

6X1"

CONSTRUCCIÓN EN MADERA

Tesina . Construcción en madera
Facultad de Arquitectura
UdelaR

Autores:
Santiago Merello
Nicolás Hernández

Tutor:
María Calone

Indice

1. Objetivo
2. Tabla de encofrado
 - 2.1. Características físicas y geométricas
 - 2.2. Características del mercado
3. El proyecto en 6"x1"
 - 3.1. Procedimiento
 - 3.1.1. Los materiales
 - 3.1.2. Las herramientas
 - 3.2. Diseño de dispositivos
4. Aplicación integral
 - 4.1. Recaudos gráficos
Memoria / Albañilería / Estructura / Detalles constructivos
 - 4.2. Secuencia de armado
 - 4.3. Unión de tablas
 - 4.4. Planillas
 - 4.5. Consumos
5. Consideraciones finales
6. Anexo
 - 6.1. Ensayo de rotura de vigas.
 - 6.2. Cálculos.
 - 6.3. Nch1207. Pino radiata - Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad
7. Bibliografía

1. Objetivo

El objetivo del presente trabajo es indagar en un sistema de construcción en madera que sea de bajo costo y de fácil acceso para nuestro medio. Para ello se estudian las posibilidades constructivas que ofrece la tabla de encofrado (6”x1”) como elemento base para la construcción en madera. Este estudio indaga en las características que presenta el material en nuestro país para lo cual aborda un breve análisis del contexto y propone en consecuencia un método constructivo que busca optimizar el uso del material en su adaptación a un sistema de paneles y cerchas.

En este trabajo se ejemplifica como es posible adaptar la tabla de encofrado en un proyecto integral de madera, pero su aporte intenta ir más allá, mostrando como es posible reducir los costos al minorar el desperdicio. Esto que resulta evidente, no es posible de lograr sin una visión general del proyecto que permita ajustar las partes a una modulación dada por el material base, en este caso la tabla de encofrado, para obtener de ella piezas complementarias.

A efectos de hacer verosímil la solución constructiva, se realizan los cálculos estructurales necesarios para dimensionar y cuantificar la cantidad de madera, no siendo estos un objetivo del presente trabajo. Resulta interesante pensar en las posibilidades de la tabla de encofrado de forma parcial integrada a otro sistema constructivo ya sea en reformas, ampliaciones y en menor medida obra nueva. Finalmente evalúa la viabilidad y la pertinencia del sistema empleado para que pueda ser comparado con otras propuestas.

2. Tabla de encofrado

Por su difusión en el mercado y su bajo costo comparativo, resulta interesante evaluar la tabla de encofrado no como material auxiliar para las construcciones de hormigón armado, sino como elemento primario en una construcción de madera.

Esto implica un desafío importante en su implementación, ya que la someterá a mayores exigencias de las usuales, tanto mecánicas como de durabilidad así como también estéticas en algunos casos. Por lo tanto habrá que diseñar considerando un material que se presenta con calidad heterogénea.

Por lo antedicho es necesario tener especial cuidado en la selección del material a emplear. Para esto es imprescindible saber de antemano cuantas tablas son necesarias en el proyecto. Se establecen criterios de selección según las exigencias a las que estarán expuestas.

2.1 Características físicas y geométricas

Densidad	550	kg/m ³
Módulo de elasticidad	53.000	kg/m ²
Tensión de diseño a flexión:	58	kg/cm ²
Tensión de diseño al corte:	6	kg/cm ²
Deformación admisible:	L/250	



(1)

2.2 Características del mercado

1. Comparativo de precios (pesos uruguayos)

Periodo Junio 2008 - Junio 2013

Madera	cantidad	Junio 2008	Junio 2009	Junio 2010	Junio 2011	Junio 2012	Junio 2013
Pino Nacional (tablas para encofrado)	1000 pies	11.744,22	12.347,93	12.483,75	12.608,59	12.671,63	13.475,46
Eucaliptus (tablas para carpintería)		24.399,11	26.380,43	26.380,43	26.644,24	27.177,12	29.449,98
Lapacho (tablas canteadas)		85.613,04	93.861,13	93.861,13	98.689,35	100.663,14	113.892,49

fuentes: MTOP

2. Índice de precios

Base Junio 2008

Madera	Junio 2008	Junio 2009	Junio 2010	Junio 2011	Junio 2012	Junio 2013
Pino Nacional (tablas para encofrado)	100	105,1	106,3	107,4	107,9	114,7
Eucaliptus (tablas para carpintería)	100	108,1	108,1	109,2	111,4	120,7
Lapacho (tablas canteadas)	100	109,6	109,6	115,3	117,6	133,0

Los cuadros adjuntos 1 y 2, muestran la evolución del precio del pino nacional en el periodo 2008-2013. Se lo compara con el del eucaliptus por ser la madera más abundante en nuestro medio y con el del lapacho ya que su uso se ha extendido por ser de las maderas de mayor resistencia mecánica en el mercado local.

En ellos observa que el pino nacional ha sido de estas tres la madera de menor precio siendo este menor a la mitad del precio del eucaliptus y menor a un séptimo del precio del lapacho.

En cuanto a la evolución de los precios vemos como el pino nacional ha sido el que registro menores aumentos finalizando el periodo de estudio con un incremento del orden del 15% contra 21% de eucaliptus y 33% del lapacho.

3. El proyecto en 6x1”

3.1. Procedimiento

Se propone una metodología para maximizar el rendimiento del material. Esta se plantea en cinco instancias previas a la etapa de construcción, las cuales se desarrollaran en función de las características tanto físicas como dimensionales del material base, en este caso la tabla de encofrado.

Posteriormente se presentara un ejemplo de aplicación proyectual integral, donde los materiales base son tanto la tabla de encofrado como la placa de OSB, ambos materiales se combinan y modulan el diseño de los componentes.

1. Proyecto

La primer etapa es la de proyecto. En esta instancia se deben definir los dispositivos a emplear en la construcción procurando aprovechar la mayor cantidad de material. Para lograrlo, se estudia cada componente y sus dimensiones en relación a otros cuyas medidas pudieran resultar complementarias tomando como base las dimensiones de la tabla de encofrado y sus combinaciones.

En este trabajo se ve como de la combinación de dos tablas se obtiene un pie derecho, una solera y una clavadera. Se busca entonces complementar las dimensiones para minimizar el desperdicio.

Una vez definido el proyecto se recomienda hacer planillas de aquellos dispositivos que deban ser armados previamente a su puesta en obra como paneles, cerchas y aberturas. Estas facilitarán el control de la producción, de la cantidad y calidad de materiales necesarios.

2. Metraje

Una vez definido el proyecto se debe proceder al metraje del mismo para así poder calcular la cantidad de materiales necesarios y poder estimar el costo de la mano de obra, jornales, herramientas necesarias, obras auxiliares, fletes y cualquier otro costo indirecto relativo a la ejecución.

En este trabajo se plantean distintos dispositivos los cuales son metrados con el fin de ejemplificar el procedimiento sugerido y a su vez poder evaluar el sistema constructivo en cuestión.

3. Clasificación

Por las irregularidades características de la tabla de encofrado ya mentadas es necesario establecer criterios de selección del material a emplear. Para ello se utilizan los criterios establecidos en la norma de clasificación visual para uso estructural NCh1207.Of 90 la cual se anexa.

Tres características determinan un criterio general de selección:

1. Presencia de agentes bióticos:

hongos, insectos, pudrición.

2. Existencia de defectos propios de la madera:

nudos pasantes, rajaduras, grietas, bolsillo de corteza, bolsillo de resina, fibra inclinada, perforación, , presencia de médula.

3. Defectos por aserrado y secado:

aquellas que le generen geometría irregular, acebolladura, colapso, alabeos, abarquillado, combado, encorbadura, torcedura, canto muerto.

La primera es excluyente y las otras dos inconvenientes para todas las piezas. De todos modos la norma establece criterios de tolerancia para estos defectos. Como la calidad de las piezas es muy irregular por lo que se establecen tres grados de selección con el fin de optimizar el material disponible.

Una primera selección es destinada preferentemente a aquellos dispositivos estructurales (paneles, cerchas, pilares y vigas). A esta selección se destinan aquellas piezas clasificadas como grado selecto o grado 1. Estos grados surgen al aplicar la norma NCh1207, que define tres grados estructurales, grado selecto, G1 y G2 (ver anexo 6.3). Una segunda selección destinada a terminaciones prioriza aspectos estéticos y de regularidad geométrica. La tercera selección es destinada a elementos sometidos a leves esfuerzos estructurales, sin requerimientos estéticos, como las clavaderas, las cuales pueden ser G2.

Criterios de selección

Pilares	Pisos	Clavaderas
Vigas	Parasoles	Cortafuegos
Cerchas	Revestimientos	
Soleras		
Pies derechos		
Estructural	Estético	Piezas complementarias
Grado selecto o G1	Regularidad geométrica	
Regularidad geométrica		

4. Secado e impregnación

El secado de la madera es un proceso que se justifica para toda pieza que tenga uso definitivo en la vivienda (queda incorporada a la vida útil de ésta), sea con fines estructurales o de terminación.

El contenido de humedad de equilibrio para nuestro medio se estima en un $14 \pm 3\%$ (2). Si se consideran ambientes particularmente secos y cálidos este disminuye.

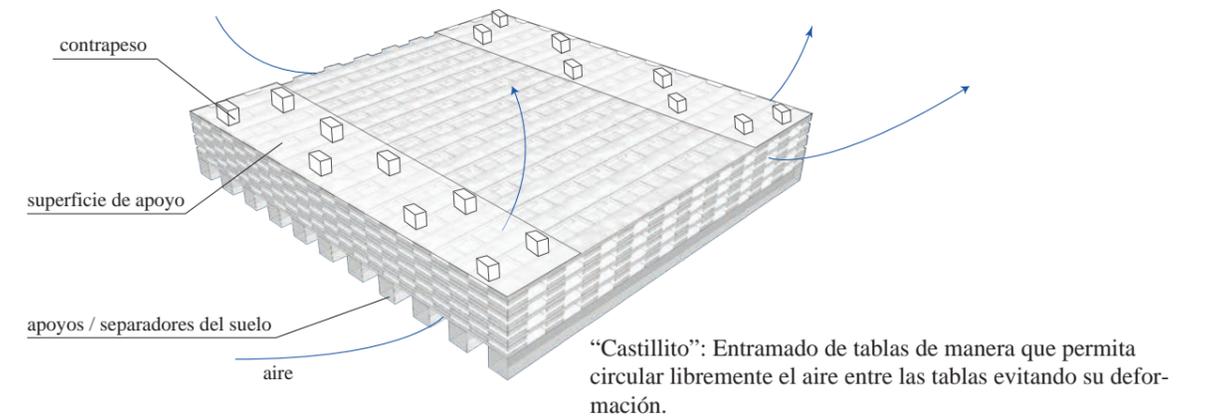
La utilización de madera seca aporta una serie de beneficios, entre los que se destaca:

- Mejora sus propiedades mecánicas.
- Mejora su estabilidad dimensional.
- Aumenta la resistencia al ataque de agentes destructores (hongos).
- Aumenta la retención de clavos y tornillos.
- Disminuye considerablemente su peso propio, abarata el transporte y facilita la manipulación de herramientas.
- Mejora la resistencia de adhesivos, pinturas y barnices.
- Mejora su ductilidad, facilidad para cortar y pulir.
- Mejora la absorción de preservantes líquidos aplicados con presión.
- Aumenta la resistencia de las uniones de maderas encoladas.

Por estos motivos las tablas elegidas deberán ser debidamente secadas antes de poder impregnarse. Es común que estas puedan contener humedad ya que su uso en encofrados no les exige un determinado contenido de humedad.

Para esto se deberá disponer de un lugar apropiado para el secado de la madera. Este lugar deberá ser techado y ventilado. Se evitará que las tablas estén en contacto con el suelo y se las protegerá de la lluvia y la radiación solar directa ya que éstas suelen provocar retracciones en las tablas que derivan en deformaciones como el arqueado o la torcedura.

La manera usual de apilar las tablas para el secado es generando un entramado que permita circular el aire entre ellas. Se colocan paralelamente las tablas dejando una separación aproximada de 15 cm entre ellas. Esta disposición se repetirá sobre las primeras pero en dirección perpendicular y así sucesivamente logrando de esta manera el entramado deseado.



Si por algún motivo no se opta por el secado a pie de obra podrá recurrirse al secado industrial en horno. Esta opción implica asumir costos por el servicio además de los fletes correspondientes. Costos que han de tenerse en cuenta al momento de evaluar los costos de ejecución.

Para la impregnación de las piezas se podrá tomar la opción industrial o la artesanal pero atendiendo las particularidades de cada una.

Primeramente habrá que determinar la cantidad de tablas a impregnar según sean dispuestas en obra. Aquellas tablas que cumplan funciones estructurales al igual que aquellas que conformen revestimientos exteriores requieren protección ante agentes bióticos y climáticos como el agua. Industrialmente este proceso se realiza introduciendo la madera en un autoclave donde se la somete a un proceso de vacío para posteriormente impregnar a presión la solución de CCA (sales cupro cromo arsenicales) en la misma. Este proceso genera un enlace entre las sales y las células de la madera lo cual asegura la durabilidad del material.

Existen también métodos no industrializados de impregnación que utilizan otros productos químicos para lograr el mismo cometido mediante la inmersión de la madera seca en la solución imprégnate. Estos procesos por su carácter artesanal presentan resultados dispersos y no aseguran la penetración en toda la sección, por lo que resultan menos confiables que los industrializados.

(2) CALONE, MEYER, TORÁN. IC, Farq. Cubierta de tejas con estructura de madera, Montevideo, p. 26

3.1.1 Los materiales

Tablas de pino 6 x 1 “

Placas OSB

Destinado principalmente a la industria de la construcción, es un material ideal para aplicarse como panel de rigidización en sistemas de construcción en seco, requiriendo protección exterior.

Los tableros OSB (Oriented Strand Board), son tableros estructurales formados por virutas de madera orientadas perpendicularmente, las cuales otorgan rigidez y gran resistencia mecánica.

Las virutas no son productos de desecho de otro proceso de fabricación de madera; se crean específicamente para obtener el máximo rendimiento en la construcción del tablero. Por lo tanto, al igual que el contrachapado, el OSB tiene las características de resistencia y rigidez que resultan de la laminación cruzada de las capas. Posee protección contra insectos garantizada por 10 años.

Dimensiones

1,22 x 2,44 m

Espesores disponibles

6,0 - 8,0 - 9,0 - 11,1 - 15,1 - 18,0 - 25,0 mm.

(3)

Cola vinílica

La madera debe estar seca y limpia de grasitud, la cola se aplica a pincel, a rodillo, o espátula. La cantidad de cola a aplicar debe ser tal que al prensar, haya un escurrido visible de la cola a lo largo de la línea de encolado, pero sin llegar a chorrear.

(4)

Clavos y tornillos de acero galvanizado

3.1.2 Las herramientas

Eléctricas

Sierra circular:	Cortes rectilíneos
Sierra caladora:	Cortes curvos
Clavadora:	Clavos 15 a 32 mm x 1,6 mm
Garlopa:	Regularización de cantos
Lijadora de banda:	Regularización de superficies
Lijadora orbital:	Acabado
Taladro:	Perforaciones

Manuales

Martillo:	Clavado
Sierra:	Cortes
Lijas:	Regularización, acabado
Cinta métrica:	Cotas
Nivel de burbuja:	Niveles
Escuadra:	Ángulos rectos
Hilos:	Replanteo
Estacas:	Cercado

(3) BARRACA PARANA. Tableros fenólicos. [En línea]. <<http://www.barracaparana.com/index.php/-maderas/tableros-fenolicos/osb2.html>>. [consulta: 29 agosto 2014]

(4) MADERAS BAUMANN. [En línea]. <<http://www.maderasbaumann.com.ar/pdf/fortex.pdf>>. [consulta: 29 agosto 2014]

3.2. Diseño de dispositivos

El diseño de dispositivos a partir de la sección 6 x 1” y largo de 3,3 m se hará mediante la combinación de tablas de manera de lograr secciones mayores y la subdivisión del largo para minorar el desperdicio del material. Cabe mencionar que dichos diseños deben dimensionarse para cada caso específico, los aquí presentados son genéricos hechos a modo ilustrativo.

Secciones compuestas

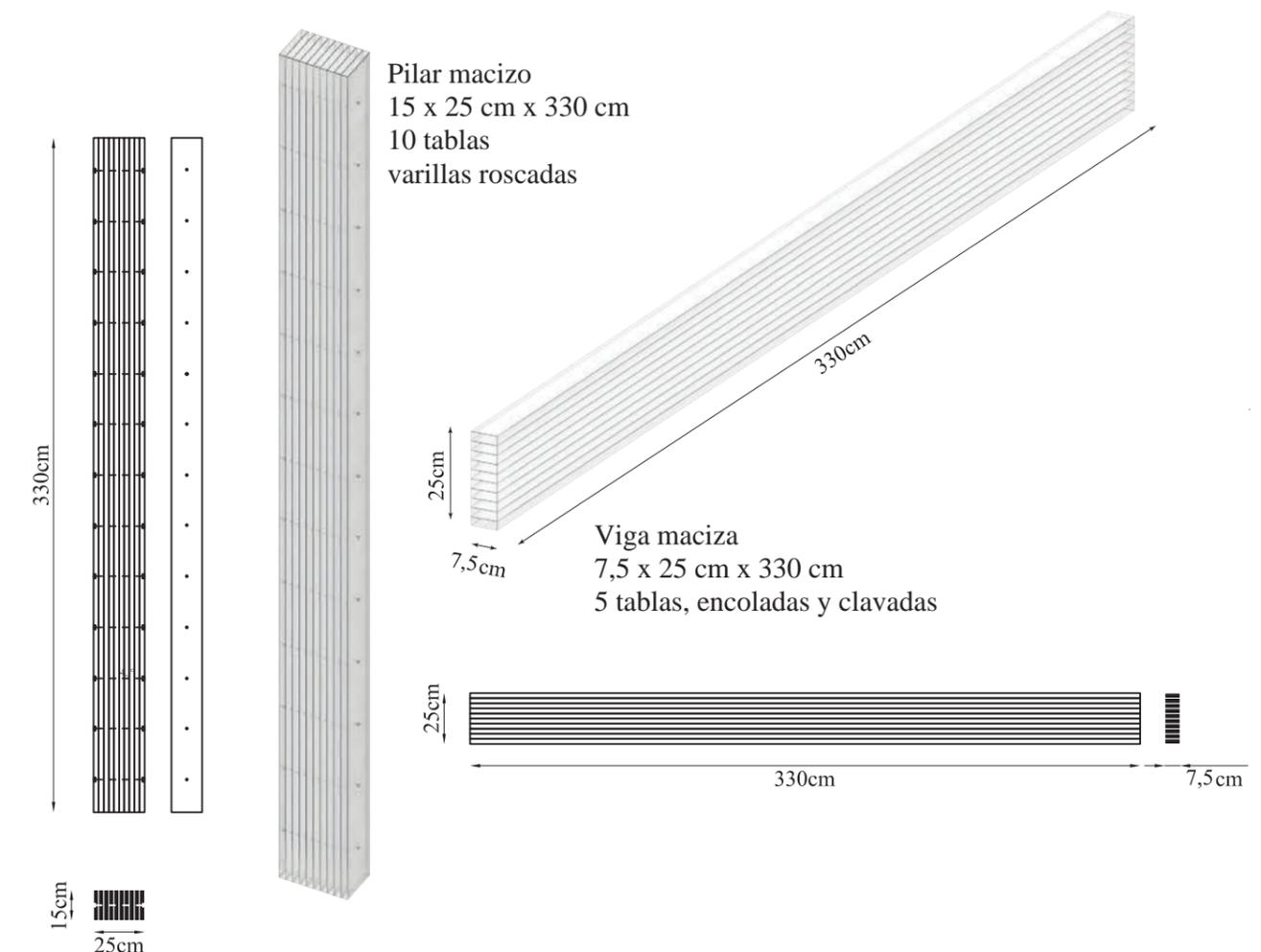
Se entiende por secciones compuestas aquellas secciones macizas logradas mediante el encolado y/o fijación con elementos metálicos (clavos, bulones, varillas roscadas), de piezas selectas de secciones menores.

Las secciones compuestas logran un comportamiento estructural lo suficientemente homogéneo para considerarlas como un único elemento.

Artesanalmente no es posible lograr piezas laminadas que presenten un comportamiento de homogeneidad estructural comparable a aquellas fabricadas industrialmente, sin embargo, siguiendo el mismo concepto pueden lograrse elementos estructurales como vigas, pilares, pies derechos o soleras mediante la unión de tablas. Aquellas tablas que se desee emplear deberán ser seleccionadas siguiendo los criterios antedichos (ver 3.1).

Para la unión se utilizará cola vinílica y se reforzará la misma con clavos de acero, bulones o varillas roscadas. Más adelante se detalla un caso de unión para un pie derecho.

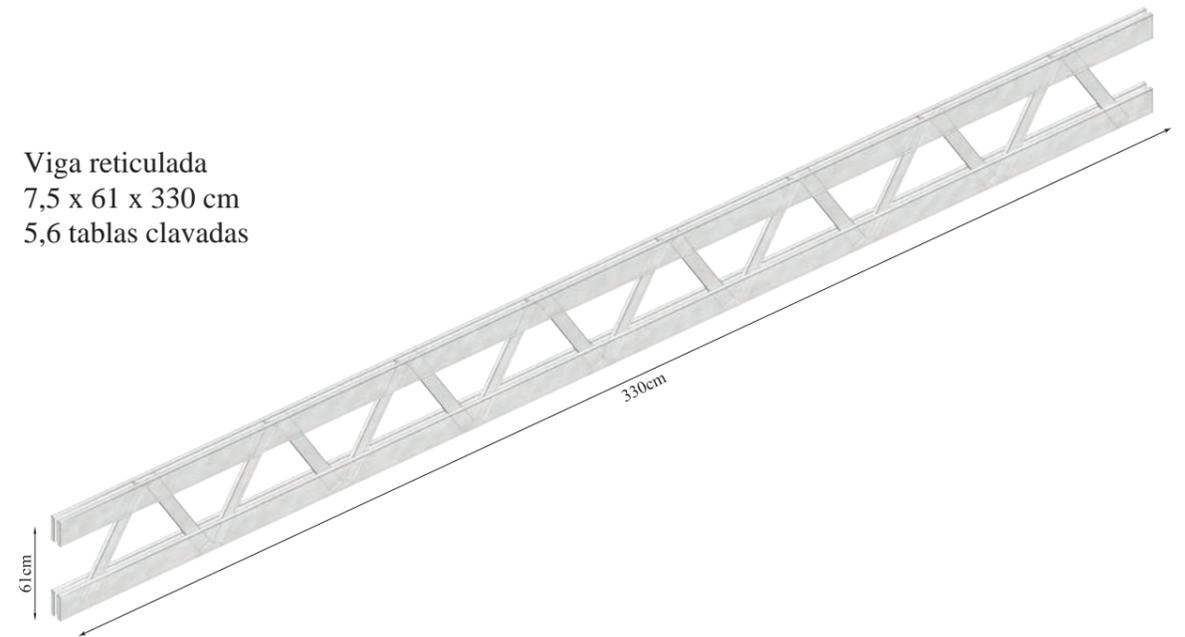
Ejemplos de piezas laminadas:



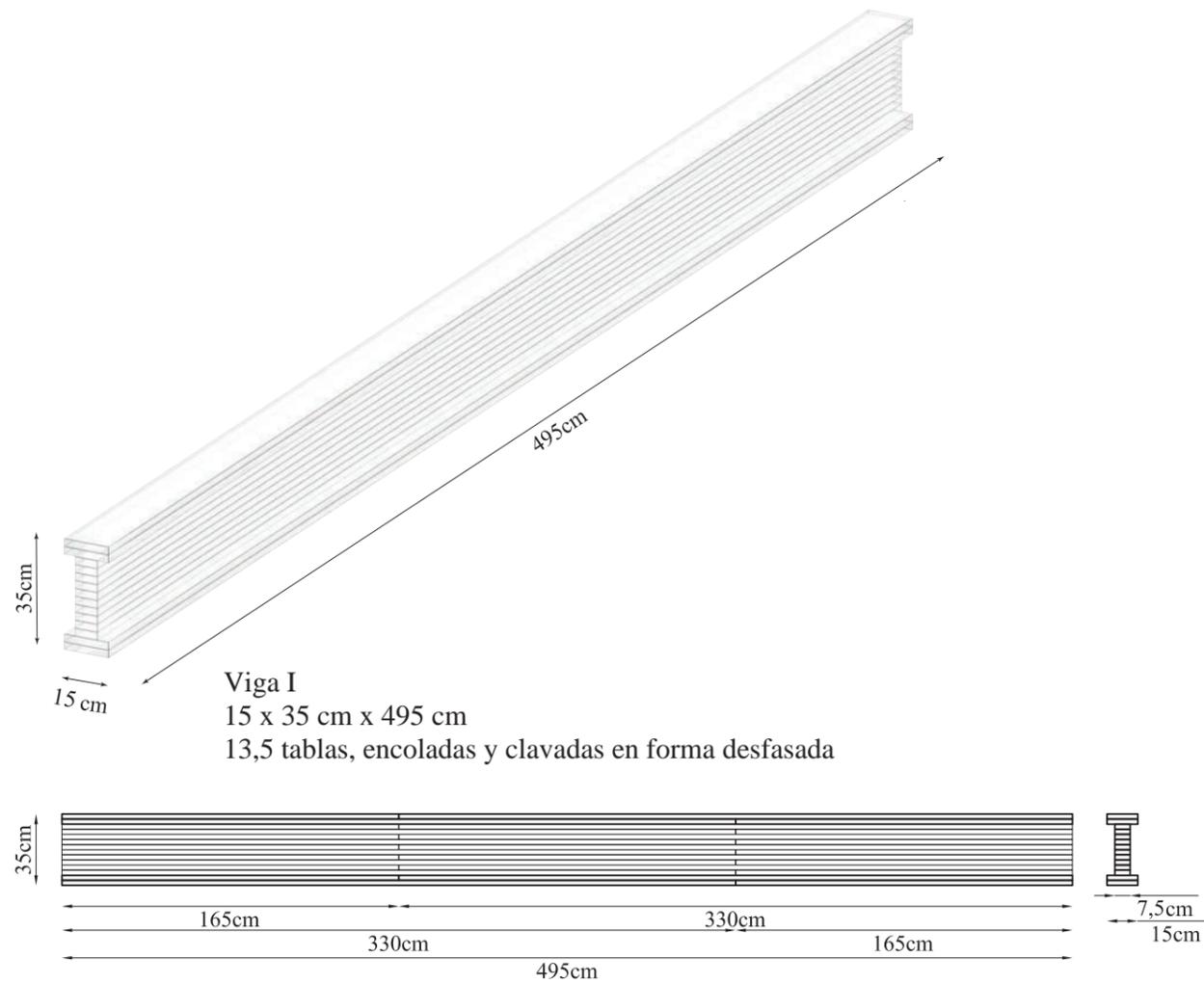
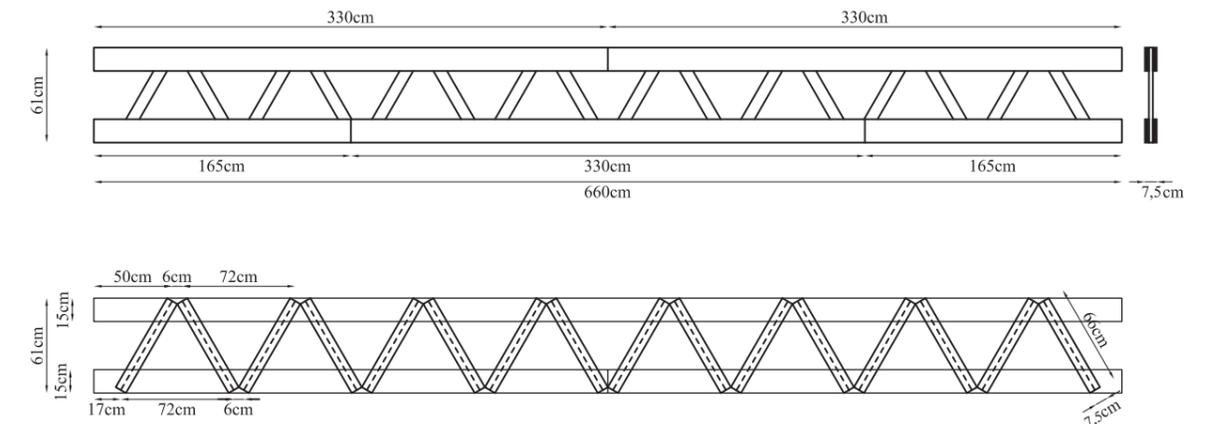
Elementos reticulados

Los reticulados optimizan el uso de material, disponiendolo allí donde sea necesario para lograr triangulaciones que conduzcan las cargas hacia los apoyos. En este tipo estructural se combinan elementos (barras) las cuales estarán sometidas a esfuerzos de tracción o compresión según sea su posición respecto a las cargas a las que estará sometido el reticulado y los apoyos donde se hará la descarga de las mismas. Esta combinación se hará triangulando las piezas de manera de generar caminos materiales para conducir las fuerzas evitando la generación de momentos flectores en las barras.

