



ESCUELA INFANTIL EN EL BOSQUE

Emilio Macanás Martínez

PFC 13-14 TALLER 5

Índice

INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I	PEDAGOGÍA, ARQUITECTURA Y LUGAR
	Pedagogía. Antecedentes 4
	Pedagogía. Inspiración 5
	Arquitectura. Concepto de la escuela 6
	Arquitectura. Áreas de la escuela 7
	Lugar. Descripción 9
	Lugar. Implantación 10
	Pedagogía, arquitectura y lugar. Programa 14
CAPÍTULO II	ARQUITECTURA COMO SISTEMA
	Definición del sistema 16
	Construcción del sistema 25
	Aplicación del sistema 51
	Enraizamiento del sistema 61
CAPÍTULO III	ASPECTOS TÉCNICOS
	Reflexión previa 68
	Adecuación a la normativa 69
	Diseño de instalaciones 73
	Cálculo estructural 85
CAPÍTULO IV	UN DÍA EN LA ESCUELA
CONCLUSIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	102

Esta memoria tiene por objeto, no solo exponer las diferentes partes del proyecto terminado, sino explicar el proceso de búsqueda de información, proyectación y las elecciones que nos han permitido llegar a él. Por ello busca ser leída como si de una historia se tratase, donde los diferentes apartados son capítulos que te acompañan paso a paso en la comprensión del mismo.

Convencidos de que la arquitectura debe nacer del análisis y el conocimiento de todo aquello a lo que debe responder, nuestra escuela infantil no se concibe sin un fuerte compromiso con la pedagogía y el lugar, y sobre ello trata nuestro primer capítulo.

El segundo desarrolla el proceso de generación de la arquitectura, con la voluntad de indagar en ella como sistema.

El tercero recoge los aspectos más técnicos de la misma, como son su adecuación a la normativa, el cálculo de estructuras y el diseño de sus instalaciones.

El cuarto y último capítulo es un cuento corto que, a través del relato de un día en la escuela, cierra el proyecto, termina de acercar a la realidad su concepto y de darle vida.

La memoria acaba con las conclusiones y reflexiones finales sobre el proyecto y las referencias bibliográficas consultadas.

Pedagogía. Antecedentes	4
Pedagogía. Inspiración	5
Arquitectura. Concepto de la escuela	6
Arquitectura. Áreas de la escuela	7
Lugar. Descripción	9
Lugar. Implantación	10
PLANO DE SITUACIÓN	13
PLANO DE ENTORNO Y CUBIERTAS	14
Pedagogía, arquitectura y lugar. Programa	14

Pedagogía. Antecedentes

“Haced que vuestro alumno esté atento a los fenómenos de la naturaleza, en seguida despertaréis su curiosidad, pero para sujetarla no os deis prisa a satisfacerla. Poned a su alcance las cuestiones y dejad que él las resuelva. Que no sepa nada porque se las habéis propuesto, sino porque las haya comprendido él mismo; que invente la ciencia y no que la aprenda. Si en su entendimiento sustituís una sola vez la autoridad a la razón, no discurrirá más y jugará con él la opinión de los otros.”

*JEAN-JACQUES ROUSSEAU,
Emilio, o De la educación (1762)*

Sentarse a reflexionar sobre un proyecto de escuela infantil da pie a mucho más que a revisar y ampliar los conocimientos sobre arquitectura de un estudiante que busca dar sus primeros pasos sin la mano de su escuela. Al igual que la nuestra nos ha acompañado durante todo un proceso formativo y personal, haciéndonos evolucionar como personas que han de enfrentarse ahora a un mundo que les es en gran medida desconocido, reflexionar sobre cómo hacer una escuela infantil nos invita a cuestionarnos cómo debería ser ese aprendizaje de los niños que les ayude a convertirse en personas íntegras, en ciudadanos. Nos es ofrecida la posibilidad de poner en duda si el modelo que conocemos es el que cumple mejor con ese propósito esencial, de buscar alternativas, de abrazar un pensamiento pedagógico que, aunque quizás no estemos preparados para analizar en profundidad, formará un todo con la reflexión arquitectónica del proyecto. **Este ejercicio busca encontrar un lugar común en que ambos se encuentren y complementen, siendo la arquitectura el vehículo que articule el proceso de aprendizaje y la pedagogía la razón de ser de lo construido.**

La educación debe infundir valores, pero no los del mundo en que los niños viven sino los que queremos que tenga el mundo en que vivirán. Sin pretender caer en derrotismos o idealismos, en esta época de constante e imparable cambio no parece haber tiempo para replanteos, para mirar atrás, para parar. La vida en las ciudades se acelera orquestada por la competitividad, en busca de la eficiencia y la superación, atributos positivos cuando no implican pasar sobre los demás en vez de a su lado. La informática, omnipresente e indisociable de la vida que conocemos, permite catalizar procesos, simultanearlos, tener el mundo entero a nuestro alcance, viajar sin moverse físicamente, desmereciendo sin embargo lo que realmente podemos alcanzar con la mano. Al tiempo, la educación, que conoce muy bien la necesidad de manejar los conceptos anteriores, parece haberse olvidado de respetar el entorno natural, de que la eficiencia no es necesariamente progreso porque sin control tiene grandes costes ecológicos y morales, de que los valores humanos deben ser el único fin que justifica siempre los medios. Merece entonces la pena pararse y abrazar el ritmo lento y natural de las cosas, de la palabra hablada, del contacto físico, de la contemplación, todo ello menos eficiente en apariencia, pero real. **Merece la pena reconciliarse con la tierra y los árboles, enseñar a los niños su importancia, retrasar su contacto con ese mundo frenético y, pausadamente, enseñarles a relativizarlo, a enfrentarse a él con armas justas y sabiendo que otra manera es posible.**

Los modelos pedagógicos que arrastramos desde hace décadas, aunque perpetuamente renovados, demuestran su ineficiencia con altas tasas de fracaso escolar, primando una formación genérica en detrimento de las habilidades individuales. Son quizás el resultado de una mala aplicación de teorías existentes que enfocan el aprendizaje de maneras diferentes pero con bases fuertemente asentadas, como son entre otras la Montessori, la Pestalozzi y la Waldorf, cuyas ideas son cada vez más reinterpretadas por numerosos modelos de enseñanza alternativa. La elección entre ellos ha derivado de un intenso proceso de información previo al proyecto y de contrastar sus características con ideas propias y con su adecuación al lugar, buscando desde un principio que la arquitectura respondiese específicamente al tipo de educación y al entorno y no fuese una mera adaptación. **Así pues el proyecto tiene la voluntad de situarse en el punto de confluencia de las necesidades y posibilidades de la arquitectura, la pedagogía y el lugar escogidos.**

Pedagogía. Inspiración

La idea desde el principio fue **diseñar una escuela en el bosque donde los niños aprendiesen jugando en la naturaleza, que nos permitiese investigar sobre otra forma de pensar la enseñanza y por tanto las escuelas infantiles, buscando una pedagogía propia, no adaptada de aquella de las escuelas urbanas.** Encontramos la respuesta en las **Waldkindergarten o Forestkindergarten**, un modelo pedagógico relativamente reciente que florece cada vez más en Europa y en el cual, independientemente de la climatología, los niños son animados a jugar, explorar y aprender en un entorno natural estimulante mientras que la supervisión adulta los asiste en caso de necesidad, más que dirigirlos.

Este concepto se basa en la **pedagogía Waldorf**, fundada por el filósofo austriaco Rudolf Steiner a principios del siglo pasado y que se interroga sobre qué aprender, cuándo y cómo de acuerdo con el desarrollo neurológico del niño: "La idea fundamental es que la educación debe respetar y apoyar el desarrollo fisiológico, psíquico y espiritual del niño. Un buen desarrollo emocional es la garantía para un buen desarrollo intelectual". Según esta teoría hasta los 7 años los niños se relacionan con el mundo físicamente, aprendiendo mediante el juego, retrasando el aprendizaje académico: "Lo importante a esas edades es que los niños sean niños. Hay mucho tiempo para ser adulto y muy poco para ser niño". Uno de los pilares de esta pedagogía es el aprendizaje activo que permite al niño jugar libremente como y con lo que más le estimule, aprendiendo conscientemente de su experiencia y con el mejor catalizador: su motivación. "Todos los niños vienen con talentos y, cuando ellos saben que los adultos a su alrededor respetan esos talentos, pueden hacerlos florecer." (palabras de Christopher Clouder, presidente de la Federación de Escuelas Waldorf, en una entrevista en La Vanguardia del 27/02/2007).

Corroborado por varios estudios, **este tipo de pedagogía ha demostrado ser muy beneficiosa para el desarrollo de los niños**; para su equilibrio, su agilidad y su psicomotricidad al enfrentarse a la orografía del terreno; su creatividad, su destreza manual y su sensibilidad al aprender tocando, oliendo, descubriendo todo lo que les rodea en un entorno estimulante; su habilidad para manejar riesgos al ser ellos mismos los que deciden asumirlos libremente y, al tiempo, su respeto a las normas dadas por los profesores; y finalmente su integración, su autonomía, su trabajo en equipo, su empatía y la expresión de sus emociones, muy potenciadas por esta filosofía. Este modelo no busca "tener a los niños entre algodones" sino que ve el juego en la naturaleza como una manera de desarrollar las habilidades de los niños, fortalecer su salud e infundir progresivamente en ellos una actitud madura y sana respecto a la vida.

En **el día a día de una Forestkindergarten** los padres se reúnen con sus hijos por la mañana en una cabaña en el bosque, que sirve como punto de encuentro, almacén y como refugio para los días en que el mal tiempo imposibilita estar en el exterior. Después de hacer el saludo inicial en el cual todos se reconocen como una gran "familia", conversan y cantan, el grupo de 20 a 30 niños de varias edades (de forma que el pequeño aprenda también del mayor) y 2 o 3 profesores inicia su "viaje" por la naturaleza. Este les lleva por todo el bosque, parando a lo largo del día en ciertos lugares que ofrecen diferentes elementos para que los niños interactúen y aprendan, jugando libremente bajo la supervisión de los profesores, que puntualmente organizan actividades grupales a las que los niños interesados se adhieren. El "viaje" acaba por la tarde en la misma caseta, en la que, tras despedirse como se saludaron, los niños son recogidos por sus padres, que participan activamente en la escuela.



Arquitectura. Concepto de la escuela

Nuestra escuela pretende tomar el **modelo de una Forestkindergarten, manteniendo el concepto de recorrido en el bosque pero reinterpretando el esquema de funcionamiento y los espacios**, adaptándolos a las condiciones de partida del ejercicio: una escuela de 120 niños de 3 a 6 años, un bosque acotado como es el del complejo de Cheste y la obvia necesidad de que la arquitectura cobre protagonismo (cuando en las Forestkindergarten queda relegada a un segundo plano). La "gran familia" de 120 niños que al inicio y final de cada día se reúne, se conoce y se consolida, debe separarse durante la jornada, para permitir un cómodo desarrollo de las actividades, en 6 grupos de 20 niños de varias edades (cada grupo asimilable a una Forestkindergarten) que recorren, junto con 2 profesores, las 6 áreas de aprendizaje de la escuela, que cuenta además con otras áreas de servicio, necesarias para el buen funcionamiento de la misma.

