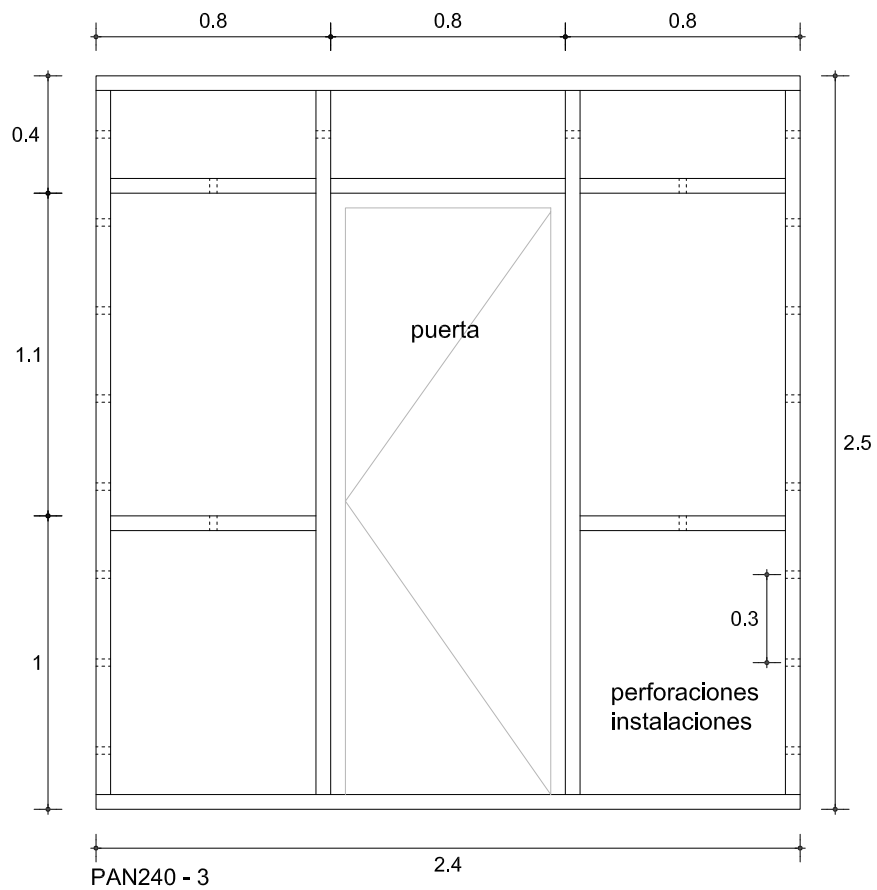
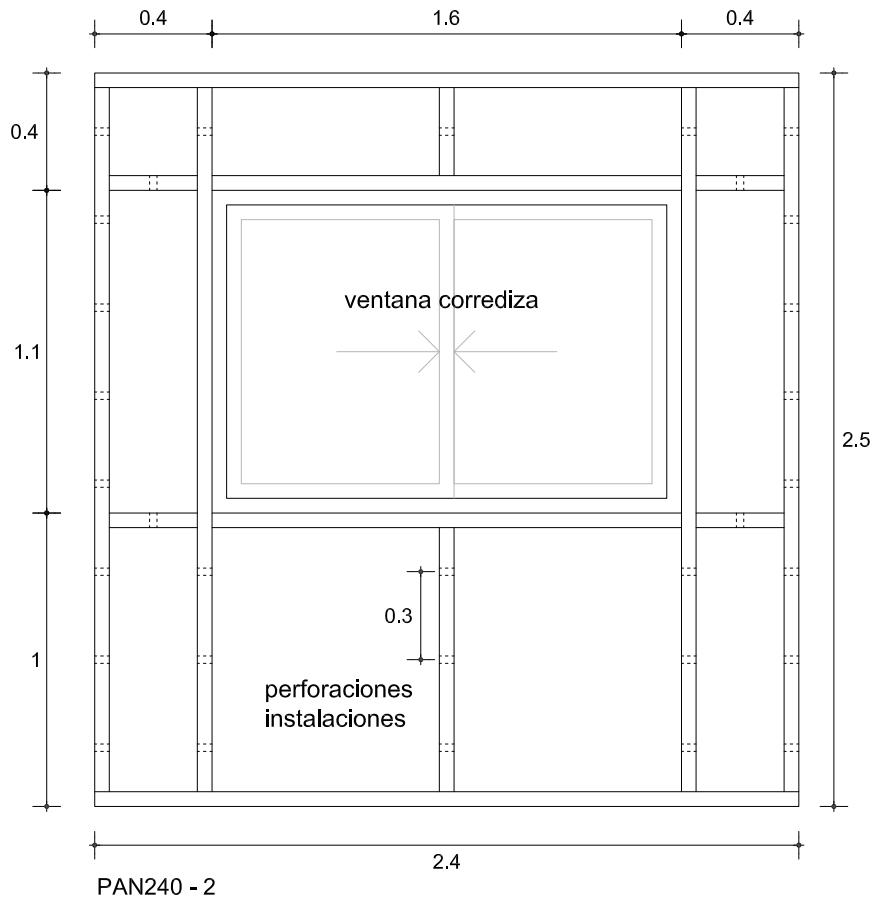
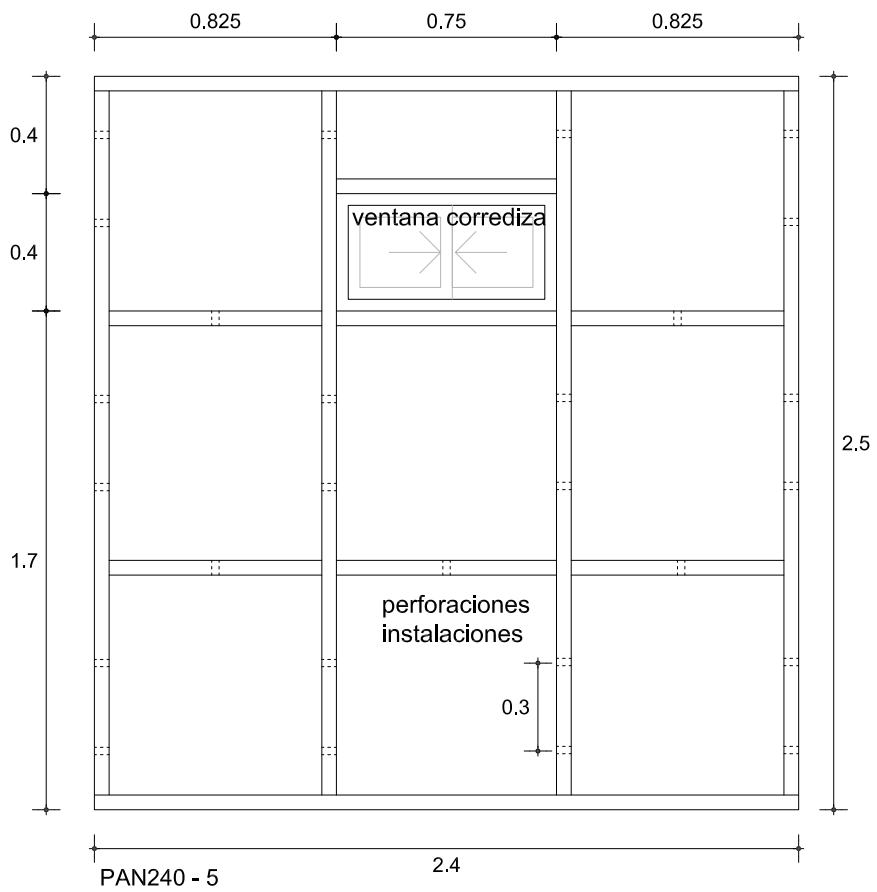
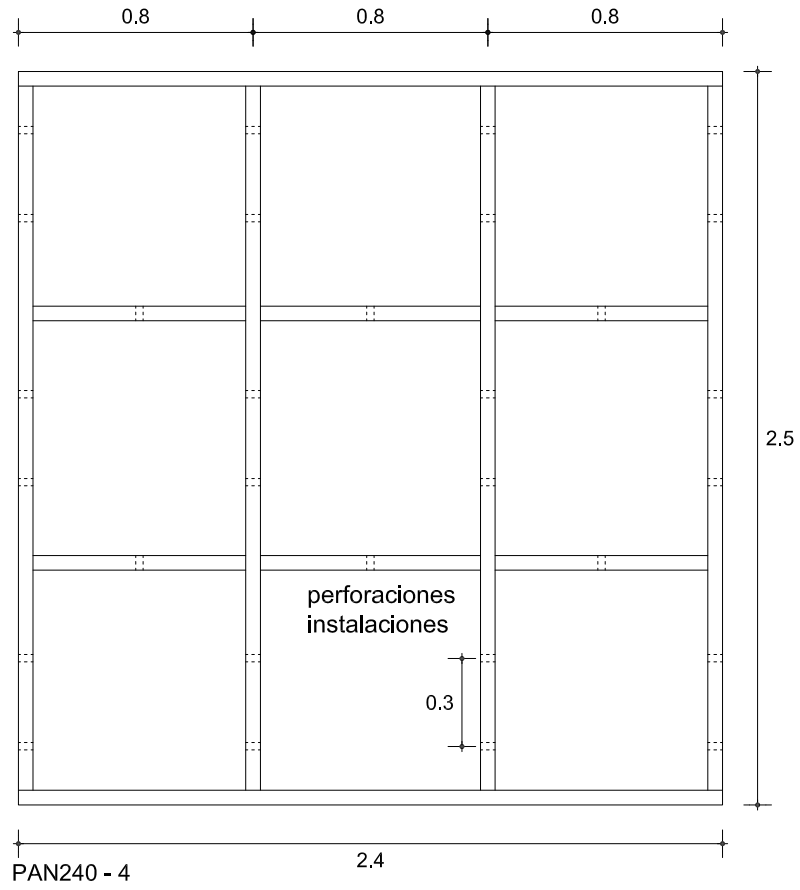