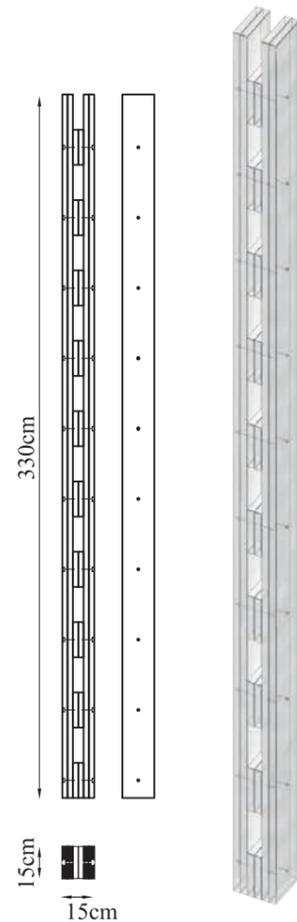
Ejemplos de vigas reticuladas:



Viga reticulada
7,5 x 61 x 330 cm
5,6 tablas clavadas

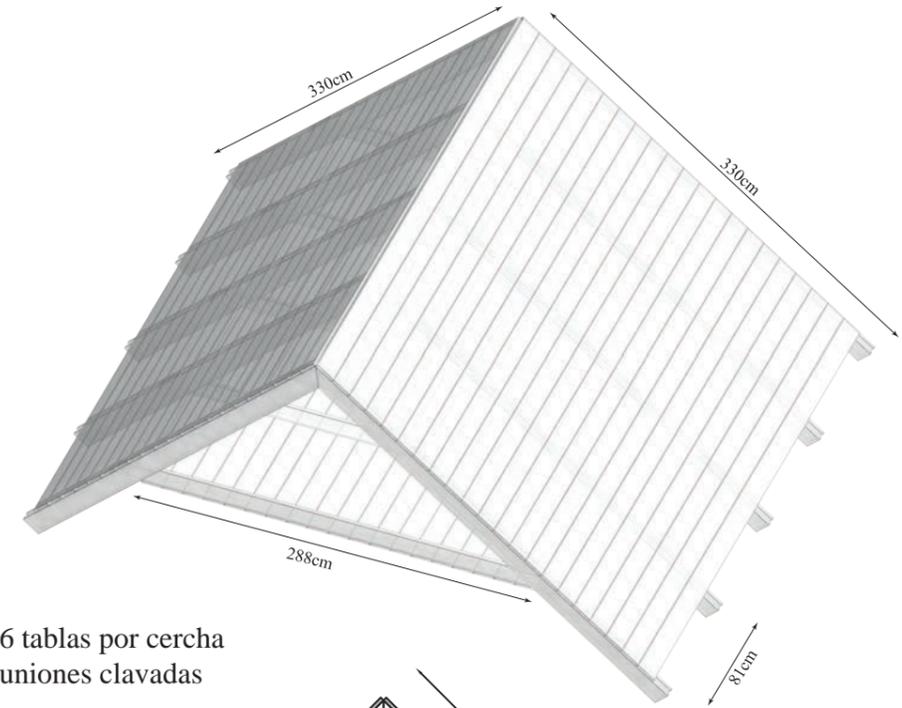


Viga I
15 x 35 cm x 495 cm
13,5 tablas, encoladas y clavadas en forma desfasada

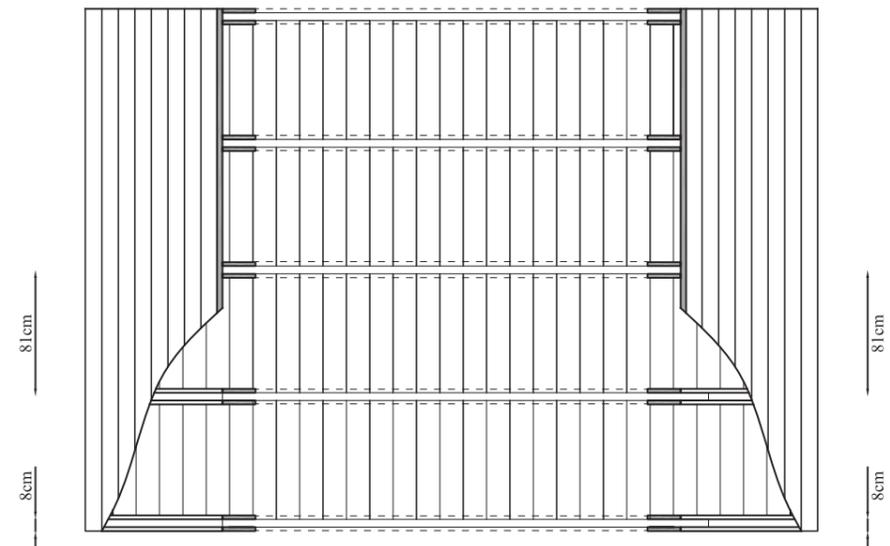
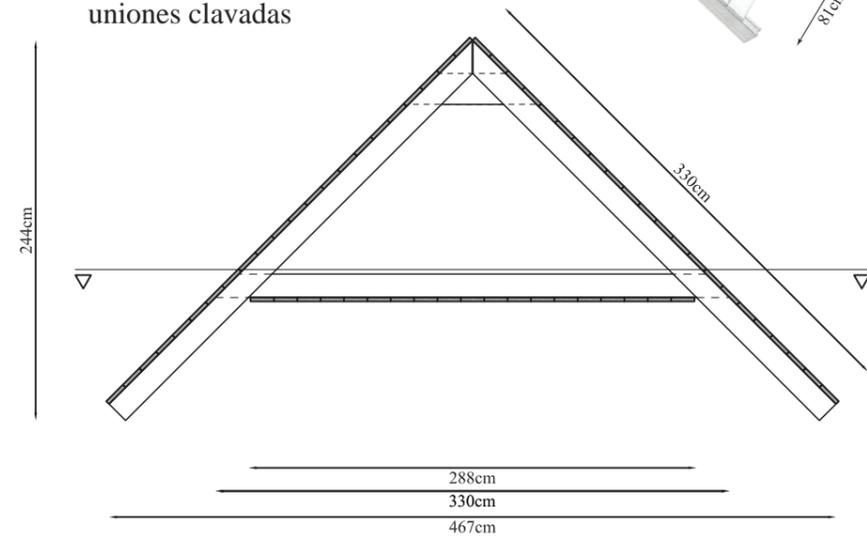


Pilar
15 x 15 cm x 330 cm
5 tablas encoladas
10 varillas roscadas

Ejemplo de cercha:



6 tablas por cercha
uniones clavadas



4. Aplicación integral

Se procede al desarrollo de una solución integral de manera de poder analizar distintas situaciones y resolverlas empleando como materiales base tablas de 6x1” y OSB de 15mm.
El proyecto propuesto no responde a un terreno específico. A los efectos de desarrollar el análisis se considera un suelo no expansivo.

4.1 Recaudos

Memoria descriptiva y constructiva

Se propone una vivienda exenta de 100 m². La misma cuenta con dos dormitorios, baño completo, living, cocina / comedor y espacios exteriores.

Estructura

Se cimienta con patines corridos sobre capa de balasto compactada para recibir estructura de paneles prefabricados de tablas de pino 6x1” y OSB 15mm como se indica en gráficos y planillas adjuntas.

Previamente a la colocación de los paneles se abulonon presoleras de pino 4x2” con taco expansivo de acero a zapatas corridas de hormigón armado.

La colocación de los paneles se hará atornillando los mismos a las presoleras y entre sí, apuntalandolos a medida que se avanza en la colocación.

En aquellos sectores donde se indica se complementa la estructura con pilares y vigas de pino CCA. Sobre paneles y vigas se colocan sobresoleras de pino 4x2” atornillandolas a soleras de paneles.

Se apoyan sobre las sobresoleras, cerchas de pino CCA según se planilla. Su colocación se hace con clavos lanceros a la sobresolera.

Las cerchas se vinculan entre si mediante complementos de pino CCA de 3x4”.

Sanitaria

Se plantea subterránea, desagües en PVC y abastecimiento en ppl termofusionado.

Eléctrica

Las canalizaciones se hacen por los zócalos como se indica en los detalles y por cielorraso en baño y dormitorios.

Fundaciones

Las zapatas se elevan 35 cm sobre el nivel de piso exterior. Se disponen huecos donde se anclan varillas roscadas las cuales sujetan los paneles a las zapatas.

Las caras expuestas de la zapata corrida se impermeabilizan con revoque hidrófugo, emulsión asfáltica y membrana sfáltica en su cara superior.

Pisos

Se rellena con balasto compactado, posteriormente se coloca film de polietileno de 100 mc. Sobre el polietileno se realiza contrapiso de cemento y balasto de 10 cm. La terminación en estar, cocina / comedor, baño y espacios exteriores, es de arena y cemento lustrado dividada en paños como se indica en planta y cortes, separando los mismos con tablas de pino 3x1”. En dormitorios se colocan tablas de pino 6x1” calvadas a listones embutidos en alisado de arena y cemento logrando un nivel homogéneo en toda la vivienda.

Muros

Como ya se menciona anteriormente, la estructura esta conformada por paneles. Estos se conforman por pies derechos, soleras y complementos de pino CCA arriostrados por placas de OSB en la cara exterior. El aislamiento térmico y acústico de los muros está dado por lana de vidrio que se coloca desde el interior. A medida que se va rellinando los paneles estos se cierran con OSB 15 mm clavado a pies derechos, complementos y soleras.

Sobre la cara exterior se clava Tyvek siguiendo recomendaciones del fabricante.

La terminación interior se aplica sobre el OSB. En todos los casos se prevé dos manos pintura látex hasta 2,10 m.

En baños se prevé revestir los muros con aplacado de yeso verde sobre perfiles omega fijados a las placas de OSB de los paneles siguiendo los procedimientos del sistema Drywall. La terminación del baño se hace con empapelado vinílico.

La terminación exterior consiste en tinglado de tablas de pino CCA cepilladas, colocadas sobre clavaduras de pino CCA 2x2” clavados a paneles generando una cámara ventilada entre los paneles y el tinglado. Finalmente el tinglado se pinta con dos manos de Lusol para darles protección.

Los dinteles, antepechos y jambas se hacen con sobrantes de OSB y tablas de pino 6x1”. Estos se protegen envolviendolos con Tyvek y chapa galvanizada la cual se pliega para generar goterones. Posteriormente estos se pintan con esmalte para darles terminación.

Todas las aislaciones hidrófugas se ejecutan respetando los solapes previstos para evitar filtraciones por capilaridad.

El encuentro de paneles y la cubierta inclinada se sella desde el interior con poliuretano proyectado el cual posteriormente se tapa con tapajunta de OSB atornillado al muro como se indica en gráficos.

La junta interior se tapa con zócalos de OSB los cuales sirven para tender las canalizaciones de eléctrica. Estos se calan allí donde se prevé la colocación de tomacorrientes.

Cubierta

Arriostrando las cerchas se colocan complementos de pino CCA 3x4” cada 60 cm sobre los cuales se clavan placas de OSB de 15mm. Estas dan soporte a las aislaciones (barrera de vapor de polietileno de 100 mc y poliestireno de 3 cm) y a calvaderas de pino de 2x2” colocados cada 50 cm. Cubriendo la superficie de los faldones, sobre las clavaderas y el poliestireno, se coloca membrana hidrófuga tipo Tyvek. Luego se superpone un nuevo entramado de clavaderas perpendicularmente a las anteriores, estas se colocan cada 1,10 m y sobre ellas se colocan chapas de acero galvanizado tipo BC350 con tirafondo y arandela de goma.

Cada faldón de la cubierta genera un alero exterior de 70 cm. Se atornilla a las caras extremas de las cerchas un cubretirante de OSB a lo largo del alero la cual se cubre de chapa galvanizada para protegerla de agentes climáticos (ver detalle). Los huecos generados por las ondas de las chapas y las clavaderas en los extremos se sellan con poliuretano proyectado.

Todas las maderas expuestas al exterior se protegen con dos manos de Lusol.

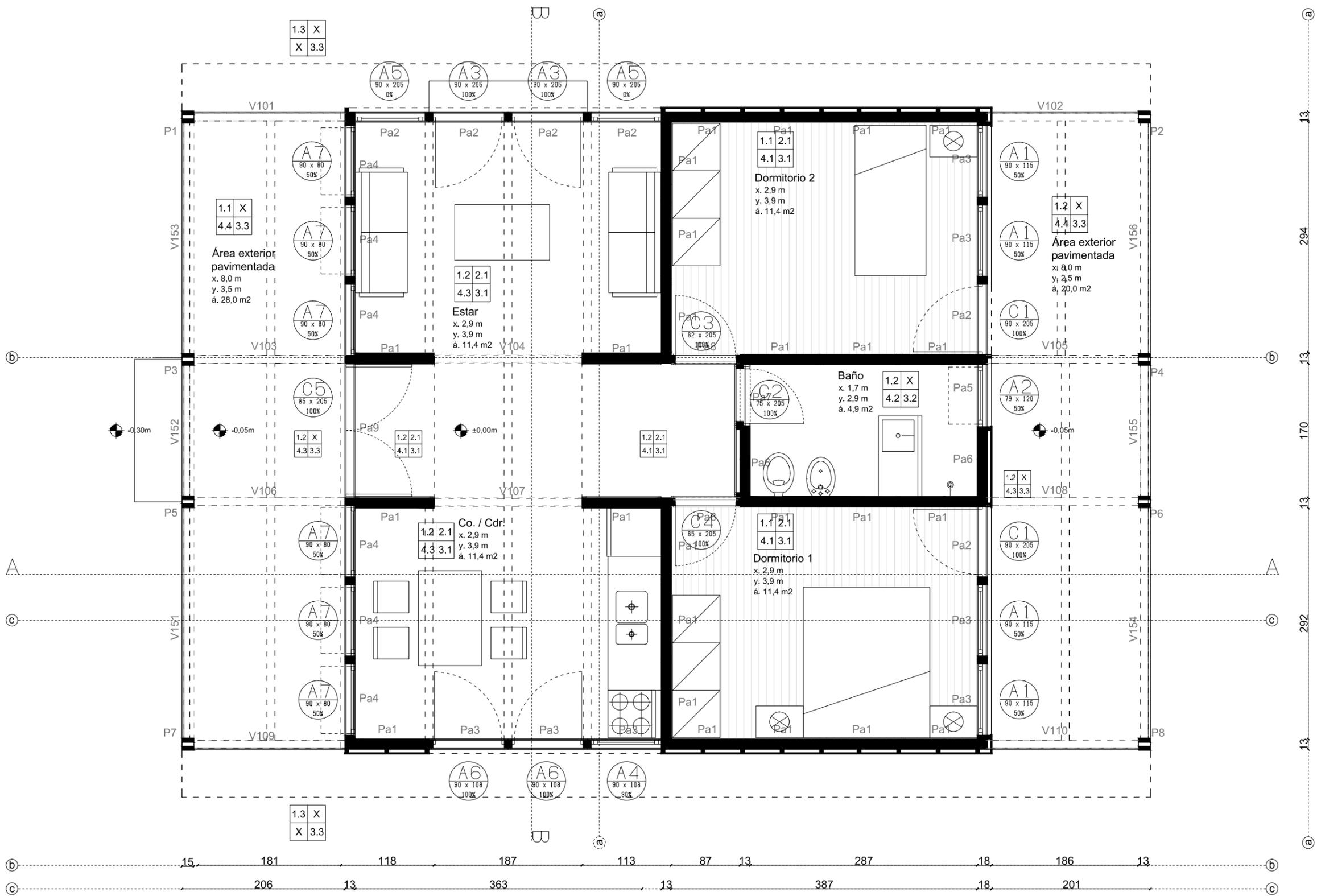
Aberturas

Todas las ventanas son de aluminio tipo mecal serie 25. Estas se amuran con poliuretano proyectado.

Los marcos y hojas de puertas son de mdf pintado. Las puertas interior exterior se protegen con dos manos de Lusol. El amure se hace con poliuretano proyectado.

Cielorrasos

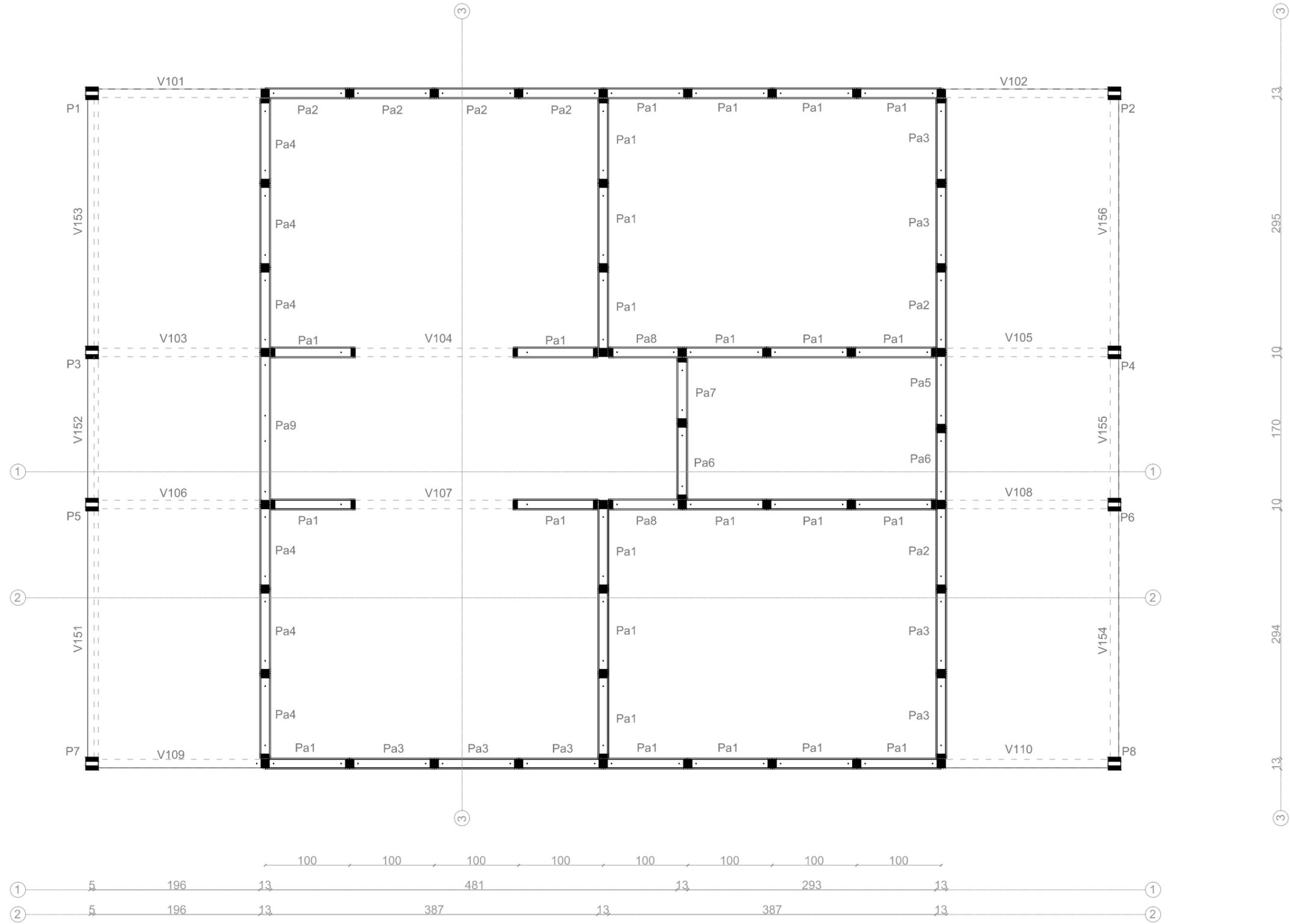
Los baños y dormitorios tienen cielorraso de OSB 15 mm. Este se tornilla a clavadores de Pino 3x2” los cuales se fijan con tornillos atorrosantes al cordón inferior de las cerchas. Sobre este cielorraso se apoya lana de vidrio para mejorar tanto la aislación térmica como acústica de los locales.



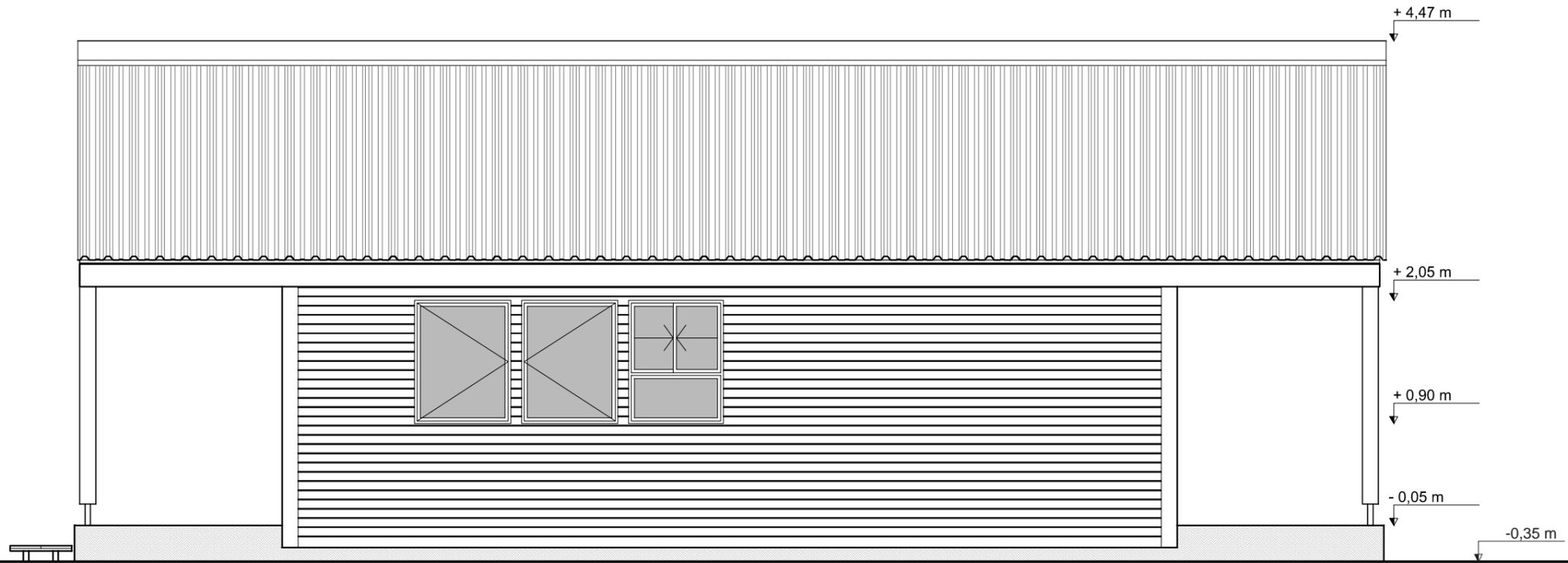
Terminaciones

1. Piso		1	2
.1. Entablado Pino 6"x1"			
.2. Arena y Portland lustrado		4	3
.3. Césped			
2. Zócalo			
.1. Osb pintado 1,5 x 10,0 cms			
3. Pared			
.1. Osb pintado			
hasta 2,05 mts			
.2. Vinílico			
.3. Pino cca			
4. Cielorraso			
.1. Horizontal Osb pintado, H=2,35 mts			
.2. Horizontal Osb pintado anti hongos, H=2,35 mts			
.3. Inclinado Osb natural / cercha			
.4. Entramado de Pino cca / Cercha			

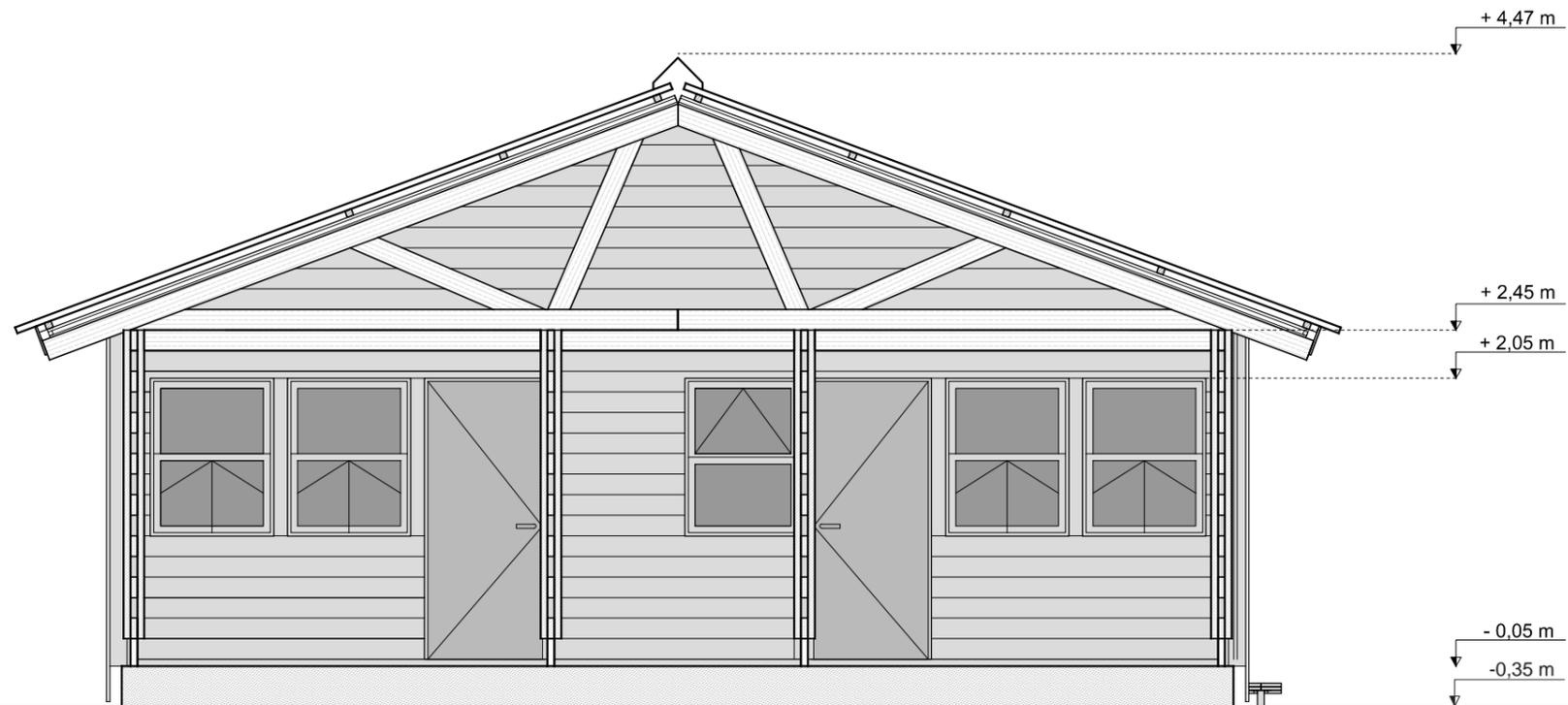
escala	A01
1:50	
descripción	
Planta de albañería	



escala	E02
1:50	
descripción	
Planta estructura	

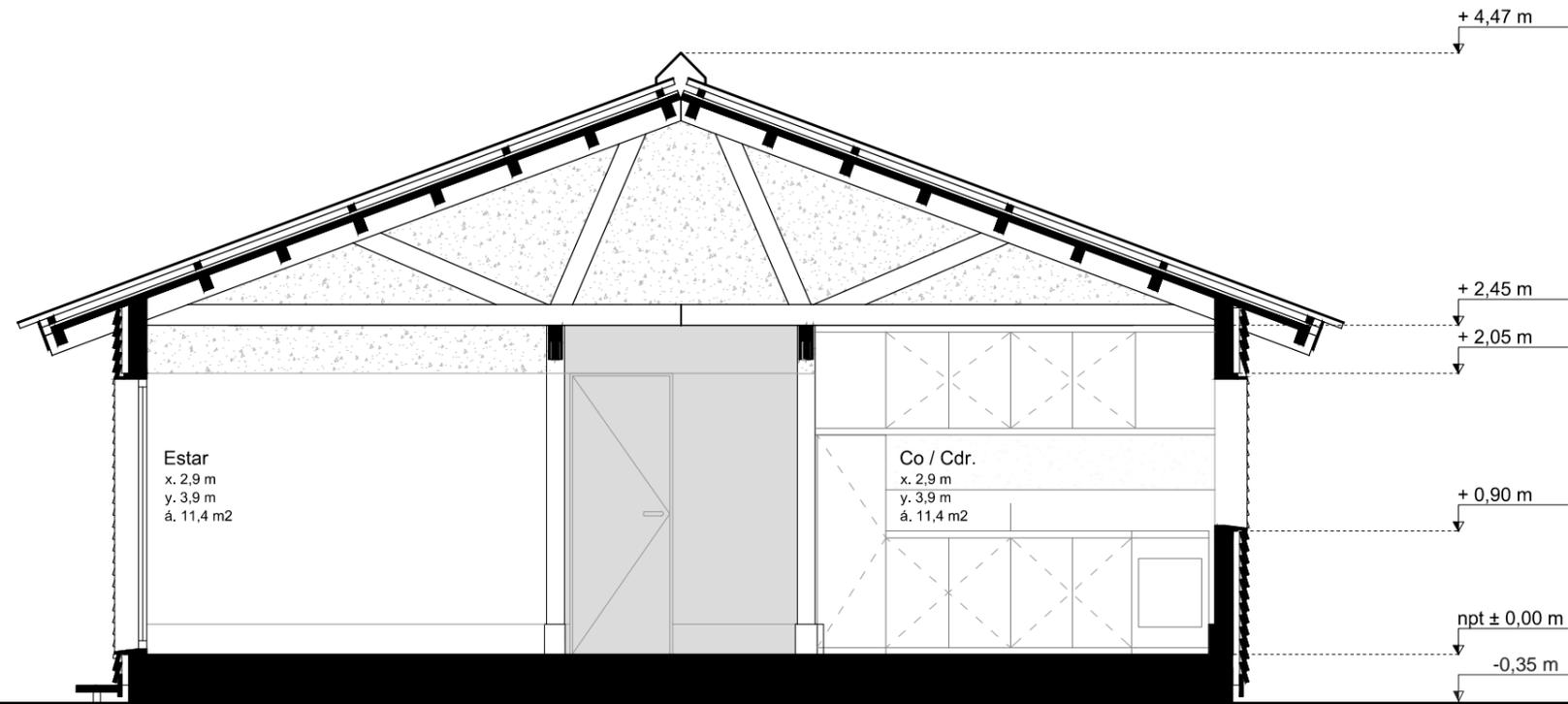
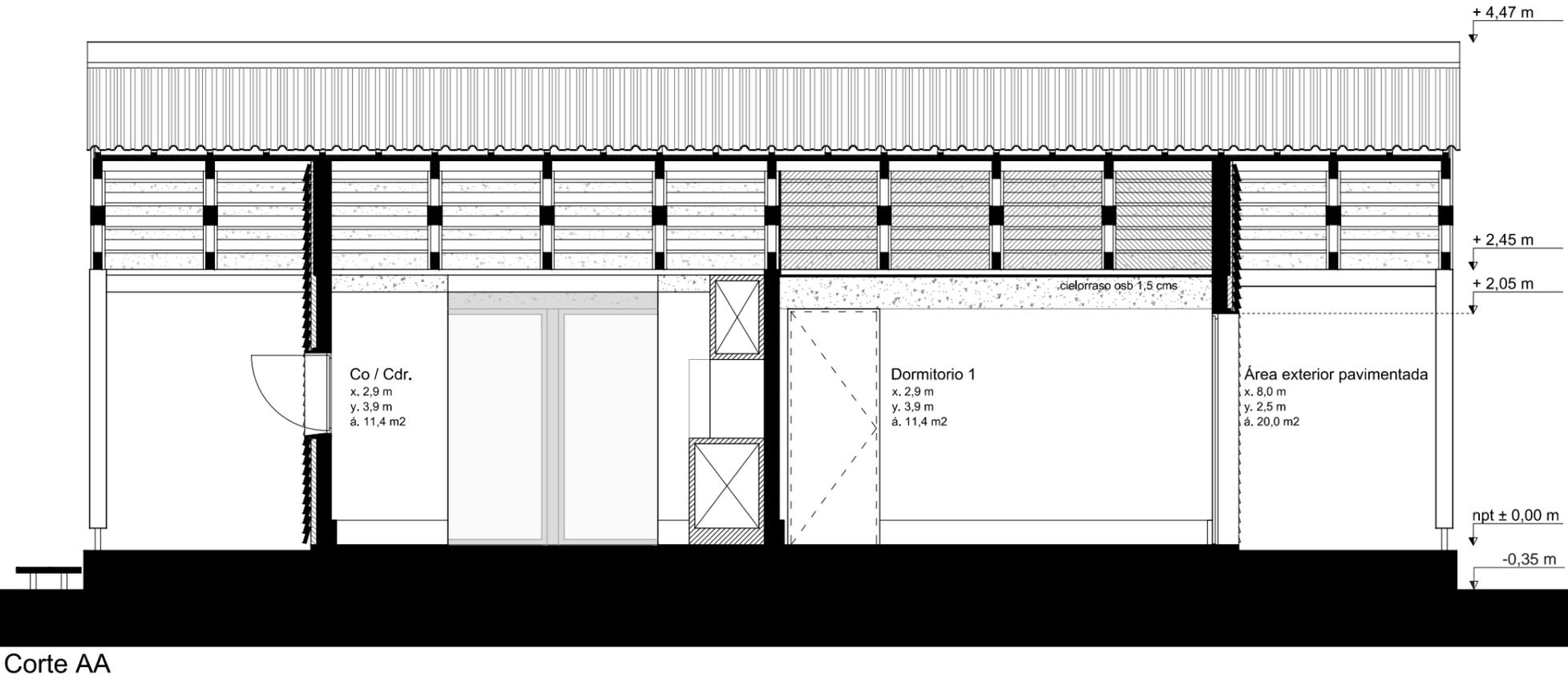