Lo construido no busca ser invasivo sino integrarse en la naturaleza, acondicionando las diferentes áreas del bosque para hacer posible el desarrollo de las actividades en cada una de ellas pero minimizando el impacto en el entorno natural, marco activo del proyecto. **Recuperamos la cabaña** de la que hablábamos, esa arquitectura compacta, reducida, no autónoma pero que acompaña a la naturaleza allá donde la necesita, no concebida para sí misma sino para servir al espacio exterior, ese gran aula abierta al sol y al viento, plantada de árboles, pavimentada de tierra y cubierta de hojas. Cada una de estas "cabañas" o "módulos de apoyo" cuenta con espacios servidores adaptados a las necesidades específicas del área a la que sirven y con espacio de estancia al interior.

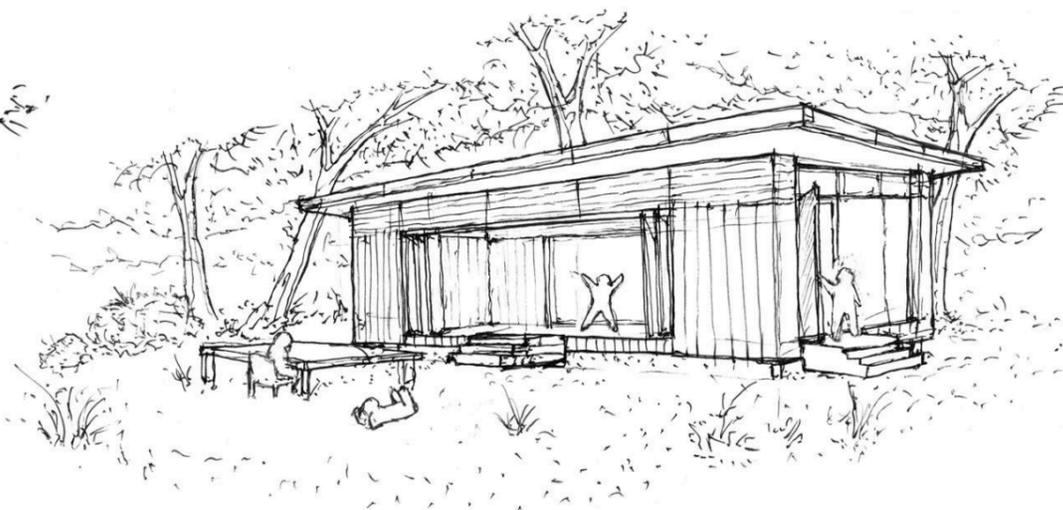
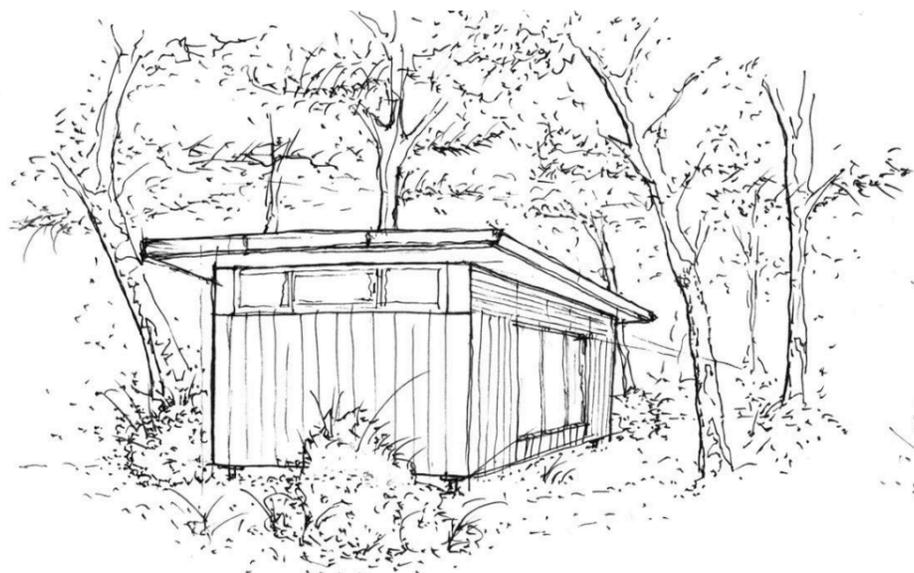
El **"módulo de apoyo" de las áreas de aprendizaje** no busca comportarse como un aula cerrada en sí, concebida para albergar en sí misma las actividades, se extiende al exterior, está concebido para proporcionar servicios y un espacio de pequeñas dimensiones a cubierto, cerrable cuando la climatología impide estar fuera, esto es, cuando un fuerte viento o una lluvia torrencial imposibilitan el realizar cualquier tipo de actividad en el bosque. Sin embargo, el viento y la lluvia en condiciones normales enriquecen el entorno del bosque, arrancan a la tierra y a las plantas su olor, ofrecen nuevas posibilidades de interacción con la naturaleza, nuevas posibilidades de aprendizaje, que los niños, adecuadamente vestidos, deben disfrutar.

Incluso en el caso de los volúmenes de servicio y de La Casa, pensados como veremos para una estancia más prolongada en el interior, el hecho de estar envueltos por un espacio exterior vivo y extenso y de ser tan permeables, abriéndose a él física y visualmente a través de grandes superficies acristaladas en todos sus lados (como también definiremos más adelante) difuminando sus límites, permite sus pequeñas dimensiones. Entendemos por tanto que en este sentido también dependen del entorno, del espacio exterior, del bosque,

La construcción de dichas "cabañas" responde a un **sistema modular prefabricado en madera** que desarrollaremos en profundidad más adelante. Este permite su implantación en muy poco tiempo y aporta muchos otros beneficios de los que hablaremos, como por ejemplo su elevación sobre pilotes, también prefabricados, que respeta al máximo la tierra y las raíces de los árboles. La unidad del sistema es el "módulo básico": construido a base de piezas conformando diferentes espacios posibles, constituye el elemento autónomo más sencillo (como volumen en sí, no de cara al espacio exterior, como ya hemos explicado). Un "módulo básico" puede funcionar por sí solo como "módulo de apoyo" o ensamblarse con otro y otros para formar un "módulo compuesto" que constituirá un "módulo de apoyo" de mayores dimensiones. El tamaño de estos módulos depende de las necesidades del área en que se ubican.

Cada una de estas áreas cuenta además con una vegetación propia, típica de una zona de Valencia, que se integra en la pinada, enmarca el espacio exterior y permite a los niños asociar cada área a un tipo de vegetación, color, olor... convirtiendo además el camino en un itinerario cambiante a lo largo del cual los niños aprenden la flora valenciana.

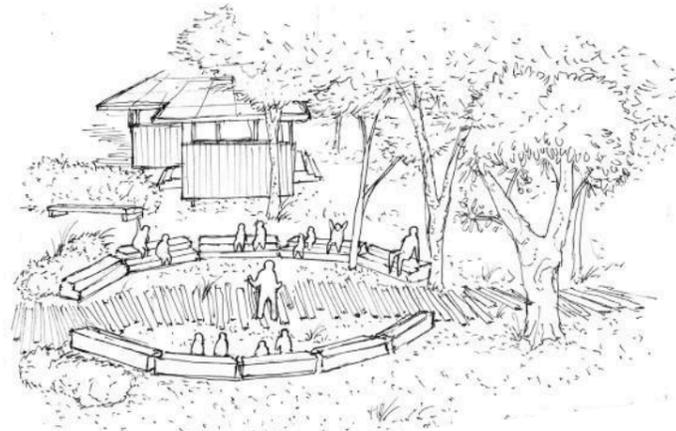
La escuela se concibe pues como un "viaje" siguiendo un camino de madera que serpentea entre los árboles, recorriendo diferentes áreas marcadas cada una con una "cabaña", conformando diferentes hitos a lo largo del bosque, con un espacio exterior propio, una vegetación propia y unas posibilidades de interacción y actividad diferentes que, en conjunto, ofrecen a los niños un aprendizaje completo en la naturaleza. No hablamos pues de aulas genéricas asignadas a un grupo, hablamos de áreas diseñadas específicamente para las actividades que allí se desarrollan y que, al encontrarse en un entorno natural abierto, multiplican sus posibilidades.



Arquitectura. Áreas de la escuela

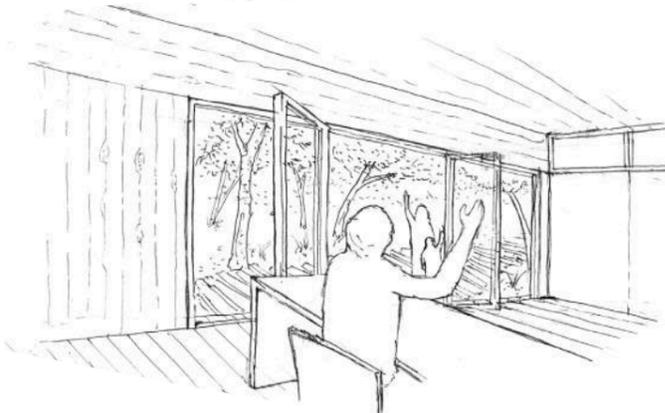
ÁREA DE ACOGIDA

Asamblea. Espacio central multifuncional de la escuela en forma de graderío circular al exterior que, además de acoger el saludo y la despedida, es el lugar donde los padres recogen a sus hijos, donde se sientan a debatir cuestiones de la escuela, participando activamente en ella, y donde pueden celebrarse puntualmente otros eventos de la escuela al aire libre, funcionando como la zona más pública de la escuela junto a La Casa.

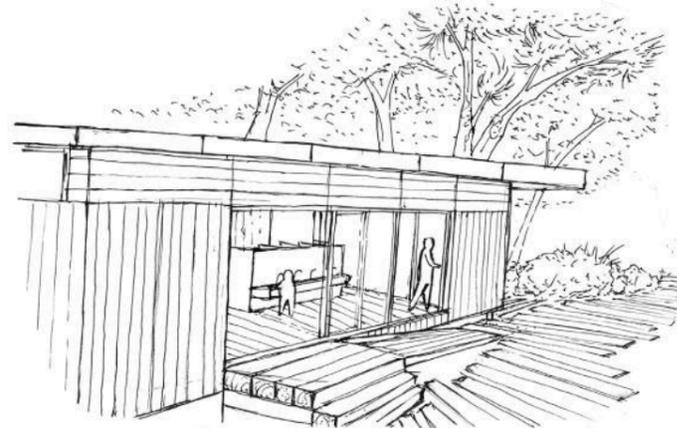


ÁREAS DE SERVICIO

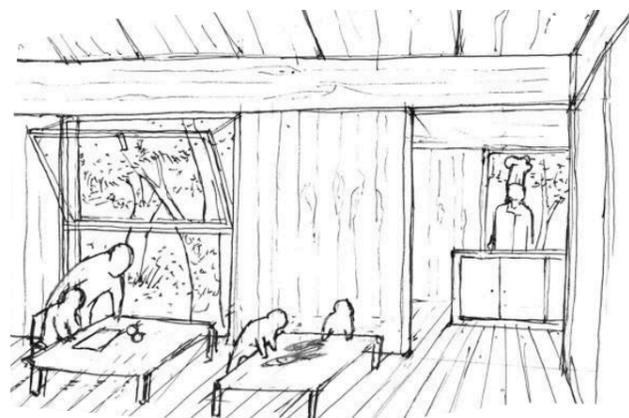
Recepción y administración. Situada al inicio del camino que lleva a la escuela, funcionan como punto de información y de control de acceso y como espacio de reunión de los profesores, con almacén para expedientes y demás informes. Cuentan con un aseo propio.