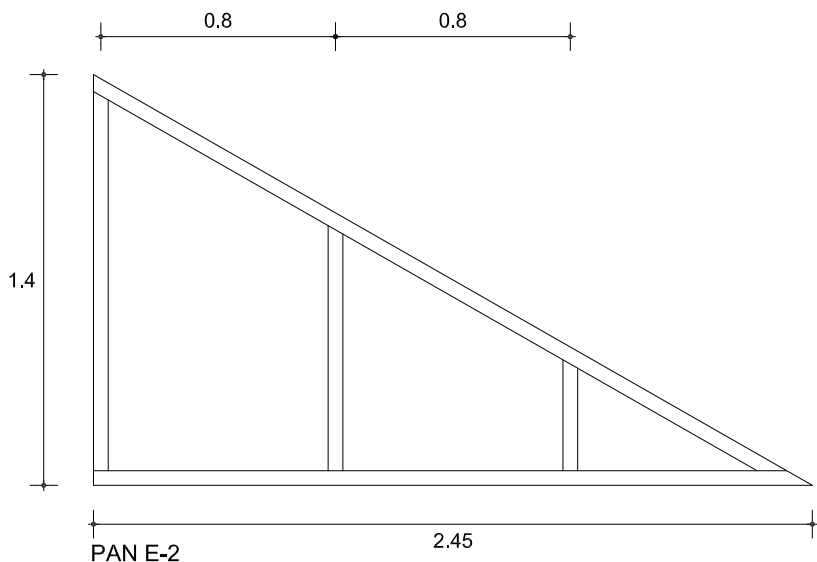
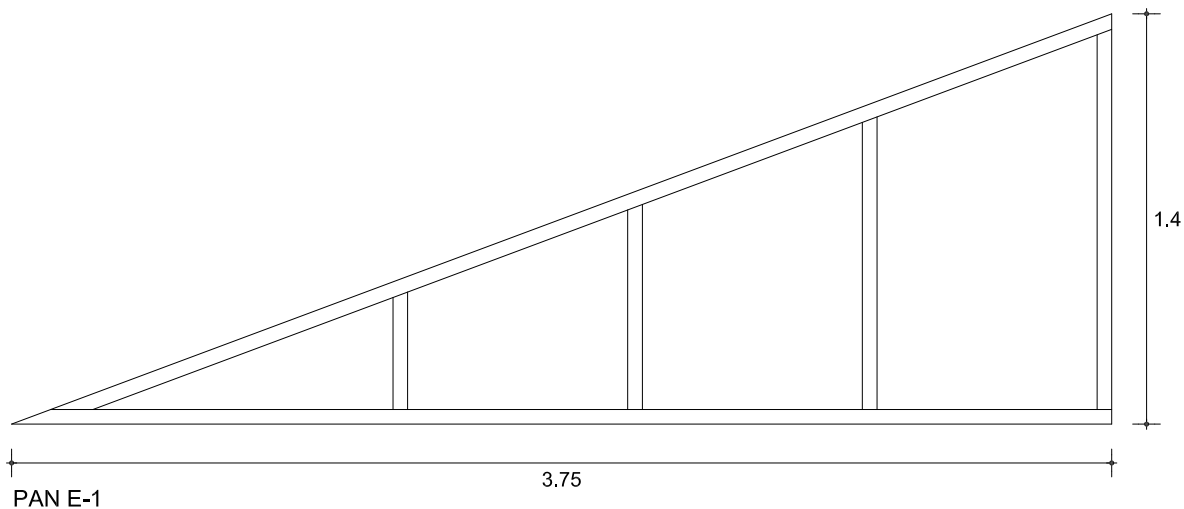
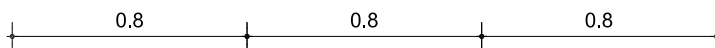
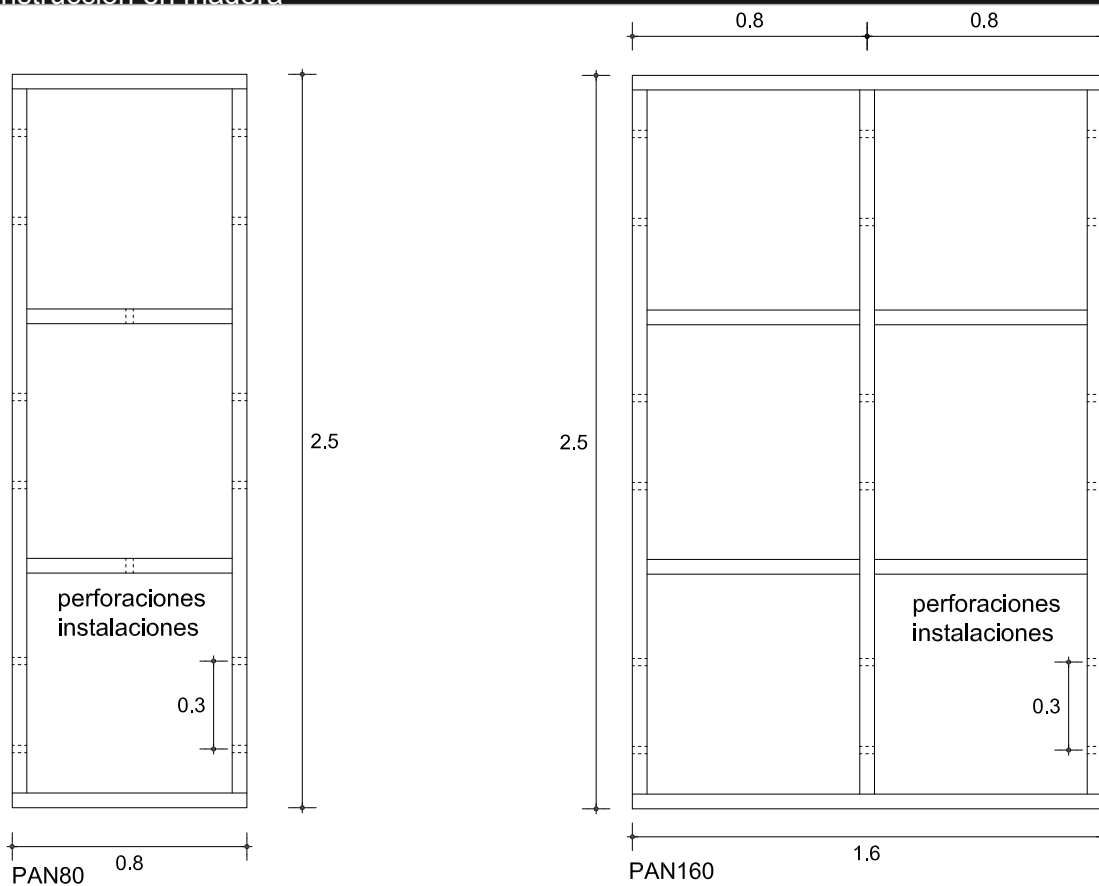
Fig.2 detalle de pilares presiseñados para el proyecto de vivienda

Los paneles (ver fig.3) están diseñados también con tirantería de madera de eucalipto de 2 x 6 (5 x 15cm) pulgadas. Las uniones de las piezas se resuelven con clavos de acero. los mismos cuentan con perforaciones de 1 pulgada (2,5cm) en los laterales, cada 30cm, para el pasaje de instalaciones, según los gráficos que veremos a continuación. Se diseñan 14 paneles para resolver diferentes situaciones como la colocación de aberturas de dormitorios o baños, puertas, así como también paneles para resolver las pendientes de la cubierta. Se diseñaron paneles de 3 longitudes diferentes y de alturas 2,50m y 1,40m, las cuales responden a un modulo de 80cm, con los cuales se pueden resolver todos los espacios. Estas longitudes son 240cm,









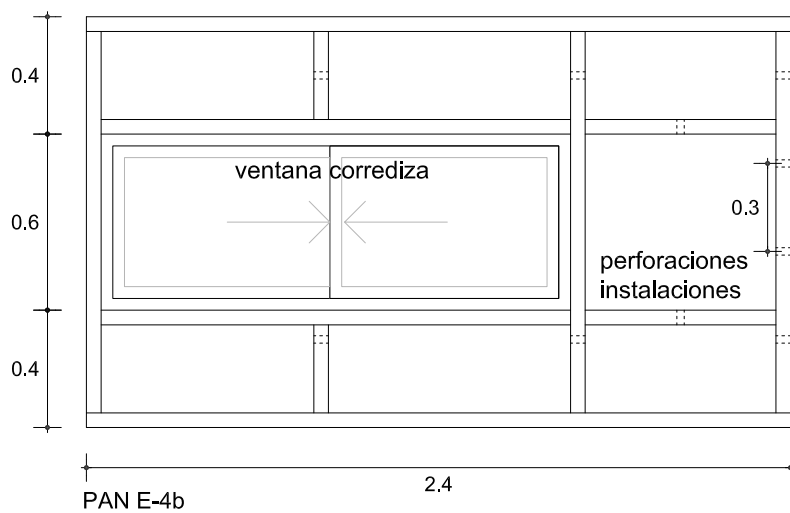
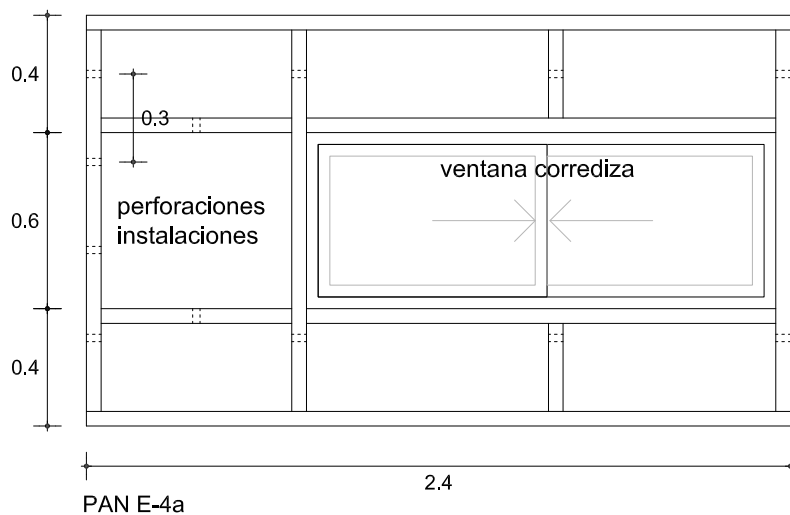
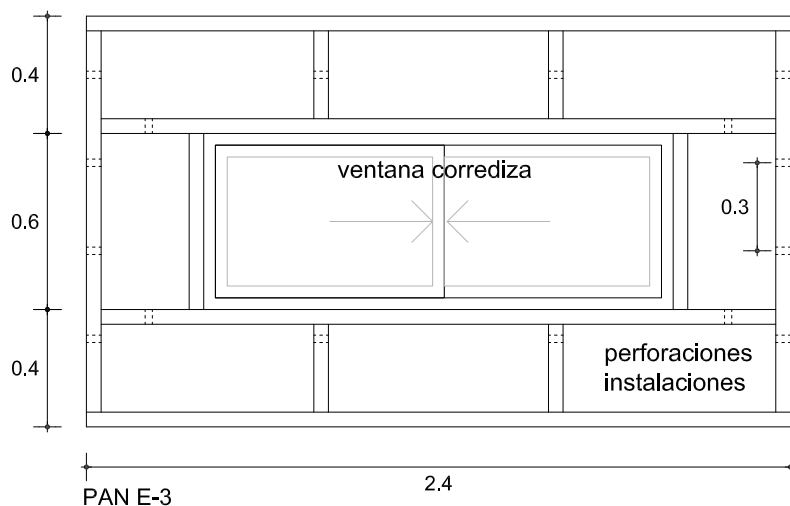
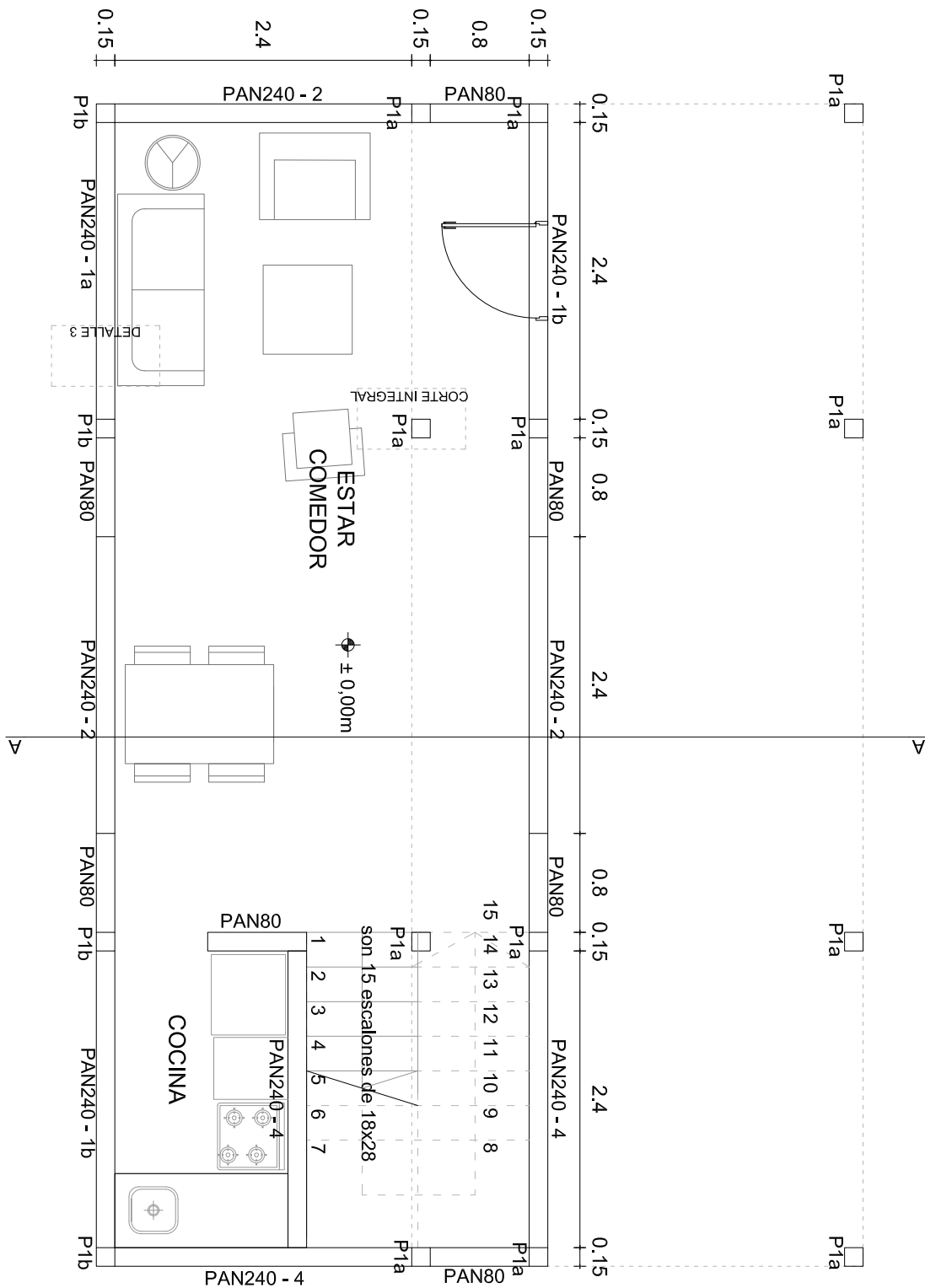
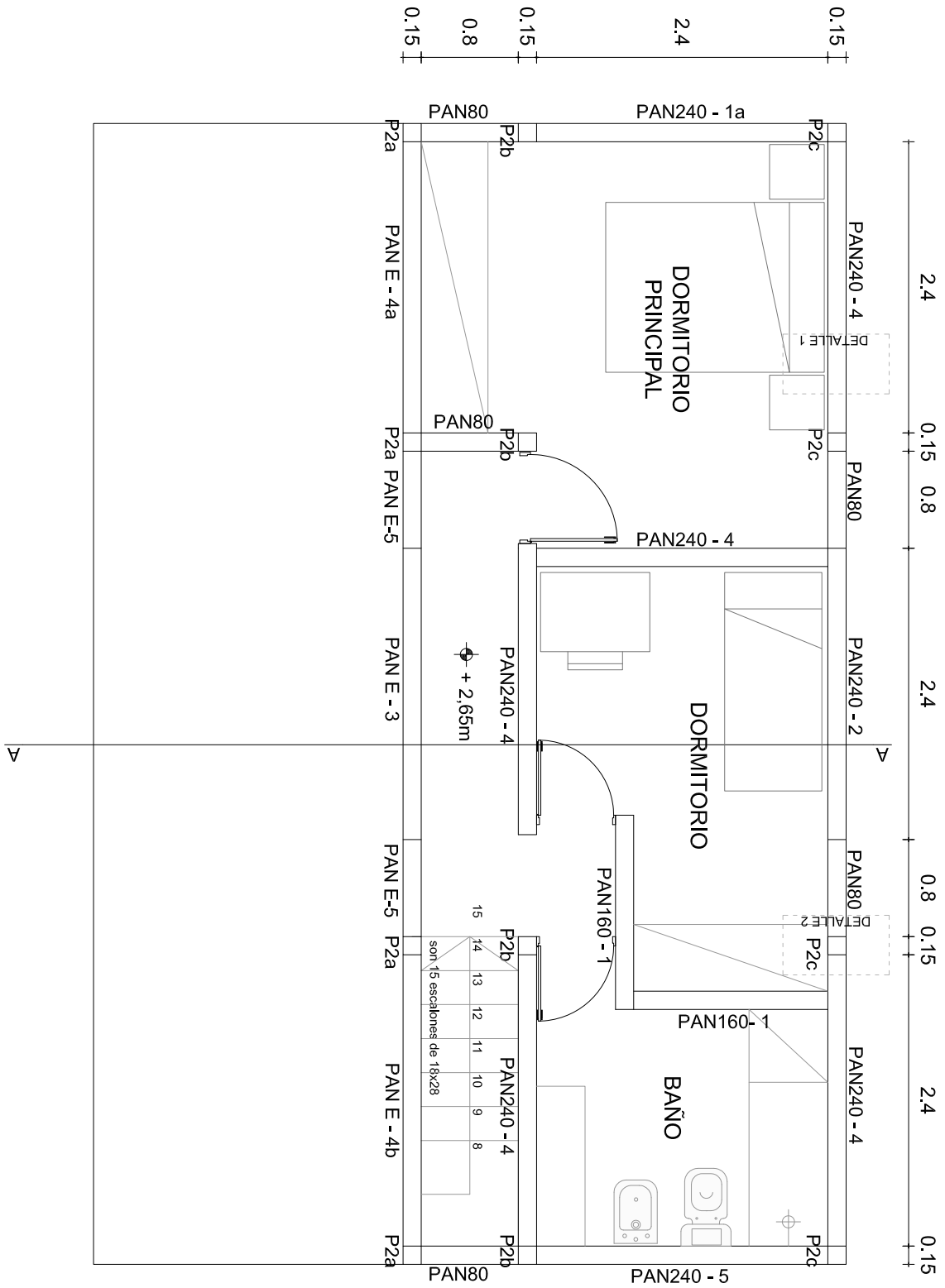