Fachada Sur



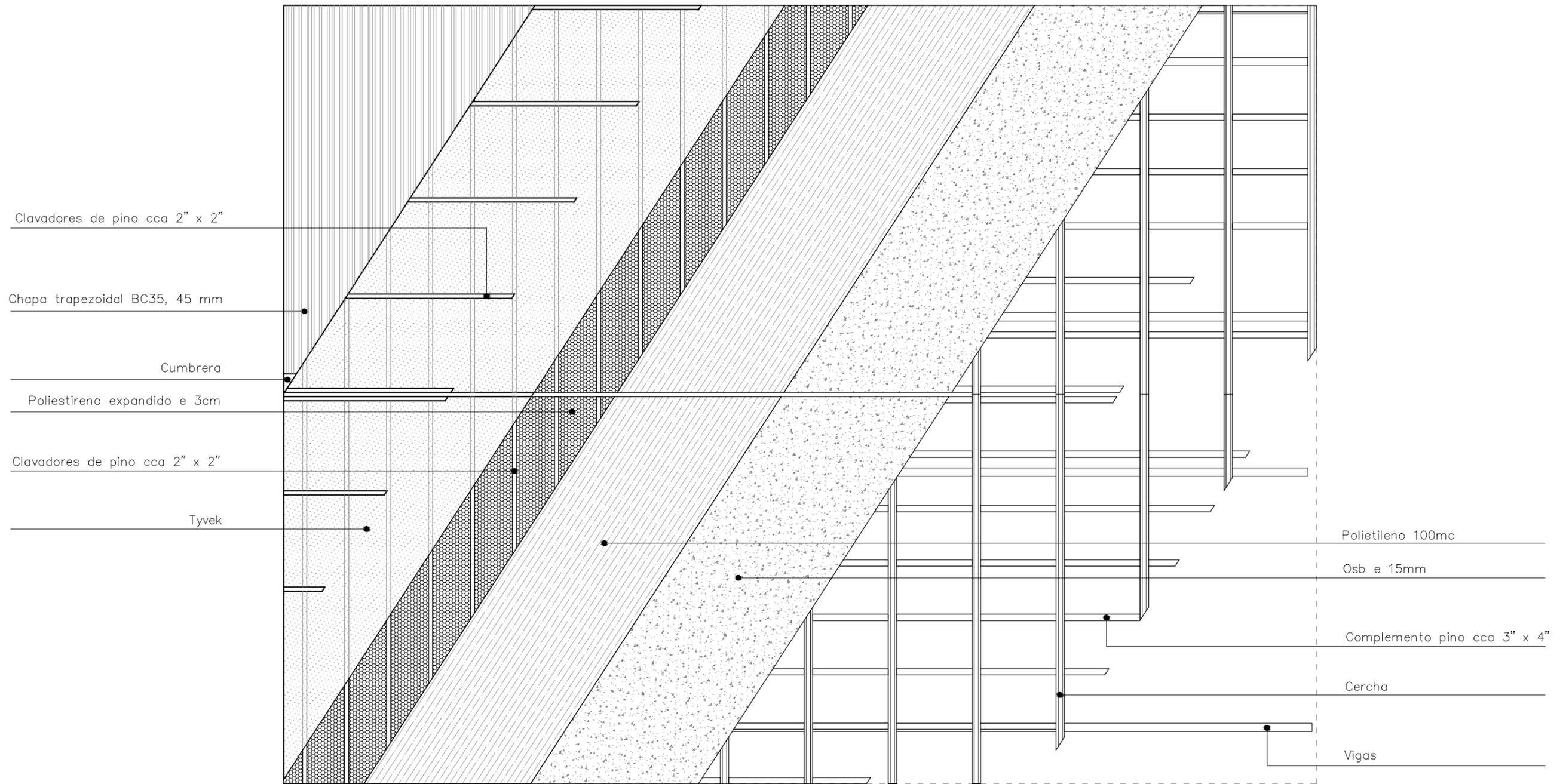
Fachada Este

escala	A03
1:50	
descripción	Fachadas - S y E

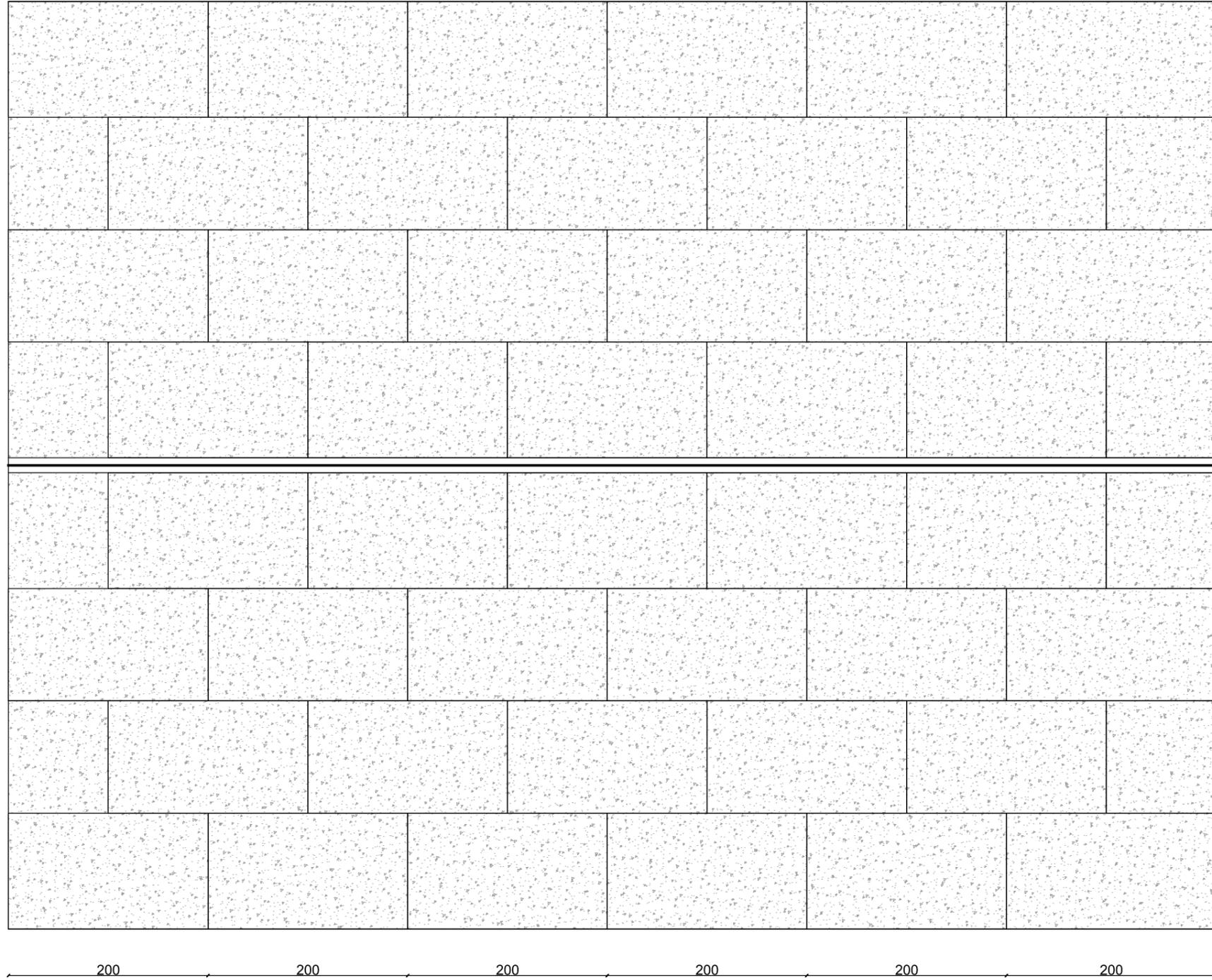


Corte BB

escala	A04
1:50	
descripción	
Cortes	



escala	A05
1:50	
descripción	Elementos de cuboerta

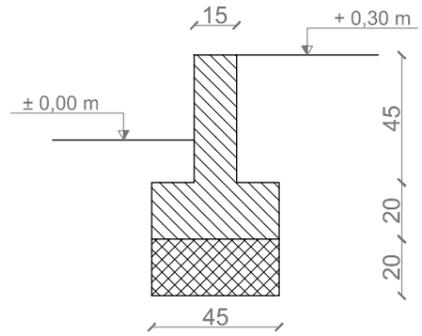
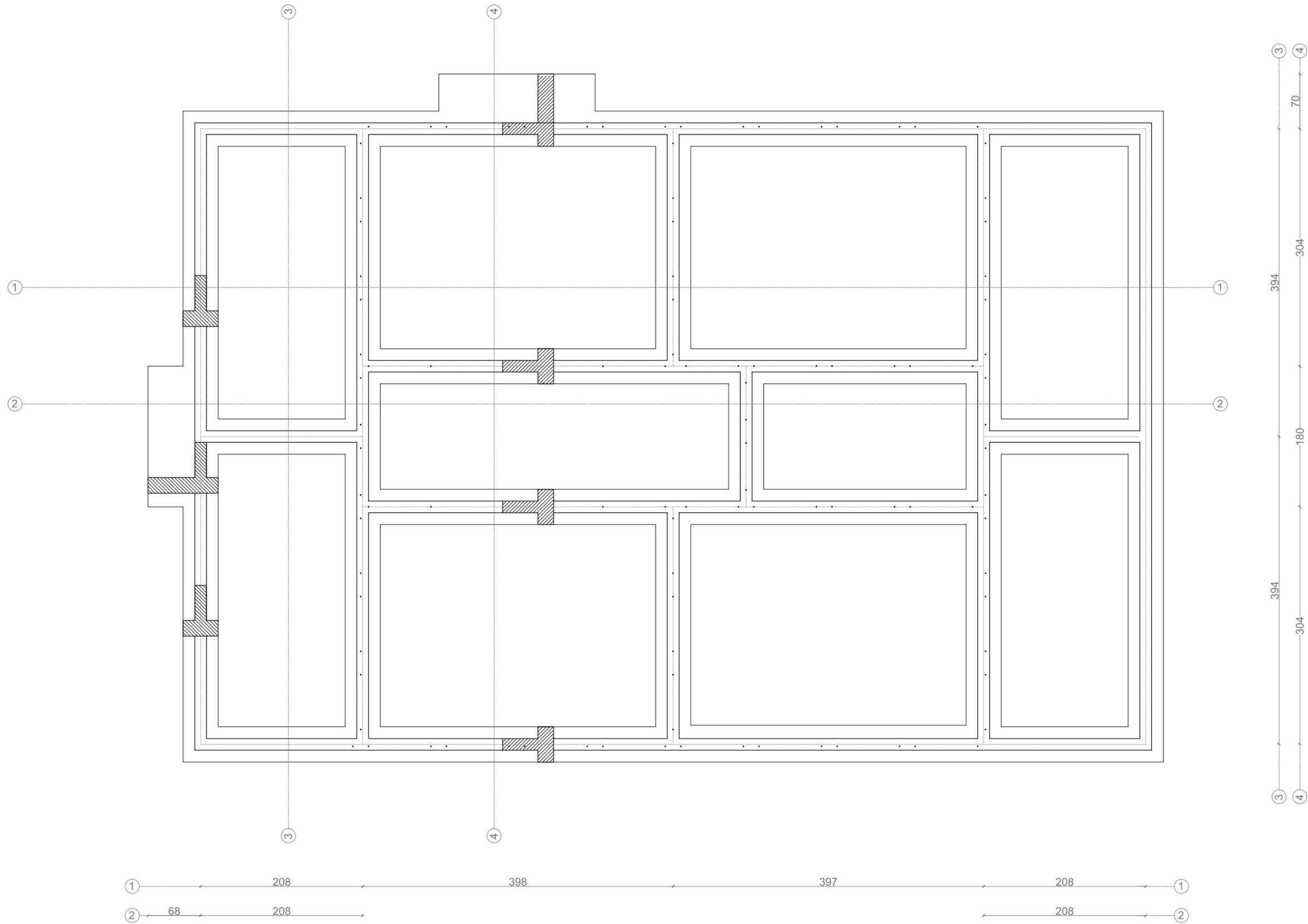


Nota: OSB junta trabada, clavado cada 15 cm perimetralmente y cada 30 cm en el interior

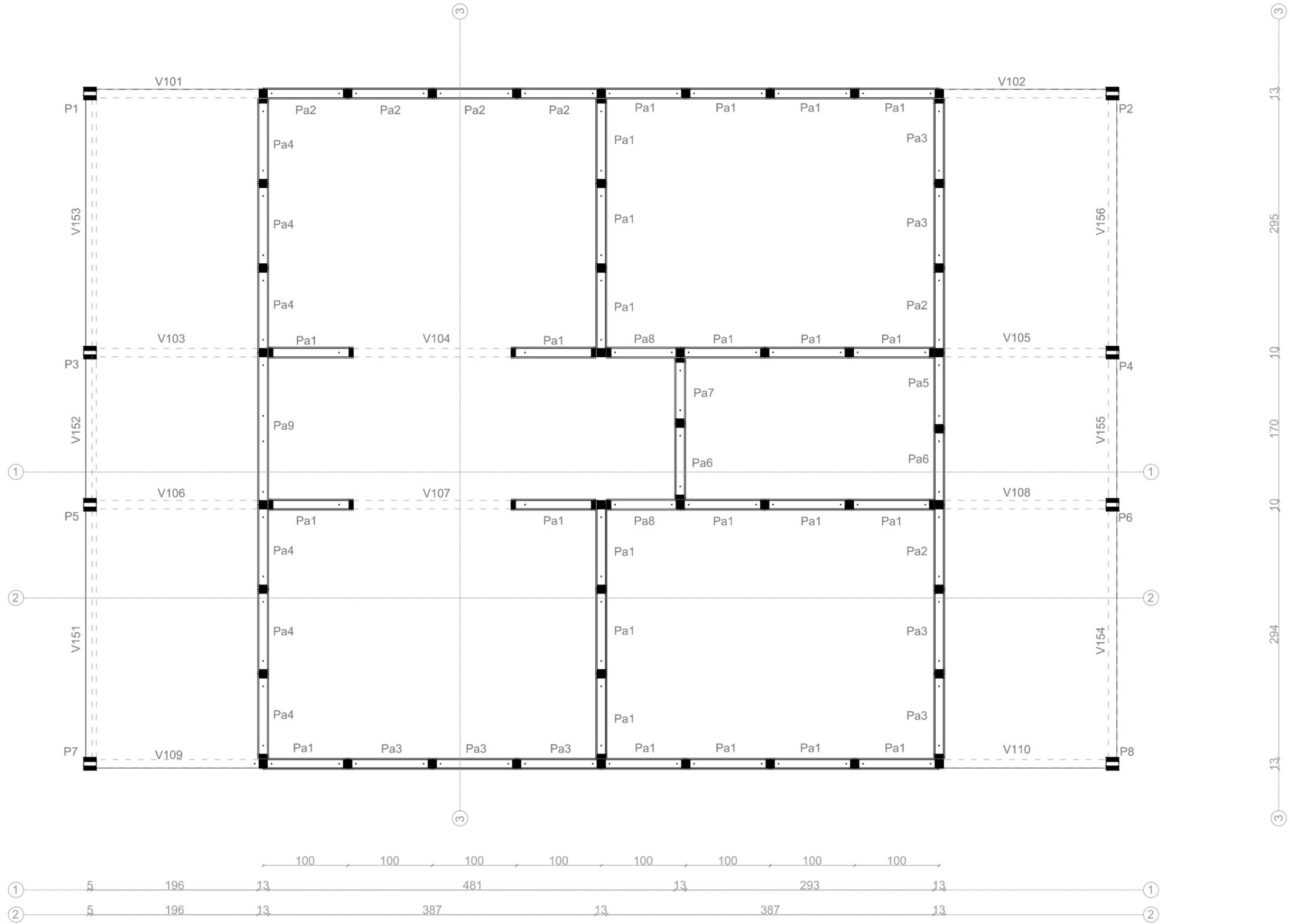
escala	A06
1:50	
descripción	
Cubierta / aplacado OSB	



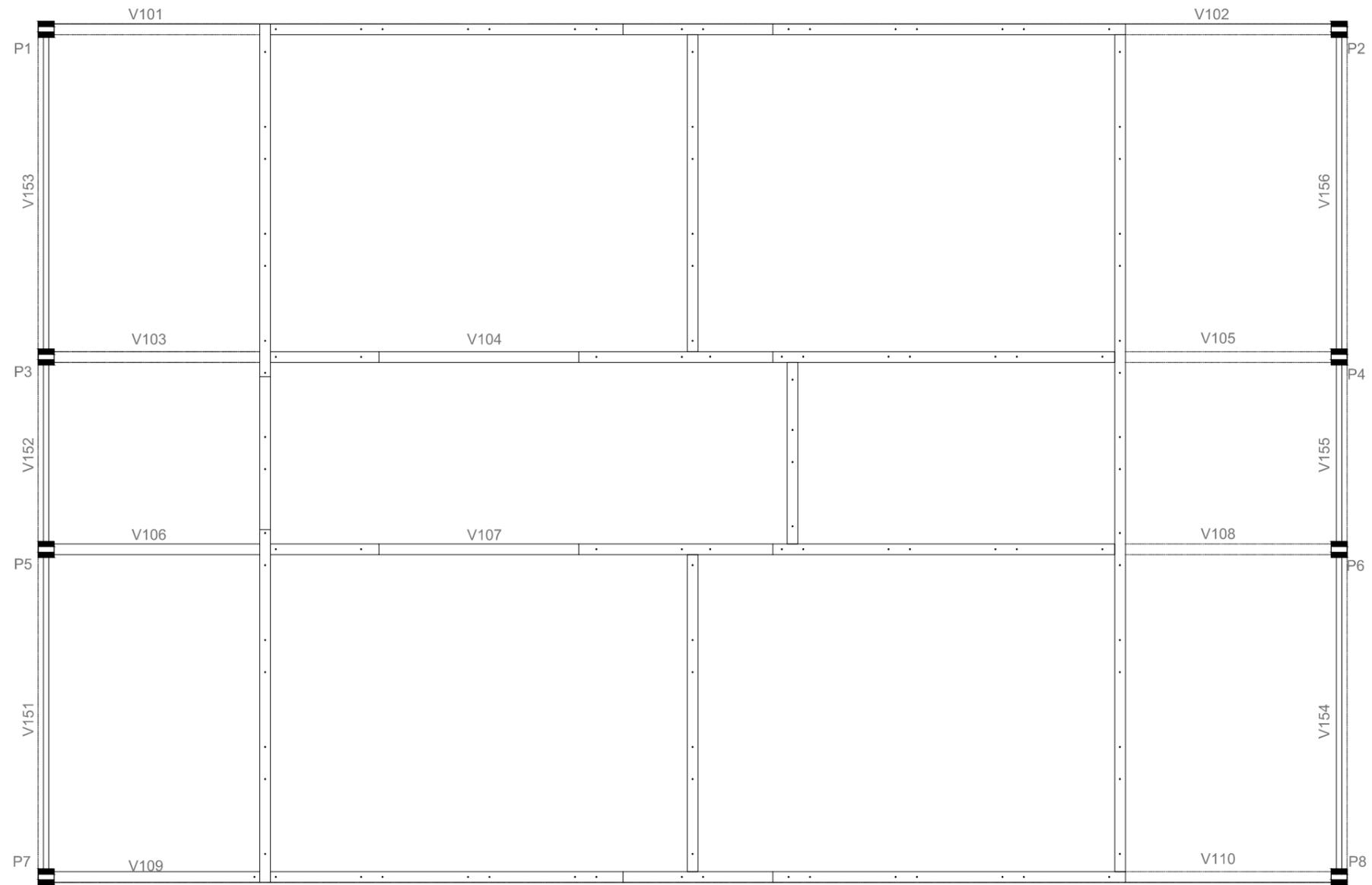
escala	A07
1:50	
descripción	
Planta de techos	



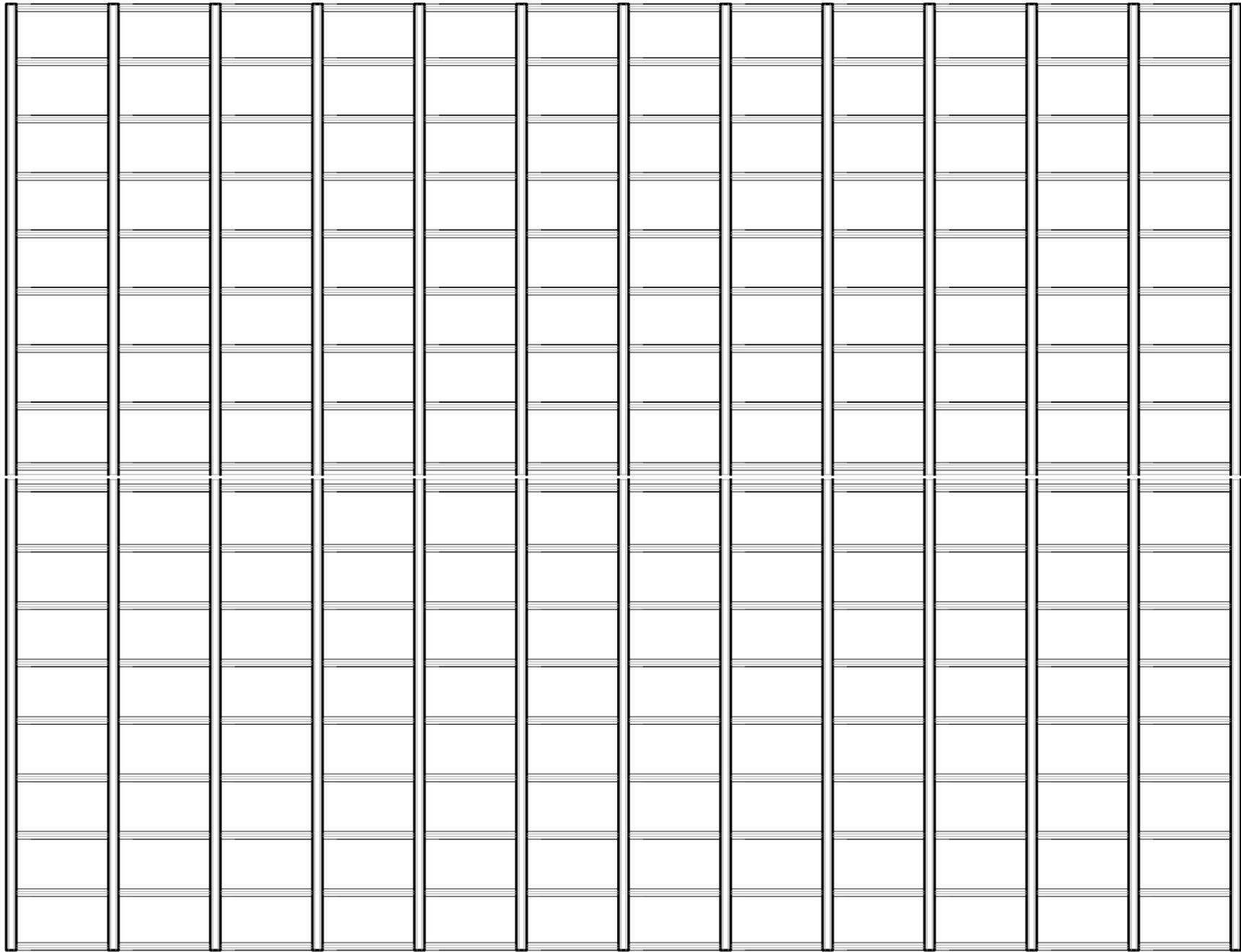
escala	E01
1:50	
descripción	
Planta de cimentación	



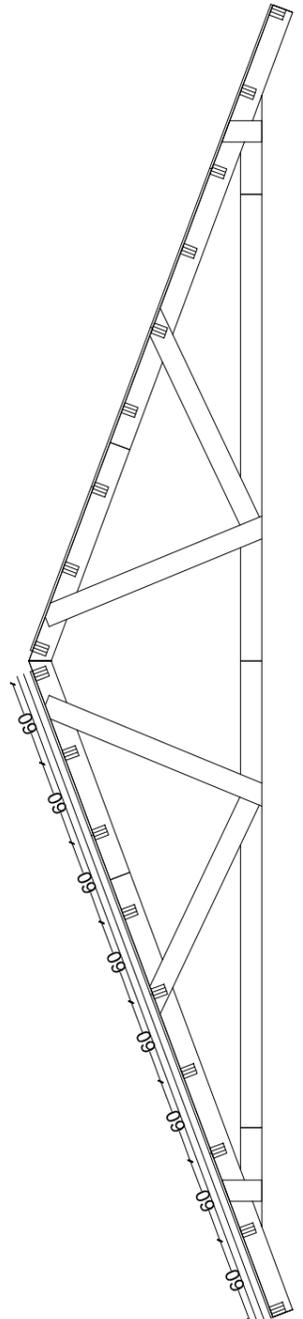
escala	E02
1:50	
descripción	
Planta de paneles	



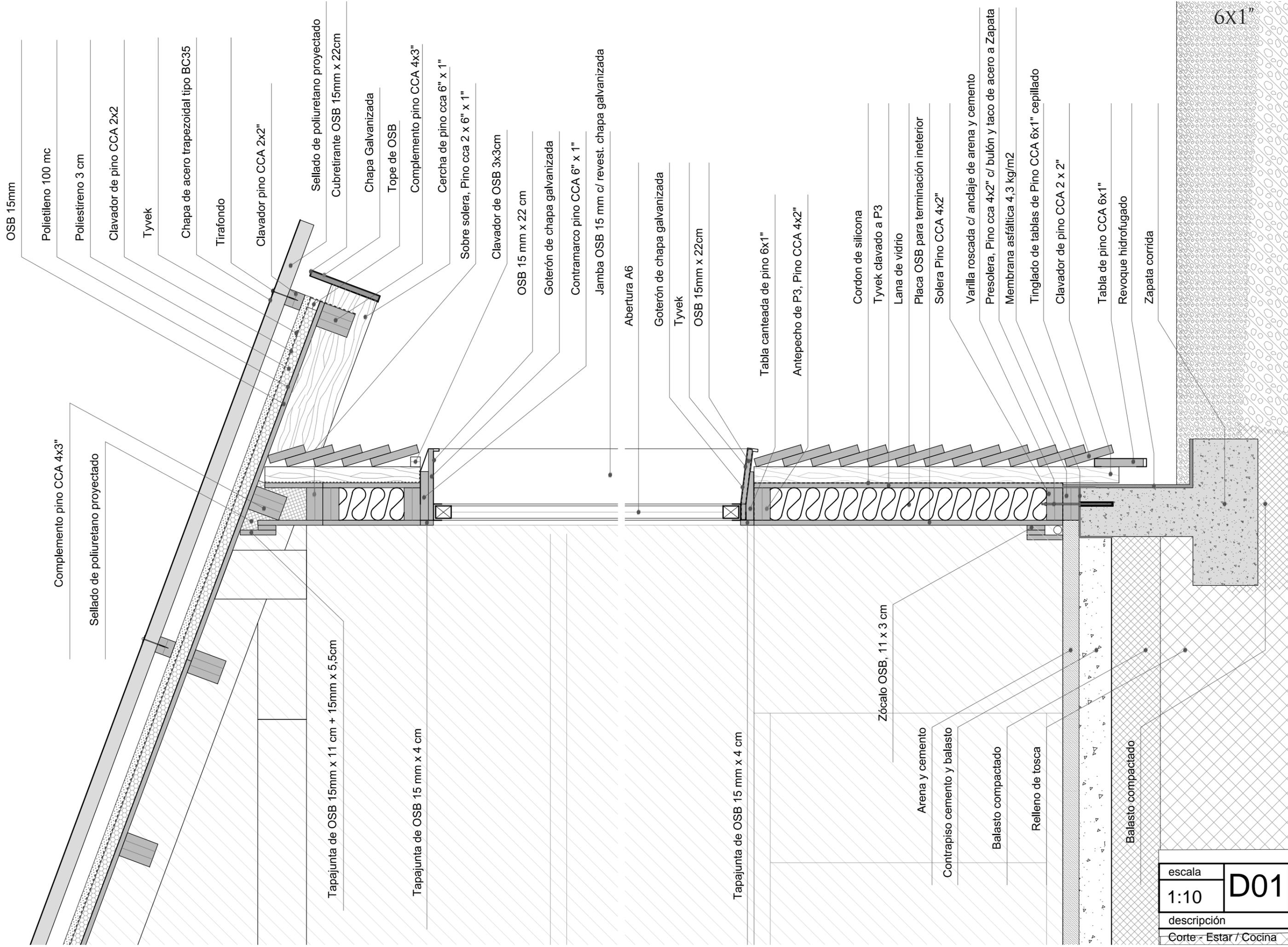
escala	E03
1:50	
descripción	Planta sobresoleras



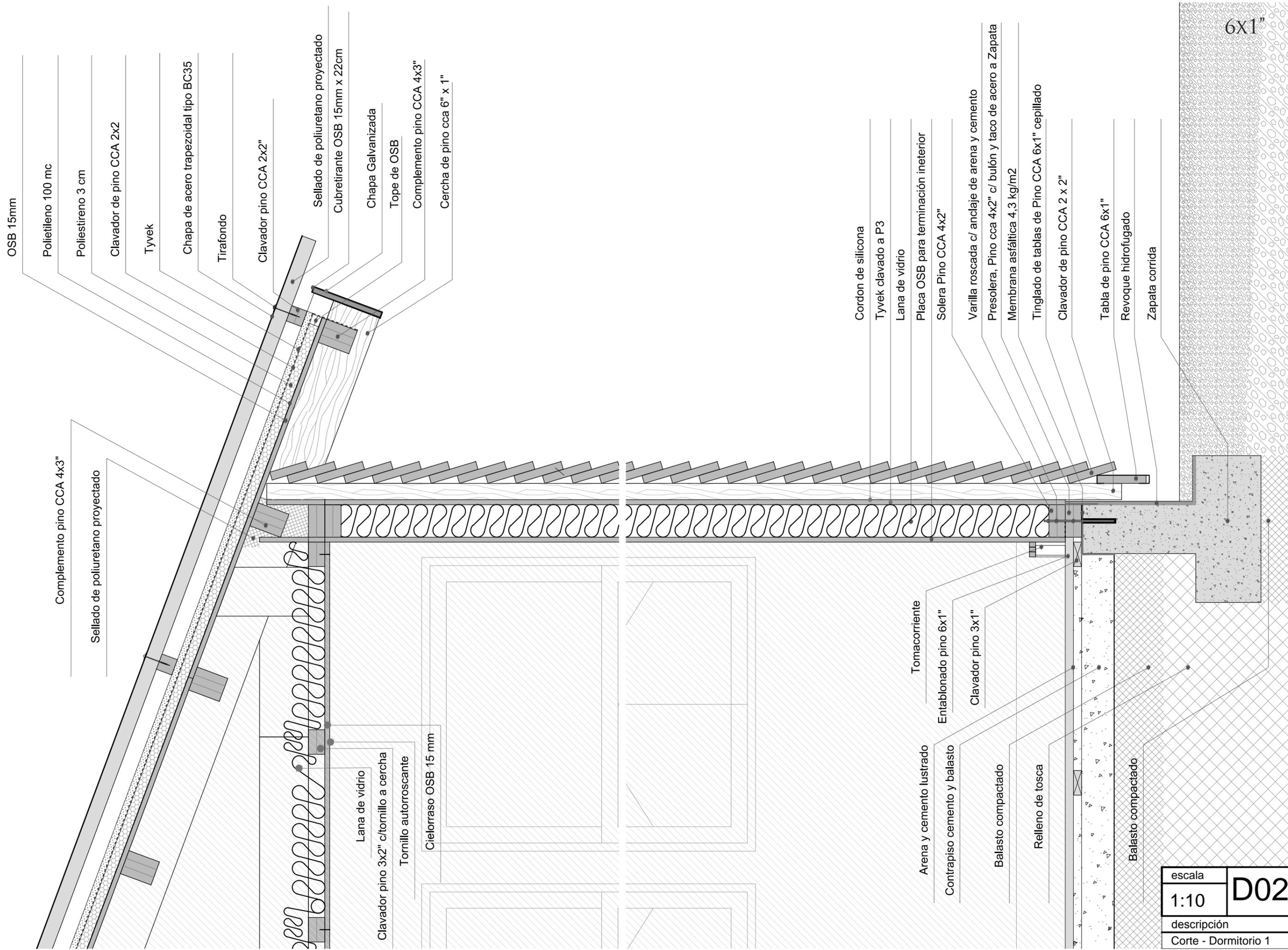
12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12 88 12



escala	E04
1:50	
descripción	Estructura de cubierta



escala	D01
1:10	
descripción	
Corte - Estar / Cocina	



OSB 15mm

Poliuretano 100 mc

Poliestireno 3 cm

Clavador de pino CCA 2x2

Tyvek

Chapa de acero trapezoidal tipo BC35

Tirafondo

Clavador pino CCA 2x2"

Sellado de poliuretano proyectado

Cubretirante OSB 15mm x 22cm

Chapa Galvanizada

Tope de OSB

Complemento pino CCA 4x3"

Cercha de pino cca 6" x 1"

Complemento pino CCA 4x3"