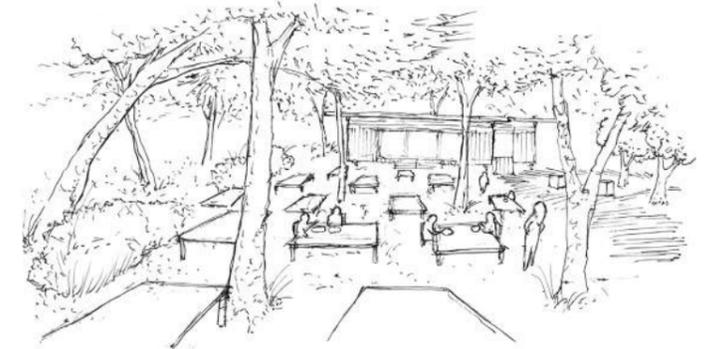
Baños comunes. De modo a reducir las instalaciones, los baños de los niños se concentran en una pieza ubicada en el centro de la escuela, de fácil y rápido acceso desde cualquier área. Este módulo cuenta también con bañera, cambiador y aseo para profesores.



Cocina. Es el espacio de preparación de los alimentos para toda la escuela, con almacén seco y almacén frío. En caso de necesidad puede apoyarse en la cocina del complejo de la Universidad Laboral. Comparte módulo y servicios con el taller de cocina.



Comedor. Se ubica en un área boscosa no construida, adyacente a la cocina, que cuenta con mesas para comer a la sombra de los pinos. Aunque se cuente como área de servicio al no constituir un área de aprendizaje entre las cuales los grupos rotan, conlleva obviamente un importante aprendizaje: comer, coger y recoger los platos, tirar los desechos orgánicos a las composteras (para fabricar compost)...



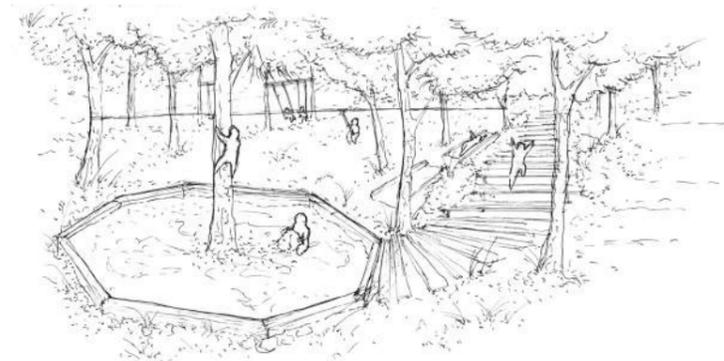
ÁREAS DE APRENDIZAJE



La Casa. Área de material estructurado. Se concibe como un espacio de recogimiento, pensado, al contrario que los demás, para estar en el interior y realizar actividades con material estructurado: puzzles, juguetes, libros... Cuenta además con un espacio, ampliable al exterior, en que los niños se acercan a la música y al baile, y con una biblioteca para uso tanto de los niños solos como con los padres, que pueden sentarse con ellos al principio o final de la jornada, dentro o llevándose el libro al bosque. Su dimensión y espacio libre permiten que sea usada, al igual que lo hace la asamblea al exterior, como espacio de acogida o de eventos puntuales de la escuela al interior, como son las reuniones con los padres o jornadas temáticas.

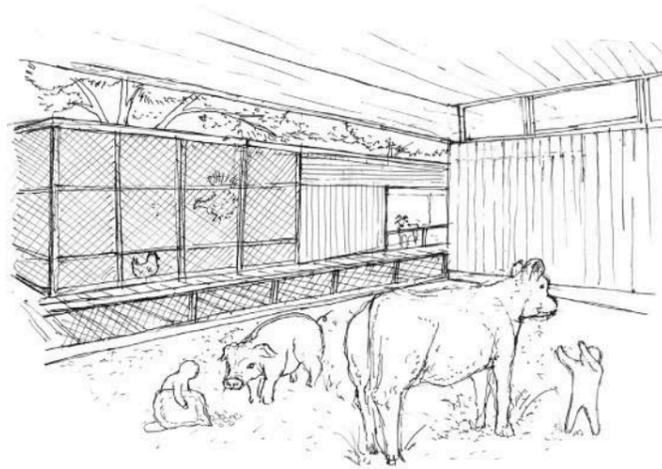


Área de psicomotricidad. Se ubica en un área boscosa en pendiente en la que se aprovecha la inclinación del terreno para que los niños disfruten de toboganes y tirolinas, corran, escalen, trepen a los árboles, jueguen en el banco de arena o en los columpios, favoreciendo todo ello el desarrollo de su psicomotricidad en un entorno natural.

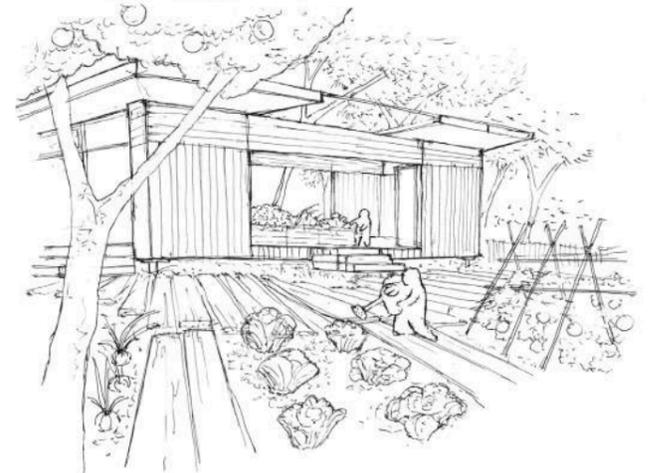




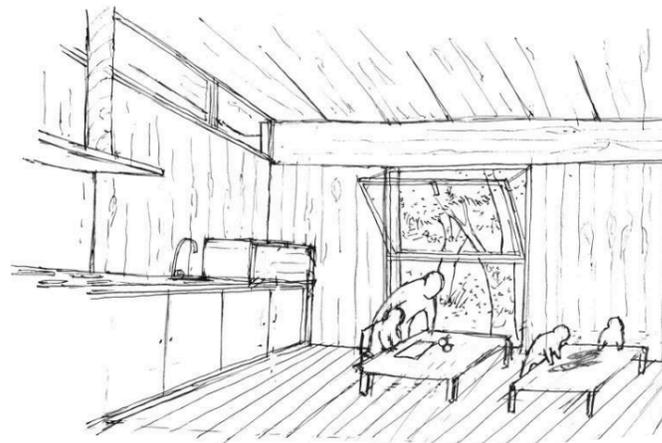
Granja. Es el espacio donde los niños entran en contacto con los animales, los tocan, les dan de comer, juegan con ellos, los conocen y aprenden. Cuenta con un gallinero, una conejera y dos corrales de mayor dimensión para otros animales, con espacios al sol y a la sombra, apoyados por elementos de almacén.



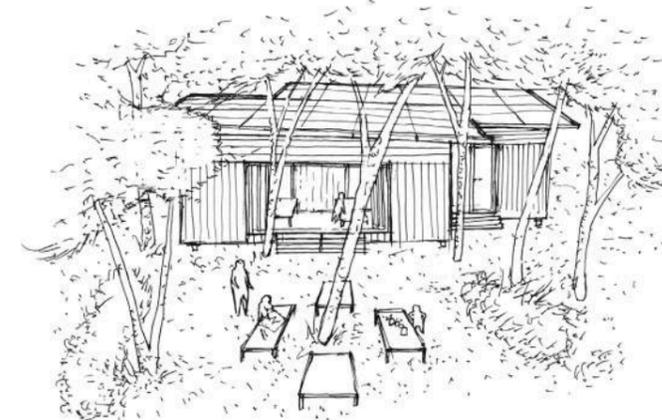
Huerto e invernadero. Aquí los niños conocen las plantas, las verduras, las hortalizas, las frutas, aprenden a valorar aquello que crece de la tierra y a cultivarlo. Cuenta con una gran espacio soleado con parcelas diferenciadas en función del tipo de plantación (y por tanto del tipo de tierra) con plantas de diferentes temporadas y con un invernadero que permite ampliarlas, pudiendo así los niños disfrutar del huerto todo el año.



Taller de cocina. En este espacio, asociado a la cocina, los niños entran en contacto con el mundo culinario, descubriendo de donde viene aquello que comen, tocando, oliendo, saboreando, dando sus primeros pasos en la cocina con los alimentos obtenidos en el huerto entre otros.

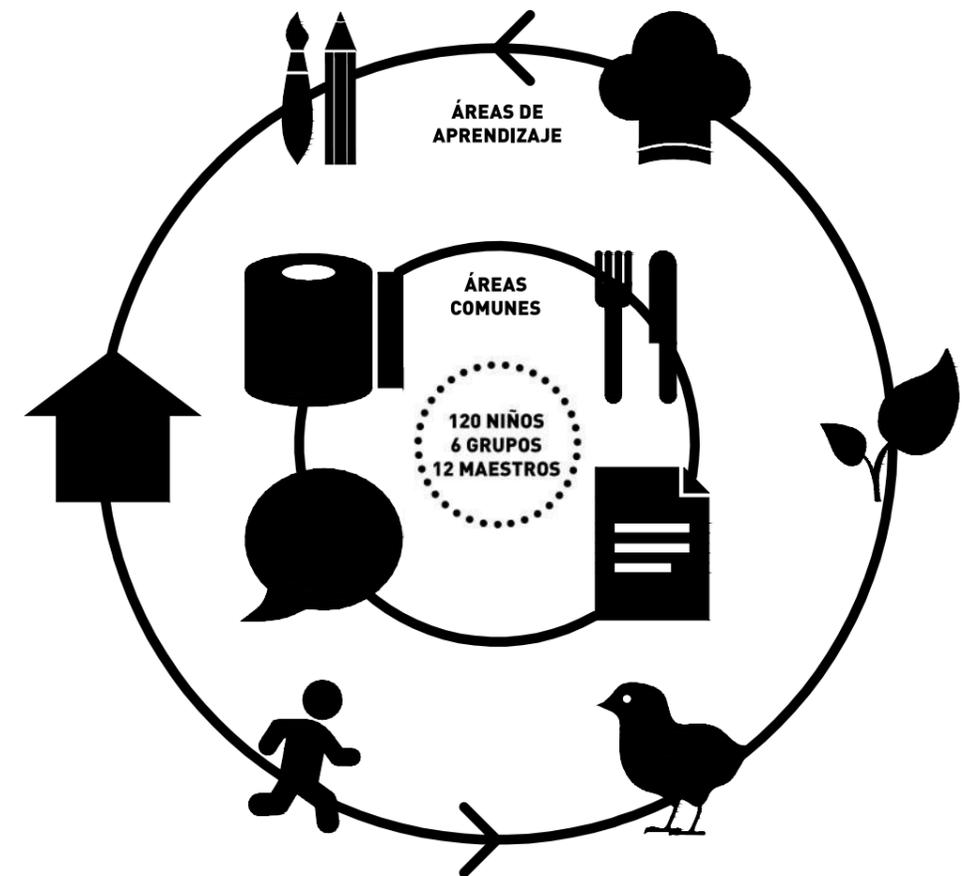


Área de actividades plásticas. En este área, con espacio al interior y al exterior, los niños desarrollan su creatividad y habilidad manual, pintando, trabajando el barro y construyendo objetos. Cuenta con un almacén y una zona de exposición y secado.