Fig.3 detalle de paneles presiseñados para el proyecto de vivienda

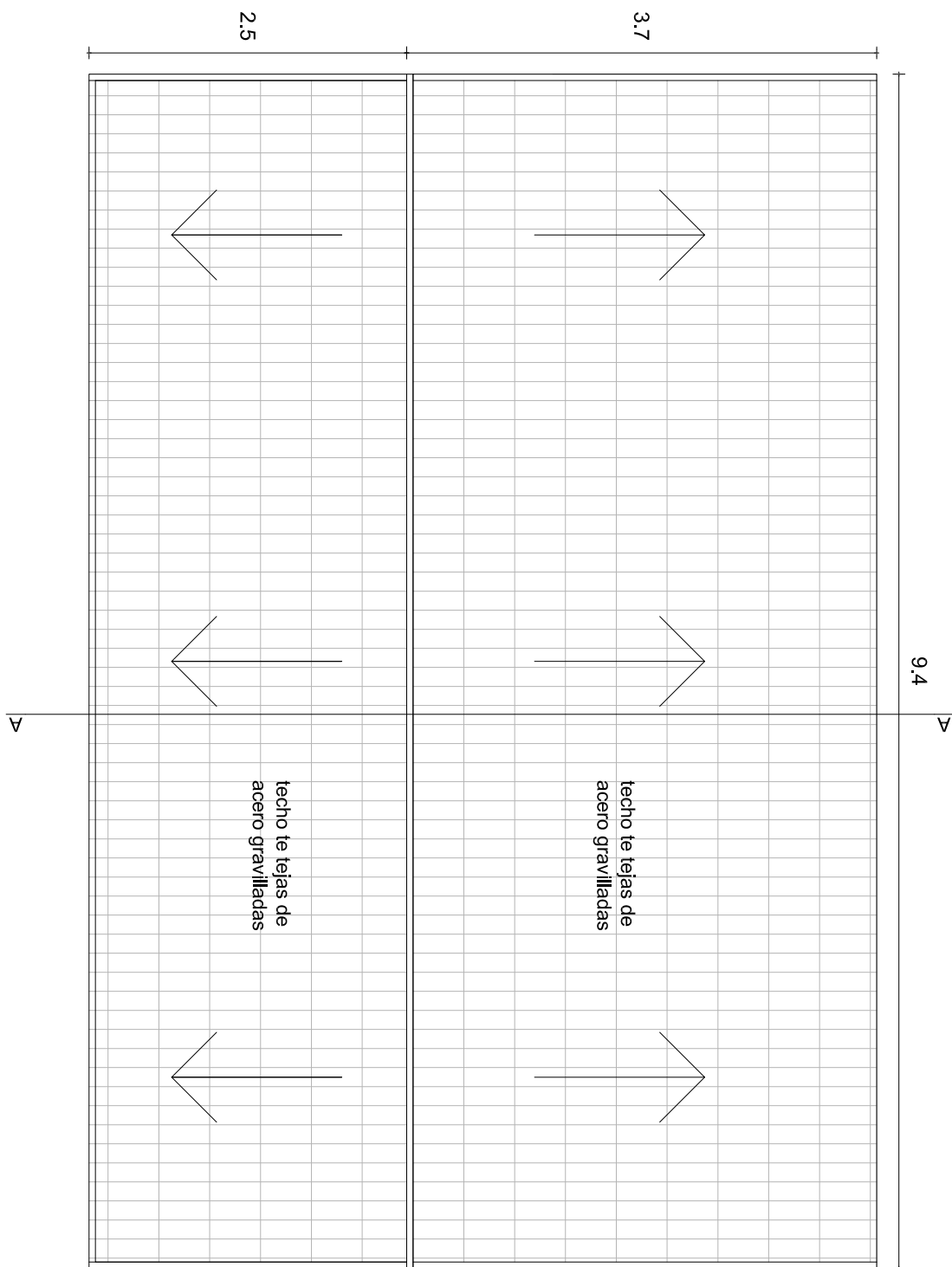
La vivienda (ver fig.4) a estudiar es una vivienda unifamiliar resuelta en dos niveles. Cuenta con un estar comedor y cocina en planta baja, y dos dormitorios y un baño en planta alta. Existe un desfase entre la planta baja y la planta alta con lo cual se genera un espacio techado abierto. (ver fig.6)