Sellado de poliuretano proyectado

Lana de vidrio

Clavador pino 3x2" c/tornillo a cercha

Tornillo autorroscante

Cieloraso OSB 15 mm

Lana de vidrio

Clavador pino 3x2" c/tornillo a cercha

Tornillo autorroscante

Cieloraso OSB 15 mm

Tomacorriente

Entablonado pino 6x1"

Clavador pino 3x1"

Arena y cemento lustrado

Contrapiso cemento y balasto

Balasto compactado

Relleno de tosca

Balasto compactado

Cordon de silicona

Tyvek clavado a P3

Lana de vidrio

Placa OSB para terminación interior

Solera Pino CCA 4x2"

Varilla rosca c/ anclaje de arena y cemento

Presolera, Pino cca 4x2" c/ bulón y taco de acero a Zapata

Membrana asfáltica 4,3 kg/m2

Tinglado de tablas de Pino CCA 6x1" cepillado

Clavador de pino CCA 2 x 2"

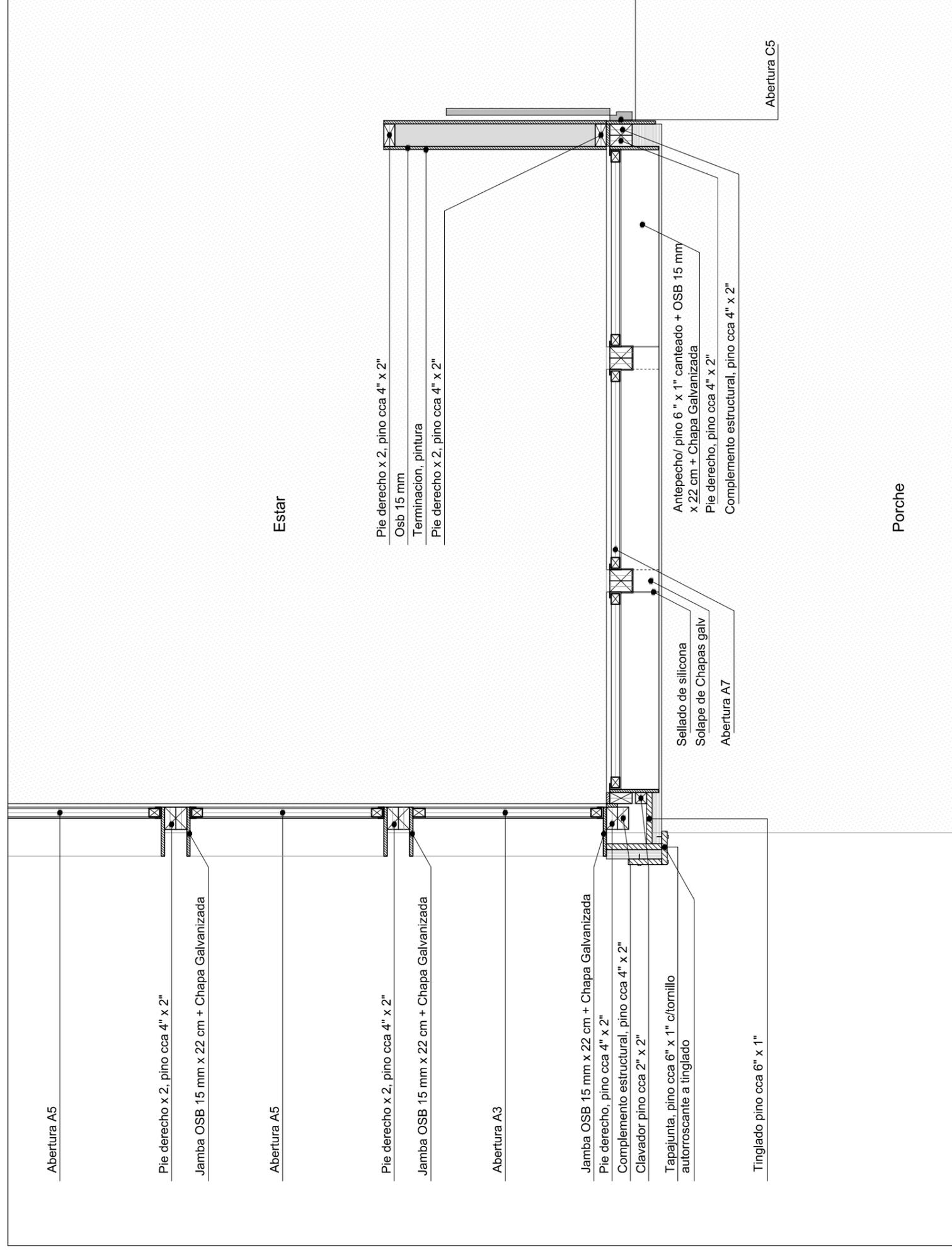
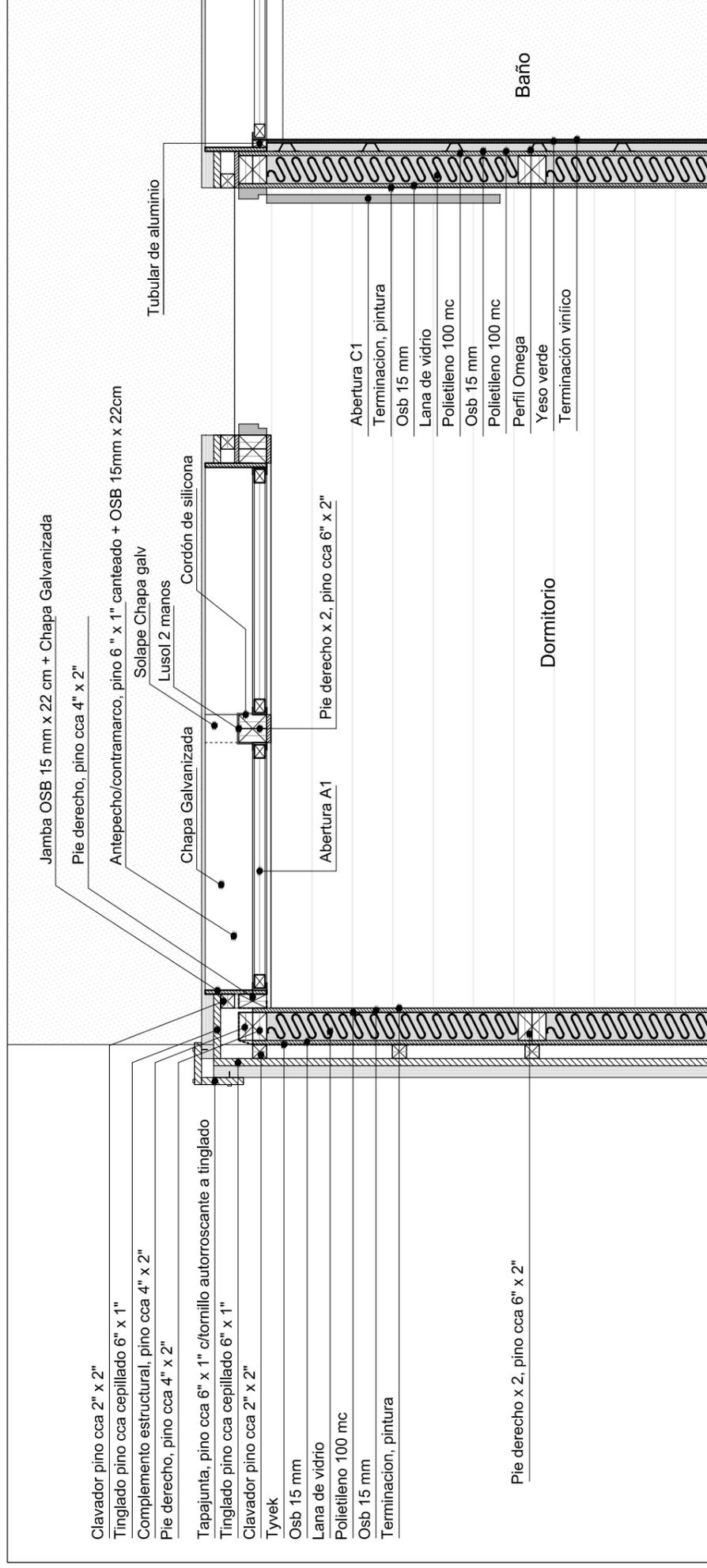
Tabla de pino CCA 6x1"

Revoque hidrofugado

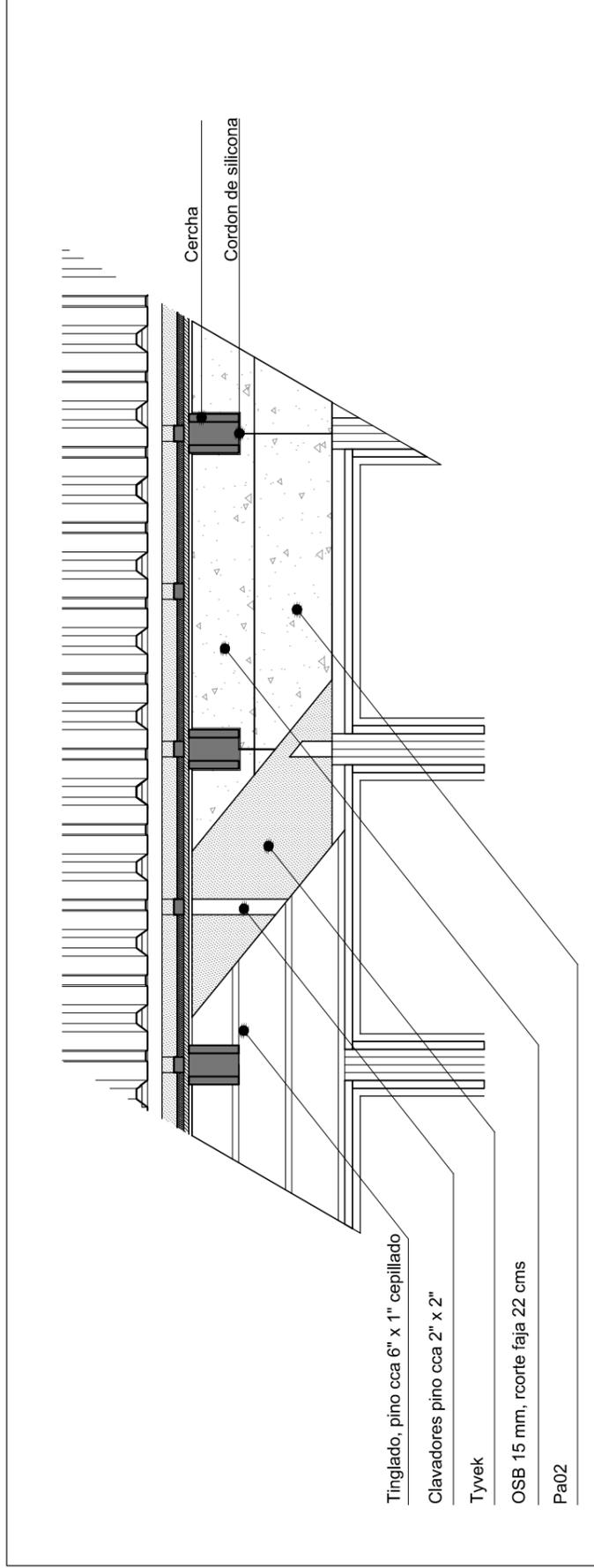
Zapata corrida

6x1"

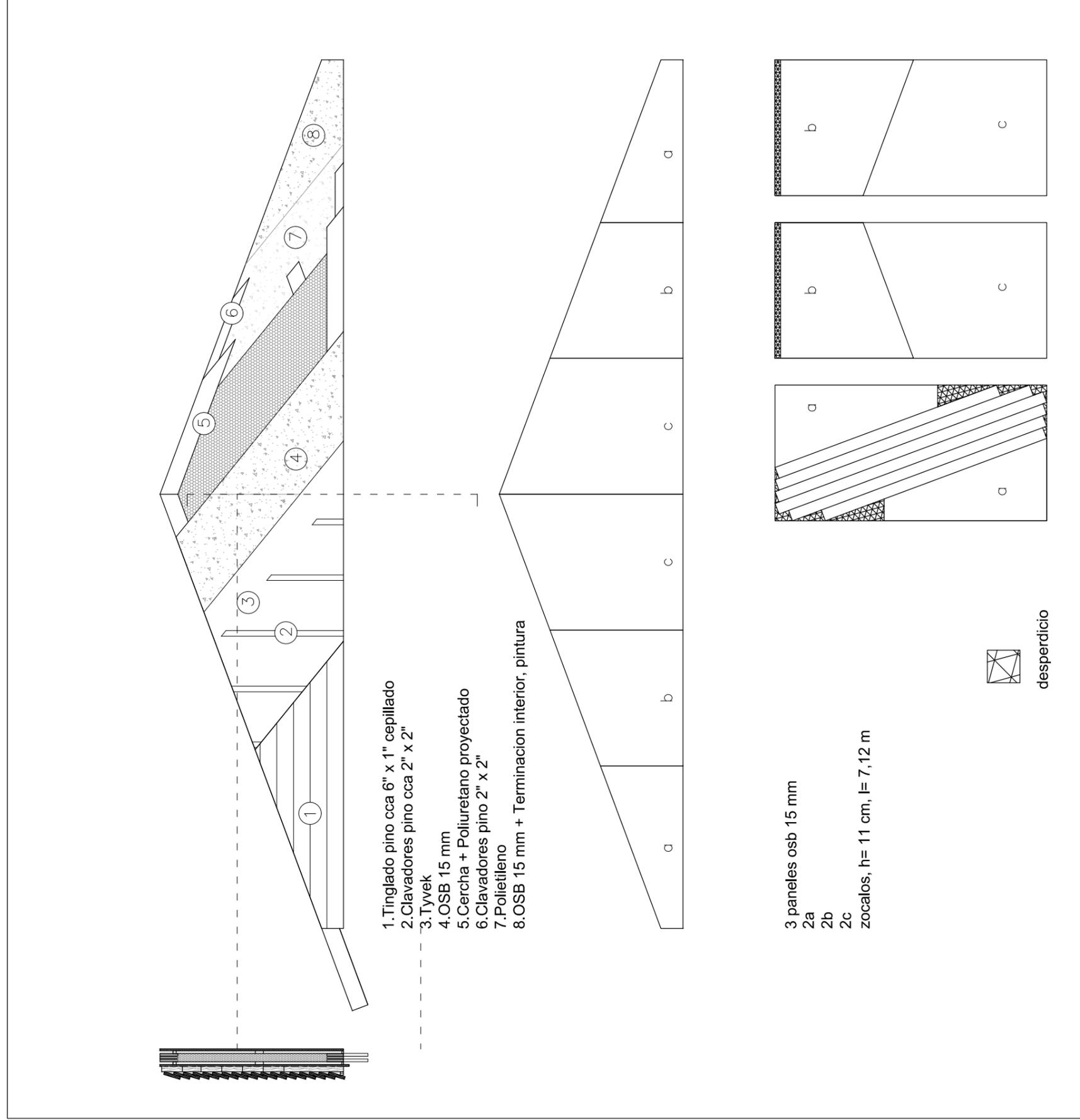
escala	D02
1:10	
descripción	
Corte - Dormitorio 1	



escala	D03
1:20	
descripción	
Planta - Detalle esquinas	



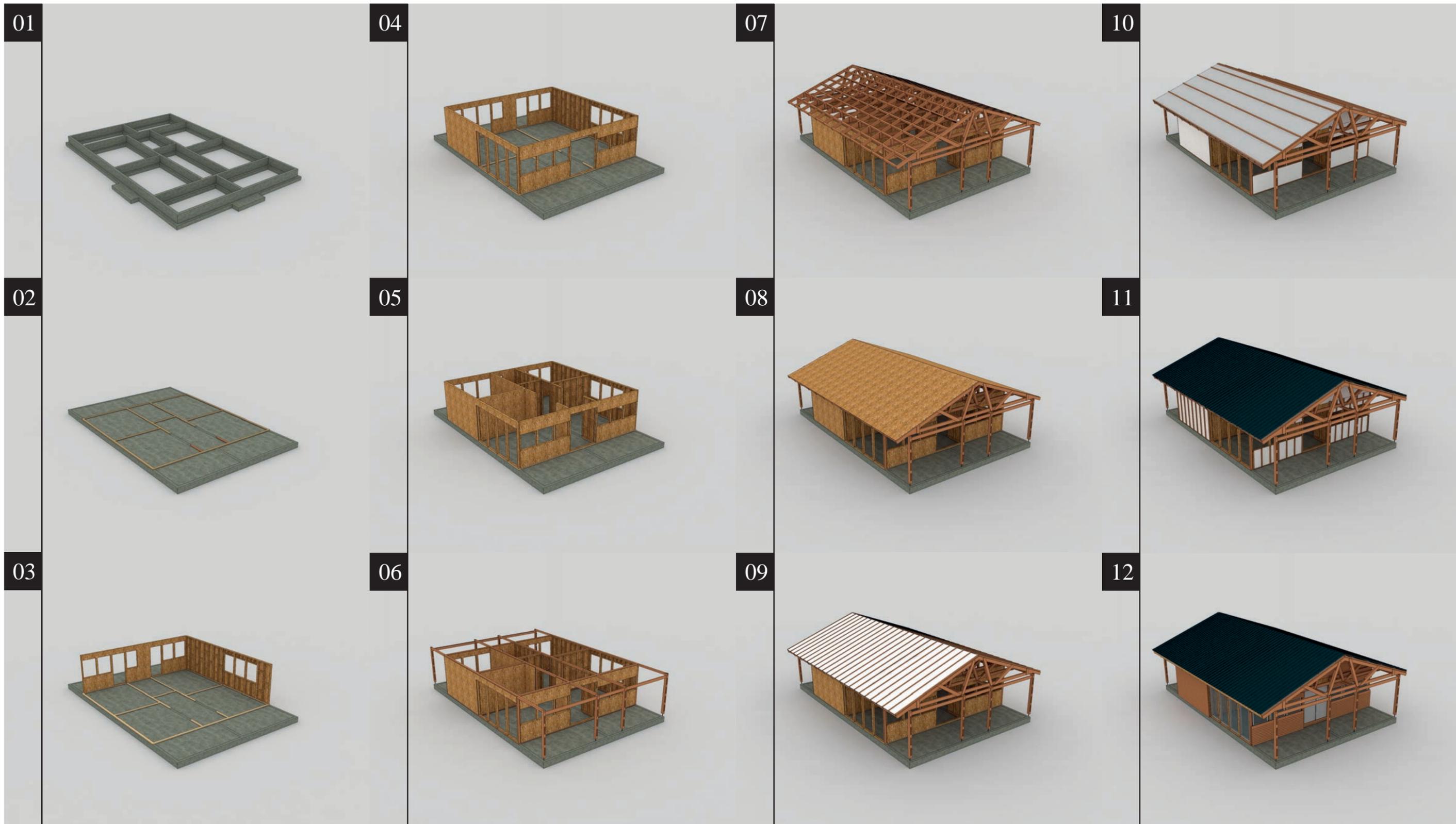
Encasumbrado, vista frontal / escala 1:20



Frontón / escala 1:50

escala	D04
descripción	Encasumbrado / Frontón

4.2 Secuencia de armado



/01/ Excavación, Zapata corrida /02/ Relleno compactado,, Pases de sanitaria, Impermeabilización de cimientos , Presoleras, Amure de platinas para pilares /03/ Colocación de paneles exteriores /04/
 Cierre de paneles perimetrales, /05/ Colocación de paneles interiores /06/ Amure de Pilares y Vigas y Sobresoleras /07/ Colocación de cerchas y complementos /08/ Colocación de placas de OSB de
 cubierta /09/ Cierre de OSB en exterior de tímpano y encasumbrado, Colocación de Clavadores sobre OSB y Poliestireno /10/ Colocación de Tyvek en cubierta t muros exteriores, Clavadores, Jambas, Dinteles y
 Antepechos /11/ Colocación de chapas de cuboerta y cumbrera, Colocación de clavadores para revesimiento exterior de muros /12/ Amure de aberturas, Revestimiento exterior, Aislaciones de muros, Eléctrica, Sanitaria,
 Aplacado interior de muros, Cielorrasos, Terminación de pisos, zócalos y muros.

4.3 Unión de tablas

Unión de tablas para el armado de secciones

Para la ejecución del proyecto planteado con el sistema constructivo estudiado, se deberán conformar las secciones de piezas necesarias a partir de la tabla de 6" x 1". Las secciones necesarias son 6"x1", 6"x2", 6"x3", 4"x2" y 2"x2". A partir de la unión clavada y encolada de dos tablas de 6"x1", se obtendrá una escuadría de 6"x2", seccionándola longitudinalmente, se conformarán las secciones de 4"x2" y 2"x2".

NCh1198 Of06

"9.6.1.6 Clavos

...
 c) En uniones con clavos solicitados en extracción lateral se exige la presencia de al menos cuatro clavos en cada uno de los planos de cizalle que se presentan en una unión clavada de dos o más piezas de madera. Esta exigencia no rige para la fijación de revestimientos, entablados y contraventaciones.

d) Para poder desarrollar completamente las capacidades de cargas admisibles se debe respetar un espesor mínimo de madera, e_{min} , de $7D$, en uniones de clavado directo o bien, $6D$ en uniones con perforación guía, en que e_{min} y D se expresan en mm. En todo caso, para elementos constituyentes de uniones estructurales se deben usar espesores de al menos 18 mm, en uniones de clavado directo y 16 mm, en uniones con perforación guía.

e) La penetración efectiva de clavado en la pieza que recibe la punta, p , en mm, (ver Figura 29) debe ascender a lo menos a $12D$, en uniones de cizalle simple y a $8D$ en uniones de cizalle múltiple.

f) Si $p < 12D$, en uniones de cizalle simple, o si $p < 8D$ en uniones de cizalle múltiple, la capacidad admisible de carga se debe reducir mediante el factor de modificación, K_{pct} , de expresión:

$$K_{pct} = p/12D \quad \text{para uniones de cizalle simple}$$

$$K_{pct} = p/8D \quad \text{para uniones de cizalle múltiple}$$

Para efectos de cálculo no se aceptan penetraciones efectivas, p , inferiores a $6D$, en uniones de cizalle simple o inferiores a $4D$, en uniones de cizalle múltiple.

g) En uniones de cizalle múltiple la capacidad admisible de cada clavo, $P_{elm, ad}$, se calcula de acuerdo con la expresión:

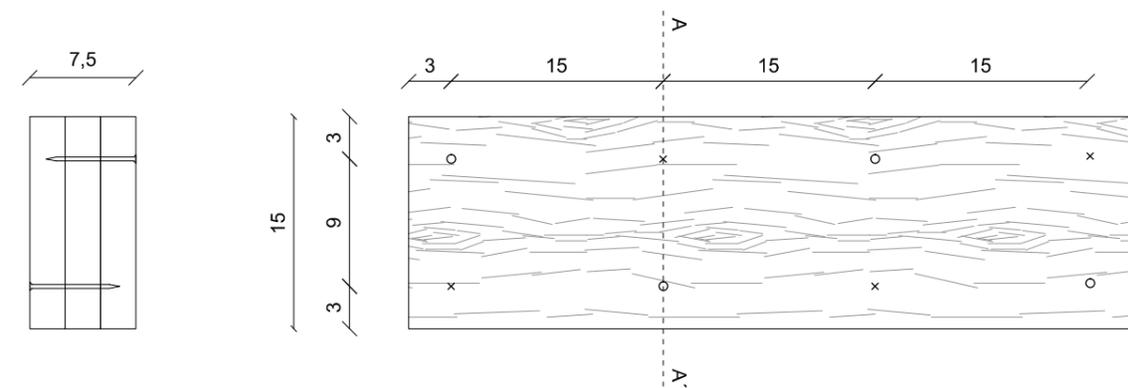
$$P_{elm, ad} = (m - 0,25) \cdot P_{el, ad}$$

en que:

m : número de planos de cizalle que atraviesa el clavo; y

$P_{el, ad}$: capacidad admisible de carga condicionada por los modos de fluencia en cizalle simple.

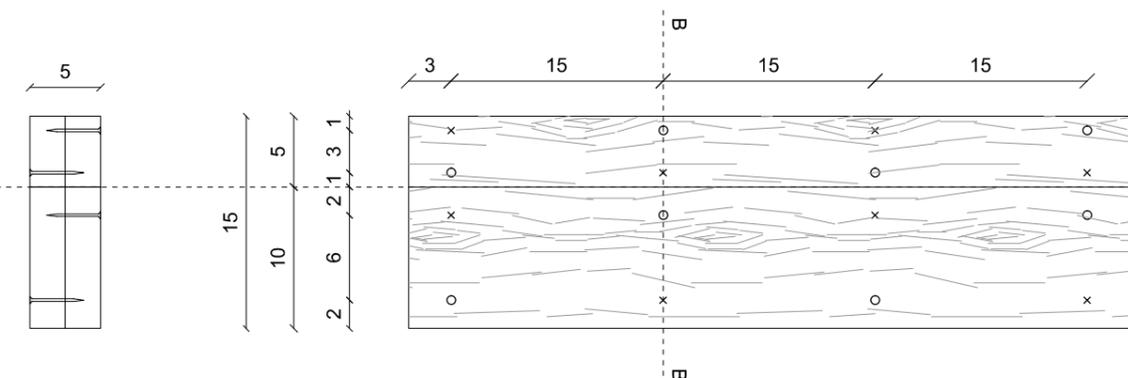
h) En uniones clavadas de cizalle doble o múltiple, el clavado se debe ejecutar alternadamente desde ambos lados. En uniones de cizalle simple, y cuando resulte posible se deberá proceder en la misma forma.



Corte AA'

Esc 1/5

Sección de 6"x3", se utilizan clavos de 2 1/2"



Corte BB'

Esc 1/5

Sección de 6"x2", se utilizan clavos de 1 1/2"

Tabla 34 - Espaciamientos mínimos de clavos de diámetro, D , en mm

Separación mínima		Clavado sin perforación guía				Clavado con perforación guía
		$0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$		$30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$		Para cualquier α
		$D \leq 4,2$	$D > 4,2$	$D \leq 4,2$	$D > 4,2$	Para cualquier D
Entre clavos	a fibra (s_p)	$10 \cdot D$	$12 \cdot D$	$10 \cdot D$	$12 \cdot D$	$5 \cdot D$
	⊥ a fibra (s_n)	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$
Desde el borde cargado	a fibra (s_{bcP})	$15 \cdot D$	$15 \cdot D$	$15 \cdot D$	$16 \cdot D$	$10 \cdot D$
	⊥ a fibra (s_{bcn})	$5 \cdot D$	$7 \cdot D$	$7 \cdot D$	$10 \cdot D$	$5 \cdot D$
Desde el borde descargado	a fibra (s_{bdP})	$7 \cdot D$	$10 \cdot D$	$7 \cdot D$	$10 \cdot D$	$5 \cdot D$
	⊥ a fibra (s_{bdn})	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$3 \cdot D$

TIPOS DE CLAVOS
 SE CLASIFICAN SEGÚN LA FORMA DE LA CABEZA

CABEZA PLANA

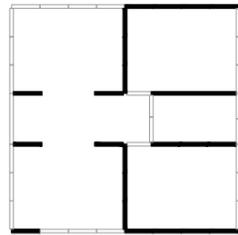
CABEZA PLANA AVELLANADA

CABEZA REDONDA

NO USAR CLAVOS LISOS, ES ACONSEJABLE QUE SEAN ESTRIADOS O HELICOIDALES.

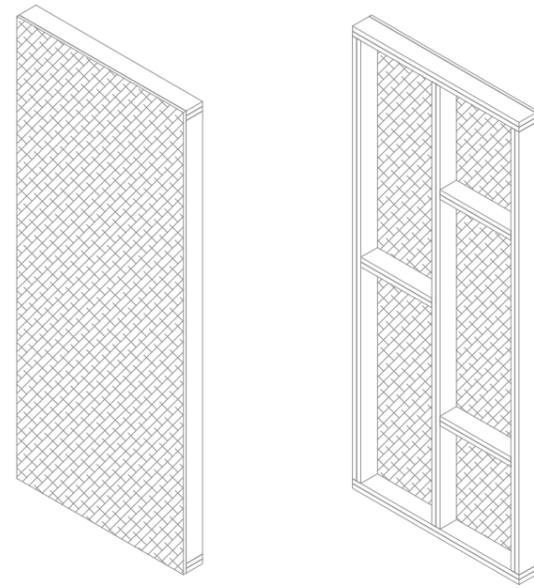
Extraído de: "Cubiertas de tejas con estructura de madera"
 María Calone - Carlos Meyer - Susana Torán
 Instituto de la Construcción

4.4 Planillas

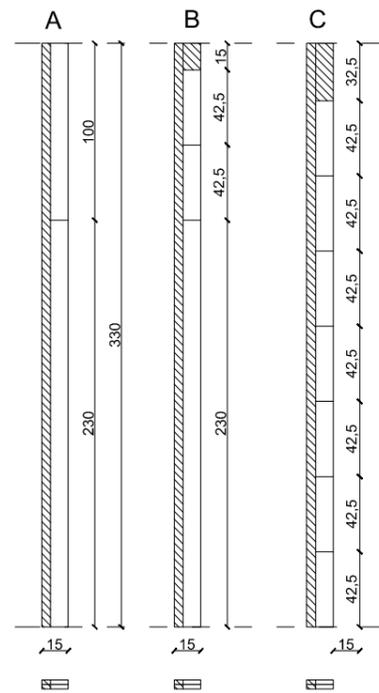
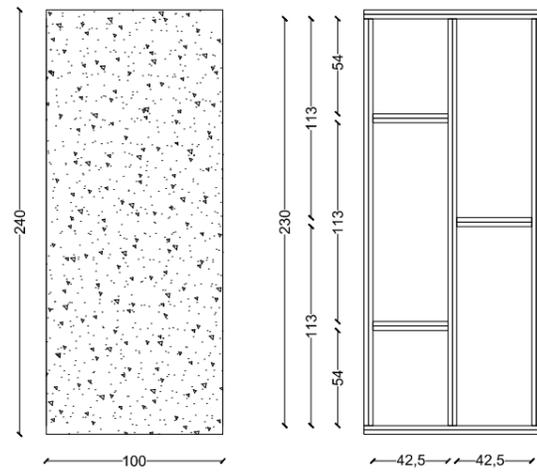


Pa 1
Cantidad: 25
Peso: 48kg *

*Unicamente se considera una capa de osb, ya que la segunda se clava después de posicionado.



Esc: 1/40



	A	B	C
Totales	50	25	4
Por panel	2	1	1

Consumos totales

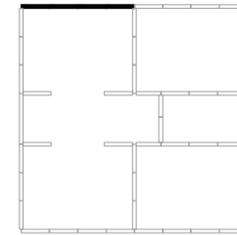
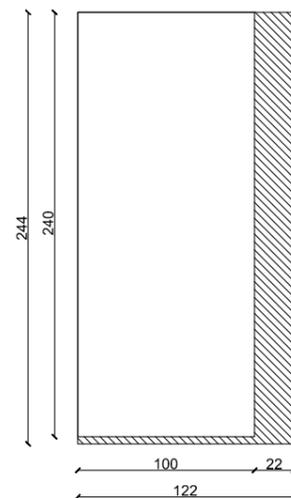
Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Clavos 2 1/2 "	Cola	Osب
Por panel	4	288	24	0,8L	2
Total	79	7200	600	16L	50

Sobrante total

Elemento	Madera	Cant	Osب	Cant
Cant	2"x2"x3,30m	79	2,44m x 0,22m	50

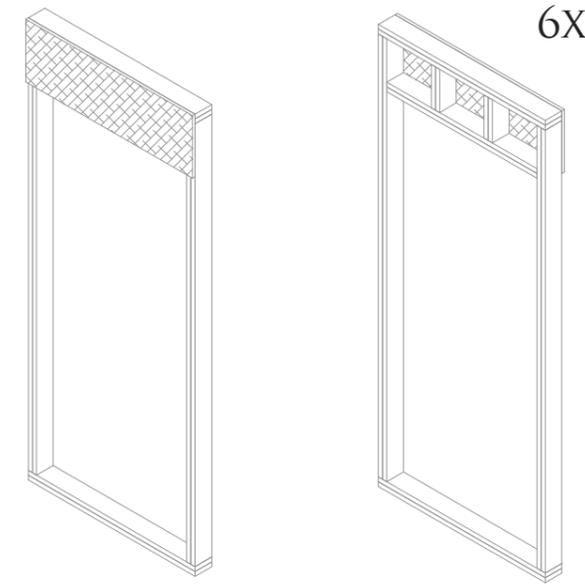
Notas: Los encuentros entre pies derechos y soleras se resuelven por medio de dos clavos lanceros de 2 1/2" en cada unión.