Todas las áreas cuentan con un mueble guardamochilas bajo el alero de la cabaña para que los niños dejen sus mochilas y puedan realizar más cómodamente las actividades. Al cambiar de zona, las llevarán con ellos al guardamochilas de la siguiente área.

Este esquema ilustra el funcionamiento de la escuela: los 120 niños se dividen en 6 grupos con 2 profesores y recorren, rotando a lo largo del día, las 6 áreas de aprendizaje, apoyadas por las 4 áreas de servicio y la cocina que, unida al taller de cocina, no se cuenta aquí por separado.



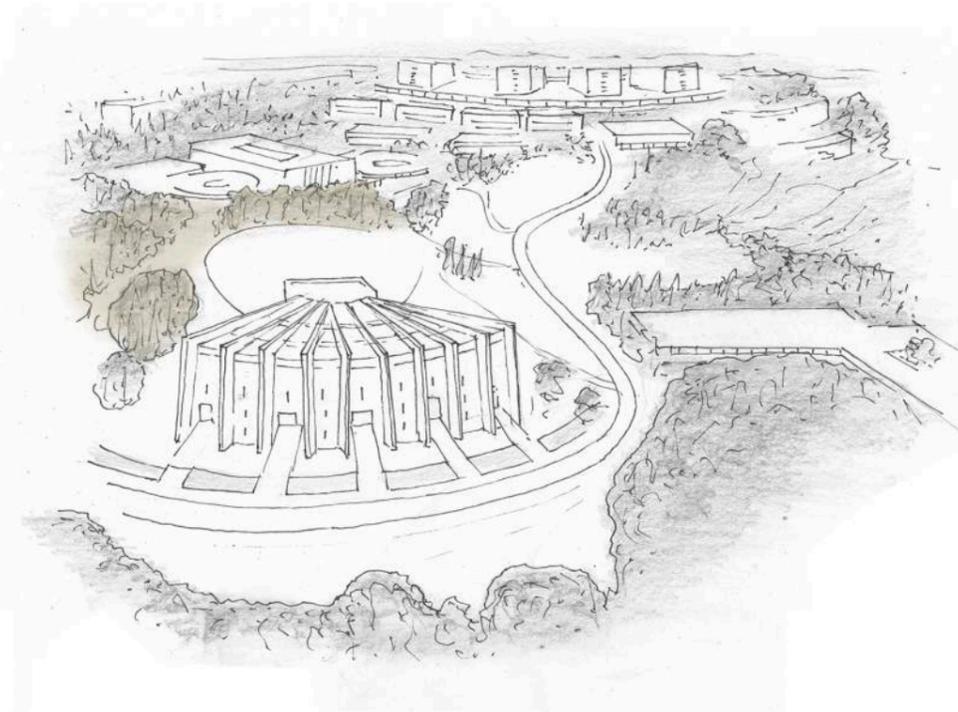
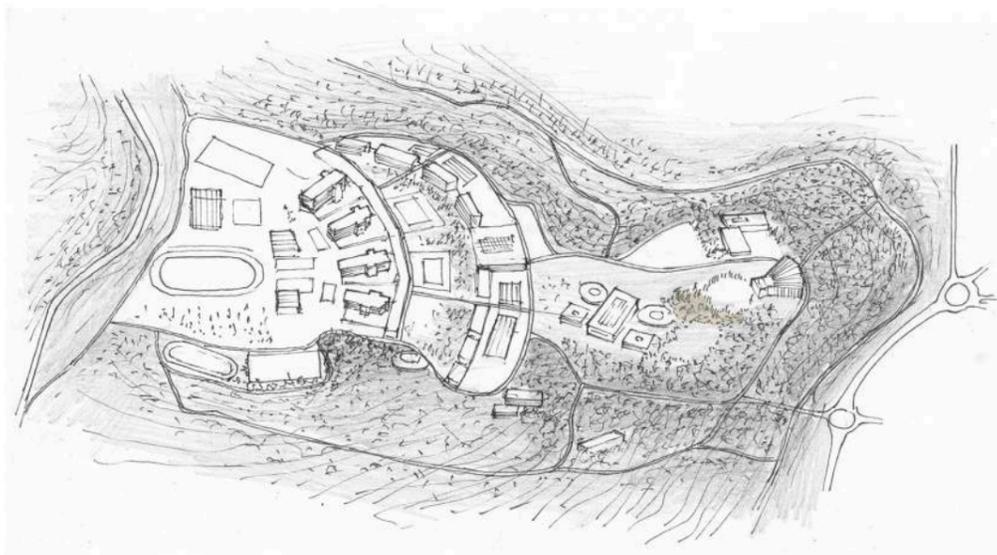
Lugar. Descripción

Este concepto de escuela es extrapolable a numerosos emplazamientos naturales. Hemos escogido no obstante como lugar para el proyecto la **Universidad Laboral de Cheste**, una extensa pinada de la cual emergen grandes volúmenes de hormigón, articulados por caminos de tierra que serpentean entre los árboles y una red de carreteras que irrigan el complejo, proyecto del arquitecto Moreno Barberá.

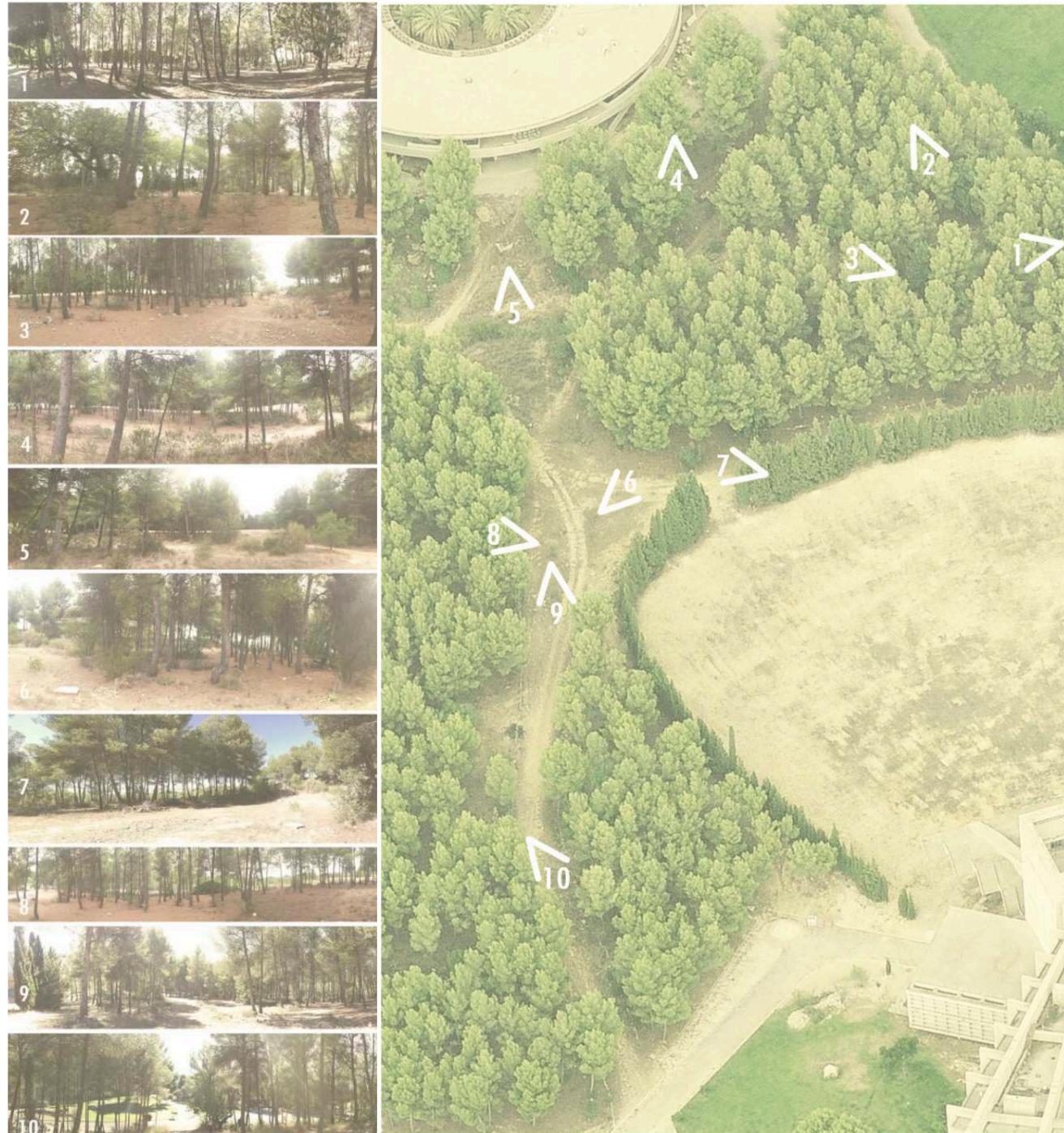
El conjunto se sitúa muy cerca de Cheste (5km u 8 minutos en coche), de Valencia (25 km o 20 minutos en coche) y de otros núcleos de población y cuenta con una red viaria y servicios de transporte ya existentes que dan fácil acceso a la escuela, que aprovecha también las instalaciones y el control que ofrece el complejo, facilitando y abaratando su implantación.

La escuela infantil se ubica ahí donde confluyen los senderos que unen el icónico paraninfo, un comedor circular y la vía principal, vinculada al aparcamiento principal del conjunto, al edificio de recepción y cafetería del mismo y a la entrada, garantizando su fácil acceso dentro del complejo. Además se encuentra también al lado de la cocina que sirve a toda la Universidad Laboral y que, en caso de necesidad, podría abastecer a la escuela infantil.

Al contrario que el resto de edificios, **la escuela infantil no emerge sino que se cobija bajo la copa de los árboles**, colonizando el bosque circundante y haciendo a los niños partícipes de él. **Este entorno natural permite aprender mediante el juego al exterior**, acompañado por el buen clima de Cheste a la sombra del follaje.



Lugar. Implantación



La zona de implantación escogida es un **bosquecillo de pinos jóvenes**, plantados como parte del proyecto de la Universidad Laboral. Se distinguen **dos masas arbóreas**, separadas por un camino de tierra que sube de sur a norte desde el paraninfo hasta uno de los comedores circulares. Se le une otro camino que sube por el este desde el edificio de recepción del complejo, tangente a una de esas masas y al graderío exterior del paraninfo que no llegó a construirse, quedando como una extensión de tierra bordeada por un muro tupido de cipreses. **El terreno es eminentemente llano, excepto en su extremo norte** donde la pendiente separa el comedor circular del bosque y de nuestra escuela **y en el extremo sur** de la misma donde la colina descende.

El área que ocupa la escuela tiene aproximadamente **7500 metros cuadrados**, con pinos de entre 8 y 12 metros de altura, con copas de en torno a 6 metros de diámetro y troncos de 30 a 40 centímetros de diámetro, con una separación entre ellos de, en su mayoría, 5 y medio a 7 metros. Los árboles han sido situados en el plano de acuerdo a estas características observadas en el lugar, intentando ser lo más fiel posible a la realidad mediante la toma de medidas y fotos in situ acompañados de fotos aéreas, admitiendo no obstante un cierto grado de aleatoriedad. El proyecto se configura pues en torno a la posición de los árboles en el plano, tomándola como real.