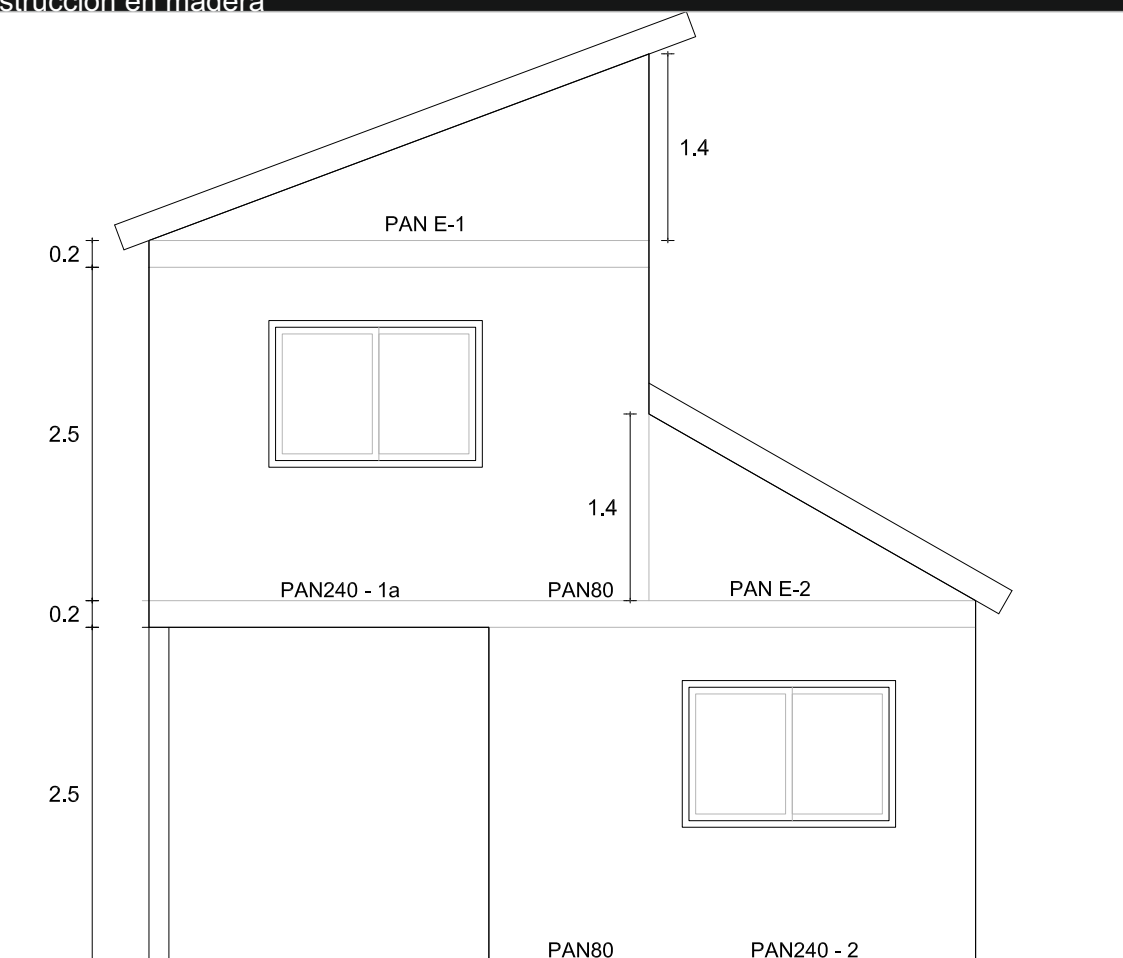
PLANTA BAJA ESC.: 1/50



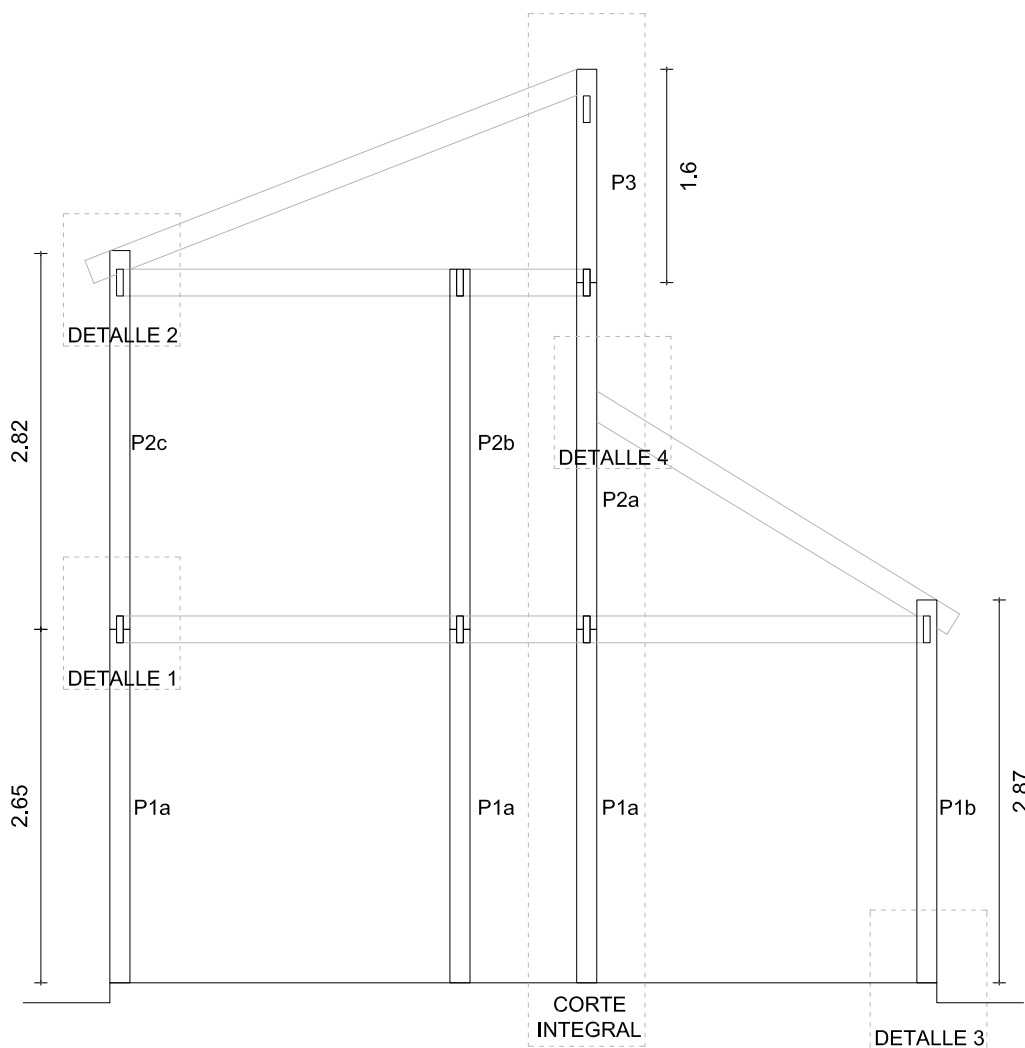
PLANTA ALTA ESC.: 1/50



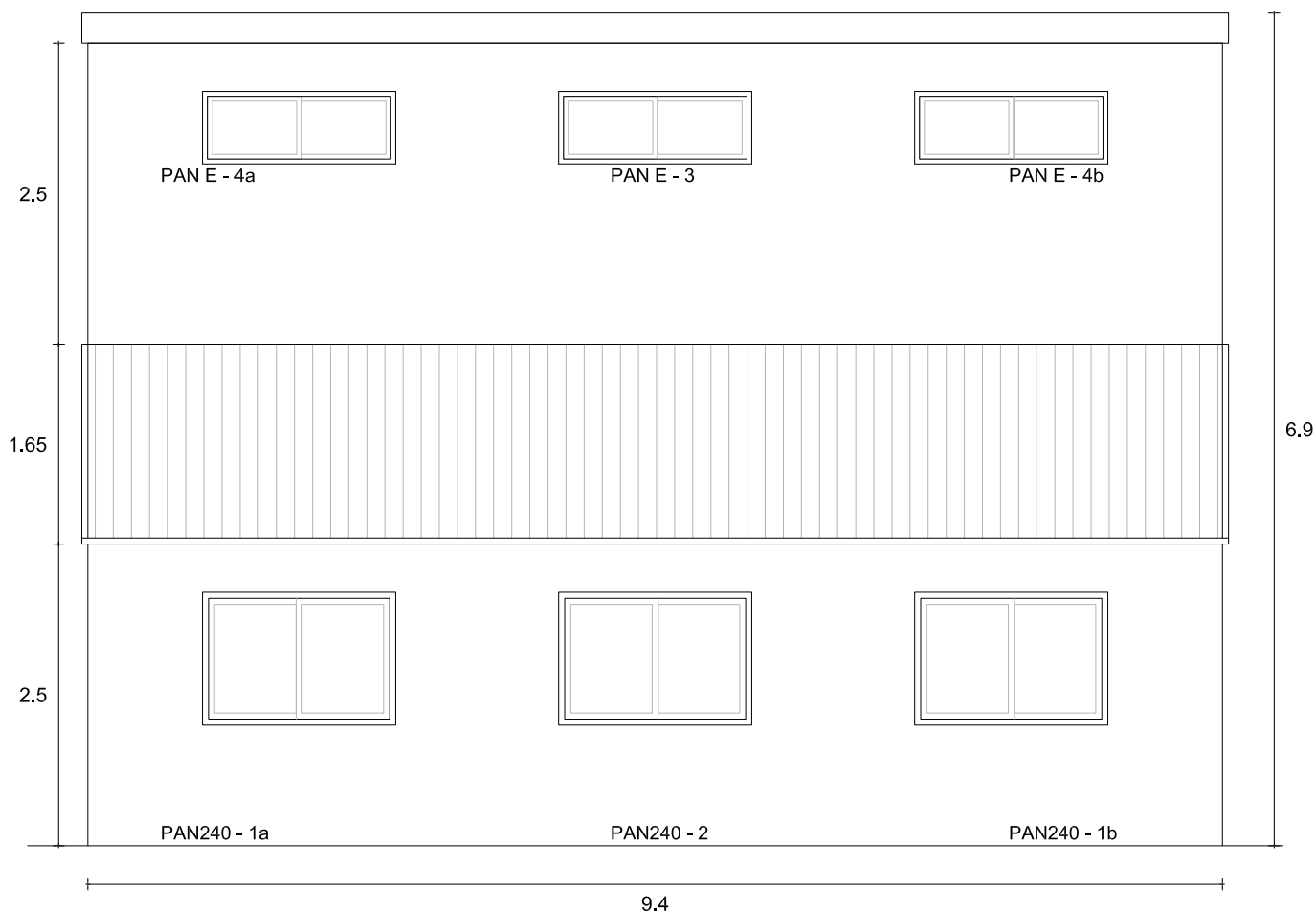
PLANTA DE TECHOS ESC.: 1/50



FACHADA PRINCIPAL ESC.: 1/50



CORTE A-A ESC.: 1/50



FACHADA LATERAL ESC.: 1/50

Fig.4 Plantas, cortes y fachadas de la vivienda proyectada

2c- Presentación descriptiva de los componentes complementarios y de terminación de la vivienda

Tirantearía y correas: Las mismas son de 2" x 4" y 1" x 2" (5 x 10cm y 2,5 x 5cm) respectivamente. Las primeras son utilizadas para la confección del entrepiso principal que luego recibirá tabla amachimbrada y también para la confección de los cerramientos superiores que luego recibirán las correas para la terminación de tejas metálicas.

Placas de terminación: hacia el exterior se utilizarán exclusivamente placas cementicias de 10mm terminadas con una capa de Basecoat y pintura sin color definido. Hacia el interior se utilizarán placas de yeso de 13mm las cuales serán encintadas, enduidas y pintadas. En ambos casos dichas placas serán atornilladas directamente a los paneles prediseñados, sin la utilización de montantes. Se utilizarán montantes de 35mm para la confección de los cielorrasos. En los casos de baño y cocina se sustituye la placa de yeso común por placa "verde", la cual recibirá el revestimiento. En el caso de la ducha se utilizara placa cementicia de 10mm.

Pisos: Los pisos serán confeccionados en tablas machimbradas apoyadas en la tirantearía del entrepiso. En los casos de baño y cocina la tabla machimbrada será sustituida por chapones OSB que recibirán el revestimiento correspondiente.

Terminación de cerramiento superior: Los 2 cerramientos superiores inclinados serán confeccionados con tejas metálicas gravilladas apoyadas sobre las correas anteriormente descriptas.

Solución Higrotermica: Como Aislante termoacustico se utilizara lana de roca de 10cm de espesor, la cual ira colocada en el interior de los paneles prediseñados. Como barrera de vapor se colocara un film de polietileno al interior, atrás de las placas de yeso. Como barrera contra la lluvia, al exterior, se colocara film de tyvek, atrás de las placas cementicias. Ambos films irán engrampados contra los paneles prediseñados.

Herrajes: Como complemento de las uniones entre vigas se utilizarán herrajes en forma de hierro ángulo con 4 perforaciones para recibir tornillos.

Resina / construcción en madera

Tornillería: los componentes internos de los pilares serán fijados con 4 bulones en cada unión. Dichos bulones serán fresados de manera de no interferir con la colocación de los paneles prediseñados. Los hierros ángulo serán fijados con 4 tornillos de bronce de 1" y ½ como podemos ver en el gráfico CORTE INTEGRAL.