El Osب se clava cada 15cm a cada elemento del panel.



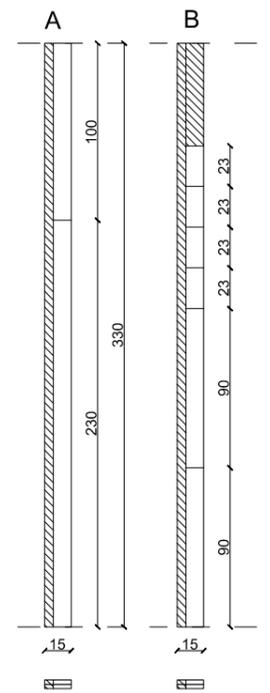
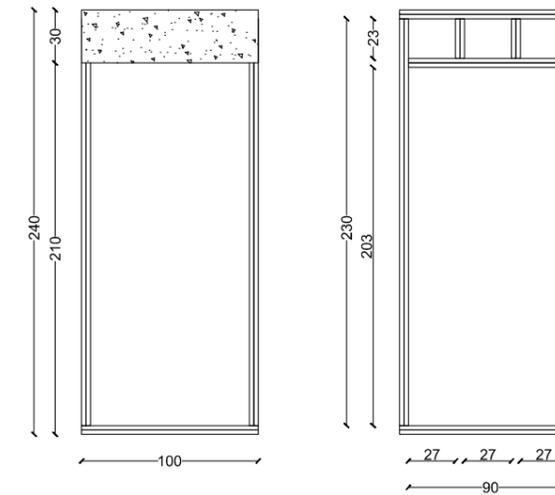
Pa 2
Cantidad: 4
Peso: 25kg *

*Unicamente se considera una capa de osb, ya que la segunda se clava después de posicionado.



6X1"

Esc: 1/40



Cantidades A B

	A	B
Totales	12	6
Por panel	2	1

Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Clavos 2 1/2 "	Cola
Por panel	3	173	20	0,6L
Total	18	1038	120	3,6L

692

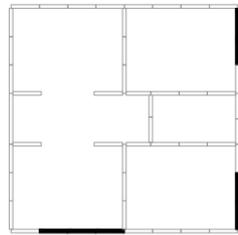
Sobrante total

Elemento	Madera	Cant
Cant	2"x2"x3,30m	18

Notas: Los encuentros entre pies derechos y soleras se resuelven por medio de dos clavos lanceros de 2 1/2" en cada unión.

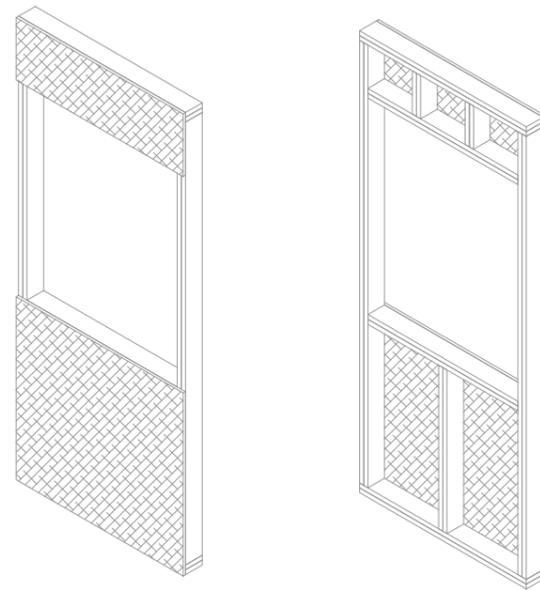
El Osб se clava cada 15cm a cada elemento del panel.

Osб: Se obtiene del material de Pa4

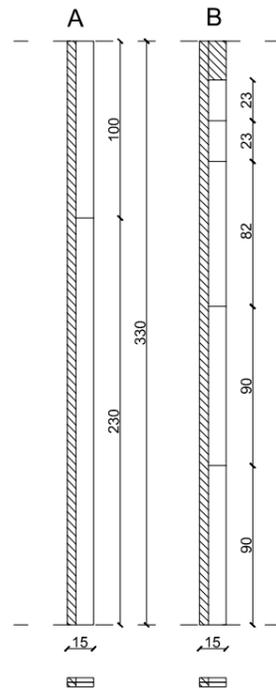
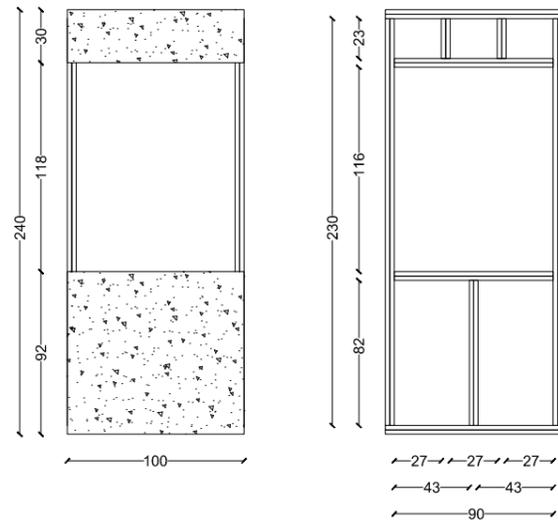


Pa 3
Cantidad: 7
Peso: 35kg *

*Unicamente se considera una capa de osb, ya que la segunda se clava después de posicionado.



Esc: 1/40



Cantidades A B

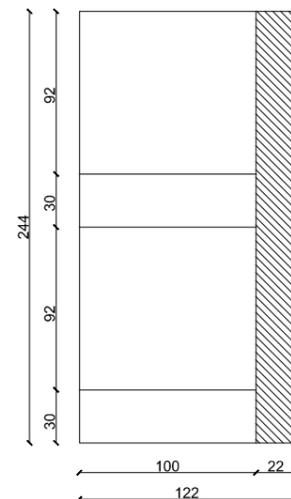
Totales	14	7
Por panel	2	1

Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Clavos 2 1/2 "	Cola	Osب
Por panel	3	237	28	0,6L	1
Total	21	1659	196	4,2L	7

Sobrante total

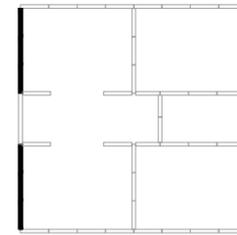
Elemento	Madera	Cant	Osب	Cant
Cant	2"x2"x3,30m	21	2,44m x 0,22m	7



Notas: Los encuentros entre pies derechos y soleras se resuelven por medio de dos clavos lanceros de 2 1/2" en cada unión.

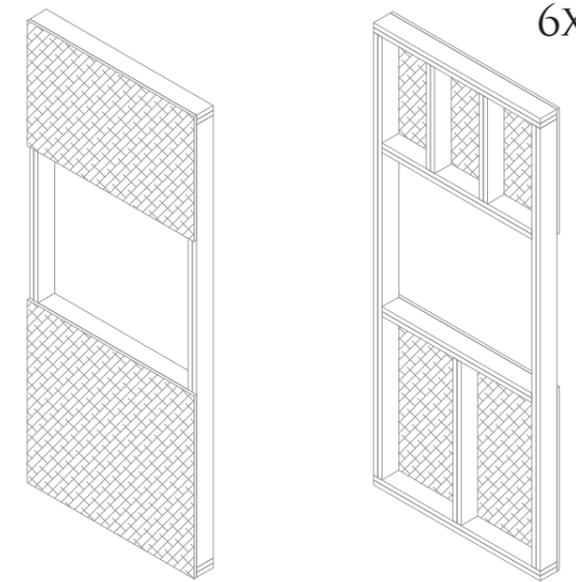
El Osب se clava cada 15cm a cada elemento del panel.

6X1"

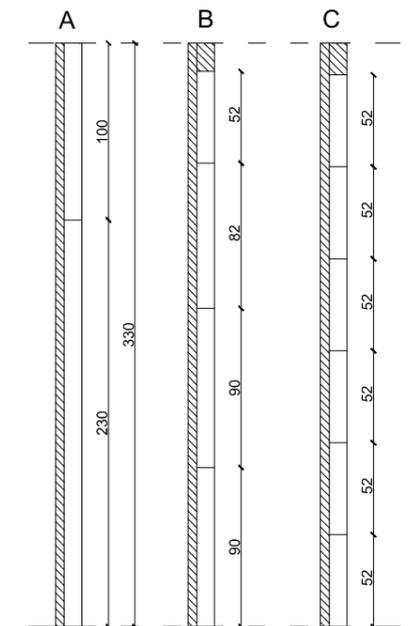
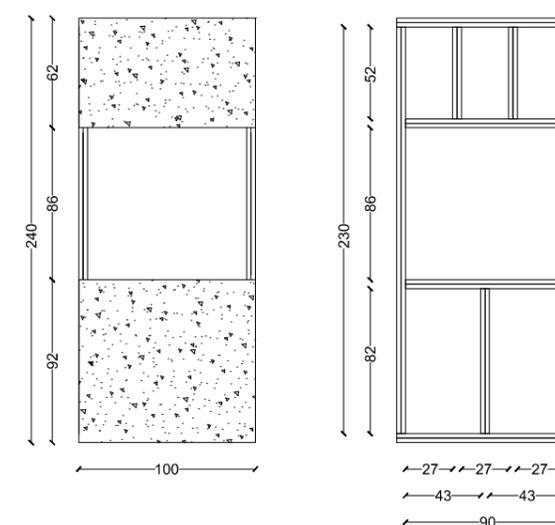


Pa 4
Cantidad: 6
Peso: 41kg *

*Unicamente se considera una capa de osb, ya que la segunda se clava después de posicionado.



Esc: 1/40



Cantidades A B C

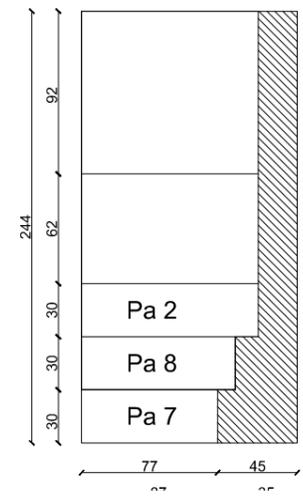
Totales	12	6	2
Por panel	2	1	1

Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Clavos 2 1/2 "	Cola	Osب
Por panel	4	298	28	0,8L	2
Total	20	1788	168	4,0L	12

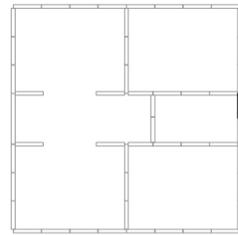
Sobrante total

Elemento	Madera	Cant	Osب	Cant
Cant	2"x2"x3,30m	20	2,44m x 0,22m	12



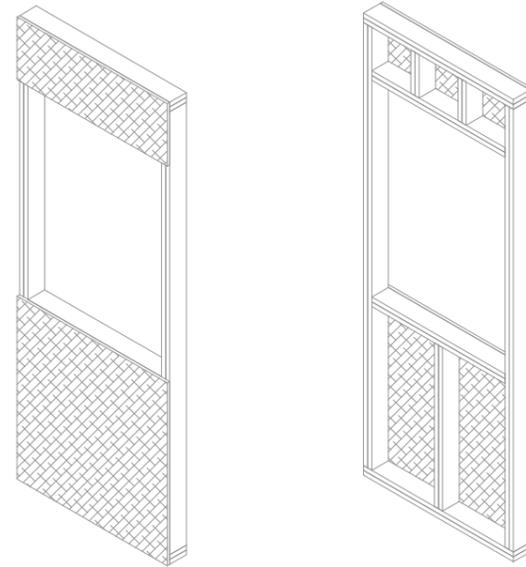
Notas: Los encuentros entre pies derechos y soleras se resuelven por medio de dos clavos lanceros de 2 1/2" en cada unión.

El Osب se clava cada 15cm a cada elemento del panel.

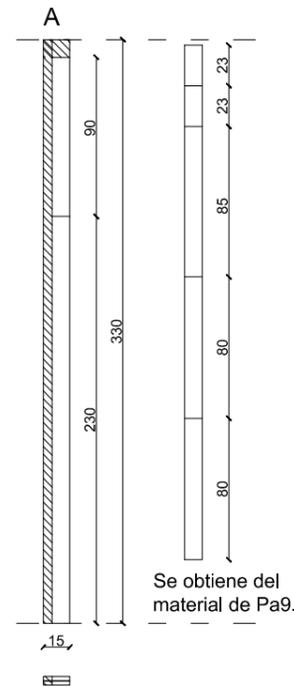
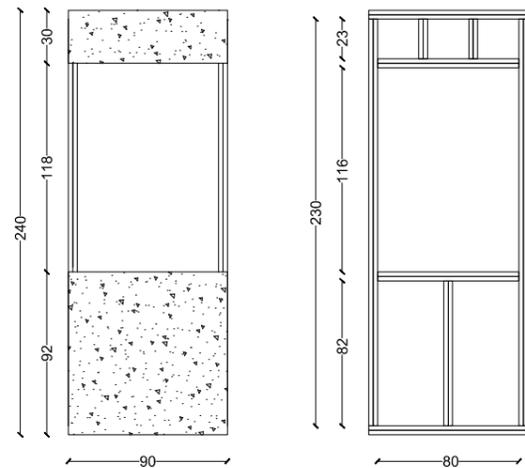


Pa 5
Cantidad: 1
Peso: 35kg *

*Unicamente se considera una capa de osb, ya que la segunda se clava después de posicionado.



Esc: 1/40



Se obtiene del material de Pa9.

Cantidades A

Totales	2
Por panel	2

Consumos totales

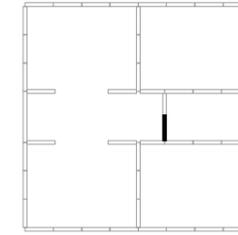
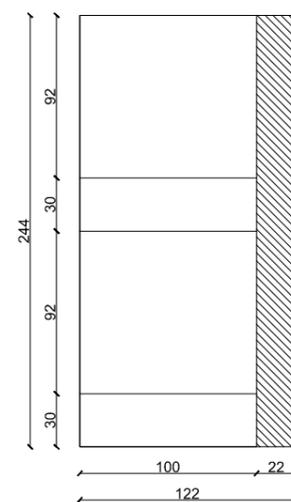
Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Clavos 2 1/2 "	Cola	Osب
Por panel	2	188	28	0,4L	1
Total	2	188	28	0,4L	1

Sobrante total

Elemento	Madera	Cant	Osب	Cant
Cant	2"x2"x3,30m	2	2,44m x 0,22m	1

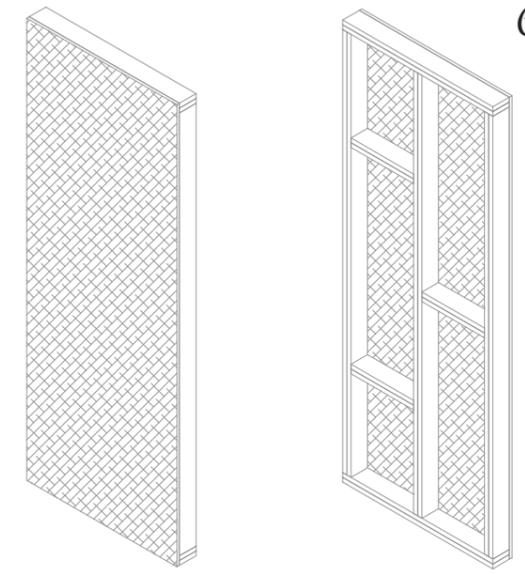
Notas: Los encuentros entre pies derechos y soleras se resuelven por medio de dos clavos lanceros de 2 1/2" en cada unión.

El Osب se clava cada 15cm a cada elemento del panel.



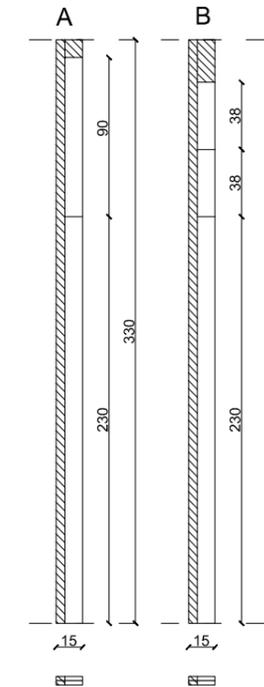
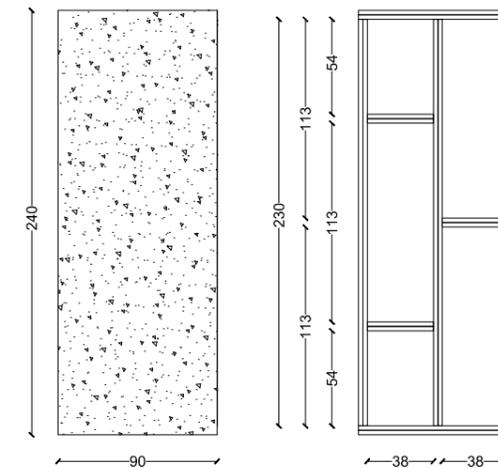
Pa 6
Cantidad: 2
Peso: 45kg *

*Unicamente se considera una capa de osb, ya que la segunda se clava después de posicionado.



6X1"

Esc: 1/40



Se obtiene del material de Pa9.

Cantidades A B

Totales	4	2
Por panel	2	1

Consumos totales

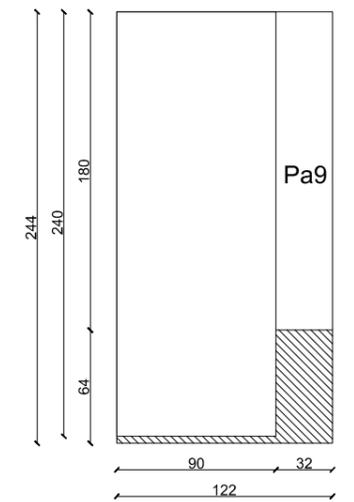
Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Clavos 2 1/2 "	Cola	Osب
Por panel	3	269	24	0,6L	2
Total	6	538	48	1,2L	4

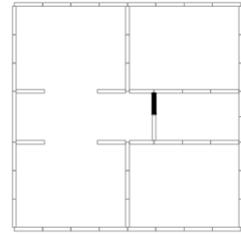
Sobrante total

Elemento	Madera	Cant	Osب	Cant
Cant	2"x2"x3,30m	6	2,44m x 0,22m	2

Notas: Los encuentros entre pies derechos y soleras se resuelven por medio de dos clavos lanceros de 2 1/2" en cada unión.

El Osب se clava cada 15cm a cada elemento del panel.

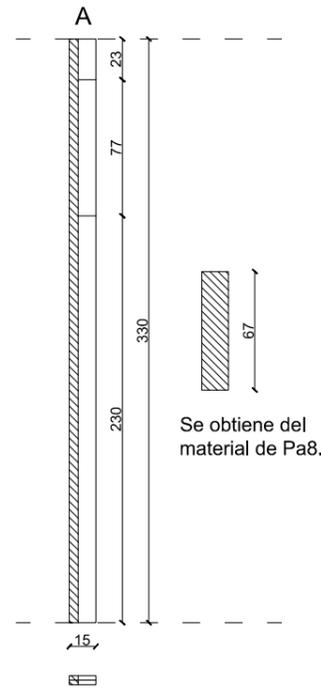
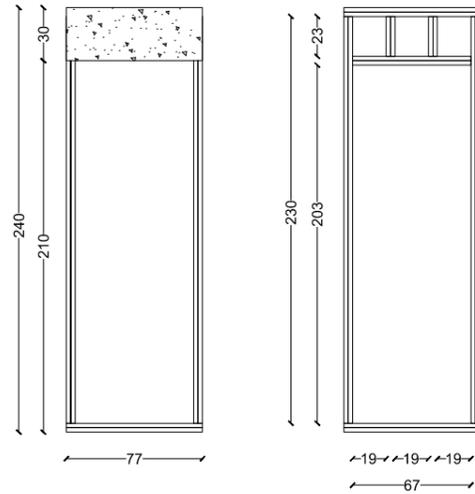




Pa 7
Cantidad: 1
Peso: 22kg *

*Unicamente se considera una capa de osb, ya que la segunda se clava después de posicionado.

Esc: 1/40



Cantidades A

Totales	2
Por panel	2

Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Clavos 2 1/2 "	Cola
Por panel	2	117	20	0,4L
Total	2	117	20	0,4L

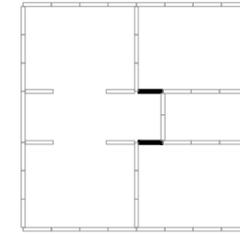
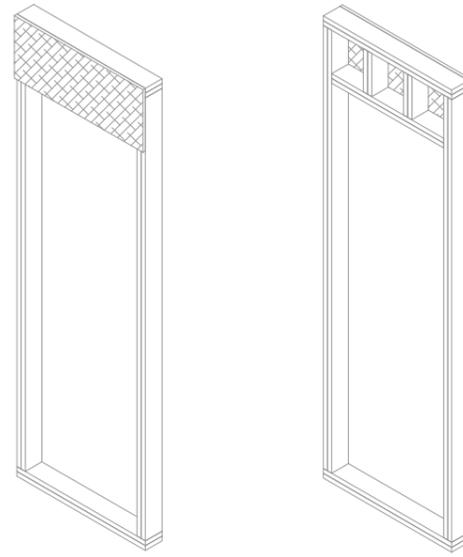
Sobrante total

Elemento	Madera	Cant
Cant	2"x2"x3,30m	2

Notas: Los encuentros entre pies derechos y soleras se resuelven por medio de dos clavos lanceros de 2 1/2" en cada unión.

El Osb se clava cada 15cm a cada elemento del panel.

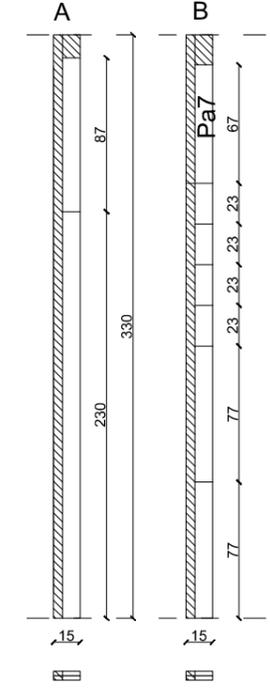
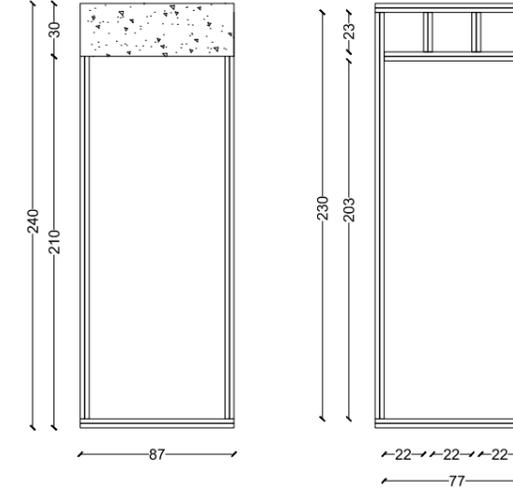
Osby: Se obtiene del material de Pa4.



Pa 8
Cantidad: 2
Peso: 23kg *

*Unicamente se considera una capa de osb, ya que la segunda se clava después de posicionado.

Esc: 1/40



Cantidades A B

Totales	4	1
Por panel	2	1

Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Clavos 2 1/2 "	Cola
Por panel	3	150	20	0,6L
Total	5	300	40	1,2L

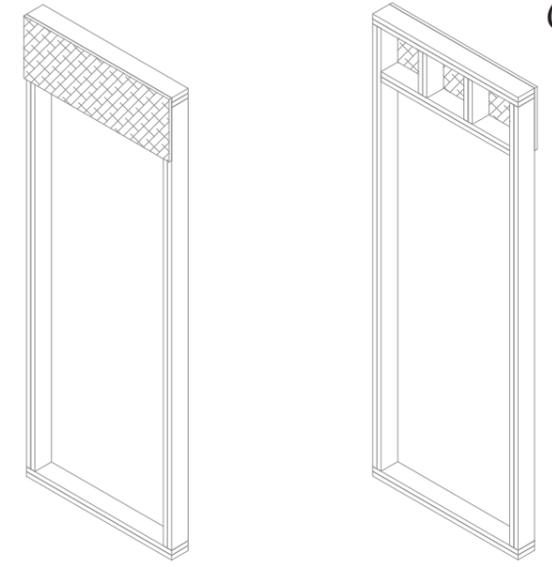
Sobrante total

Elemento	Madera	Cant
Cant	2"x2"x3,30m	5

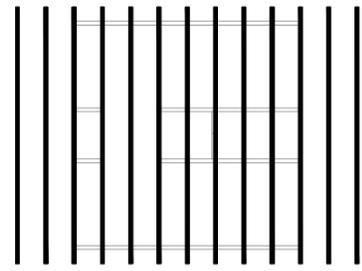
Notas: Los encuentros entre pies derechos y soleras se resuelven por medio de dos clavos lanceros de 2 1/2" en cada unión.

El Osb se clava cada 15cm a cada elemento del panel.

Osby: Se obtiene del material de Pa4.

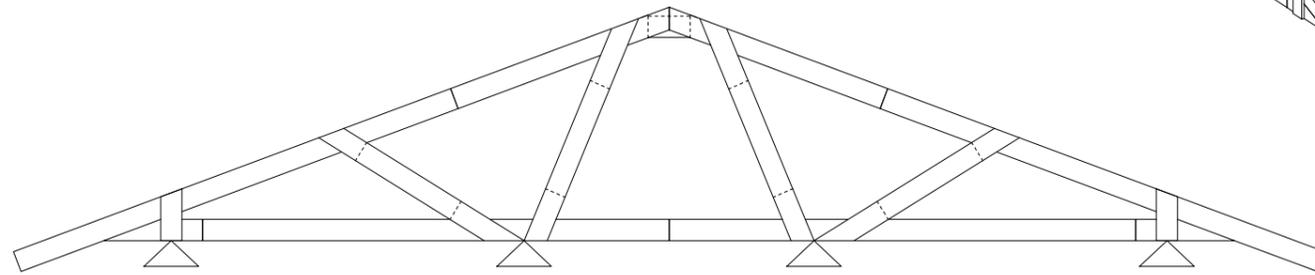
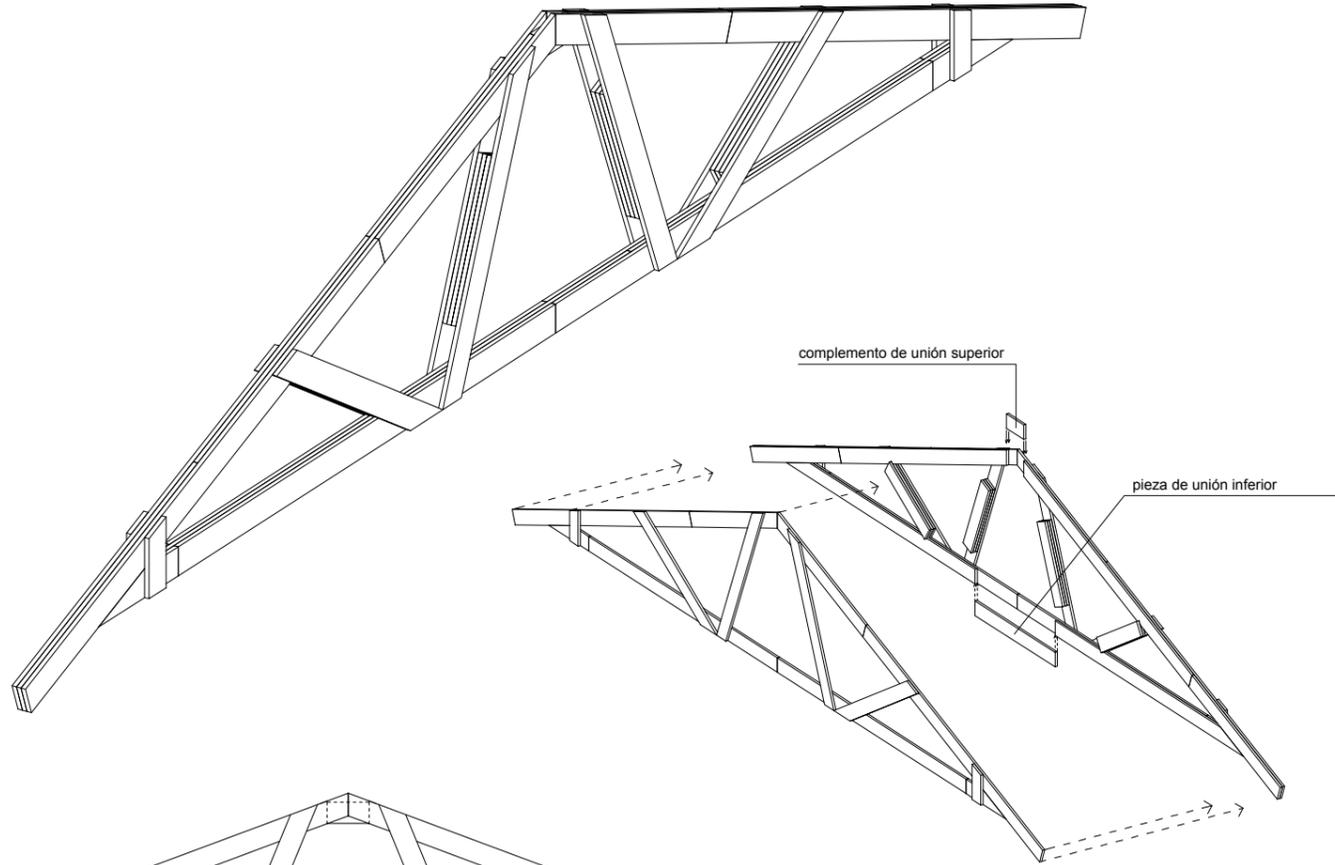


6X1"