El tamaño y forma de asociación de los módulos de apoyo, que explicaremos más adelante con la definición del sistema, han sido pues pensados en función de la distancia entre árboles y la disposición de los mismos, de manera a poder introducirse en el bosque y adaptarse a su forma sin tener que talar ningún árbol. **Los claros del bosque y las irregularidades en los lindes del mismo parecen estar ahí para acoger la arquitectura, que se acopla y respeta así al máximo el entorno natural.**

La **heterogeneidad de los espacios** del lugar escogido, tanto a nivel de la masa boscosa como del terreno, dota de riqueza al recorrido de la escuela y **justifica la ubicación** de cada una de las áreas de acuerdo con sus necesidades o las necesidades del conjunto respecto a la misma, como haremos a continuación:

- El **camino de madera** inicia su recorrido al este de la escuela, junto al aparcamiento y la vía principales del complejo de la Universidad Laboral, donde llegan los autobuses y los coches que vayan a nuestra escuela.
- El módulo de **Recepción y administración** se sitúa en el extremo este del gran claro longitudinal al norte de la escuela, saliendo en busca del camino y de aquellos que llegan por él a la entrada del bosque y la escuela.
- Siguiendo por la pinada el camino cruza entre los dos módulos de la **Granja**, situada en un gran claro circular que permite acogerlos, haciendo posible por su situación que los padres se paren con sus hijos a ver a los animales al principio o final del día e impidiendo al estar más apartada que el ruido (y el olor) lleguen a las demás áreas.
- Poco más adelante el sendero se encuentra con el ancho camino preexistente que separa ambas masas boscosas en dirección norte sur en el cual se sitúa la **Asamblea**, elemento de acogida. Adyacentes a la misma y configurando con ella la **zona central y más pública de la escuela**, aparecen **La Casa**, que toma la forma del claro alargado en el que se ubica, orientándose al este y matizando el oeste a través del follaje; y el módulo de **Baños comunes**, cuya céntrica ubicación le permite dar servicio a toda la escuela y que al ser un espacio servidor de uso puntual (no continuo) admite mejor el sol de poniente.
- Compartiendo el volumen de los baños, el área de **Artes Plásticas** se abre al bosque, permitiendo pintar y hacer ma-

nualidades a la sombra de los pinos.

- Una bifurcación del sendero al sur, bajando la pendiente, permite aprovecharla para implantar el área de **Psicomotricidad**.
- Hacia el norte siguiendo el camino preexistente llegamos al volumen de la **Cocina y el Taller de cocina**, tomando una ubicación idónea por su cercanía a los comedores y la cocina del complejo de Cheste (de los que puede depender en caso de necesidad) y al acceso rodado desde el que se abastece, situados al otro lado de la pendiente que marca el extremo norte de la escuela. Desde la carretera una rampa y una escalera salvan el desnivel hasta la Cocina para el transporte de mercancías. La masa boscosa al sur del Taller de cocina alberga el área de **Comedor** a la sombra.
- El sendero continúa hacia el este por el claro longitudinal (dirección este oeste) a lo largo del cual se despliegan el módulo de **Invernadero y el Huerto**, vinculándose a la Cocina y aprovechando la forma y orientación del claro que permiten la exposición solar continuada a lo largo de todo el día. En el límite entre las parcelas del Huerto y la pendiente al norte se construye un murete con traviesas de madera hincadas en el terreno, trasdosado con una canalización que recoge el agua de lluvia que discorra por el terreno inclinado y la almacena en un aljibe, impidiendo también que las plantaciones se inundan.
- El camino y el circuito de aprendizaje de la escuela se cierran de nuevo en el módulo de Recepción y administración, área de entrada y salida de la escuela.

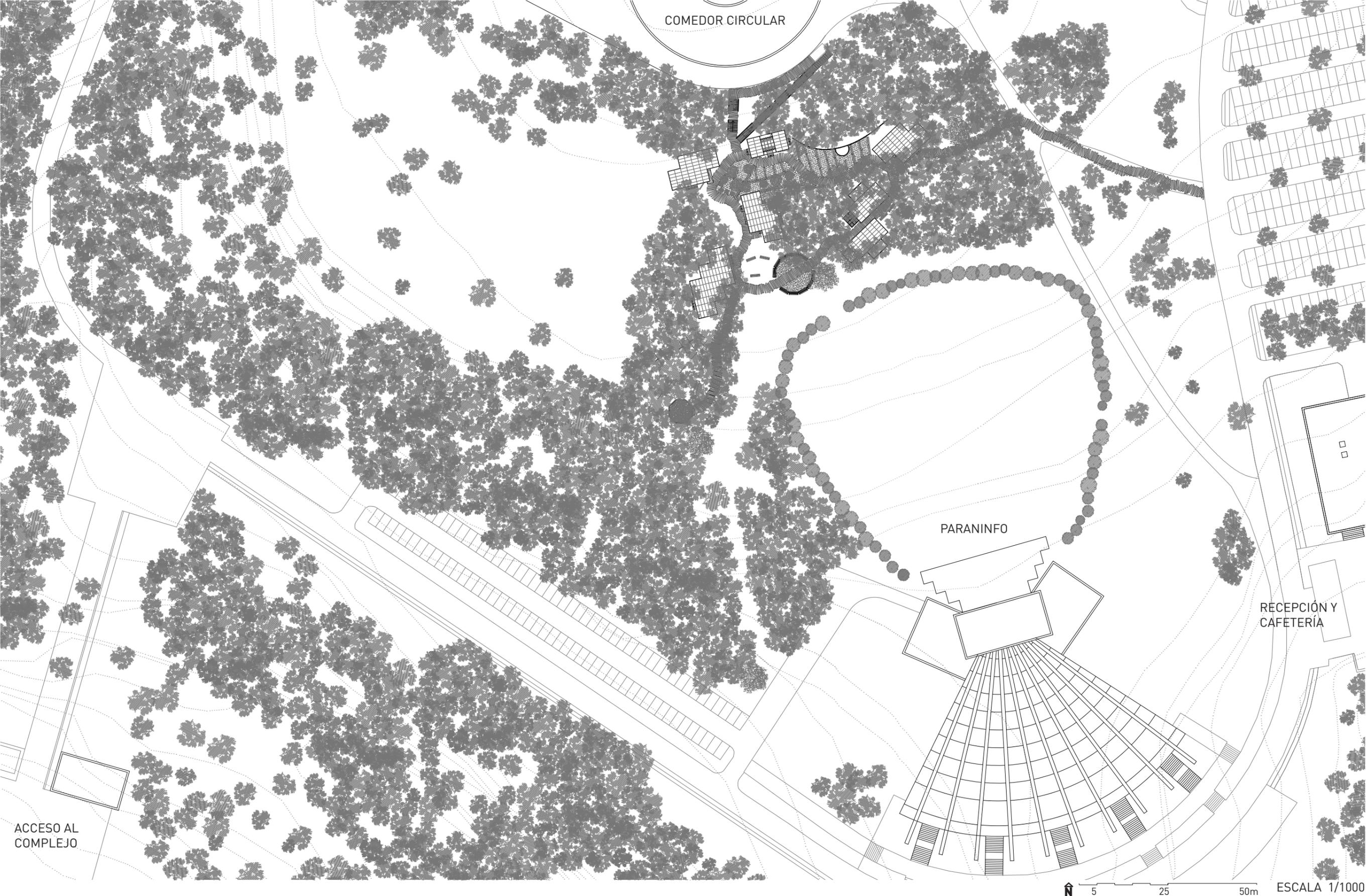
El proyecto busca en todos sus elementos reducir su huella en el terreno, una **invasión mínima de la naturaleza**. El camino de madera se funde con la marga, se hunde en ella para prácticamente desaparecer, borrando sus límites, formando parte del bosque como un espacio de actividad más que se entrelaza con los árboles y no solo como un elemento que conecta las diferentes áreas. **La escuela es un todo, un espacio continuo de aprendizaje, no una mera sucesión de ellos.**

“Un árbol en el camino, en principio nada más insólito que encontrar entremetido en este pasaje dinámico a un ser centenario. Pero es así como se expresa el deseo de que el lugar creado por el árbol, de que el ejemplo del árbol, pase sin contradicción a ser de la marcha. Parece difícil llegar a creerlo pero es lo que acontece en determinados caminos. Ya no hay afuera, ni distancias, ni porvenires. El camino ya no se dirige hacia un apartado distante, no tiene objetivos, sino que señala su meta como algo albergado en sí mismo.”

LUIS MARTÍNEZ SANTA-MARÍA

El árbol, el camino, el estanque, ante la casa

PLANO DE SITUACIÓN



PLANO DE ENTORNO Y CUBIERTAS



Pedagogía, arquitectura y lugar. Programa

La escuela se configura pues como un conjunto de áreas de aprendizaje y áreas de servicio, cosidas por un camino y articuladas por la pinada. A continuación, a modo de tabla para una mayor claridad, enumeramos dichas áreas ya comentadas, diferenciando los usos principales para los cuales ha sido pensada cada una, las habilidades adquiridas por los niños con esas actividades, así como número de módulo básicos con que se construye el módulo de apoyo de cada área y el cómputo de metros cuadrados construidos de dicho módulo y de los espacios exteriores. En el caso de estos el cómputo es aproximado ya que no existen límites físicos, tomando un área inmediata a los volúmenes construidos.

	ÁREA / VOLUMEN	TIPO DE MÓDULO + M2 ÚTILES	ACTIVIDADES	HABILIDADES DESARROLLADAS
	Recepción y administración	Doble (57 m2)		
	Control	23,5	Punto de información	
	Sala de profesores	23,5	Control de acceso	-
	Aseo de profesores	5	Reunión de profesores	
	Almacén	5	Expedientes	
	Asamblea	108 m2 (espacio para 120 niños, profesores y algunos padres)	Saludo y despedida Recogida de niños Interacción con padres Eventos	Expresión Integración Concepto de grupo Canto
	Baños comunes + Actividades plásticas	Doble (57 m2)		
	Aseos de niños	18,5	Baños comunes a toda la escuela con zona de cambiador	Aprender a ir al baño
	Bañera y cambiador	5		
	Aseo de profesores	5		
	Actividades plásticas	18,5	Pintar	Creatividad
	Exposición y secado	5	Hacer escultura	Destreza manual
	Almacén	5	Otras manualidades	
	Espacio exterior	100	Construir	
	Cocina + Taller de cocina	Doble (57 m2)		
	Cocina	23,5	Cocina para la escuela	
	Almacén seco	5	Almacén de productos comprados y del huerto	-
	Almacén frío	5		
	Taller de cocina	23,5	Conocer los alimentos	Gusto
	Espacio exterior	Usa el area de comedor	Preparar comida	Destreza manual
	Comedor	240 m2 (espacio para 120 niños y profesores)	Comer a la sombra de los árboles	Aprender a comer solo Aprender a reciclar y a hacer compost
	La Casa	Triple (85,5 m2)		
	Biblioteca	28,5	Iniciación a la lectura	Aprender a relajarse
	Material estructurado	28,5	Iniciación a la escritura	Aprender a concentrarse
	Música y baile	28,5	Jugar con puzzles	Aprender a leer y escribir
	Espacio exterior	100	Jugar con otros juguetes	Lógica
			Escuchar música	Oído
			Bailar	Ritmo y coordinación
	Psicomotricidad	900 m2		
	2 Columpios dobles		Jugar en el bosque	Control de riesgos
	2 Toboganes		Correr	Autonomía
	1 Tirolina		Deslizarse	Equilibrio
	1 Banco de arena		Trepar	Habilidad
	Granja	2 Básicos ampliados al exterior (121 m2)		
	2 Corrales grandes	38,5 cada uno	Conocer los animales	Empatía
	Gallinero	5 interior + 12 exterior	Jugar con ellos	Autocontrol
	Conejera	5 interior + 12 exterior	Darles de comer	Respeto por la fauna
	2 Almacenes	5 cada uno		
	Huerto e invernadero	Básico (28,5 m2) + exterior (400 m2)		
	Invernadero	18,5	Conocer las plantas	Destreza manual
	Almacén	5	Cultivarlas	Contemplación
	Armario de instalaciones	5	Usarlas en el taller de cocina	Respeto por la flora
	Huertos	300		
	Aljibe	7,5		