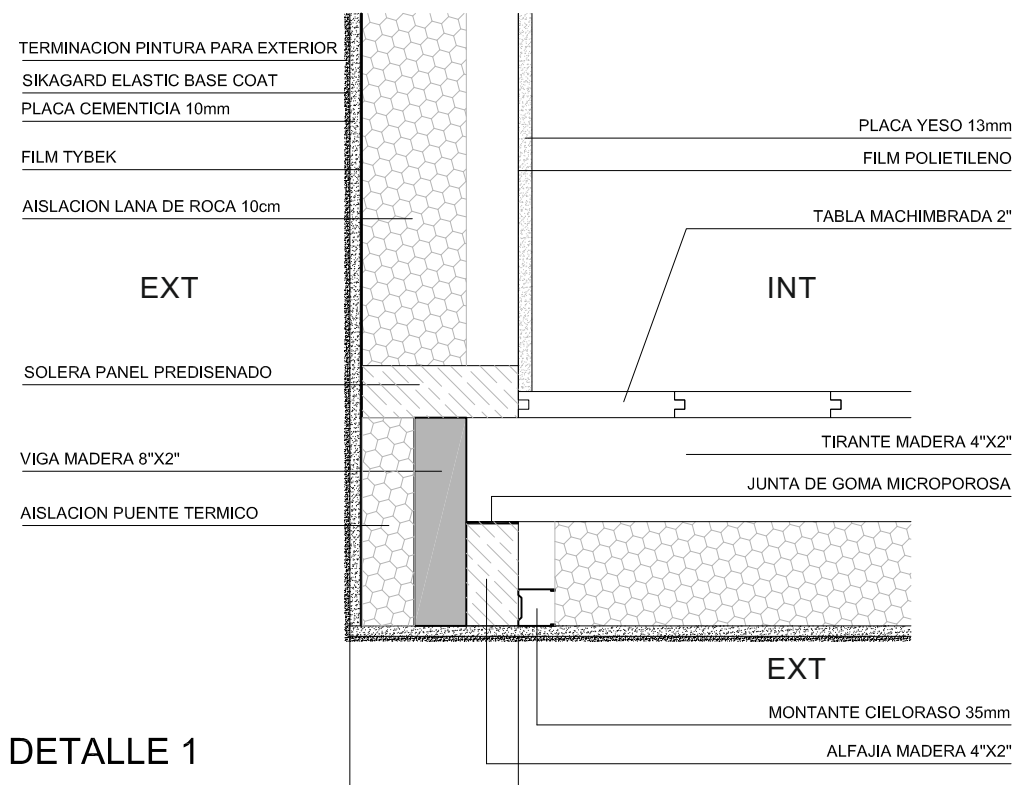
Vínculos entre piezas de madera: en los puntos de la construcción que corresponda, como puede ser el apoyo de los tirantes del entrepiso, se utilizara goma microporosa (goma EVA) de 2mm de espesor, de forma de reducir el ruido generado por el movimiento natural de la estructura.

Sanitaria: La instalación sanitaria se resuelve utilizando un unico caño de bajada desde la planta alta de 110mm para la descarga del inodoro el cual recibe por conexión a ramal, los desagües secundarios de ducha, bidet y lavatorio. La instalación de dicho baño sera suspendida sobre el espacio exterior techado en planta baja y oculto con revestimiento de placa cementicia. Al pie de la bajada se confecciona una camara de 60x60 con una pileta de patio anexada a la misma. Esta ultima recibe el desagüe de la cocina. Se plantea la opción de realizar una segunda camara, la cual seria la camara 1 del sistema y cumple la función de conectar el sistema interno de la vivienda a un sistema mayor.

Eléctrica: La instalación eléctrica de la vivienda se resuelve utilizando el sistema tradicional, se establece la colocación de un tablero en planta baja, con un tablero derivado para la planta alta. La instalación se realiza con el cableado por ductos corrugados que van ocultos en el interior de la panelería y el cieloraso de yeso. En el placard del baño se tomara en cuenta la instalación de un lavarropas y un calefón. La cantidad de tomacorrientes, llaves y centros varia según la habitación a resolver, y sera detallado en el 3er capitulo de este trabajo.

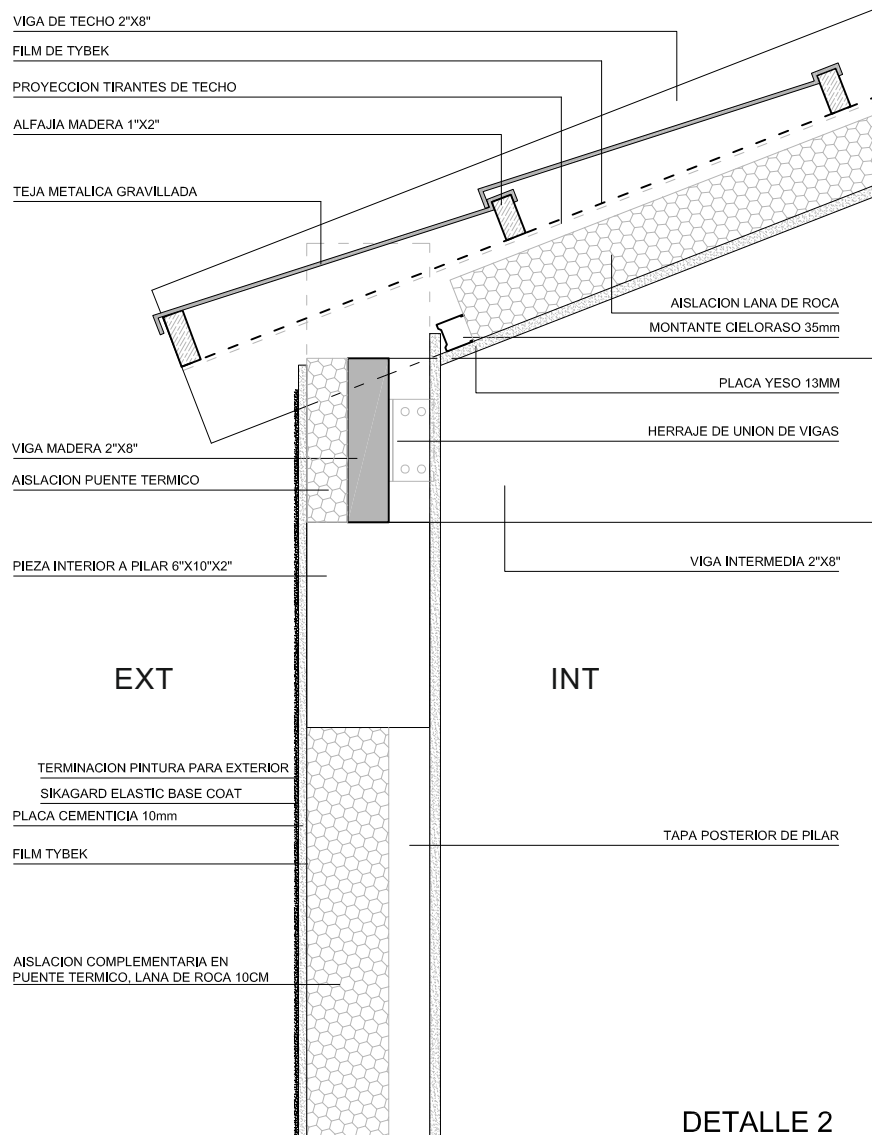
Elementos de Obra húmeda: El único elemento presente en el proyecto, que corresponde a obra húmeda es la platea que nos separa la vivienda del terreno. La misma es confeccionada en hormigón armado y tiene 20cm de espesor. En ella debemos prever la bajada de sanitaria y las cámaras, así como las esperas para los pilares de madera que hemos descrito.