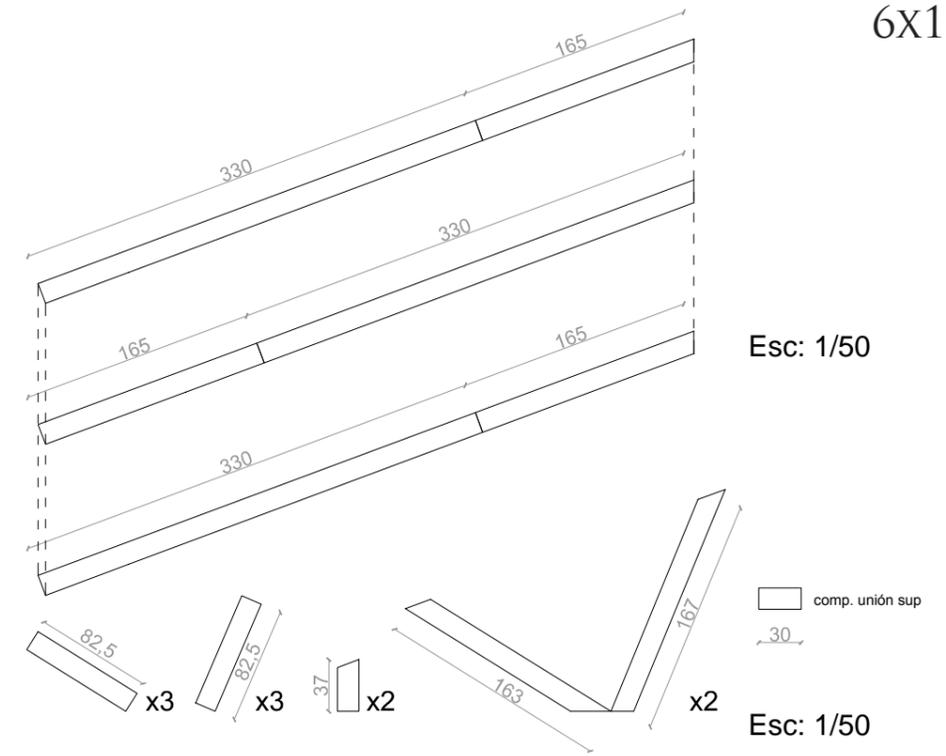
Cantidad: 26
Peso: 84kg

Esc: 1/40



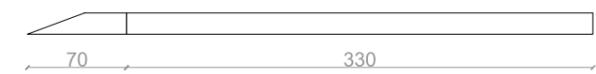
alzado

Esc: 1/50



Esc: 1/50

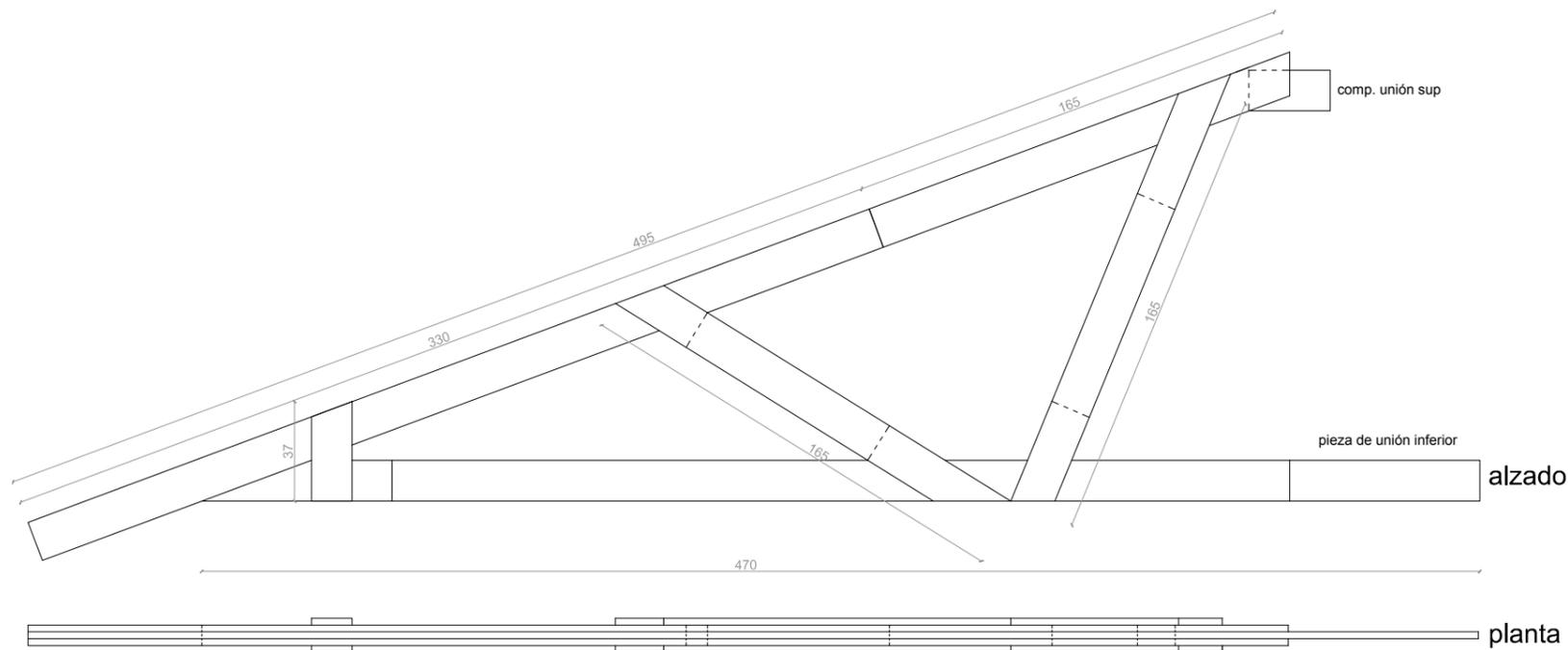
Esc: 1/50



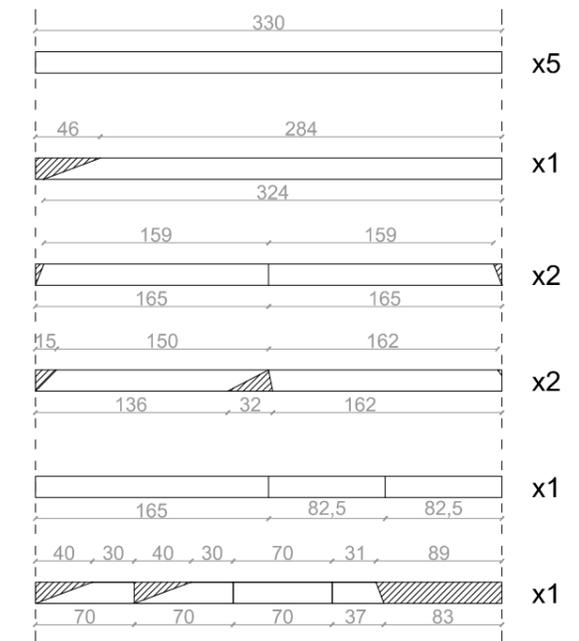
Esc: 1/50

Consumos totales

Elemento	Madera 6"x1"x3,30m	Clavos 2½"	Cola
Por cercha	12	170	1,4L
Total	312	4420	36L



Esc: 1/25

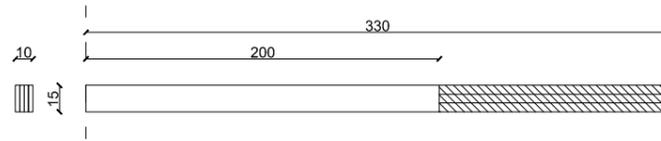


Esc: 1/50

4.5 Consumos

Se realiza un cálculo del consumo de materiales (tablas 6x1”, OSB, clavos y cola) con el objetivo de cuantificarlos previo a la presupuestación y posterior ejecución. El cálculo se realiza para aquellos consumos relativos a la madera no considerando aquellos vinculados a las fundaciones (hormigón armado), aislaciones, instalaciones, etc. Este cálculo se desprende de los datos acumulados en planillas y gráficos.

Vigas V101-110

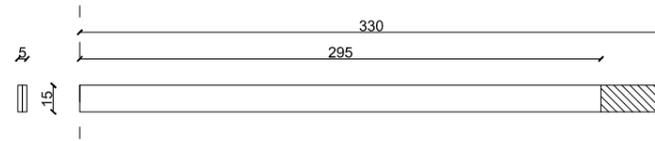


Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Cola
Por viga	2	44	0,4L
Total	20	440	4,0L

Las piezas de 6" x 2" se unen a los complementos mediante tirafondos de 3 1/2" en ambas caras.

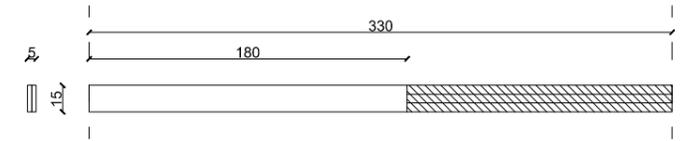
Vigas V151 - V153 - V154 - V156



Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Cola
Por viga	1	22	0,2L
Total	4	88	0,8L

Vigas V152 - V155



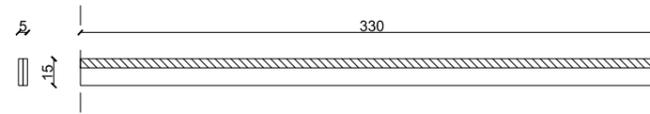
Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Cola
Por viga	1	22	0,2L
Total	2	44	0,4L

Sobrante total Vigas

Medida	2"x2"x1,30m	2"x2"x1,50m
Total	60	6

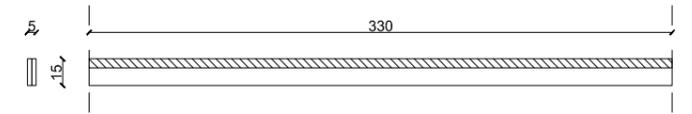
Presoleras



Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Cola
Unidad	1	22	1,0L
Total	16	352	16L
Sobrante	16 unid. 2"x2"		

Sobresoleras



Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Cola
Unidad	1	22	1,0L
Total	22	484	22L
Sobrante	22 unid. 2"x2"		

Clavaderas

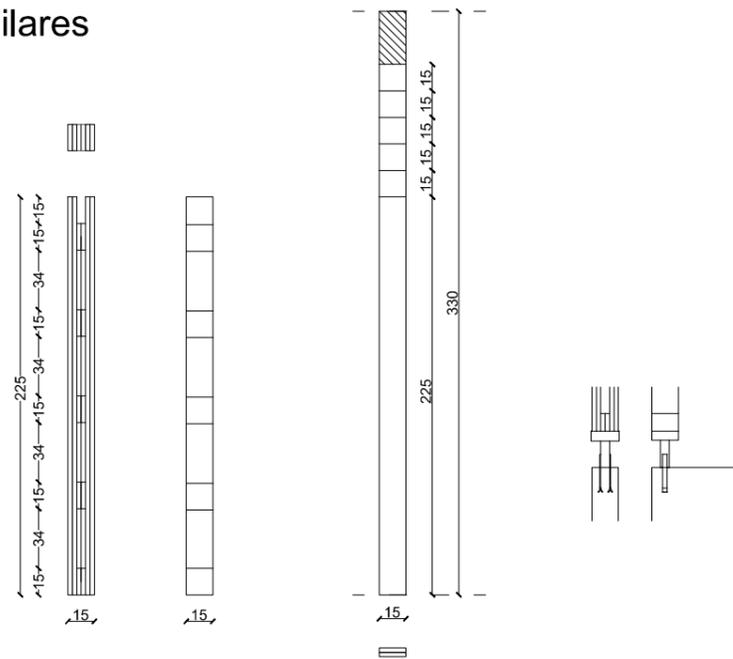
Consumos totales

Elemento	Cantidad (2" x 2" x 3,30m)
Cubierta	111
Piso dorm.	16
Cielorrasos	22
Revestimiento	30
Total	179

Procedencia (sobrantes de)

Elemento	Cantidad (2" x 2" x 3,30m)
Paneles	150
Presoleras	16
Sobresoleras	22
Vigas	26
Total	214

Pilares



Apoyo de pilar: Platina soldada a caño tubular de hierro con bigotes a viga de fundación.

Las piezas de 6" x 2" se unen a los complementos mediante tirafondos de 5" en ambas caras.

Consumos totales

Elemento	Madera 6"x2"x3,30m	Clavos 1 1/2"	Cola
Por pilar	2	44	0,4L
Total	16	352	3,2L

Consumo total

Elemento	Madera (unidad)				Osب (placa)	Clavos (unidad)			Cola (L)
	2" x 2" x 3,30m	4" x 2" x 3,30m	6" x 1" x 3,30m	6" x 2" x 3,30m		1 1/2"	2 1/2"	3 "	
Paneles		150			74	13.120	1.252		30,0
Cerchas			312				4.420	208	36,0
Presoleras		16				352			16,0
Sobresoleras		22				484			22,0
Vigas				26		572			
Pilares						352			3,2
Revest. ext			290				1.252	725	
Revest. int					74				
Clavaderas	179								
Pisos			46						
Cubierta					48				
Total	179	188	648	26	196	14.880	6.924	933	107,2
1.070 tablas de 6 x 1" x 3,30 m									

Para ejecutar la estructura y revestimientos de la vivienda propuesta se necesitan 1.070 tablas de pino 6x1" y 196 paneles de OSB de 15 mm. También se detalla el consumo de clavos y de cola para el aramdo de los dispositivos. No se contabilizan otros materiales como cemento, áridos, aislaciones, tornillos, chapas, cañerías ni pinturas ya que su cuantificación resulta irrelevante para el presente trabajo.

Revestimiento

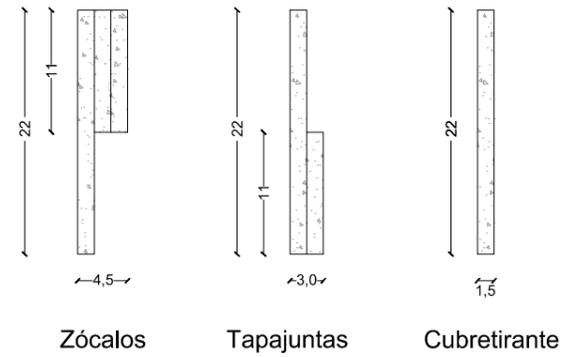
Consumos totales

Fachada	Madera 6" x 1" x 3,30m
Sur	72
Este	78
Norte	63
Oeste	77

Sobrante total de Paneles

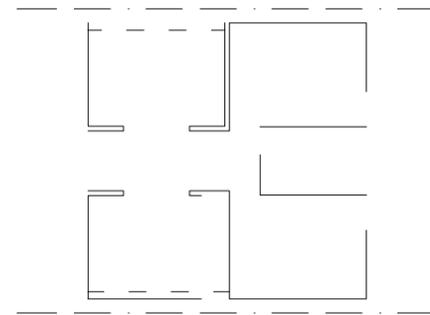
Elemento	Madera	Cant	Osب	Cant	Osب	Cant
	2"x2"x3,30m	150	2,44m x 0,22m	72	1,22m x 0,44m	48
Uso	Clavaderas (ver cuadro aparte)	Tapajuntas	8	Zócalos	37	
		Tapa lateral de cubierta	24	Complementos aberturas	6	
		Complementos aberturas	35			
Desperdicio	0	Desperdicio	5	Desperdicio	5	

Los zócalos, tapajuntas se conformarán con sobrantes de OSB proveniente de la elaboración de los paneles y estructura de cubierta.

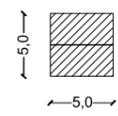


- Zócalos: 45m lineales
- Tapajuntas cubierta: 8m lineales
- Tapa lateral cubierta: 24m lineales

Los complementos de aberturas se ubican en las jambas, dinteles, umbrales y antepechos.



Las secciones de 2x2" se obtienen de los sobrantes de las secciones 4 x 2" (presoleras, sobresoleras y paneles)



Consumos totales

Elemento	Cantidad (2" x 2" x 3,30m)
Cubierta	111
Piso dorm.	16
Cielorrasos	22
Revestimiento	30
Total	179

Procedencia (sobrantes de)

Elemento	Cantidad (2" x 2" x 3,30m)
Paneles	150
Presoleras	16
Sobresoleras	22
Vigas	26
Total	214

5. Consideraciones finales

El trabajo aquí expuesto procuró, a partir de una modulación y unos materiales previamente establecidos, desarrollar criterios para resolver elementos constructivos aplicados aquí integralmente a una vivienda, minimizando los desperdicios de materiales mediante la búsqueda de complementariedades. En este caso se utilizó la tabla de pino de 6x1” y el panel de OSB por su amplia disponibilidad en el mercado local pero los criterios empleados para la minimización del desperdicio pueden emplearse con módulos y materiales diferentes a los estudiados en este trabajo, lo cual repercutirá en la optimización de los consumos.

En cuanto a la pertinencia del uso de la tabla de pino como material base en procura de lograr reducción de los costos de construcción habrá que hacer algunas consideraciones.

Accesibilidad

La amplia disponibilidad de los materiales empleados hace viable la implementación del sistema en cualquier localidad de nuestro país. Este factor convierte a la tabla en un sustituto viable ante la ausencia de otras maderas.

Versatilidad

Se ha expuesto aquí la manera de obtener mediante una visión global del proyecto una reducción considerable del desperdicio, logrando mediante cortes y uniones distintas secciones de madera a partir de la sección 6x1”.

Costos

Al evaluar comparativamente los costos ha de tenerse en cuenta no solo el costo de los materiales sino que también de las herramientas disponibles y de los costos de mano de obra. Esta última resulta determinante y dependerá en todo caso de las particularidades de la obra (idoneidad de la mano de obra, tiempos de ejecución, autoconstrucción, etc). El lograr secciones mayores a partir de 6x1” implica mayor incidencia de la mano de obra en el producto final. Por lo tanto, si bien el costo de la tabla de pino es hoy en día sensiblemente menor al de otras maderas, esto no implica necesariamente un menor costo ya que insume más mano de obra, siendo esta un factor difícil de cuantificar a priori ya que dependerá de las condiciones de cada caso.

Características del contexto

Los contextos en los que el sistema constructivo indagado pueden ser favorables son aquellos en los que los atributos del mismo, anteriormente mencionados, se ven beneficiados. En los contextos en los que existen dificultades en el acceso a los materiales, lugares lejanos a centros urbanos, es preferible construir con la menor cantidad de insumos posibles. El sistema en ese sentido es adecuado, ya que con pocos elementos como tablas de pino, tableros de osb, pueden conformarse los elementos estructurales y cerramientos que conforman una parte considerable de varios proyectos posibles.

La posibilidad de contar con herramientas eléctricas básicas, como sierras de mano, clavadoras y lijadoras, pueden ahorrar considerablemente el tiempo de ejecución de las tareas que demandan mayor mano de obra, como la unión de tablas para conformar secciones mayores, el corte de las mismas, así como su terminación y aspecto final. Si bien las mismas tareas pueden efectuarse por medio de herramientas manuales, el trabajo que insumen podría ser un impedimento o al menos un obstáculo importante en la viabilidad de la utilización del sistema.

Los contextos asociados a modelos de autoconstrucción, en el que los costos de mano de obra puedan ser absorbidos por los propios usuarios, pueden servir también a la viabilidad del mismo. También la idoneidad de la mano de obra resultará en menores tiempos de ejecución, aunque no sea un requisito excluyente, ya que la mayoría de las tareas asociadas al sistema son relativamente sencillas y repetitivas.

Por lo antedicho consideramos fundamental realizar un estudio atento a las condicionantes del contexto en el que la obra se realizará, ya que el mismo será la herramienta básica para detectar la posible viabilidad de un sistema que a priori puede parecer engorroso y de difícil concreción, pero en determinados contextos probar ser de fácil implementación y menores costos en relación a sistemas tradicionales tanto de albañilería, como de construcción en seco.

6. Anexo

6.1 Ensayo de rotura de vigas

Objetivo

Con el fin de evaluar el comportamiento mecánico y las particularidades constructivas de vigas de madera hechas con tablas de encofrado encoladas y clavadas como las propuestas en este trabajo, se realizaron tres vigas de 3”x6” (nominales) a las cuales se les efectuó un ensayo de rotura. A partir de dicho ensayo, se lograron obtener los valores del módulo de elasticidad a flexión estática y tensión de rotura de cada viga.

Las tablas fueron adquiridas en el aserradero El Puntal, donde fueron seleccionadas teniendo como criterio general que las mismas no presentaran corteza en los bordes ni excesiva cantidad de nudos. También se descartaron tablas con presencia de hongos y aristas faltantes.

Humedad

Previo a la clasificación de las tablas y al armado de las secciones a ensayar, se procedió al secado de las tablas. Se ubicaron las piezas de manera tal que permitieran la libre circulación de aire entre ellas. Se debió hacer procurando que la mayor cantidad de superficie de cada pieza quedara ventilada evitando deformaciones por flexión o torsión. Por esto se les debió dar suficientes apoyos para mantener las piezas en perfecta posición horizontal.

Cuándo los valores de humedad estuvieron en el entorno del $14\% \pm 3\%$ se consideró finalizado el proceso de secado. Para evaluar el contenido de humedad de las piezas se utilizó un xilohigrómetro de aguja con el cual se tomó el valor centro y a 20 cm de cada extremo de cada una de las tablas.

En el cuadro adjunto se presenta el contenido de humedad de las tablas al momento de realizar el armado de vigas

Contenido de humedad (%)			
Tabla	Extremo 1	Centro	Extremo 2
1	9	11	9
2	11	11	15
3	14	12	9
4	11	11	9
5	12	13	11
6	10	9	9
7	9	15	11
8	11	9	9
9	11	12	9
10	9	9	9

Porcentaje de humedad en tablas ensayadas.



Medición del contenido de humedad. Tablas separadas del piso.



Secado de tablas, vista general.



Secado de tablas, detalle de apoyo en un extremo del apilado en triángulo.



Secado de tablas, detalle de apoyo intermedio.

Tabla 1

Nudo pasante en el tercio central de la pieza.



Tabla 2

Médula en el tercio central de una cara.
Dos nudos en el tercio central.



Tabla 3

Nudo pasante en el borde del tercio central de la pieza.



Tabla 4

Nudo pasante en el centro de la pieza.
Grieta en el centro.
Arista faltante.



Tabla 5

Nudo pasante en el borde de un extremo.
Presencia de médula.



Defectos presentes en tablas

Geometría

Las tablas utilizadas presentaban irregularidades en las secciones, con cantos que oscilaban entre 19 y 23 mm y caras que lo hacían entre 125 y 145 mm. Esta es una característica que el material presenta en nuestro mercado y es por lo tanto un factor a ser considerado.

Se entiende que la sección a considerar cuando se trate de tablas de encofrados diferirá siempre del valor nominal de 6 x 1".

Tabla 6

Dos nudos pasantes en el tercio central.



Tabla 7

Dos nudos pasantes en un extremo.



Tabla 8

Nudo pasante en el tercio central de la pieza.



Tabla 9

Arista faltante.



Tabla 10

Nudo en el borde de uno de los extremos.



Clasificación

La primera selección se realizó al adquirir las tablas. Luego del secado se clasificaron las tablas según los parámetros dados por la norma chilena NCh1207. A partir de los resultados de esta clasificación se establecieron criterios para el armado de las vigas a ensayar.

El primer criterio fue de tender a la homogenización de la calidad de la madera de las tres vigas a ensayar. Para lograrlo se evitó agrupar por un lado las calidades superiores y por otro las de peor clasificación, por el contrario se alternaron distintas calidades en busca de una homogenización de las piezas resultantes.

El segundo criterio atendió a los defectos particulares de cada tabla en relación a las otras que junto a ella conformaron la viga a ensayar. Se evitó la coincidencia de nudos u otros defectos.

El tercer criterio ubicó los defectos según las solicitaciones a la que estarían sometidos dentro de la pieza, ya sea se encontraran en zonas traccionadas, comprimidas o al corte. Los nudos pasantes son preferibles en zonas próximas a la línea neutra. Esto no siempre es así ya que en muchos casos estos se presentan hacia los bordes de las piezas. En estos casos resultó preferible ubicarlos en zonas comprimidas ya que si bien esto es perjudicial para la resistencia a la compresión su comportamiento es menos deficiente que ante esfuerzos de tracción ya que en el segundo caso la resistencia queda comprometida por el desvío de las fibras y la discontinuidad de las mismas. Por esto se indicó que zona quedaría solicitada a tracción y cual a compresión en cada viga.

Se descartó la tabla n° 6 por ser la de menor calidad. Las nueve tablas restantes conformaron las tres vigas ensayadas.

Según los criterios explicados anteriormente se agruparon de la siguiente manera:

Viga 1, tablas 5 / 9 / 4

Viga 2, tablas 10 / 1 / 2

Viga 3, tablas 8 / 7 / 3

Determinación del grado estructural según norma NCh1207

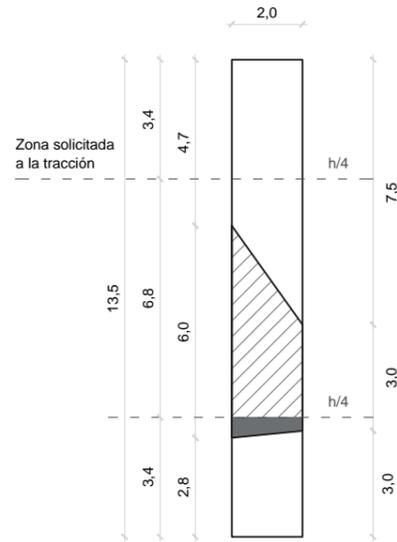


Tabla N°1

Defectos:

*Presenta nudo pasante en el tercio central de la pieza.

$A_{Sección} = 13,5\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 27\text{cm}^2$

$A_{Sección\ borde} = 3,4\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 6,8\text{cm}^2$

$A_{Nudo} = 9\text{cm}^2$

$A_{Nudo\ Borde} = 1,0\text{cm}^2$

$R_{anb} = 1,0\text{cm}^2 / 6,8\text{cm}^2 = 0,15$

$R_{ant} = 9\text{cm}^2 / 27\text{cm}^2 = 0,33$

GRADO SELECTO - GS

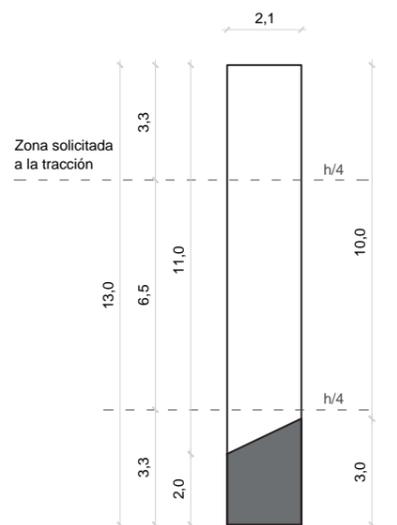


Tabla N°3

Defectos:

*Presenta nudo pasante en el centro de la pieza.

$A_{Sección} = 13\text{cm} \times 2,1\text{cm} = 27,3\text{cm}^2$

$A_{sección\ de\ borde} = 2,1\text{cm} \times 3,25\text{cm} = 6,8\text{cm}^2$

$A_{Nudo\ de\ borde} = 5\text{cm}^2$

$R_{anb} = 5,0\text{cm}^2 / 6,8\text{cm}^2 = 0,74$
Condición de borde

$R_{ant} = 5\text{cm}^2 / 27,3\text{cm}^2 = 0,18$

GRADO SELECTO - GS

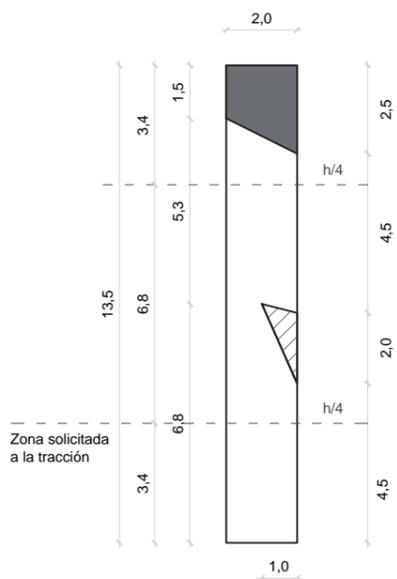


Tabla N°5

Defectos:

*Presenta nudo pasante en el extremo de la pieza.
*Presenta médula.

$A_{Sección} = 13,5\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 27\text{cm}^2$

$A_{Sección\ borde} = 3,4\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 6,8\text{cm}^2$

$A_{Nudos} = 5\text{cm}^2$

$A_{Nudo\ Borde} = 4,0\text{cm}^2$

$R_{anb} = 4,0\text{cm}^2 / 6,8\text{cm}^2 = 0,59$
Condición de borde

$R_{ant} = 5\text{cm}^2 / 27\text{cm}^2 = 0,19$

GRADO 1 - G1

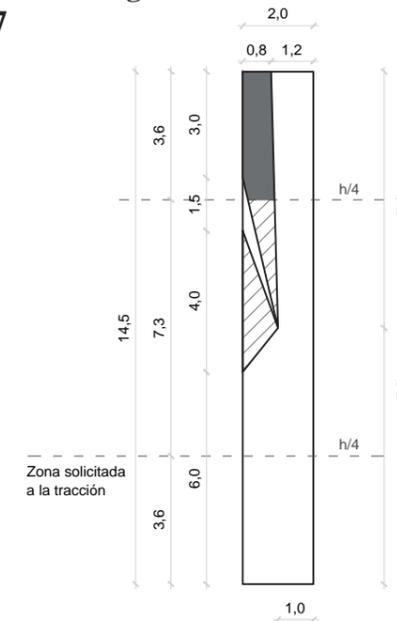


Tabla N°2

Defectos:

*Presenta médula en el centro de la pieza.
*Presenta 2 nudos no pasantes en el tercio central.

$A_{Sección} = 14,5\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 29\text{cm}^2$

$A_{sección\ de\ borde} = 3,6\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 7,2\text{cm}^2$

$A_{Nudos} = 6\text{cm}^2$

$A_{Nudo\ borde} = 3,0\text{cm}^2$

$R_{anb} = 3,0\text{cm}^2 / 7,2\text{cm}^2 = 0,42$

$R_{ant} = 6\text{cm}^2 / 29\text{cm}^2 = 0,20$

GRADO 1 - G1

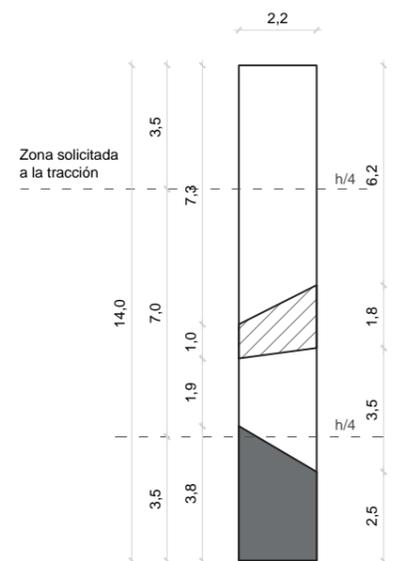


Tabla N°4

Defectos:

*Presenta nudo pasante en el centro de la pieza con grieta de 8cm.
*Presenta arista faltante.

$A_{Sección} = 14\text{cm} \times 2,2\text{cm} = 30,8\text{cm}^2$

$A_{sección\ de\ borde} = 2,2\text{cm} \times 3,5\text{cm} = 7,7\text{cm}^2$

$A_{Nudos} = 10\text{cm}^2$

$A_{Nudo\ de\ borde} = 7,0\text{cm}^2$

$R_{anb} = 7,0\text{cm}^2 / 7,7\text{cm}^2 = 0,91$ / Condición de borde

$R_{ant} = 10\text{cm}^2 / 30,8\text{cm}^2 = 0,32$

GRADO 1 - G1

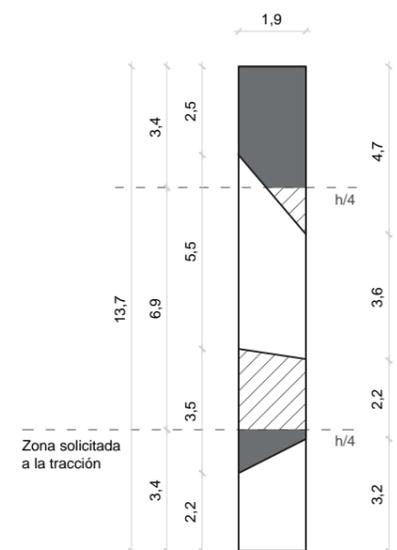


Tabla N°6

Defectos:

*Presenta 2 nudos pasantes en el tercio central de la pieza.

$A_{Sección} = 13,7\text{cm} \times 1,9\text{cm} = 26,0\text{cm}^2$

$A_{sección\ de\ borde} = 3,4\text{cm} \times 1,9\text{cm} = 6,5\text{cm}^2$

$A_{Nudos} = 12\text{cm}^2$

$A_{Nudos\ borde} = 8,0\text{cm}^2$

$R_{anb} = 6,0\text{cm}^2 / 6,5\text{cm}^2 = 0,92$

$R_{ant} = 12,0\text{cm}^2 / 26,0\text{cm}^2 = 0,5$

GRADO 2 - G2

SE DESCARTA

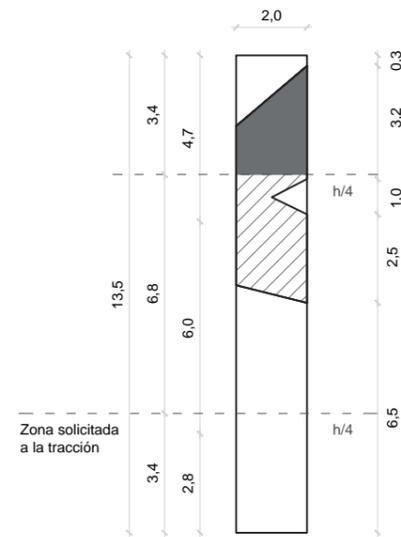


Tabla N°7

Defectos:

*Presenta nudos pasantes en el extremo de la pieza.