CAPÍTULO II

ARQUITECTURA COMO SISTEMA

Definición del sistema	16
PREMISAS	16
GENERACIÓN DEL SISTEMA MODULADO	17
MATERIALIZACIÓN	21
MEDIDAS Y PROPORCIONES	23
SOSTENIBILIDAD	24
Construcción del sistema	25
CIMENTACIÓN. PILOTES METÁLICOS	25
ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO. MADERA CONTRALAMINADA	27
SISTEMAS DE ANCLAJE	29
CARPINTERÍAS Y TABIQUES	31
REVESTIMIENTOS. PANELES PREFABRICADOS	33
MONTAJE DE REVESTIMIENTOS	38
PROCESO CONSTRUCTIVO	41
Aplicación del sistema	51
LA CASA	52
BAÑOS COMUNES Y ÁREA DE ARTES PLÁSTICAS	53
COCINA Y TALLER DE COCINA	54
RECEPCIÓN Y ADMINISTRACIÓN	55
INVERNADERO	56
GRANJA 1	57
GRANJA 2	58
PLANTA GENERAL REPRESENTATIVA	59
SECCIONES GENERALES REPRESENTATIVAS	60
Enraizamiento del sistema	61
ACONDICIONAMIENTO DEL BOSQUE	61
ITINERARIO DE APRENDIZAJE DE LA FLORA	63
PLANTACIONES DEL HUERTO	65

Definición del sistema

PREMISAS

Una vez definidas la pedagogía y el lugar, puntos esenciales de partida del proyecto, la arquitectura debe responder a ambos, potenciándolos y al mismo tiempo respetándolos.

Para ello, como hemos ido dilucidando previamente al tiempo que asentábamos el concepto de la escuela y las premisas del entorno en que se ubica, el elemento construido busca integrarse en la naturaleza posándose como si de una hoja se tratase y respondiendo a las necesidades de los espacios planteados:

- **elevándose del suelo** para respetar las raíces de los árboles, no poniendo en peligro la vida de ninguno, y la tierra, permitiendo que respire
- conformando **volúmenes dispersos de reducidas dimensiones** que suponen un menor impacto para el bosque y se dejan abrazar por él
- tomando una **forma que le permita adaptarse a los árboles**, no necesitando talar ninguno y complementando las irregularidades de las masas boscosas
- buscando una **sencillez volumétrica** que resuelva la heterogeneidad del proyecto
- adoptando la **madera como lenguaje** en consonancia con el lenguaje del bosque, mimetizándose con él y remitiendo además a la imagen de cabaña tradicional de este material

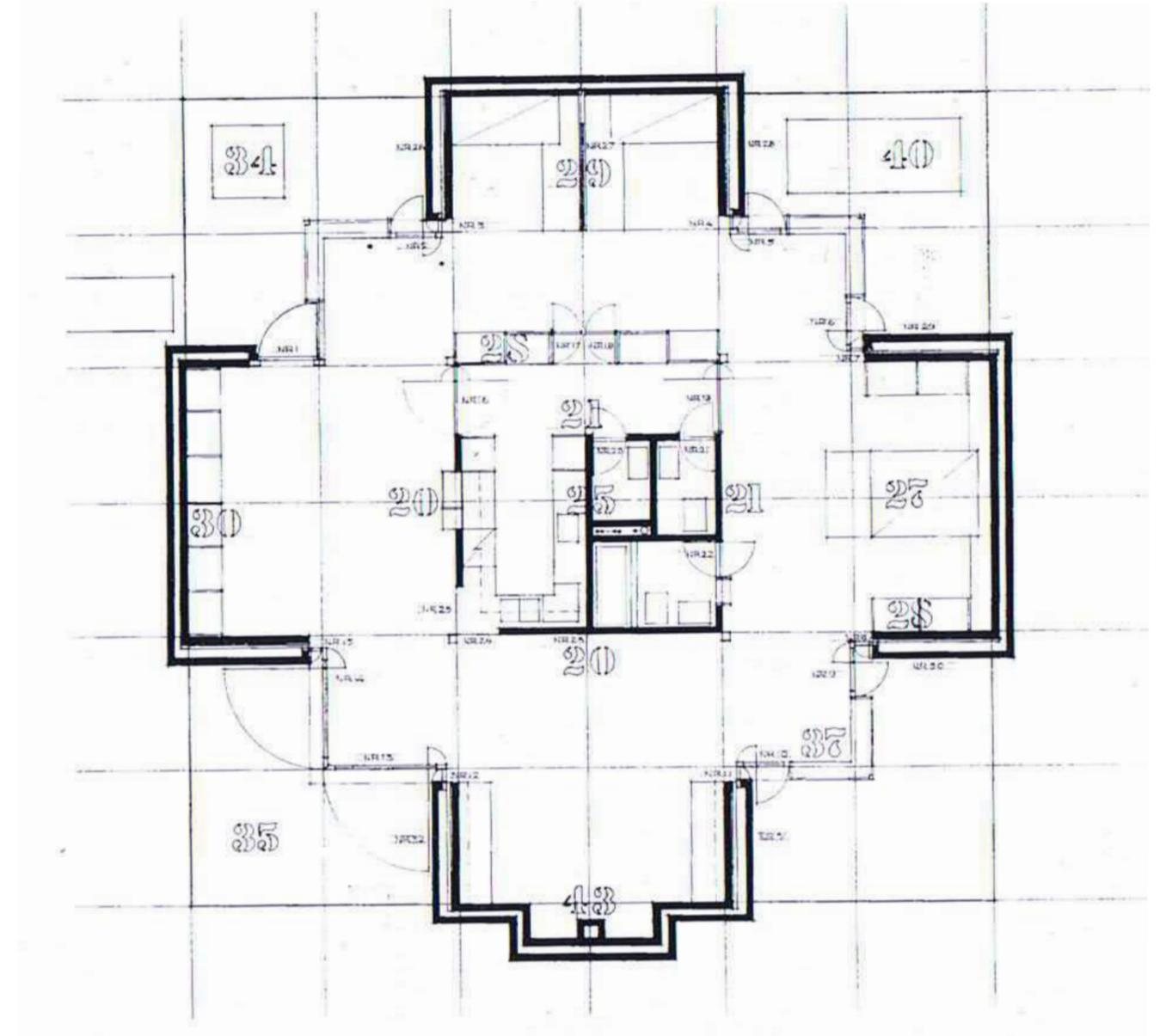
A estos conceptos resultantes del análisis de la pedagogía y el lugar, se añaden otros intrínsecos a la propia arquitectura:

- una **construcción sostenible**, que minimice los residuos producidos
- una **construcción en seco y reutilizable**, contribuyendo a la sostenibilidad
- una **construcción rápida y prefabricada**, lo que supondrá un menor impacto en el entorno y una mayor facilidad de construcción

Todas estas premisas nos llevan a buscar un **sistema constructivo** que, de manera sostenible, sencilla y versátil, con el menor número de elementos prefabricados permita materializar la arquitectura según los criterios expuestos anteriormente, resolviendo la totalidad de requisitos del proyecto y generando espacios que alberguen las diferentes actividades que plantea, junto con el entorno natural que debe ser en todos los aspectos respetado. A continuación iremos desgranando el sistema y descubriendo sus posibilidades.

GENERACIÓN DEL SISTEMA MODULADO

El sistema nace de un elemento inicial que llamamos "módulo muro". Está inspirado en la Villa Norrköping del arquitecto noruego Sverre Fehn, en la cual los pregnantes **muros de ladrillo en forma de letra C** que marcan las cuatro fachadas de la vivienda **consiguen, con esta geometría sencilla y sin necesidad de tocarse, generar un espacio contenido entre los mismos que termina de cerrarse con vidrio transparente**, desapareciendo este frente a la rotundidad y masividad del muro de fábrica. La limpieza y, al tiempo, la fuerza que esta solución consigue con elementos tan sencillos sirvió como inspiración al modo de funcionamiento del sistema constructivo que explicaremos a continuación.



El “**módulo muro**” toma por tanto la forma y pregnancia de estas construcciones, conformándose como un muro en forma de letra “C” con aristas rectas y con dos lados cortos de longitud A y un lado largo de longitud B. Dicho módulo tiene un área en planta de dimensiones **A x B** que llamaremos “**módulo losa 1**”.

Desarrollando el sistema, aparece el “**módulo básico**” como el espacio enmarcado entre dos “módulos muro” contrapuestos enfrentando su lado largo. Supone la unidad mínima capaz de configurar un espacio contenido en un volumen y se convierte, como su nombre indica, en la base del sistema planteado. El volumen interior termina de cerrarse con un forjado inferior delimitado por los muros, que apoyan en él, y con un forjado superior que apoya en dos vigas longitudinales de extremo de muro a extremo de muro, apoyando a su vez en ellos. El forjado superior las sobrepasa en forma de alero. El cerramiento entre muros será de vidrio, remarcando los “módulos muro” mucho más pesados y permitiendo que no se toquen, evidenciando así el funcionamiento del sistema.