2d- Detalles constructivos



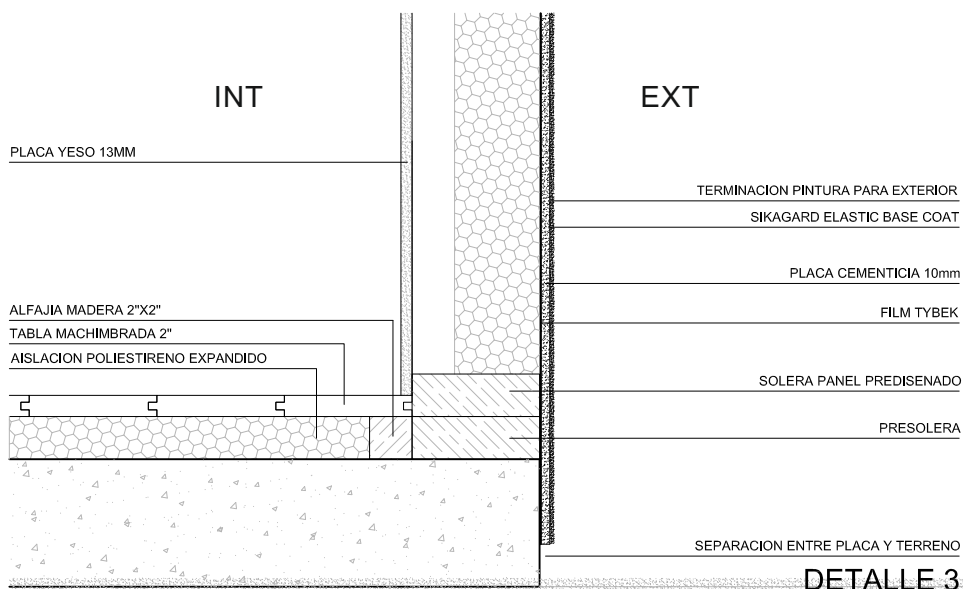
DETALLE 1

Union cerramiento vertical de planta alta con entrepiso, sector exterior



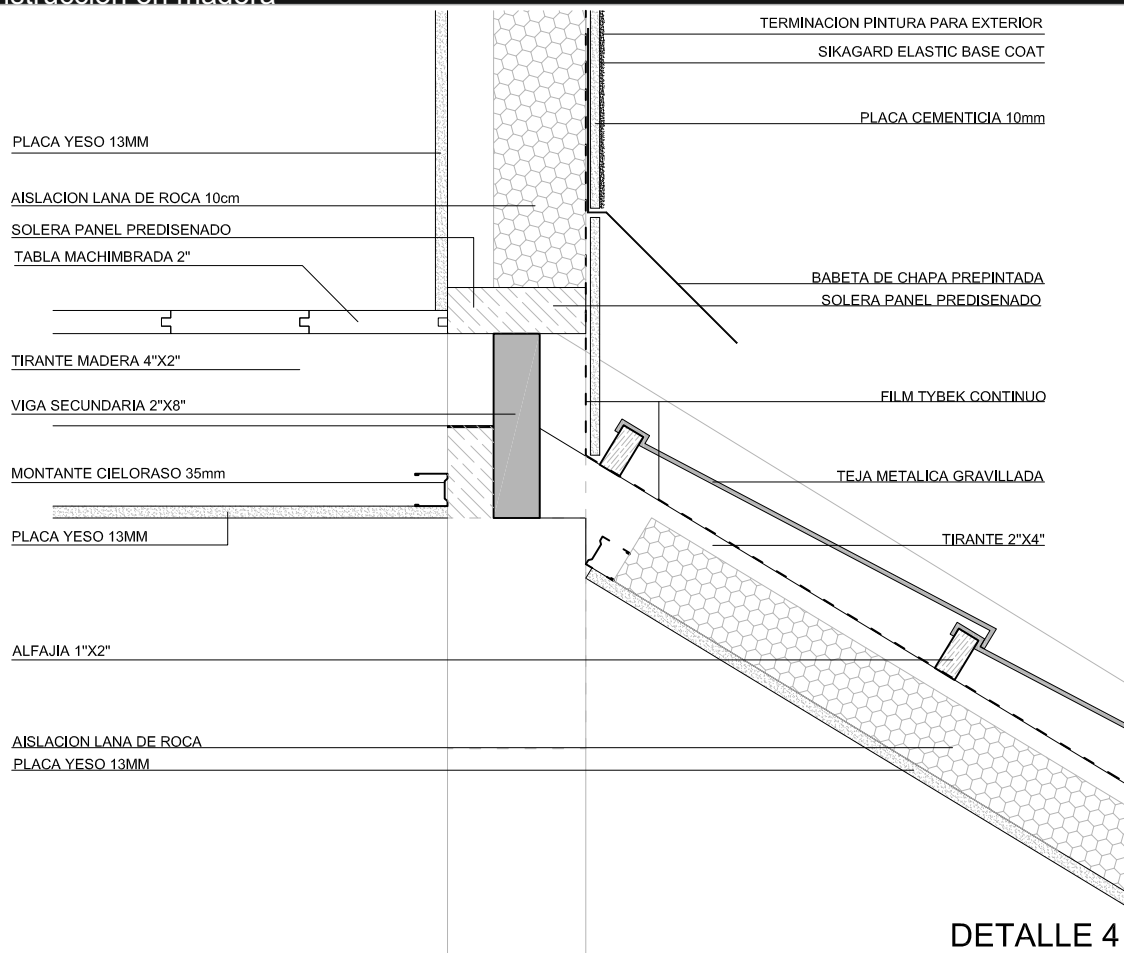
DETALLE 2

Union cerramiento vertical de planta alta con techo de planta alta



DETALLE 3

Union cerramiento vertical de planta baja con platea



DETALLE 4

Union cerramiento vertical de planta alta con entepiso y techo de planta baja

Fig.5 Detalles constructivos de la vivienda proyectada

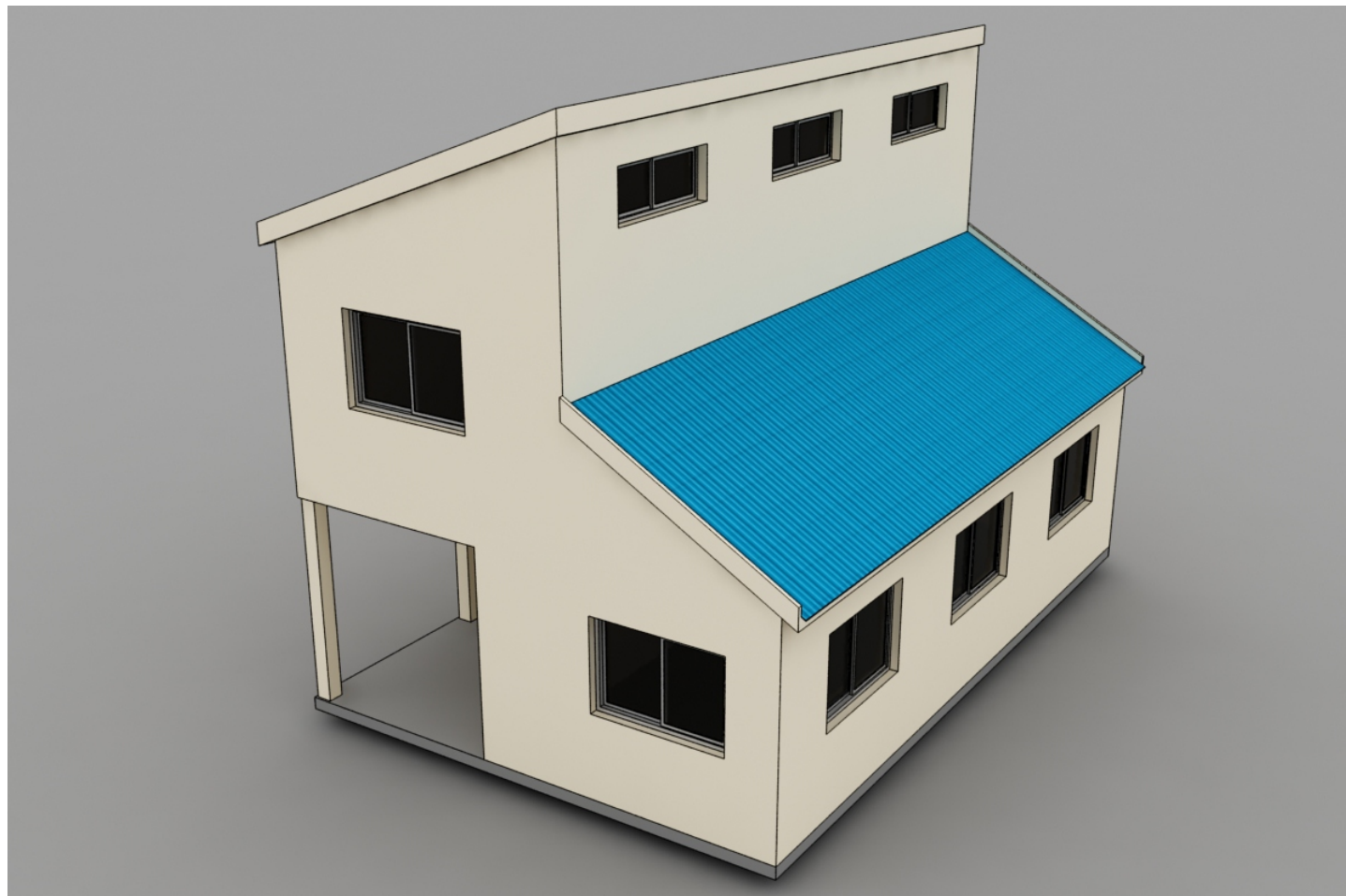
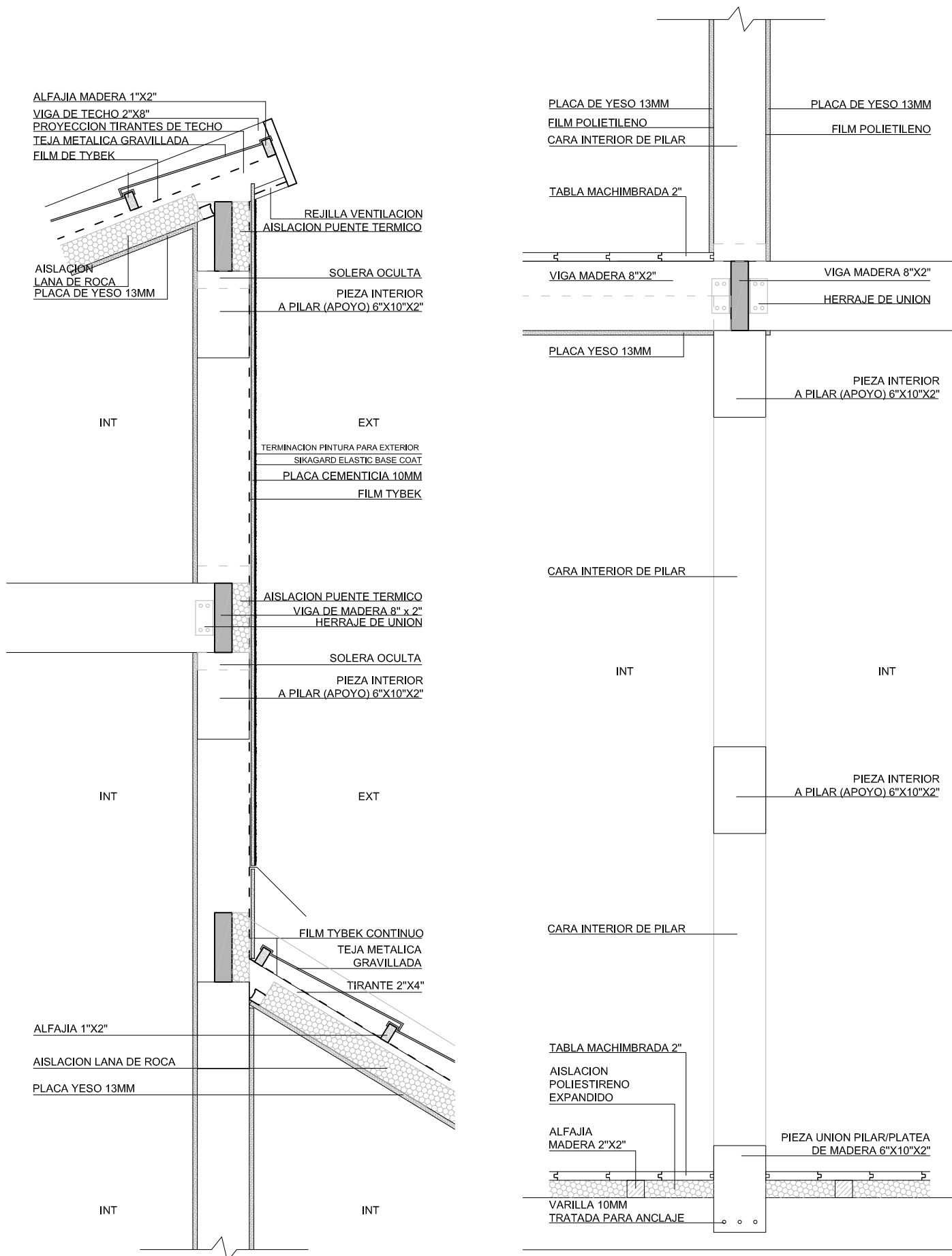


Fig 6. Imagen de la vivienda terminada



CORTE INTEGRAL

Fig 7. Corte integral de la vivienda proyectada

Platea y recepción de pilares:

Se conformara una platea rectangular de hormigón armado de 9,4m x 6,2m y 15cm de espesor sobre terreno nivelado. Para la recepción de los pilares se colocara una pieza de madera de 2"x6" y 25cm de altura, la cual ira Introducida 10cm en la platea dejando 15cm para la recepción del pilar. Se colocara en la base de la pieza 3 tramos de varilla de 10mm tratada para mejorar el anclaje de la misma. La pieza ira recubierta con pintura asfáltica para evitar ser afectada por el agua. La ubicación de las piezas (16) corresponde a la ubicación de los pilares según planta, a eje de los mismos (ver fig.8). Se debe replantear la ubicación del caño de bajada de planta alta, así como los desagües de la cocina, y hacer la colocación de los caños correspondientes, previo al armado de la platea.

Pilares y primera línea:

Los pilares Son pilares dobles conformados por 2 piezas principales, y elementos centrales de separación. Dichos elementos centrales (3) tienen las mismas medidas que el recibidor de la platea y van ubicados al centro, a 15cm de la base y a 10cm del extremo superior. Luego se colocara toda la primera línea de pilares abulonando los laterales de la base del pilar con el recibidor de la platea. A continuación se colocara la primera línea de vigas, las cuales luego de colocadas superaran la altura de los pilares por 10cm y se apoyaran 10cm más abajo del extremo superior sobre las piezas interiores descriptas. La siguiente línea de pilares (P2) tendrán la pieza interior de la base a 10cm de la misma de forma de quedar bien afirmadas con la viga de 20cm (8") anteriormente colocada. Las 3 piezas (P1, viga, P2) serán abulonadas entre si y fresadas para evitar la interferencia con los paneles prediseñados. Las vigas perpendiculares entre si, serán afirmadas con piezas de hierro ángulo atornilladas. Bajo el mismo criterio se colocara la línea de pilares (P3) superior para recibir la viga inclinada que conforma el cerramiento superior. (ver fig.8)

Colocación de Paneles:

Previo a la colocación de los paneles de planta baja se colocara una presolera atornillada con tornillos y tacos a la platea de hormigón. Entre la presolera y el panel se colocara una lámina de cartón asfáltico para aislación de la humedad. Todos los paneles de 15cm de espesor irán colocados a eje de la estructura, quedando aplomados en ambas caras dado que comparten el mismo espesor de la estructura. En los niveles superiores los paneles irán apoyados directamente sobre las vigas y a eje de las mismas. Los paneles irán clavados a la estructura portante.

Tirantearía y barrera húmedica:

Luego de tener armada la estructura y los paneles se colocara la tirantearía de los techos y el entrepiso. En ambos casos se colocaran alfajías de 2"x4" en el sentido longitudinal de la vivienda, colocando la tirantearía en el sentido transversal del mismo. Se debe tener en cuenta la colocación de goma microporosa en el vinculo entre la alfajía y los tirantes para evitar el ruido por movimiento de la estructura. Luego de colocada la tirantearía del techo se ejecutara el wrapping de todo el exterior con el film de tyvek. Como proceso complementario se irán colocando las alfajías de PB de forma de dejar la vivienda lista para recibir los pisos y cerramientos.