$A_{Sección} = 13,5\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 27\text{cm}^2$

$A_{Sección\ borde} = 3,4\text{cm} \times 2,0\text{cm} = 6,8\text{cm}^2$

$A_{Nudo} = 11\text{cm}^2$

$A_{Nudo\ Borde} = 4,0\text{cm}^2$

$R_{anb} = 4,0\text{cm}^2 / 6,8\text{cm}^2 = 0,59$

Condición de borde

$R_{ant} = 11\text{cm}^2 / 27\text{cm}^2 = 0,41$

GRADO 2 - G2

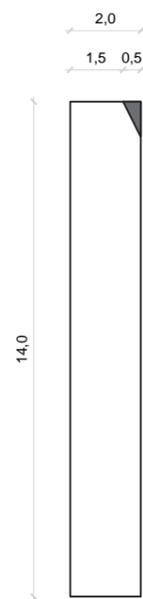


Tabla N°9

Defectos:

*Presenta arista faltante.

Razón en borde = $0,5\text{cm} / 2,0\text{cm} = 0,25$

Razón en cara = $1,0\text{cm} / 14,0\text{cm} = 0,07$

GRADO SELECTO - GS

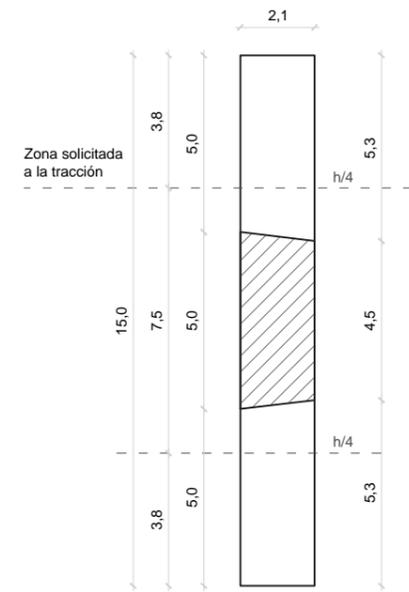


Tabla N°8

Defectos:

*Presenta nudo pasante en el centro de la pieza.

$A_{Sección} = 15\text{cm} \times 2,1\text{cm} = 31,5\text{cm}^2$

$A_{Nudos} = 10\text{cm}^2$

$R_{ant} = 10\text{cm}^2 / 31,5\text{cm}^2 = 0,32$

GRADO SELECTO - GS

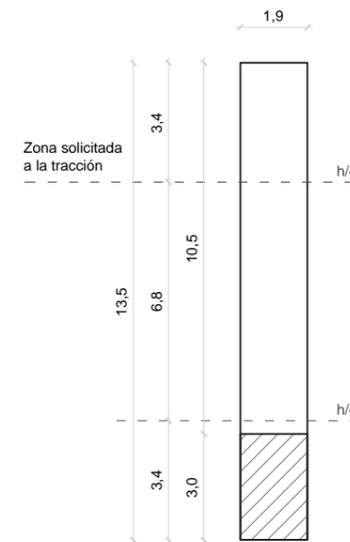


Tabla N°10

Defectos:

*Presenta nudo pasante en el extremo de la pieza.

$A_{Sección} = 13,5\text{cm} \times 1,9\text{cm} = 25,7\text{cm}^2$

$A_{sección\ de\ borde} = 3,4\text{cm} \times 1,9\text{cm} = 6,5\text{cm}^2$

$A_{Nudo} = 6,0\text{cm}^2$

$R_{anb} = 6,0\text{cm}^2 / 6,5\text{cm}^2 = 0,92$ / Condición de borde.

$R_{ant} = 6,0\text{cm}^2 / 25,7\text{cm}^2 = 0,23$

GRADO 1 - G1



Marcado de ubicación de los clavos.



Tabla encolada.



Clavado de viga.

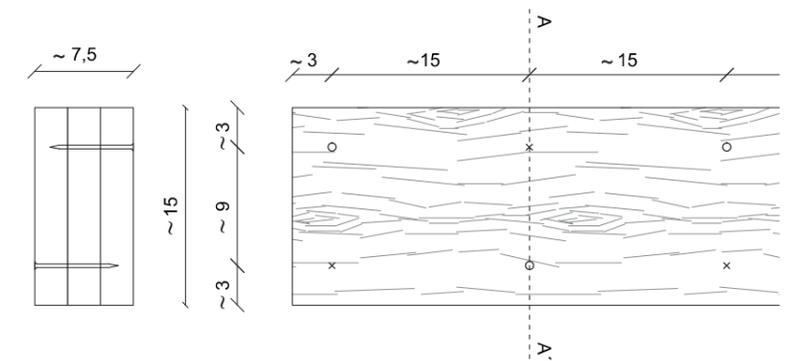
Armado de vigas

Primero se agruparon y ordenaron las triadas que conformaron las vigas.

Posteriormente se procedió a encolar las caras de las tablas internas a cada viga. Esto se hizo diluyendo cola vinílica en agua para darle mejor trabajabilidad.

Una vez encoladas las tablas se comenzó a clavarlas con clavos de acero de 2 1/2". Esto se hizo en ambas caras de la viga, subdividiendo su longitud $c/15$ cm y clavando alternadamente en líneas paralelas a los bordes (en tresbolillo), separadas de estos aproximadamente 2 cm. (ver esquema)

Finalmente se acopiaron las vigas un par de semanas y se procedió a la prueba de rotura.



Corte AA'

Sección de 6"x3", se utilizan clavos de 2 1/2"



Prensa Tinius Olsen



Dinamómetro



Posicionado de viga



Viga 3



Viga 1 - Zonas a tracción / compresión



Viga 1 - Apoyo / Numeración de tablas



Rotura viga 1



Rotura viga 2



Rotura viga 3

Ensayo de rotura

El ensayo se efectuó en el laboratorio del instituto de la construcción de la facultad de arquitectura de la UdelaR donde se utilizó una prensa universal Tinius Olsen.

Como se mostró anteriormente, se realizaron tres vigas las cuales fueron utilizadas en este ensayo.

Previamente a la unión de las tablas se definió cuáles serían los cordones que estarían sometidos a tracción y compresión, siguiendo ese criterio se posicionan las vigas en la prensa.

Una vez posicionadas las vigas y verificado el contacto con los apoyos se llevó el dinamómetro a cero. Luego se comenzó a aplicar carga y a registrar el valor de la reacción en un apoyo y la medida de la deformación resultante para cada tensión. Esto se hizo en intervalos casi regulares, registrando los valores de carga y deformación para cada uno.

Los datos obtenidos se tabulan y grafican; a partir de ellos se obtienen 3 valores de módulo de elasticidad y tres valores de tensión de rotura, uno por cada viga.

Para llegar a un valor único se promediaron los valores obtenidos.

Cabe mencionar que este valor obtenido parte de una muestra muy reducida y su validez aplica únicamente para el presente trabajo. Si bien resulta útil como aproximación metodológica haría falta mayor indagación para llegar a valores concluyentes.

Comentario final

Finalmente cabe destacar que el valor del módulo de elasticidad obtenido (60.621 kg/cm^2) es mayor al considerado en el diseño del anteproyecto (53000 kg/cm^2). Se obtuvo el valor de la tensión de diseño a la flexión, minorando el valor promedio de las tensiones de rotura con un coeficiente de seguridad de 4. El valor obtenido fue 55 kg/cm^2 ($220 \text{ kg/cm}^2 / 4$), valor muy próximo al que fue considerado en la etapa de predimensionado.

Se estima que existe una colaboración de los clavos, los cuales incrementan la resistencia a las deformaciones como puede apreciarse a partir del módulo de elasticidad obtenido.

NOTACIONES

Fle - carga período elástico
 Frot - carga de rotura
 frot - tensión de rotura
 E - módulo de elasticidad

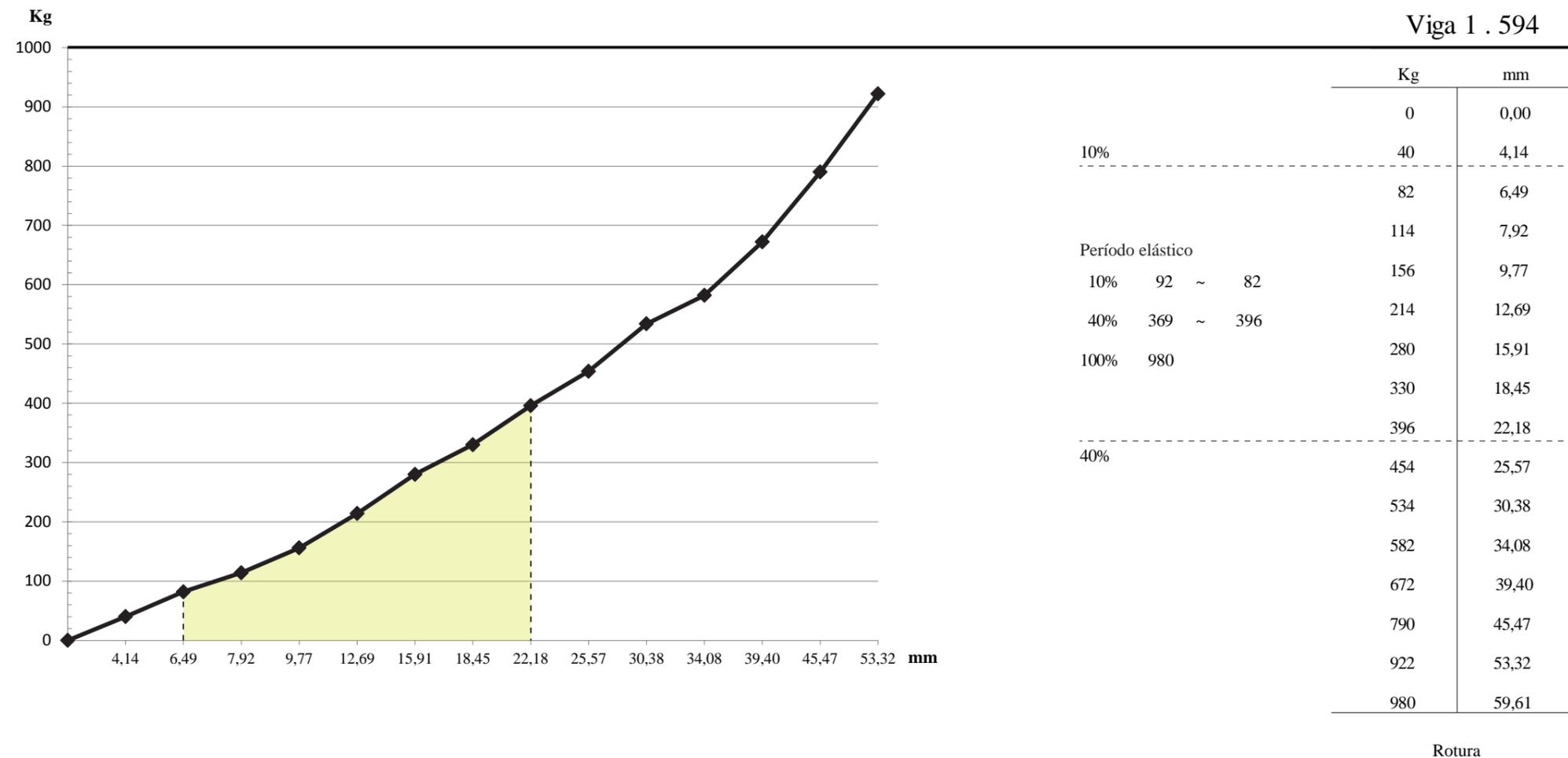
FECHA: 25/11/2014
 ESPECIE: Pino
 SECCION: V1
 LARGO: 330 cm
 N°: V1

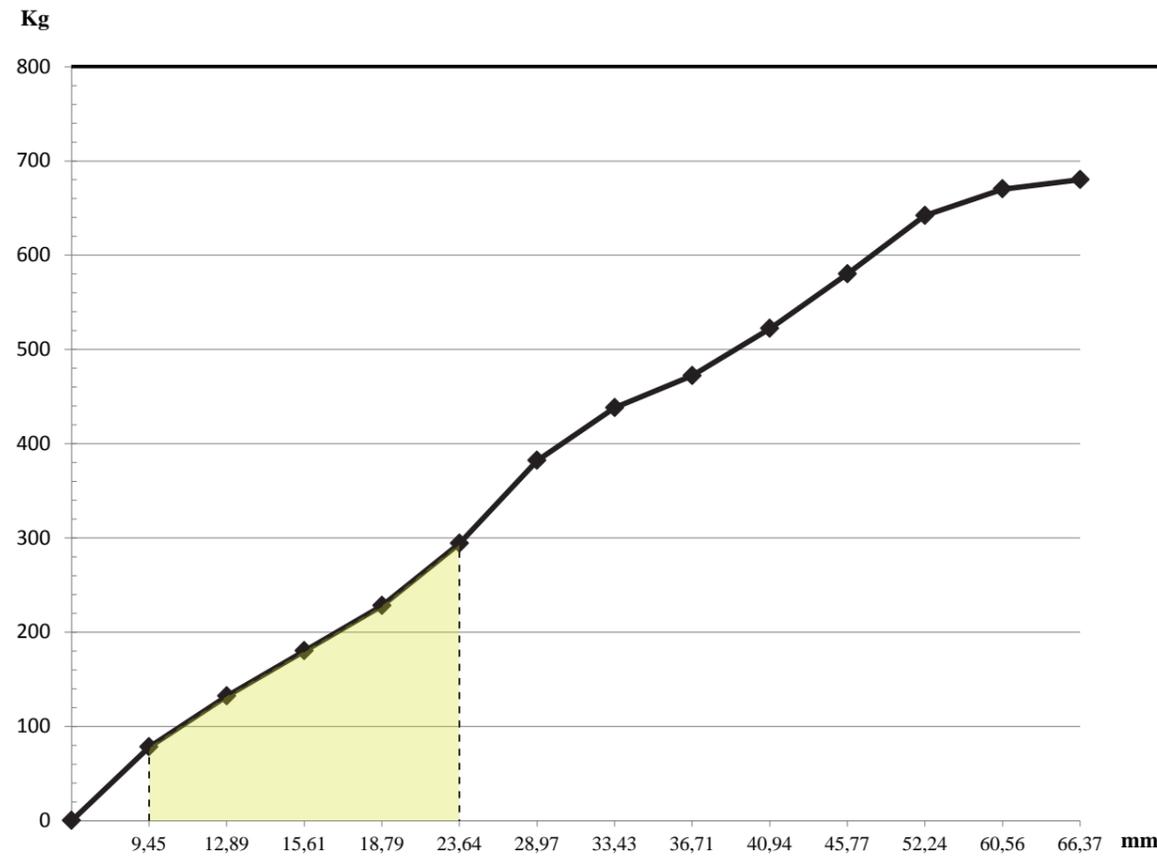
FORMULAS UTILIZADAS

$frot = Frot \times luz / bh^2$

$E = 23Fle \times luz^3 / 108 bh^3 \times deformación$

	Carga período elástico	Carga rotura	Deformación período elástico	Luz de ensayo	Ancho viga	Altura viga	Tensión rotura		Módulo elasticidad	
	Fle (kgf)	Frot (kgf)	f (cm)	l (cm)	b (cm)	h (cm)	frot (kg/cm2)	frot (MPa)	E (kg/cm2)	E (MPa)
V1	314	980	1,569	300	6,2	13,8	249	24,4	70.623	6.926
V2	216	680	1,419	300	5,9	13,8	182	17,8	56.448	5.536
V3	272	920	1,724	300	6,3	13,8	230	22,6	54.793	5.373
Promedios	263	860	1,571	300	6,1	13,8	220	21,6	60.621	5.945





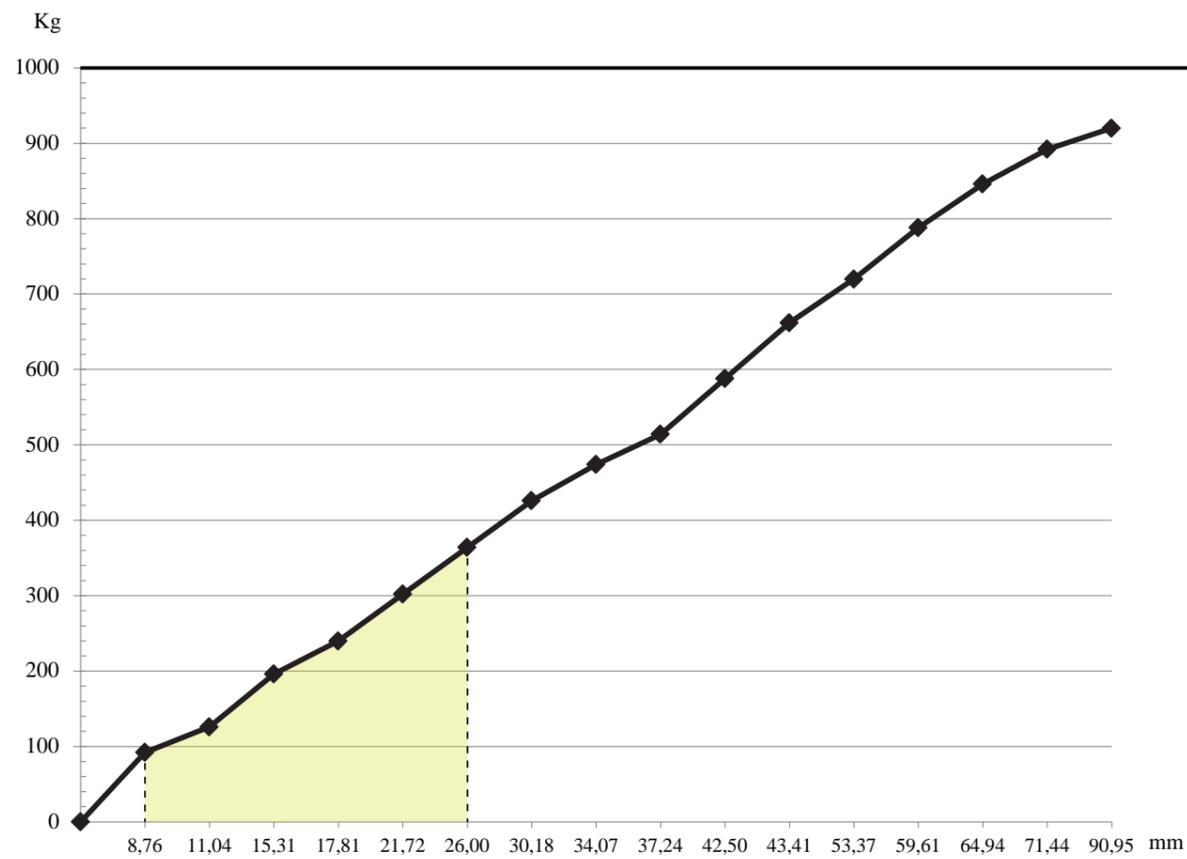
Viga 2 . 1012

	Kg	mm
10%	0	0,00

	78	9,45
Período elástico	132	12,89
10%	68 ~ 78	15,61
40%	272 ~ 294	18,79
100%	680	23,64

40%	382	28,97
	438	33,43
	472	36,71
	522	40,94
	580	45,77
	642	52,24
	670	60,56
	680	66,37

Rotura



Viga 3 . 873

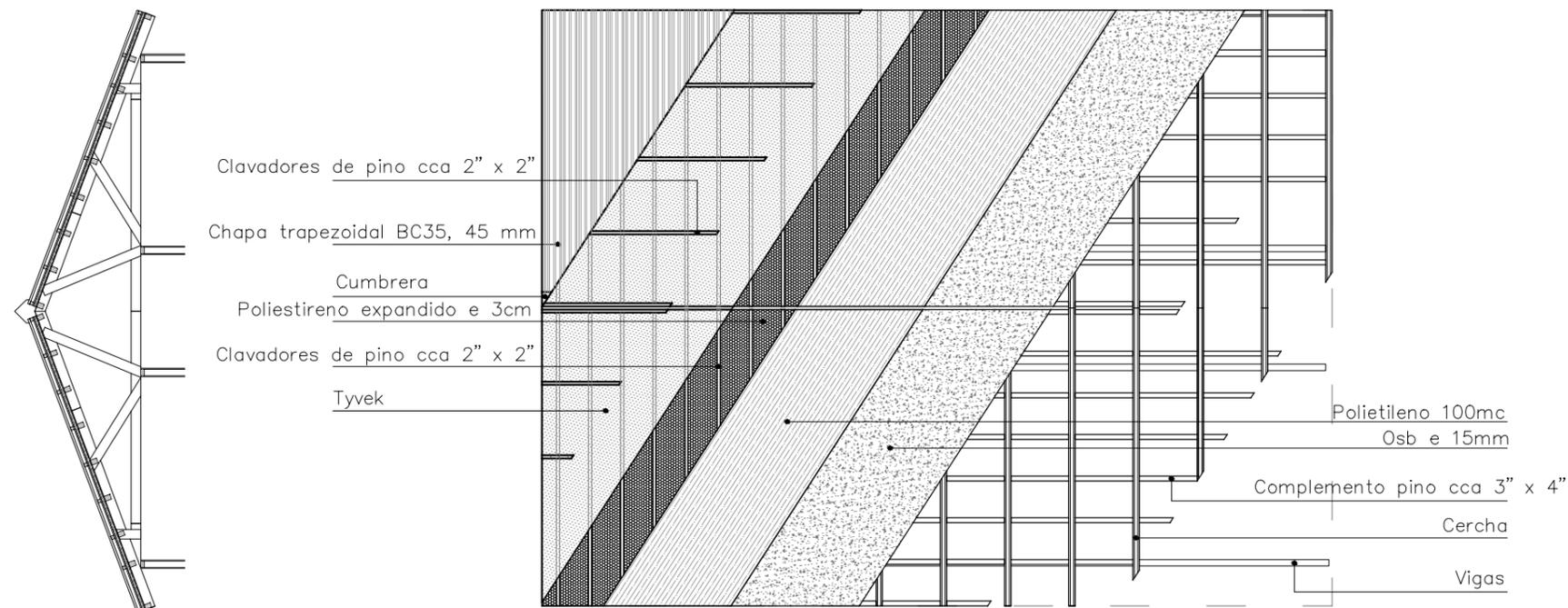
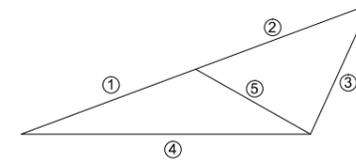
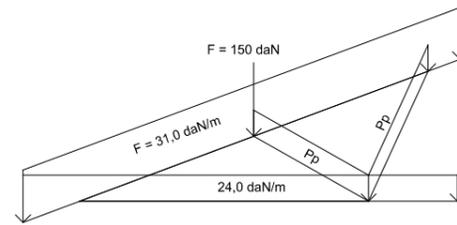
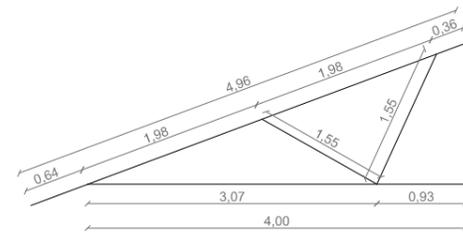
	Kg	mm
10%	0	0,00

	92	8,76
	126	11,04
Período elástico	196	15,31
10%	92	17,81
40%	368 ~ 364	21,72
100%	920	26,00

40%	426	30,18
	474	34,07
	514	37,24
	588	42,50
	662	43,41
	720	53,37
	788	59,61
	846	64,94
	892	71,44
	920	90,95

Rotura

6.2 Cálculos

**Calculo de cargas sobre cercha / Predimensionado**

Las cerchas funcionarán individualmente (en medias cerchas). Luego de posicionadas se vincularán para asegurar un correcto posicionamiento, pero estructuralmente supondrán elementos separados. Para realizar los cálculos se utilizarán como referencia las siguientes características de la madera. Las mismas podrán variar según la especie de pino con que se cuenta.

Tensión admisible a la flexión: 58 daN/cm²

Tensión admisible a la compresión (paralela a las fibras): 38 daN/cm²

Módulo de elasticidad: 53000 daN/cm²

Peso específico: 550 kg/cm³

Ppropio de 1 cercha:
1 cercha _ 12 tablas
Pesp pino = 550kg/m³

Pp tabla 6" x 1"
= 0,1524m x 3,30m x 0,0254m = 0,0128m³
= 550kg/m³ x 0,0128m³ = 7,0kg
7,0kg / 3,30m = 2,12kg/m

OSB
ppropio OSB 15mm = 8,4kg/m²
8,4kg/m² x 1m = 8,4kg/m

Ppropio complementos 3" x 4" para osb:
= 550kg/m³ x 0,0762m x 0,1016m x 9 / 4,95m
= 7,74kg/m

Ppropio clavadores
Cada cercha recibe el peso de 2 clavadores y 5 más en sentido perpendicular en su correspondiente área de influencia (50cms a cada lado).

Sección de clavadores: 2" x 2"
2" = 0,0508m
Clavadores longitudinales:
0,0508m x 0,0508m x 550kg/m³ x 2 = 2,84kg/m

Clavadores transversales:
(0,0508m x 0,0508m x 550kg/m³ x 1m) x 5clav / 4,95m = 1,43kg/m
Pclavadores = 2,84kg/m + 1,43kg/m = 4,27kg/m

Ppropio poliestireno expandido:
Pp = 15kg/m³ x 1m x 0,03m = 0,45kg/m

Ppropio Chapa BC35 = 4,42kg/m²
4,42kg/m² x 1m = 4,42kg/m

Peso distribuido total
= 3 x 2,12 kg/m + 8,4kg/m + 7,74kg/m + 4,27kg/m
+ 0,45kg/m + 4,42kg/m = 31,0 kg/m

Peso del cielorraso:

Se toma el peso propio de un cielorraso de tablas de 6"x1", a los efectos de considerar una solución posible de mayor peso propio.
P = 550kg/m³ x 0,0254kg/m x 1,0m x 1,0m
= 14,0daN/m

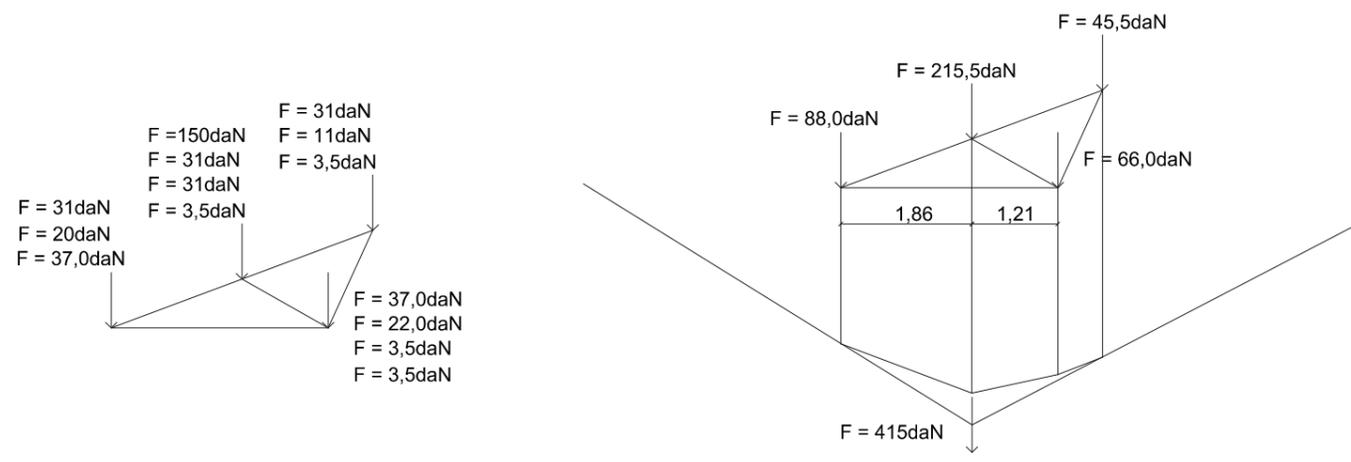
Peso tirantes 3" x 2":
P = 550 kg/m³ x 0,058m x 0,0762m x 1,0m x 8 / 4,0m
= 4,9daN/m

Peso lana de vidrio:
P = 5,10kg/m²

Ptotal = 14,0daN/m + 4,9daN/m + 5,10kg/m²
= 24,0daN/m

Reacciones en nodos:

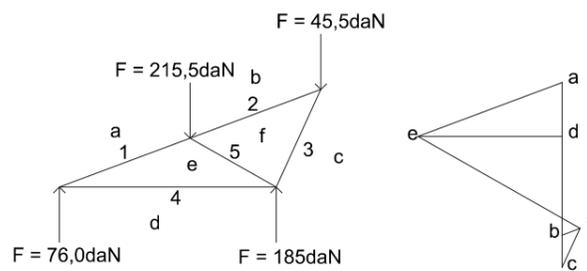
- $31,0\text{daN/m} \times 1,98\text{m} / 2 = 31\text{kg}$
- $31,0\text{daN/m} \times 0,64\text{m} = 20\text{kg}$
- $31,0\text{daN/m} \times 0,36\text{m} = 11\text{kg}$
- $4,50\text{daN/m} \times 1,55\text{m} / 2 = 3,5\text{daN}$
- $24,0\text{daN/m} \times 3,07\text{m} / 2 = 37\text{daN}$
- $24,0\text{daN/m} \times 0,93\text{m} = 22\text{daN}$



Reacciones en apoyos:

$R_a = 415\text{daN} \times 1,21\text{m} / 3,07\text{m} = 164\text{daN}$
 $R_b = 415\text{daN} \times 1,86\text{m} / 3,07\text{m} = 251\text{daN}$

cremona



Barra nº	Sección	C (daN)	T (daN)	A.nec	A.sec
1	6" x 3"	218		6	67
2	6" x 3"		28	1	
3	6" x 2"	61		2	
4	6" x 2"		204	4	
5	6" x 2"	264		7	

Tensión admisible de compresión paralela a las fibras: 38 daN/cm²
 Tensión admisible de tracción: 58 daN/cm²

Verificación: Pandeo en barra 5
 Tensión de diseño a compresión: 38kg/cm²

Sección 6" x 2"
 bruta = 15,24cm x 5,08cm
 neta = 14,40cm x 4,68cm

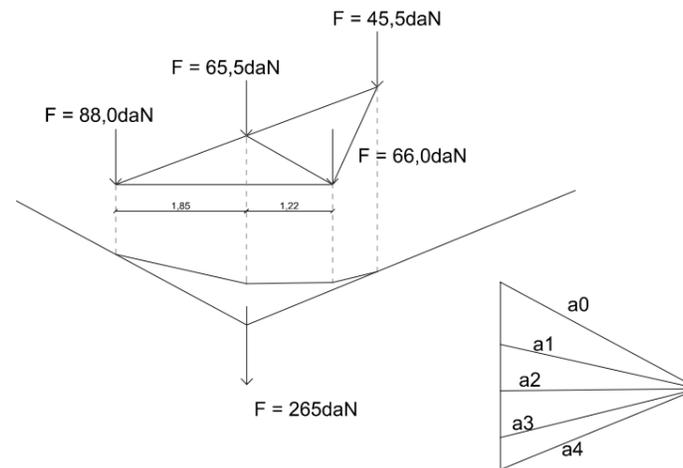
$C = 264\text{kg}$
 Coef pandeo: $165\text{cm} / 4,68\text{cm} _ 2'' = 35$ coef tabla* = 1,30

$C = 264\text{kg} \times 1,30 = 343\text{kg}$

Area sec = $14,40\text{cm} \times 4,68\text{cm} = 67\text{cm}^2$

$A_{nec} = 343\text{kg} / 38\text{kg/cm}^2 = 9,0\text{cm}^2 < \text{Area sec}$

*Extraído de tabla de coeficiente de pandeo para madera de la publicación tablas y ábacos.