Aplacado, pisos interiores:

El siguiente proceso consistirá en el aplacado exterior de la vivienda por medio de placa cementicia de 10mm. Manteniendo cuidado de que el film de tyvek cubra toda la superficie exterior. Como proceso paralelo se ira colocando el piso interior que consistirá en tabla machimbrada colocada sobre tirantes o alfajías según sea el caso. En el caso de PB se colocaran planchas de poliestireno expandido entre las alfajías para la aislación de la case. En el caso de Baño y cocina, en lugar de tabla machimbrada, se colocaran chapones OSB que luego recibirán el revestimiento.

Cerramiento superior:

Luego de colocados los tirantes y el Tyvek se procederá a colocar las correas longitudinales que recibirán el revestimiento final del cerramiento superior. El Cerramiento superior se conformara por medio de tejas metálicas gravilladas. Terminada la colocación de dicho cerramiento se considera que la vivienda esta cerrada y se puede proceder al armado de los paneles, aislaciones etc.

Aislaciones, Instalaciones, aplacado interior:

En el interior de los paneles se colocaran las instalaciones y posteriormente la aislación, que consistirá en planchas de lana de roca de 10cm. Posteriormente se colocara un film de polietileno que actuara como barrera de vapor del cerramiento vertical, y por ultimo se colocara la placa de yeso de 13mm. Para el caso de baño y cocina se utilizara placa verde y para la ducha del baño se usara placa cementicia de 10mm. EL criterio es el mismo para armar los cielorrasos, con la diferencia de que interior a los tirantes, tanto del entrepiso como de los cerramientos inclinados se colocaran perfiles galvanizados de 35mm donde se

En cocina y baños para los cielorrasos también se utilizara placa verde. En cuanto a los tabiques interiores Se colocaran los paneles atornillador al piso, llevaran la misma aislación de lana de roca y polietileno y placa de yeso de ambos lados. En el caso de las puertas, los dinteles de las mismas serán conformados en sitio.

Terminaciones finales:

Como terminación final exterior se colocara revoque proyectado con un color a elección. En el interior las placas de yeso serán encintadas, enduidas y pintadas. Sobre los chapones OSB se colocaran revestimientos cerámicos con el adhesivo correspondiente. Los pilares exentos tanto interiores como exteriores También serán revestidos.

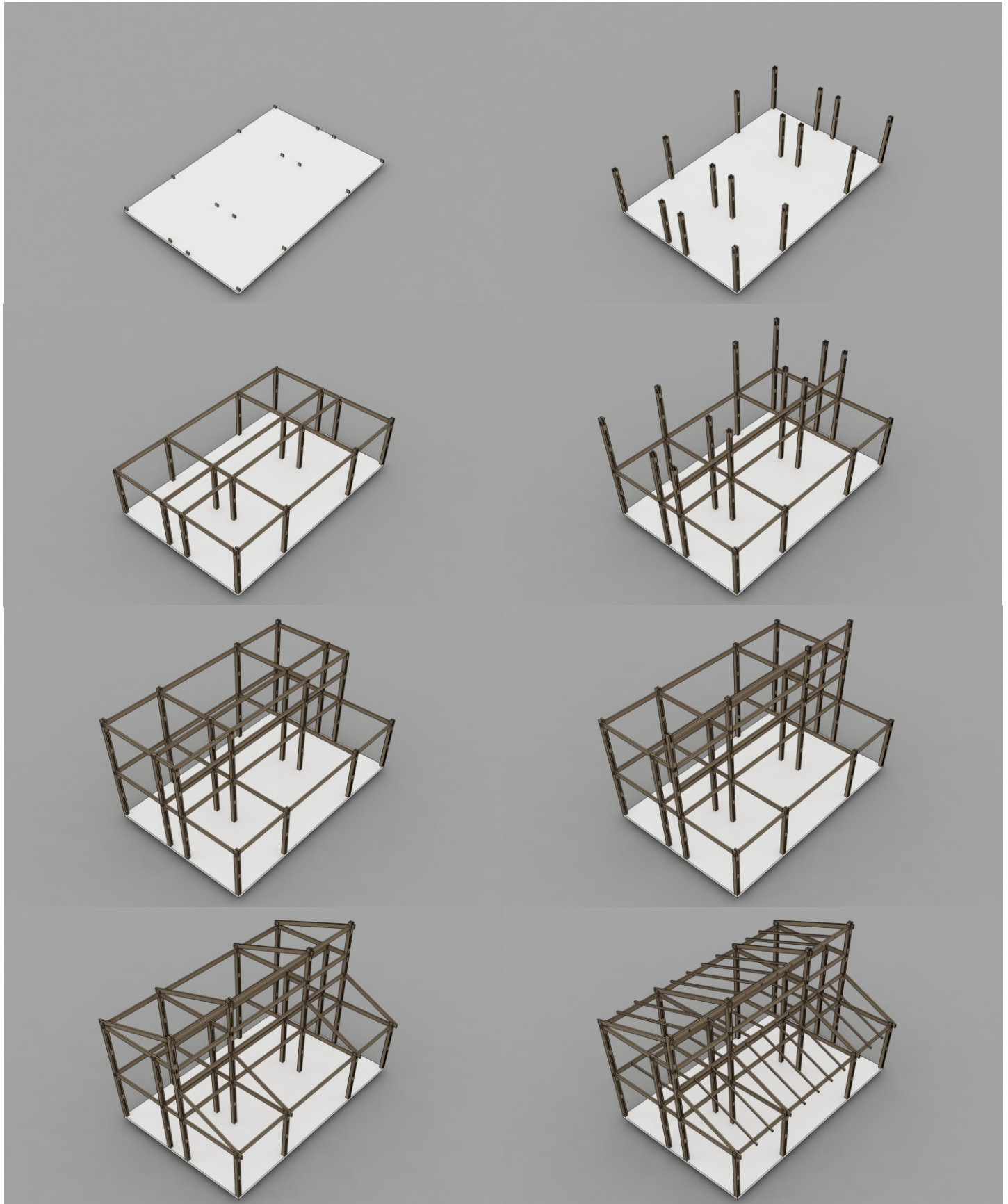


Fig 8. Imagen de secuencia de colocacion de elementos estructurales y tiranteria

3a- Cuantificación de componentes y materiales.

HORMIGÓN

platea de H.A. - 9m3

PILARES

P1a - 8 unidades
 P1b - 4 unidades
 P2a - 4 unidades
 P2b - 4 unidades
 P2c - 4 unidades
 P3 - 4 unidades

PANELES

PAN240 - 1 - 5 unidades
 PAN240 - 2 - 4 unidades
 PAN240 - 3 - 1 unidad
 PAN240 - 4 - 9 unidades
 PAN240 - 5 - 1 unidades
 PAN E1 - 2 unidades
 PAN E2 - 2 unidades
 PAN E3 - 1 unidad
 PAN E4 - 2 unidades
 PAN E5 - 2 unidades
 PAN 160 - 2 unidades
 PAN 80 - 14 unidades

TIRANTERIA Y OTROS

viga 2"x8" L=250cm - 28 unidades
 viga 2"x8" L=410cm - 8 unidades
 viga 2"x8" L=90cm - 8 unidades
 viga 2"x8" L=300cm - 4 unidades
 viga 2"x8" L=395cm - 4 unidades
 tirantes 2"x4" - 145ml
 alfajías 2"x2" - 83ml
 correas 1"x2" - 170ml
 tabla 1" y 1/2 - 50m2
 chapón OSB - 8,5m2

SANITARIA Y ACCESORIOS

caño PVC 110 - 2 unidades
 caño PVC 50 - 2 unidades
 ramal Y 110-50 - 1 unidad
 caja sifonada - 2 unidades
 boca desagüe - 1 unidad
 codos 50 - 4 unidades
 codos 110 - 3 unidades
 te 110 - 1 unidad
 tapa - 1 unidad
 graseira - 1 unidad
 tapa y marco 60x60 - 2 unidades
 pileta de patio - 1 unidad
 caños TF - 6 unidades
 codos TF - 12 unidades
 te TF - 8 unidades
 llaves de paso - 3 unidades
 Inodoro c/mochila - 1 unidad
 bidet - 1 unidad
 griferia monocomando - 4 unidades
 pileta acero inox. - 1 unidad
 revestimientos - 20m2
 pileta sobreponer - 1 unidad
 granitos - 1,5 m2
 accesorios baños - 1 unidad

AISLACION

Tybek - 200m2
 poliestireno expandido - 30m2
 Lana de Roca - 200m2
 barrera de polietileno - 200m2

HERRERIA

angulos de hierro 232 unidades
 tornilleria 1000 unidades
 abulonado 112 unidades

ELECTRICA

dormitorios - 7 puestas
 cocina - 5 puestas
 estar comedor - 8 puestas
 baño - 5 puestas
 escalera y pasillo - 3 puestas
 exterior - 2 puestas

APLACADOS Y TABIQUES

placa cementicia ext. - 125m2
 aplacado int.de muro - 100m2
 tabiques interiores - 75m2
 cielorason - 60m2

ABERTURAS

Corrediza al. 110x160 - 6 unidades
 Corrediza al. 60x160 - 3 unidades
 Corrediza al. 40x75 - 1 unidades
 Puerta Exterior - 1 unidades
 Puerta Interior - 3 unidades

TERMINACIONES

Basecoat exterior - 100m2
 enduido interior - 175m2
 Pintura exterior - 100m2
 Pintura interior - 175m2
 techo tejas gravilladas - 70m2

A continuación detallaremos los costos generales de la vivienda proyectada. Se utilizaran valores en pesos uruguayos (\$UY) y su equivalente en dolares americanos, tomando como valor aproximado de este en 26 pesos, correspondiente al mes de abril del año 2015. El costo general sera dividido por rubros, en los cuales se toman en cuenta los costos de materiales, mano de obra y las leyes sociales correspondientes. Los rubros a considerar se definen de la siguiente manera:

Replanteos: Refiere a los replanteos a realizar en el terreno previo a comenzar las construcciones. Replanteo de la platea, los muros y la instalación sanitaria.

Hormigón: Refiere a los materiales y mano de obra correspondientes a la confección de la platea que recibe la vivienda.

Elementos estructurales: Refiere a aquellos elementos estructurales confeccionados en madera de eucaliptus como son los pilares, las vigas y los paneles. incluye los costos de materiales, confección de las piezas y montaje de las mismas.

Tirantería: Refiere a aquellos elementos confeccionados en madera que no son estructurales como son los tirantes, alfajías, correas, tablas de piso y chapones OSB. Se incluyen los costos de materiales, los cortes a medida y la colocación en obra de los mismos.

Instalación sanitaria: Refiere a todos aquellos elementos pertenecientes a la instalación sanitaria y los complementos de la misma. Se incluyen los costos de materiales y colocación de cañerías, revestimientos, aparatos sanitarios, griferías, accesorios, granitos y piletas.

Aplacados: Refiere a todo el aplacado del muro envolvente y los tabiques interiores, así como la estructura y el aplacado de cielorasos. Se incluyen los costos de los materiales y la colocación de los mismos.

Instalación eléctrica: Refiere a los materiales y mano de obra correspondientes a la instalación eléctrica, incluyendo ductos, cableados, armado de tableros, cajas, fichas, etc.

Aislaciones: Refiere a aquellos elementos correspondientes a la aislación higrotérmica como son la lana de roca y el Tyvek, el poliestireno expandido y el polietileno. Se incluyen los costos de materiales, la colocación de estos esta incluida en el rubro "Aplacado"

Terminaciones: Refiere a todos los elementos correspondientes a las terminaciones interiores y exteriores como son el basecoat, enduido, pinturas y tejas.

Herrería: Refiere a todos los herrajes utilizados en la unión de elementos estructurales, asi como la tornillería y bulones. Se incluye solo el costo de los materiales. La colocación de dichas piezas esta incluida en el rubro "Elementos estructurales"

Aberturas: Refiere al costo de confección y colocación de todas las aberturas presentes en la vivienda.

| RUBRO | COSTO | |
|---------------------------|-----------------|--------------|
| | pesos UY | dolares |
| - Replanteos | 11.060 | 425 |
| - Hormigon | 404.235 | 15.550 |
| - Elementos estructurales | 462.541 | 17.790 |
| - Tiranteria | 187.871 | 7.225 |
| - Instalacion Sanitaria | 113.371 | 4.360 |
| - Aplacados | 200.250 | 7.700 |
| - Instalacion Electrica | 66.900 | 2.575 |
| - Aislaciones | 97.000 | 3.730 |
| - Terminaciones | 146.090 | 5.620 |
| - Herreria | 13.560 | 520 |
| - Aberturas | 88.000 | 3.385 |
| | total 1.790.878 | total 68.880 |

4- DISCUSION DE DATOS Y CONCLUSIONES

En el diseño original del proyecto se tomaron en cuenta una serie de premisas de las cuales analizaremos las ventajas y desventajas que se han logrado con el sistema elegido. Entre las premisas principales tenemos: Trabajar con estructuras de madera y obra seca en la mayoría de las instancias. Generar un sistema seriado de piezas para una producción más eficaz. Generar un diseño estructural de baja complejidad tecnológica tanto para la producción como para el montaje de la estructura. Y por último la búsqueda de una imagen terminada de vivienda que se acercara a la imagen de la vivienda construida de manera tradicional. La razón principal de esta elección es generar una terminación que responda a los preconceptos existentes en el común de los usuarios. Una terminación que deje en evidencia la estructura de madera, y la madera como elemento principal de la obra, puede llegar a generar cierto rechazo por parte del usuario. Los costos iniciales para este tipo de terminaciones pueden ser un poco más elevados, pero se considera que los costos de mantenimiento serán reducidos y se genera una imagen que, según la visión del público que acceda a este tipo de viviendas, es de mayor calidad. De esa manera la viabilidad económica del proyecto se verá favorecida, ya que genera una mayor aceptación por parte del usuario, en relación al costo de la misma.

4a- Ventajas y desventajas del sistema elegido

Ventajas:

- Utilización de un material estructural de gran disponibilidad como es el eucalipto
- Utilización de un sistema seriado de piezas estructurales que facilitan la producción y reducen los tiempos
- Utilización del sistema de obra seca en casi la totalidad de la obra, reduciendo los tiempos de montaje de la vivienda
- Diseño general y de piezas de baja complejidad tecnológica, lo cual permite la participación de mano de obra no especializada.
- Utilización de materiales para instalaciones y terminaciones de alta disponibilidad en el mercado Uruguayo, dado que cualquiera de estos puede ser obtenido en barracas de pequeño y mediano porte a lo largo de todo el país.
- Prestaciones de gran calidad en la vivienda en cuanto a aislaciones, materiales, terminaciones en comparación con otras opciones disponibles en el mercado.
- Imagen interior de la vivienda muy similar a las viviendas construidas con sistemas tradicionales, lo cual da una imagen de alta calidad para el público.
- Producto final terminado, sin necesidad de incorporar costos agregados al sistema, dado que se considera en el costo de la vivienda todas las instalaciones y terminaciones de la misma.

Desventajas:

- No tiene la ventaja de otros sistemas disponibles en el mercado, como la opción de producir la totalidad de la vivienda en un taller y transportarla armada al sitio.
- Costo de la vivienda aparentemente elevado, en comparación a otros sistemas disponibles en el mercado. Se debe tener en cuenta que estos últimos en la mayoría de los casos no incluyen la totalidad de las instalaciones.
- Imagen exterior que no logra del todo simular la imagen de las viviendas de construcción tradicional, debido a la presencia de los techos inclinados y la chapa gravillada, así como una imagen general de las aberturas aparentemente repetitiva.

4b- Evaluación del sistema desde el punto de vista económico. Comparación de costos con otros productos disponibles en el mercado uruguayo.

Si consideramos el valor de tasación correspondiente al mes de Febrero de año 2015, para una vivienda de 60m² de **categoría media** (según el Plan nacional de Vivienda, Ley 13.728, Art.25), el valor de la misma sería de 2.197.500 pesos. Tomando un valor del dólar de 26 pesos correspondería a 84.520 dólares.

El costo de la vivienda en estudio es de 68.880 dólares, por lo cual podemos afirmar, en una primera instancia, que el costo de dicha vivienda está considerablemente por debajo (19%) de los valores de la vivienda promedio en la categoría mencionada.

A modo de profundización del análisis haremos una comparación de el costo de la vivienda en estudio con algunos ejemplos de vivienda disponibles en el mercado uruguayo, tomando tres casos que se consideran entre los más representativos. Se describirán los rasgos principales de cada producto y se tomara como dato principal en la comparación el valor por metro cuadrado de cada una de las viviendas.

Caso de estudio

Características generales de la vivienda:

- Cimentación: platea de hormigón
- Estructura en madera de eucalipto, sistema híbrido de entramado pesado y ligero
- Cerramientos opacos: tabiques aplacados con yeso en ambas caras al interior, placas cementicias al exterior.
- Cerramientos transparentes: ventanas de aluminio
- Aislación hidrofuga: membrana Tyvek
- Aislación térmica: lana de roca
- Terminaciones: enduido y pintura en interior, basecoat y pintura en exterior, tejas de acero gravillado en azotea.

Costo de la vivienda: 1148 dolares el m²

Caso 1 “Steel Framing”



Fig 9. Fotografía de una vivienda construida con Steel Framing - Empresa: Master Homes

Empresa: Master Homes

Características generales de la vivienda:

- Cimentación: platea de hormigón, viga de borde, pilares de fundación y zapata corrida
- Estructura metálica, sistema de entramado ligero
- Cerramientos opacos: tabiques aplacados con yeso en ambas caras al interior, placa OSB al exterior.
- Cerramientos transparentes: ventanas de aluminio
- Aislación hidrofuga: membrana Tyvek
- Aislación térmica: lana de vidrio o mineral
- Terminaciones: enduido y pintura en interior, basecoat y pintura en exterior, techo de chapa o tejas a elección.

Costo de la vivienda: 1470 dolares el m²

Caso 2 “Viviendas prefabricadas”



Fig 10. Fotografía de una vivienda prefabricada
Empresa: Casa Propia

Empresa: Casa Propia

Características generales de la vivienda:

- Cimentación: no incluye
- Estructura de madera, sistema de entramado ligero
- Cerramientos opacos: tabiques aplacados con yeso en ambas caras al interior, placa cementicia al exterior.
- Cerramientos transparentes: ventanas de aluminio
- Aislación hidrofuga: placa cementicia
- Aislación térmica: poliestireno expandido
- Terminaciones: Techo de chapa de hierro aluminizado, no incluye pintura

Este ejemplo de vivienda no incluye algunos elementos del rubrado del caso en estudio como son: platea de hormigón, pintura interior y exterior, revestimiento y desague de baños y cocinas, granitos, cableado y armado de tableros y cajas. Para equiparar el valor por m² de este ejemplo con la vivienda en estudio se le sumaran los elementos faltantes tomando los costos de los rubros faltantes analizados en el capítulo 3b.

Costo de la vivienda: $452 + 471 = 923$ dolares el m²

Caso 3 “containers”



Fig 11. Fotografía de una vivienda en contenedor de tipo marítimo - Empresa: Home & Office containers

Empresa: Home & Office containers

Características generales de la vivienda:

- Cimentación: no incluye
- Estructura: contenedor de tipo marítimo autoportante
- Cerramientos opacos: exterior chapa propia del container, revestimiento de yeso al interior
- Cerramientos transparentes: ventanas de aluminio
- Aislación hidrofuga: chapa propia del container
- Aislación térmica: incluida, de tipo desconocido
- Terminaciones: pintura interior

Este ejemplo de vivienda no incluye algunos elementos del rubrado del caso en estudio como son: platea de hormigón, cableado y armado de tableros y cajas. Para equiparar el valor por m² de este ejemplo con la vivienda en estudio se le sumaran los elementos faltantes tomando los costos de los rubros faltantes analizados en el capítulo 3b.

Costo de la vivienda: $514 + 302 = 816$ dolares el m²

4c- Conclusiones

Luego de analizados los elementos compositivos y los aspectos economicos de la vivienda estudiada en este trabajo, podemos concluir que la misma cumple de forma satisfactoria a las premisas iniciales planteadas, en tanto que se resuelve la construcción de la misma utilizando un sistema estructural ampliamente estudiado a nivel mundial como es el sistema estructural de entramado ligero. Se resuelven los aspectos tecnicos de la misma utilizando materiales de alta calidad, por lo cual las prestaciones de la vivienda son satisfactorios. mSe resuelve un proyecto de vivienda unifamiliar logrando una ecuacion economica entre calidad y precio que se encuentra dentro de los standares del mercado Uruguayo. Los costos de la vivienda, en funcion de la calidad de los materiales que se utilizaron para el proyecto, y en funcion del area de la misma, se encuentran en gran proporcion por debajo de los topes asignados para la categoria de vivienda a la que pertenece segun la Ley Nacional de Vivienda (Categoria Media), lo cual es un indicador de que la vivienda proyectada puede ser definida como una buena construcción en su relación calidad/precio.

5- BIBLIOGRAFIA

- **Palma Carazo, Javier**. Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. 1ª edición. Madrid, España, 2008
- **Revista Edificar 63**. Madera, Casas de entramado ligero. Montevideo, Uruguay, 2012
- **Celano, Jorge Alberto** - Jacobo, Guillermo José. Desarrollo de sistemas industriales de producción de sistemas constructivos prefabricados en madera para viviendas de interés social en la region NEA. Provincia del Chaco, 2004
- **J. Enrique Peraza. Francisco Arriaga y Carmen Arriaga** ,AITIM. Casas de entramado ligero. Madrid, España, 1995
- **Diego Diaz Puertas, Nélide Castría, Lucía Toppa, Nora Omil y Oscar Magariños**. Sistema Constructivo - Estructural Para Viviendas de Madera, Tucuman, Argentina, 2000
- **Instituto de la construcción IC**. Curso de Construcción en madera. Montevideo, Uruguay, 2012
- **MVOTMA**. Estandares de desempeño y requisitos para la vivienda de interes social. Montevideo, Uruguay, 2010.
- **Centro de transferencia tecnologica**. Manual de construcción. La construcción de viviendas en madera. Santiago, Chile, 2007
- **Ricardo Novaro Boceo y Daniel Manso Texo**. Construcciones normalizadas. Sistema estructural de madera para viviendas Uni y Bifamiliares. Madrid, España, 1991
- **Canadian wood frame**. House construction metric edition. Canada, 1979
- **Arauco. Ingeniería y construcción en madera**. 2º edición. Chile, 2002

Otras fuentes consultadas

- Costos de componentes de obra. www.inca.com.uy
- Construcciones inteligentes - Steel Framing. www.masterhomes.com.uy
- Casa propia, viviendas prefabricadas. www.casa-propia.com.uy
- Home & Office containers. www.containers.com.uy

6- INDICE DE FIGURAS

| | pag. |
|---|------|
| Figura 1 - Detalle de encastre de paneles prediseñados con elementos estructurales | 5 |
| Figura 2 - Detalle de pilares presiseñados para el proyecto de vivienda | 6 |
| Figura 3 - Detalle de paneles presiseñados para el proyecto de vivienda | 8 |
| Figura 4 - Plantas, cortes y fachadas de la vivienda proyectada | 13 |
| Figura 5 - Detalles constructivos de la vivienda proyectada | 18 |
| Figura 6 - Imagen de la vivienda terminada | 20 |
| Figura 7 - Imagen de secuencia de colocacion de elementos estructurales y tiranteria | 21 |
| Figura 8 - Imagen de secuencia de colocacion de elementos estructurales y tiranteria | 23 |
| Figura 9 - Fotografía de una vivienda construida con Steel Framing - Empresa: Master Homes | 27 |
| Figura 10 - Fotografía de una vivienda prefabricada Empresa: Casa Propia | 28 |
| Figura 11 - Fig 11. Fotografía de una vivienda en contenedor de tipo maritimo - Empresa: Home & Office containers | 28 |