Verificación: Descarga de cercha sobre encuentro de paneles:

Tensión de diseño a compresión: 38kg/cm²

Sección 4" x 4"
 bruta = 10,16cm x 10,16cm
 neta = 9,76cm x 9,76cm

$P_{propio} = 550\text{kg/m}^3 \times (0,0976\text{m})^2 \times 2,40\text{m} = 13,0\text{kg}$

Carga de cercha = 160kg
 Sobrecarga de norma = 150kg

$C = 160,0\text{kg} + 150,0\text{kg} + 13,0\text{kg} = 323\text{kg}$

Coef pandeo: $240\text{cm} / 4,68\text{cm} _ 2'' = 51$ coef tabla (anexada) = 1,52

$C = 323\text{kg} \times 1,52 = 491\text{kg}$

Area sec = $9,76\text{cm} \times 9,76\text{cm} = 95\text{cm}^2$

$491\text{kg} / 95\text{cm}^2 = 5,2\text{kg/cm}^2 < \text{Tensión de diseño}$

Reacciones en apoyos:

$R_a = 265\text{daN} \times 1,22\text{m} / 3,07\text{m} = 105\text{daN}$

$R_b = 265\text{daN} \times 1,85\text{m} / 3,07\text{m} = 160\text{daN}$

Resistencia a la flexión simple (V103)

Tensión de diseño: 530000kg/cm²

Sección 6" x 4"
bruta = 15,24cm x 10,16cm
neta = 14,44cm x 9,76cm

Descarga de cercha: 160kg
Sobrecarga de norma: 150kg

Ppropio = 550kg/m³ x 0,1524m x 0,1016m
= 8,5kg/m

M = 310kg x 2,00m / 4 + 8,5kg/m x (2,00m)² / 8
= 155kgm + 4,0kgm = 159kgm

W = 0,0976m x (0,1444m)² / 6 = 3,39 x 10⁻⁴ m³

M/W = 159kgm / 3,39 x 10⁻⁴ m³
= 469027 kg/m² < Tensión de diseño

Verificación de la flecha máxima:

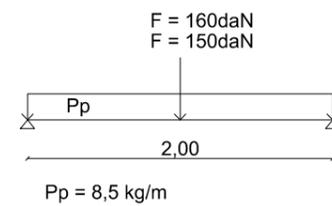
Zadm = 200cm / 400 = 0,50cm

Momento de inercia = 9,76cm x (14,44cm)³ / 12
= 2449cm⁴

Z1 = 5 x 0,085kg/cm x 200cm(4) / 384 x 53000kg/m² x 2449cm⁴
= 0,02cm

Z2 = 310kg x (200cm)³ / 48 x 53000kg/m² x 2449cm⁴
= 0,40cm

Zmáx = 0,02cm + 0,40cm = 0,42cm < Zadm



Resistencia a la flexión simple en complementos de 4" x 3" en cubierta.

Fuerza horizontal aplicada: 150daN

Tensión de diseño: 530000kg/m²

Sección 4" x 3"
bruta = 10,16cm x 7,62cm
neta = 9,76cm x 7,22cm

M = 150kg x 0,88m / 4
= 33kgm

W = 0,0976m x (0,0722m)² / 6 = 8,47 x 10⁻⁵ m³

M/W = 33kgm / 8,47 x 10⁻⁵ m³
= 389610 kg/m² < Tensión de diseño

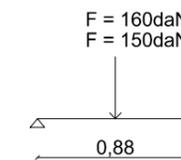
Verificación de la flecha máxima:

Zadm = 88cm / 400 = 0,22cm

Momento de inercia
= 9,76cm x (7,22cm)³ / 12
= 306cm⁴

Zmáx = 150kg x (88cm)³ / 48 x 53000kg/m² x 306cm⁴
= 0,13cm

Zmáx = 0,13cm < Zadm



Verificación a la flexión simple (barra n°2):

Resistencia a la flexión simple: 53000kg/m²

Ma = Mb = pl / 4 + pl² / 8
= 150kg x 1,98m / 4 + 31kg/m x (1,98m)² / 8
= 74,25kgm + 15,0kgm = 89,25kgm

Módulo resistente W = bxh² / 6
0,0722m x (0,1444m)² / 6 = 2,51 x 10⁻⁴ m³

M/W = 89,25kgm / 2,51 x 10⁻⁴ m³ = 355578kg/m² < Tadm

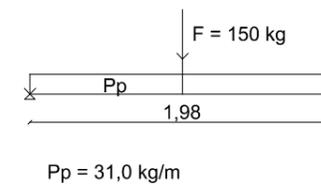
Verificación de la flecha máxima:

Zadm = 198cm / 400 = 0,50cm

Momento de inercia
= 7,22cm x (14,44cm)³ / 12
= 1812cm⁴

Zmáx
= 150kg x (198cm)³ / 48 x 53000kg/m² x 1812cm⁴
+ 5 x 0,31kg/cm x 198cm(4) / 384 x 53000kg/m² x 1812cm⁴
= 0,25cm + 0,07cm

Zmáx = 0,32cm < Zadm



6.3

NORMA CHILENA OFICIAL

NCh1207.Of90

Pino radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh1207 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Corporación de la Madera, CORMA
Instituto Forestal, INFOR

Instituto Nacional de Normalización, INN
Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU
Universidad de Talca
Universidad del Bío Bío

Mario Warner M.
Víctor Carvallo A.
Gastón Cubillos C.
Fernando Morales V.
Alejandro Pastene S.
Vicente Pérez G.
Francisco Osorio M.
Emilio Cuevas I.
Carlos Ilabaca U.

Esta norma se estudió para actualizar las especificaciones de la norma NCh1207.Of78.

Esta norma reemplaza a la norma NCh1207.Of78 declarada Oficial de la República, por Decreto N° 224, del Ministerio de Agricultura, de fecha 7 de julio de 1978.

El anexo forma parte del cuerpo de la norma.

NCh1207

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 9 de Enero de 1990.

Esta norma ha sido declarada norma chilena Oficial de la República por Decreto N° 21, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, de fecha 22 de Febrero de 1990, publicado en el Diario Oficial N° 33.613 del 6 de marzo de 1990.

Pino radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad

1 Alcance

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir cada pieza de madera aserrada o cepillada, seca ($H < 20\%$) de pino radiata destinada a un uso estructural, que se clasifica con un procedimiento visual. Las tolerancias dimensionales deben ajustarse a las especificaciones de la norma NCh174.

Cuando la clasificación se aplique antes de someter a las piezas a algún proceso de elaboración superficial y se respeten las restricciones de tabla 1, dichos procesos no determinan cambios del grado de calidad. En caso contrario, las piezas elaboradas se deben reclasificar.

Si la madera ya clasificada se somete a un reaserrado longitudinal, debe ser necesariamente reclasificada.

Tabla 1 - Reducciones admisibles de las dimensiones efectivas respecto a las dimensiones aserradas básicas por concepto de cepillado de dos superficies opuestas

Dimensión nominal básica de la pieza aserrada			
Límites	Hasta 49 mm	Desde 50 mm Hasta 150 mm	Sobre 150 mm
Reducción admisible	4 mm	5 mm	6 mm

NCh1207

1.2 Esta norma define tres grados estructurales visuales, designados como:

- GRADO ESTRUCTURAL SELECTO (GS)
- GRADO ESTRUCTURAL 1 (G1)
- GRADO ESTRUCTURAL 2 (G2)

El grado GS acepta piezas de gran capacidad resistente.

El grado G1 comprende piezas adecuadas para ser utilizadas en tipologías constructivas normales.

El grado G2 incluye piezas de baja capacidad resistente.

1.3 Las definiciones de grados establecidas en ésta norma no excluyen la posibilidad de introducir, en el futuro, nuevos grados que puedan resultar convenientes o necesarios.

1.4 La clasificación debe ser aplicada por personal calificado y adecuadamente entrenado, aprobado y autorizado por una Entidad Competente. Con el propósito de asegurar que los estándares requeridos de clasificación sean respetados, un Organismo Controlador deberá ejercer una adecuada supervisión y control sobre el proceso.

2 Referencias

- NCh174 Maderas - Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- NCh176/1 Madera - Parte 1: Determinación de humedad.
- NCh992 Madera – Defectos a considerar en la clasificación - Terminología y métodos de medición.

3 Definiciones

3.1 Para los efectos de esta norma se aplicarán las definiciones establecidas en NCh992 y las que se indican a continuación, prevaleciendo, en los casos que se presenten diferencias entre ambos documentos, las incluidas en esta norma.

3.2 **Zonas de borde:** superficies de la sección transversal adyacentes a los cantos, correspondientes cada una a la cuarta parte del área de la sección transversal de la pieza (ver figura 1). Las piezas de sección transversal cuadrada deben clasificarse de acuerdo a la condición más desfavorable.

3.3 **Razón de Área Nudosa Total, RANT:** razón entre la suma de las áreas proyectadas, sobre la sección transversal de la pieza de todos los nudos comprendidos en una longitud igual al ancho de la pieza y el área de su sección transversal (ver figura 2). El procedimiento para determinar la razón de área nudosa total se incluye en el anexo de esta norma.

NCh1207

3.4 Razón de Area Nudosa en la Zona de Borde, RANB: razón entre la suma de las áreas proyectadas sobre la sección transversal de todos los nudos o piezas de nudos, en una zona de borde, comprendidos en una longitud de pieza igual al ancho de la misma y el área de la sección transversal de la zona de borde. La razón de área nudosa en la zona de borde se determina de acuerdo al procedimiento establecido en anexo de esta norma.

3.5 Condición de Borde, CB: disposición de nudos que determina que en una o ambas zonas de borde, individualmente, la Razón de Area Nudosa en el Borde, RANB, excede de 50%.

3.6 Razón de Area Nudosa Individual, RANI: razón entre el área de proyección de un nudo individual y el área de la sección transversal de la pieza.

3.7 Fisuras: separaciones longitudinales de las fibras, apreciables sobre una cara, canto o cabeza de una pieza de madera, incluyendo: grietas, rajaduras y acebolladuras.

3.8 Entidad Competente: organismo responsable de la aprobación de las calificaciones de personal entrenado en clasificación visual.

3.9 Organismo Contralor: entidad responsable del desempeño de los clasificadores y de la calidad de los grados estructurales. La aprobación y el control pueden ser desarrollados por una misma institución.

4 Medición de los defectos

4.1 Nudos

Los nudos se estiman por medio de sus Razones de Area Nudosa RANT, RANB y en algunos casos RANI. Al llevar a cabo esta estimación se puede desprestigiar todos los nudos que aparezcan sobre cualquier superficie y cuyo diámetro resulte inferior a 5 mm.

En la evaluación no se establecen diferencias entre nudos sueltos, nudos vivos o agujeros. El método de estimación de la Razón de Area Nudosa se ilustra en figura 2.

4.2 Inclinación de la fibra

La inclinación de la fibra se debe estimar como la desviación de la dirección de las fibras con respecto al eje longitudinal de la pieza. La inclinación debe expresarse como el número de unidades de longitud sobre la que se produce una desviación unitaria. Debe medirse sobre una distancia suficientemente larga como para determinar la inclinación general, sin considerar desviaciones locales.

Los métodos por medio de los que se debe medir son:

- 1) considerando una línea paralela a las fisuras superficiales; y
- 2) usando un detector de fibra, ver NCh992.

NCh1207

4.3 Arista faltante

La arista faltante se estima como la razón entre la máxima proyección del defecto sobre la superficie transversal comprometida y el espesor o ancho completo de dicha superficie. El método de estimación de arista faltante se ilustra en figura 3.

4.4 Alabeos

Los métodos de estimación de alabeos se ilustran en figura 4. La arqueadura, encorvaduras y torcedura se deben medir sobre un largo de 3 m y la acanaladura, sobre el ancho de la pieza.

NOTA - La magnitud del alabeo depende en gran medida del contenido de humedad de la madera en el momento de la clasificación. Resulta imposible establecer una definición precisa que cubra todas las aplicaciones y condiciones, pero para efectos ilustrativos, los límites que se indican a continuación pueden servir de referencia:

- i) La *arqueadura* no debe exceder medio espesor en cualquier tramo de 3 m de longitud.
- ii) La *encorvadura* no debe exceder de 15 mm en cualquier tramo de 3 m de longitud.
- iii) La *torcedura* no debe exceder 1 mm por 25 mm de ancho en cualquier tramo de 3 m de longitud.
- iv) La *acanaladura* no debe exceder 1/25 del ancho.

En algunas aplicaciones, dependiendo del tipo de curvatura y del tamaño de la escuadría, podrán tolerarse magnitudes mayores sin que el comportamiento se vea afectado, en otras, sin embargo, las exigencias funcionales requerirán de restricciones más rigurosas.

4.5 Bolsillo de resina y de corteza

Estos deben estimarse, de acuerdo con su forma y según lo establecido en tabla 2, como fisuras o como nudos. Cuando sean considerados como nudos, deberán incorporarse en la estimación de las Razones de Area Nudosa.

5 Clasificación

5.1 Exigencias de grado

Cualquier pieza que contenga defectos tales como madera de compresión, pudrición, daños físicos, combinación de nudos y/u otras características que puedan debilitar las propiedades resistentes en una magnitud que comprometan su funcionalidad, debe ser excluida de los grados.

NCh1207

5.2 Para que una pieza sea asignada a un grado, ella no debe contener características que excedan los límites indicados en tabla 2.

NOTA - En figura 5 se esquematizan ejemplos de nudos que condicionan los grados GS y G1.

5.3 Los defectos no especificados en esta norma, que puedan encontrarse en las piezas de madera, deben asimilarse, por sus características y efectos sobre la resistencia, a los que sirven de base para la clasificación estructural.

5.4 La mancha azul no se considera un defecto estructural

5.5 Método de clasificación

El proceso de clasificación se aplica sobre la totalidad de las piezas destinadas a usos estructurales. Al clasificador le cabe identificar, sobre cada pieza, el sector más comprometido por la presencia de características debilitantes y realizar una visualización de la geometría de proyección transversal de las mismas, para posteriormente estimar las razones de área nudosa.

5.6 Marcado

Una vez clasificada, la pieza se debe marcar indeleblemente sobre una cara con un timbre en el cual se indique claramente, a lo menos:

- información que permita identificar la empresa y la persona responsable de la clasificación;
- el grado de la pieza; y
- el Organismo Controlador.

5.7 Tolerancias de clasificación

Cuando en la inspección de una muestra representativa de un lote de madera clasificada visualmente, se compruebe que no más del 10% de las piezas excede los límites permitidos para el grado y, probándose que no más del 3% de las piezas de la muestra exceden los límites permitidos en más del 30%, el lote se considera como correspondiente al grado.

NOTA - Las tolerancias establecidas en el párrafo anterior no deben interpretarse como elementos de legitimación para la incorporación intencionada de piezas de calidad inferior a la especificada en un determinado lote o partida. Su propósito, por el contrario, es cubrir las diferencias que puedan manifestarse entre distintos clasificadores, producto de la inevitable subjetividad inherente al proceso de clasificación.

NCh1207

Tabla 2 - Límites admisibles para los grados estructurales visuales

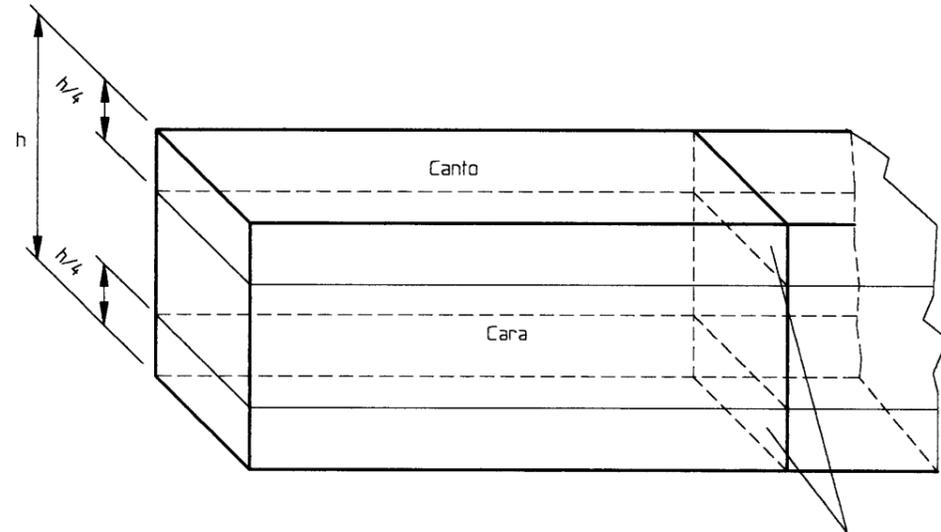
Defectos	Grados					
	GS		G1		G2	
Nudos	Sin Cb	Con Cb	Sin Cb	Con Cb	h ≤ 15 cm	h > 15 cm
- RANT	≤ 0,33	≤ 0,20	≤ 0,50	≤ 0,33	≤ 0,66	≤ 0,50
- RANB	≤ 0,50	≥ 0,50	≤ 0,50	≥ 0,50	SR	SR
- RANI	SR	SR	SR	SR	≤ 0,50	≤ 0,33
Inclinación fibra	1 : 8		1 : 6		1 : 6	
Médula	Ver ¹⁾		SR		SR	
Arista faltante	≤ 0,25 del ancho y del canto, respectivamente					
Bolsillos de resina y corteza	20 mm de ancho por 200 mm de largo o superficie equivalente.					
Fisuras	Se aceptan: si son superficiales y de largo menor que 300 mm.					
	Grietas	Se acepta una grieta por metro lineal si su largo es: ≤ 0,25 L ≤ 600 mm.		Se acepta una grieta por metro lineal de pieza si su largo es: ≤ 0,25 L ≤ 900 mm.		
Rajaduras	Se acepta sólo en los extremos y de largo no superior al ancho de la pieza		i) largo ≤ 600 mm; ii) en los extremos: largo ≤ 1,5 veces el ancho de la pieza			

¹⁾ Se acepta médula sólo en piezas de ancho superior a 140 mm del Grado GS cuando su ancho no exceda 12 mm, excepto para franjas de largo acumulado no superior a 100 mm, en las que se acepta hasta 18 mm de ancho. Adicionalmente debe controlarse que la presencia de médula se manifieste sobre el tercio central de la cara (referido al ancho de la pieza). En caso contrario la pieza se clasificaría como G1.

²⁾ L = longitud de la pieza; CB = Condición de Borde; SR = sin restricción.

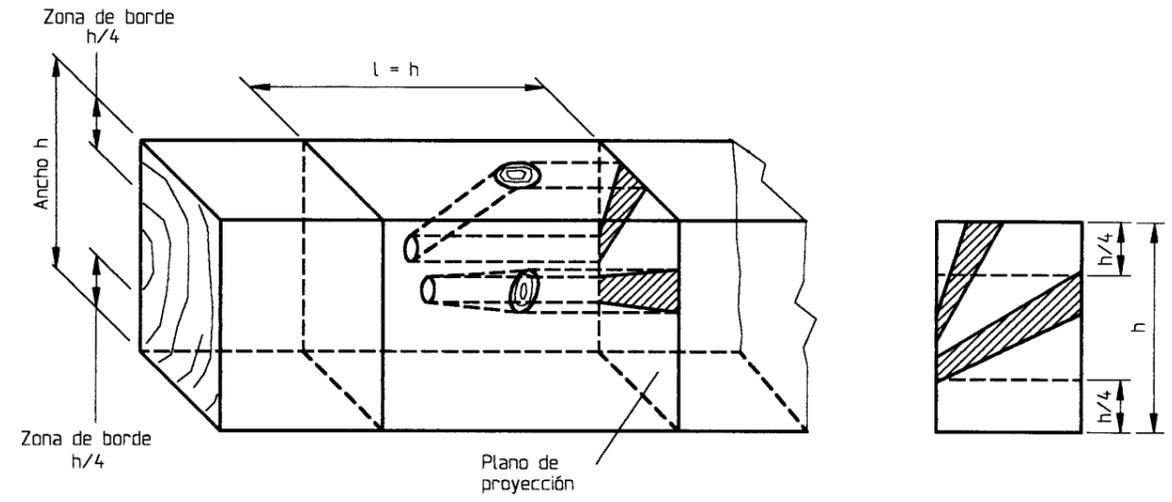
NCh1207

NCh1207

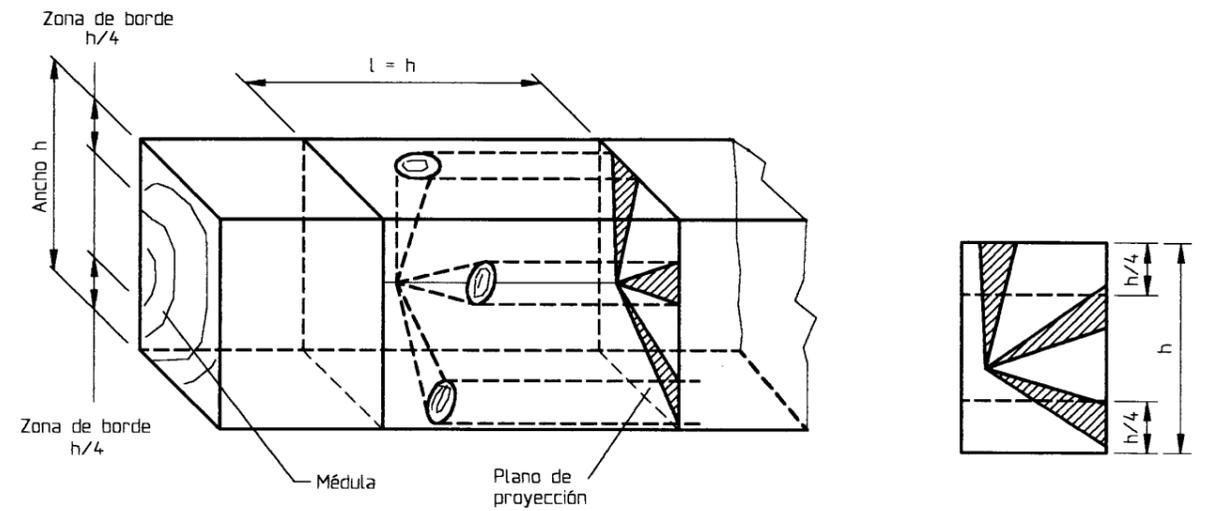


Zona de borde: cada una equivalente a la cuarta parte de la sección transversal de la pieza

Figura 1 - Concepto de canto, cara y área de borde



a) Vista isométrica de un grupo de nudos en una pieza y su proyección sobre un plano transversal



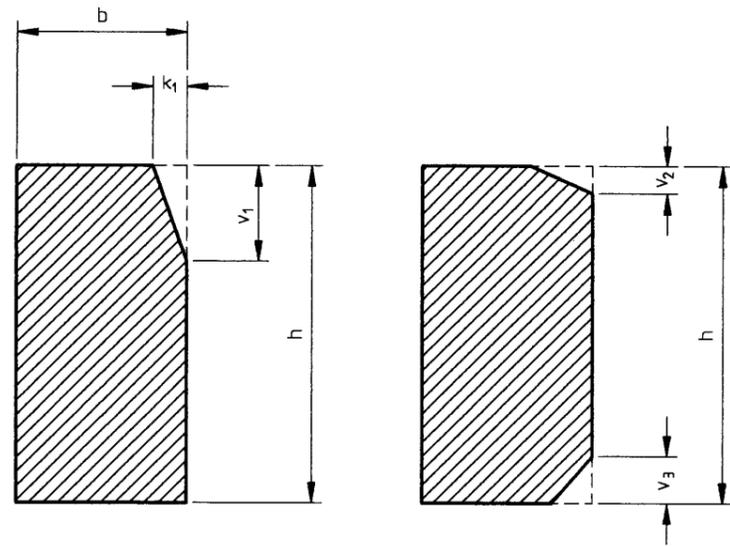
b) Vista isométrica de un grupo de nudos en una pieza y su proyección sobre un plano transversal

c) Vista abatida de un plano de proyección de nudosidades

Figura 2 - Nudosidades

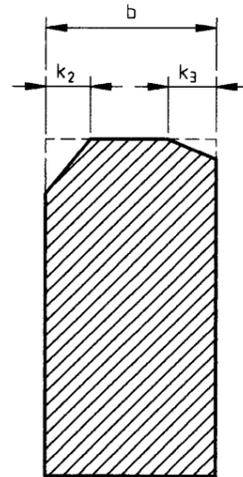
NCh1207

NCh1207



La magnitud de arista faltante en la cara se debe expresar como la razón:

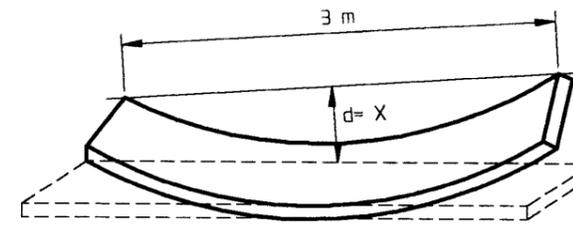
$$\frac{v_1}{h} \text{ o } \frac{v_2 + v_3}{h}$$



La magnitud de arista faltante en el canto se debe expresar como la razón:

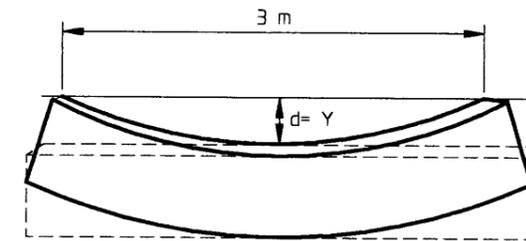
$$\frac{k_1}{b} \text{ o } \frac{k_2 + k_3}{b}$$

Figura 3 - Arista faltante



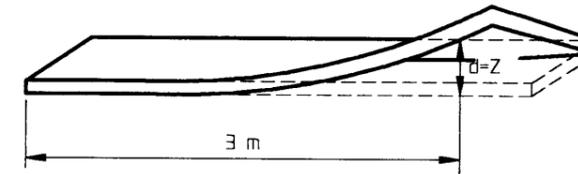
Arqueadura

La arqueadura es X



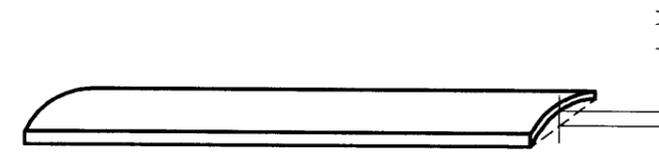
Encorvadura

La encorvadura es Y



Torcedura

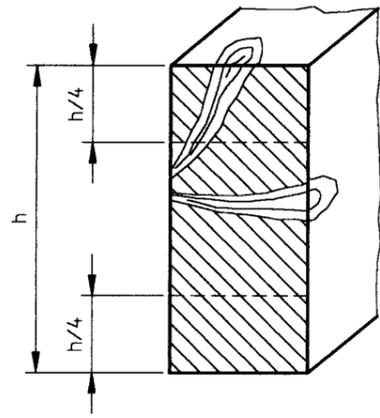
La torcedura es Z



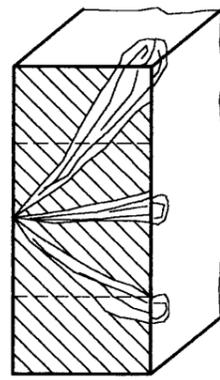
Acanaladura

La acanaladura es W

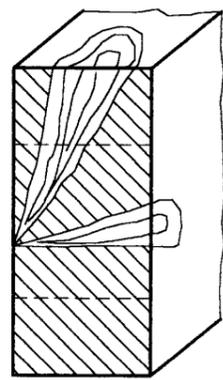
Figura 4 - Alabeos



a) RANB es menor que 1/2 (no existe condición de borde) y RANT es menor que 1/3, por lo que el Grado es G5

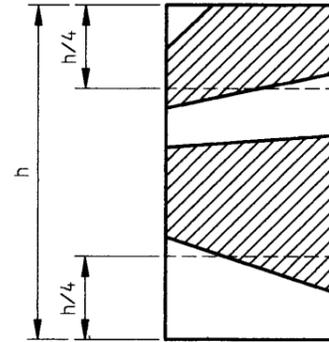


b) RANB es menor que 1/2 (no existe condición de borde) y RANT es menor que 1/2, por lo que el Grado es G1

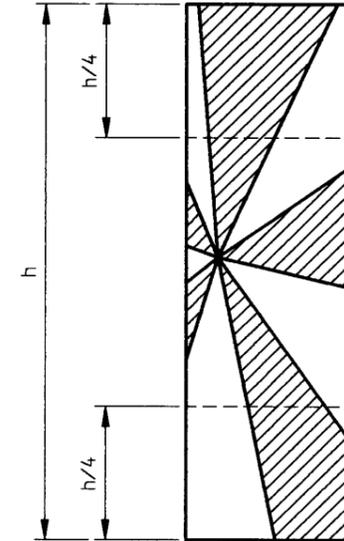


c) RANB es mayor que 1/2 (existe condición de borde) y RANT es menor que 1/3, por lo que el Grado es G1

Figura 5 - Ejemplos de razones de area nudosa que determinan Grados G5 y G1



a) La altura de sección transversal es menor que 15 cm;
 RANB es mayor que 1/2;
 RANT es mayor que 1/2, pero menor que 2/3;
 RANI es menor que 1/2;
en consecuencia el Grado es G2



b) La altura de sección transversal es mayor que 15 cm;
 RANB es mayor que 1/2;
 RANT es mayor que 1/3, pero menor que 1/2;
 RANI es menor que 1/3;
en consecuencia el Grado es G2

Figura 6 - Ejemplos de razones de area nudosa que determinan Grado G2

NCh1207

Anexo

Procedimiento para la determinación de la razón de área nudosa.

A.1 Para calcular la peor razón de área nudosa en cualquier pieza de madera use los siguientes métodos:

a) Identifique aquel sector de la pieza donde la proyección del área de los nudos comprendidos en un tramo de longitud igual al ancho de la misma, determina la razón de área nudosa que condiciona el grado más bajo.

b) Para calcular las razones de área nudosa, tanto en las áreas de borde como en la sección completa, considere todos los nudos de diámetro mayor que 5 mm comprendidos en el tramo de longitud igual al ancho de la pieza.

Ejecute un diagrama en escala 1:1 de la sección seleccionada y marque las áreas de borde por medio de línea paralelas a los cantos. Marque sobre los lados correspondientes del rectángulo, los puntos que representan a cada uno de los nudos considerados. Los puntos marcados representan la proyección más ancha del nudo sobre dicha cara o canto.

c) Calcule las razones de área nudosa según lo establecido en c1 y c2).

Para efectos de estimar la ubicación de la médula dentro o fuera de la sección transversal. Examine el extremo de la pieza más cercano y asuma que todos los anillos anuales se desarrollan concéntricamente con la médula.

c1) Si la médula se ubica dentro de la sección transversal, una mediante rectas los puntos que representan los límites del nudo en el dibujo, con un punto que represente la posición estimada de la médula. Mida dentro de estas líneas el área que corresponda a nudos, para la sección transversal total y para aquel área comprendida en ambos bordes.

c2) Cuando la médula quede fuera de la sección transversal, marque su ubicación estimada en una posición apropiada sobre el dibujo. Una los puntos sobre el perímetro del diagrama, suponiendo que cada nudo corresponda aproximadamente a un cono con su ápice en la médula. Mida el área así confinada, correspondiente a la ubicación estimada de los nudos, tanto para la sección transversal completa como para ambas áreas de borde.

d) En los dos casos mencionados en c1) y c2), según proceda, exprese:

d1) El área total de nudos en cada borde, como una proporción del total de ese borde, para efectos de determinar la mayor RANB en dicha sección.

7. Bibliografía

CALONE, MEYER, TORÁN. IC, Farq. Cubierta de tejas con estructura de madera. Montevideo.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA, La Construcción de Viviendas en Madera.

MTOP, *Lista Oficial de Precios de Materiales de la Construcción*, [En línea]. <<http://www.mtop.gub.uy/web/dna/publicaciones;jsession-id=D509DD0637DC353FF0CD0E1D24C32B18>>. [consulta: 29 agosto 2014]

IC, Farq. Tablas + Abacos para proyecto de estructuras. 5a ed corregida. Montevideo. 2010

Norma chilena oficial, NCh 1207, Pino radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad, INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION

Norma chilena oficial, NCh 1198, Madera - Construcción en madera - Cálculo, INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION