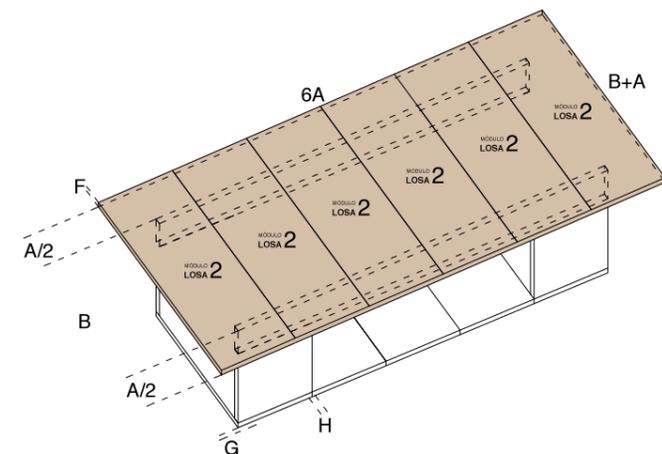
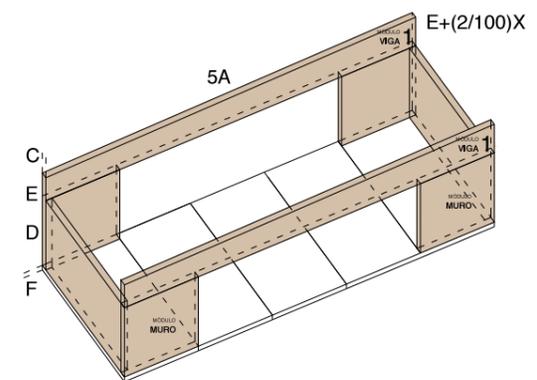
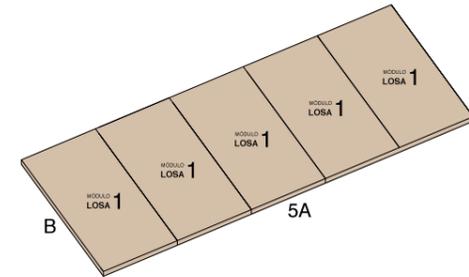
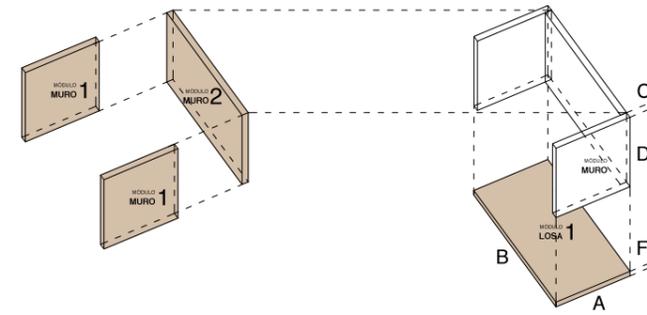
En un “módulo básico” los “módulos muro” se separan de una distancia de 3A, conformando un forjado inferior modulado de 5 “módulos losa 1”, por tanto de una dimensión de **5A x B**. El forjado superior se modula a partir de un “**módulo losa 2**” de dimensiones **A x B+A** (quedando a cada lado un **alero de A/2**). Se configura pues a partir de 6 de estos módulos, apareciendo así también aleros de dimensión A/2 en los extremos, y tomando una dimensión de **6A x B+A**. Las vigas, que llamamos “**módulo viga 1**” y que apoyan en los muros de un extremo a otro sin volar, tienen por tanto una longitud de **5A** igual que el forjado inferior.

Conceptualmente, al cerrar la gran viga longitudinal superiormente todos los huecos entre “módulos muro” a modo de dintel, dichos espacios pasan a ser un umbral, una ventana, una puerta. Así en alzado, llamamos **D** a la **altura del “módulo muro”** que se equipara a la altura del hueco de una puerta.

La viga eleva la cubierta sobre los muros, garantizando la altura mínima de techo y la entrada de luz por los extremos del “módulo básico”, sobre lo lados largos de los “módulos muro” que se cierran también con vidrio. Además la viga tiene la función de dar inclinación a la losa de cubierta, adquiriendo por tanto una forma ligeramente trapezoidal. Siendo la inclinación de 2% para desaguar, la **altura de la viga** se mide según $E+(2/100)X$ donde X es su desarrollo en planta.

Llamamos **F** al **canto los forjados** y **G** a la **altura libre desde el terreno al forjado inferior** o altura libre de los pilotes, cumpliendo la premisa del sistema de que los volúmenes se eleven de la tierra.

La última medida que modula el sistema es la **anchura de machihembrado** entre losas de forjado que nombramos **H**. Veremos el tipo de machihembrado con la materialización del proyecto.

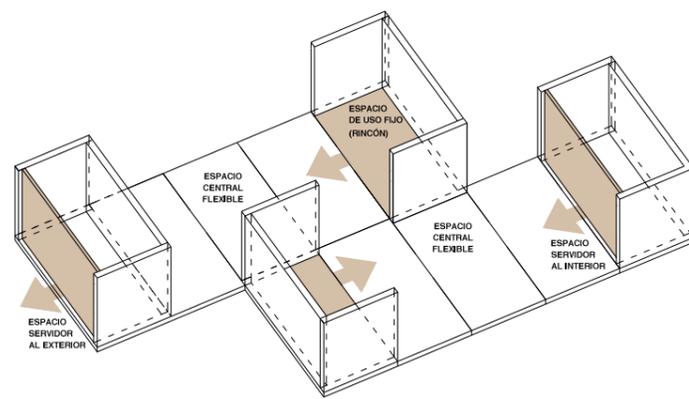
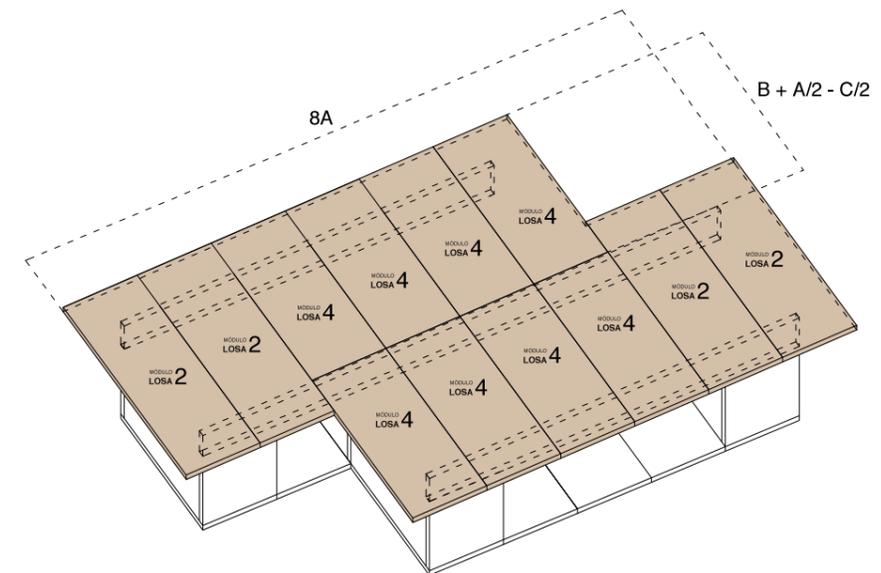
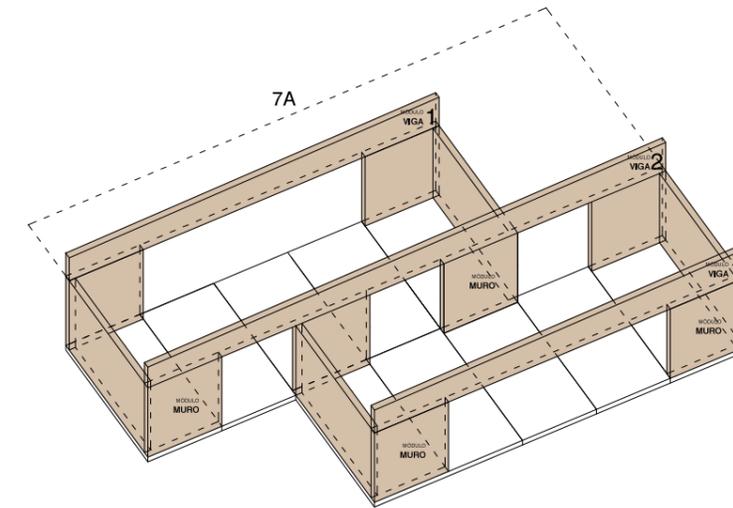
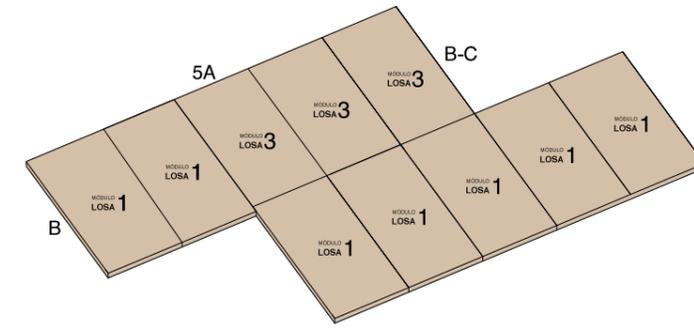


Siguiendo con el desarrollo del sistema y aumentando su versatilidad, surge el “**módulo compuesto**” como yuxtaposición de dos o más “**módulos básicos**”. Dicha unión se realiza desplazando longitudinalmente un módulo respecto al otro, de manera que se solapen con una longitud de $3A$ (en el forjado inferior) y una **anchura** igual a la de los **muros y vigas** que llamaremos a partir de ahora **C**. Este solape hace aparecer el “**módulo losa 3**” que, al recortarse de una anchura C para permitir el solape de los “**módulos básicos**”, tiene unas dimensiones de $A \times B-C$.

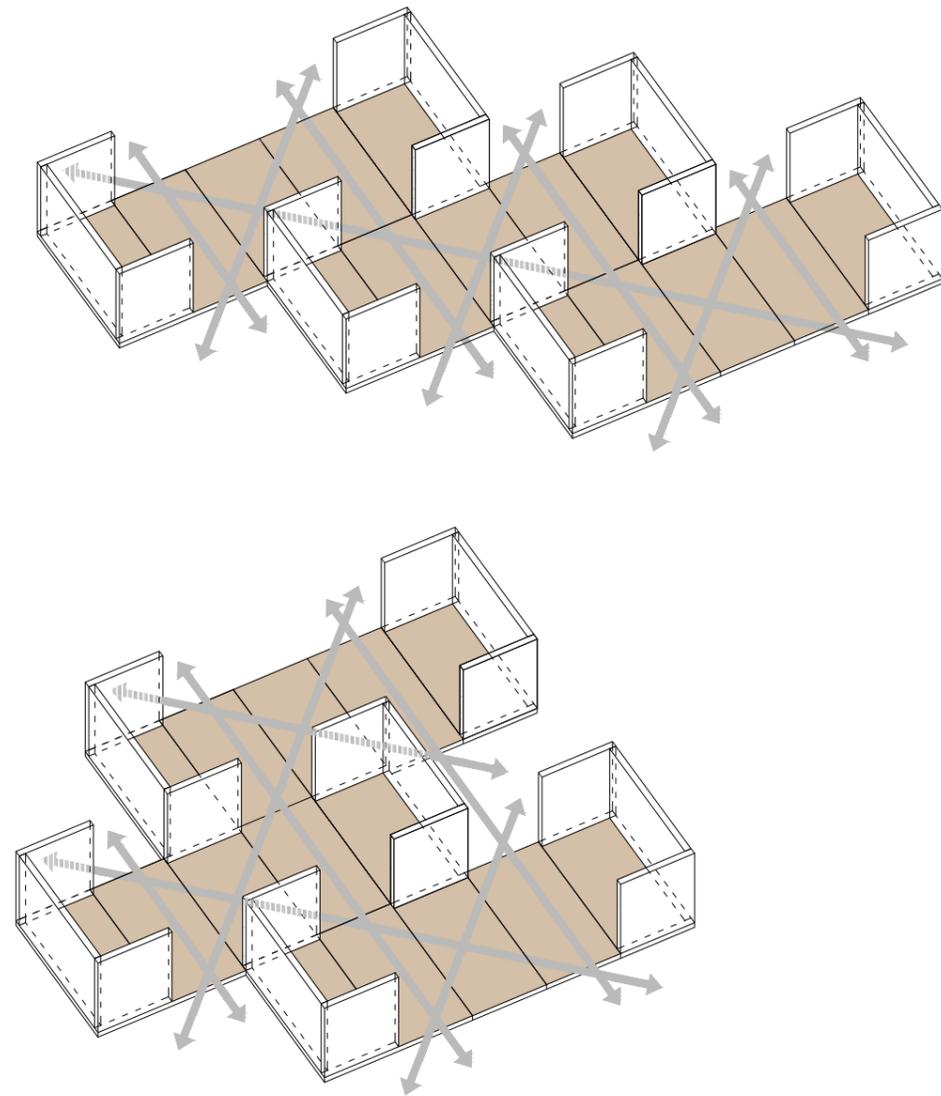
En el solape de los forjados inferiores entre un “**módulo losa 1**” y un “**módulo losa 3**” (recortado) el lado corto del “**módulo muro**” que se sitúa entre ambos módulos apoya en el primero. Así, al solaparse con un ancho igual al del muro, los lados cortos de los “**módulos muro**” quedan alineados, permitiendo que la viga (de mismo ancho C) apoye en todos ellos, solidarizándolos. Así pues es necesario un “**módulo viga 2**” de longitud $7A$ que recoja la totalidad de los “**módulos muro**” alineados de un “**módulo compuesto**”.

En el caso del forjado superior, las losas de dos “**módulos básicos**” yuxtapuestos deben apoyar cada uno en una mitad del canto de la viga, o sea una distancia de $C/2$. Es necesario por tanto un último módulo para el forjado superior que llamaremos “**módulo losa 4**”, con un alero de $A/2$ a un lado y recortándose de $C/2$ al otro, con una dimensión por tanto de $B+A/2-C/2 \times A$. El “**módulo losa 3**”, ya utilizado antes en el forjado inferior, sirve para salvar el espacio restante entre dos vigas en el forjado superior. Así pues el sistema se resuelve con **1 módulo de muro, 4 módulos de forjado y 2 módulos de viga**.

El “**módulo básico**” y la asociación de varios en “**módulo compuesto**” cumplen la premisa de ser elementos volumétricos muy sencillos pero al mismo tiempo versátiles. Así pues, de manera a adaptarse a las necesidades de cada tipo de actividad los “**módulos muro**” de cada extremo del “**módulo básico**” **pueden abrirse al interior de este o girarse para ofrecer un espacio anexo al espacio exterior**. Los **espacios enmarcados dentro de un “módulo muro”** son concebidos como elementos servidores, ya sea del espacio interior o del espacio exterior en función de la orientación del mismo, y son susceptibles de ser cerrados mediante un tabique para independizar su uso. No obstante pueden formar parte del espacio entre “**módulos muro**”, un espacio continuo, fluido y flexible, que conecta los diferentes “**módulos básicos**” pensado sin ocupación fija, versátil, para la realización de cualquier tipo de actividad, con mobiliario o sin él.



El **modo de asociación** de los "módulos básicos" garantiza la conservación de la esencia del sistema según la cual los muros en forma de C no se tocan, **conformando espacios, generando recorridos y permitiendo visuales**, independientemente del número de "módulos básicos" asociados y de la manera de hacerlo: de forma escalonada o "en cremallera". Además ambos modos de yuxtaposición permiten la **adaptación de las construcciones a los claros del bosque**, quebrándose para sortear los troncos de los árboles.



Toda la modulación del sistema a base de letras se corresponde con las piezas de forjado, muro y viga utilizadas en la construcción del proyecto, cobrando por tanto sentido y siendo esencial para su comprensión. En el siguiente apartado conoceremos la materialidad de los módulos para poder así asignar medidas a las dimensiones de los mismos, respondiendo a las limitaciones dimensionales del material escogido para formalizarlos, a las condiciones del entorno escogido para ubicarlos y a los demás condicionantes del proyecto.

MATERIALIZACIÓN

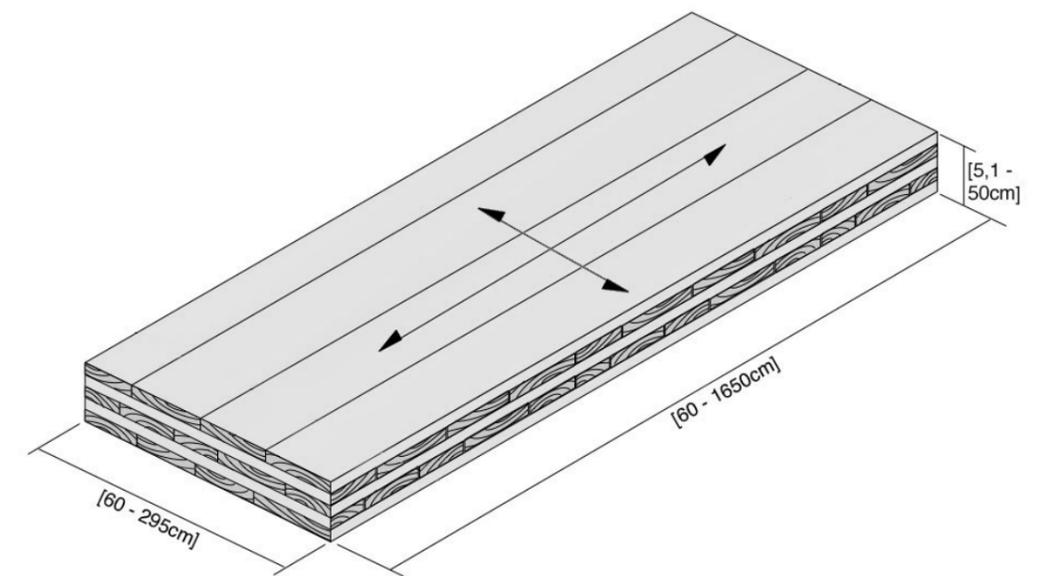
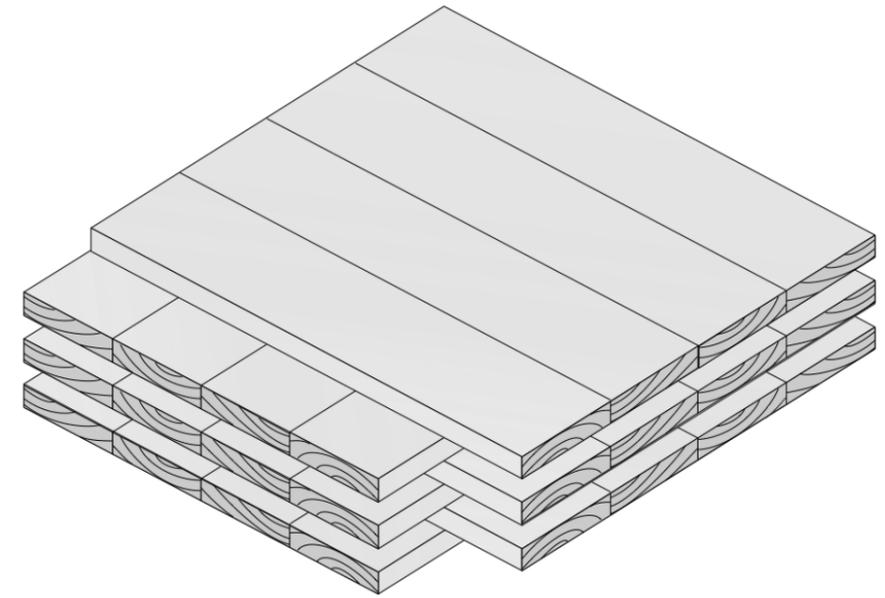
El sistema planteado admitiría su construcción con diferentes materiales que pudiesen conformar losas prefabricadas, respondiendo a los módulos anteriormente propuestos y transmitiendo además su rotundidad como elemento macizo.

No obstante, tomando como premisa que provenga de la madera por las razones explicadas, tras una larga búsqueda descubrimos la **madera contralaminada o cross-laminated timber (CLT)**, un producto muy reciente e innovador de la industrialización de este material que mejora sus prestaciones conservando su aspecto natural y calidez y conformándose en losas, similares a las de hormigón prefabricado pero con un peso mucho menor y una mayor facilidad de manipulación. Aunque expongamos el material a posteriori de la modulación, dado que como hemos dicho la misma podría adaptarse a otro tipo de materialización, esta fue pensada para la madera contralaminada, teniendo en cuenta sus posibilidades y limitaciones.

Se trata de **paneles macizos de grandes dimensiones** formados por superposición y encolado a presión de un número impar de planchas de madera aserrada, de manera que la orientación de las fibras de dos capas adyacentes sea perpendicular entre sí para sobreponerse a la anisotropía del material, obteniendo un **elemento que trabaja bidireccionalmente y con una relación resistencia-peso envidiable, formalizando la estructura y el cerramiento**. Su alto grado de industrialización permite la creación de un sistema a base de piezas prefabricadas de grandes dimensiones, cortadas en fábrica y montadas en seco en muy poco tiempo en obra mediante un camión grúa y unos pocos operarios especializados.

Pese a resistir cargas en ambas direcciones, se estipula que la dirección principal de la losa queda definida por las planchas exteriores (al ser un número impar coincide) y esta debe colocarse de manera que las mayores solicitaciones tengan esa dirección. El proceso de fabricación y el transporte en camión imponen unas **dimensiones máximas** que varían ligeramente de una marca comercial a otra, coincidiendo en muchos casos en un largo máximo de 16,50 m, un ancho máximo de 2,95 m y un grosor máximo de 0,50 m.

El desarrollo de esta tecnología comenzó en los años 70 en Europa como extensión de la del contrachapado y actualmente es **considerada por muchos como una tecnología del futuro**, que va ganando muy rápidamente popularidad en todo tipo de construcciones en varios continentes. Prueba de ello es el gran número creciente de catálogos y marcas comerciales que trabajan este material y que invierten en investigación para mejorar progresivamente sus prestaciones, ya hoy en día muy competentes.



No obstante una concesión respecto a este material es que, pese a que la investigación está ahora muy orientada a conseguir un producto que garantice un óptimo funcionamiento al exterior, este aún no está comercializado, recomendando para el producto actual el **uso de revestimientos de cara a la intemperie**.

Este hecho supone un replanteamiento del proyecto que aspiraba a una construcción con losas de CLT sin revestimientos. Es importante la reunión mantenida en este punto con Mario Fernández Forcada, arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia y actualmente realizando en la misma una tesis doctoral de título: "Utilización de la madera contralaminada como alternativa en sistemas de baja energía estructural". Su artículo "A mathematical model for the sustainability of the use of cross-laminated timber in the construction industry: the case of Spain", publicado online el 03 de Marzo de 2014 en la revista Springer, avala parte de la tesis y trata sobre la sostenibilidad en la producción de madera en los bosques españoles para absorber toda la actividad del sector de la edificación en España. Mario tiene un gran conocimiento sobre el material, en contacto con investigaciones sobre el mismo y dando conferencias como la de "L'inserimento di una pietra tra altre pietre" que tuvo lugar el curso pasado (2013-2014) en el ciclo de conferencias Rehabilitación y Sostenibilidad organizado en la universidad y en la cual abordó las ventajas de la madera contralaminada en relación con el impacto medioambiental. Puede encontrarse más información sobre él en la página web del estudio Arquitectura y Geometría, al cual pertenece.

No pretendiendo en ningún momento malinterpretar sus palabras, su convencimiento de la necesidad de revestir las zonas de la madera contralaminada expuestas a la intemperie y a la abrasión (pavimentos), insalvable con la aplicación de barnices y juntas de silicona; añadida al convencimiento propio de las demás bondades del material y su indisociabilidad del proyecto, pensado desde el principio para su formalización con él de acuerdo a sus características; y a la voluntad de seguir conociendo sus posibilidades, nos hizo seguir adelante con él, **añadiendo al sistema un "catálogo" de revestimientos pensados para el mismo**.

Se planteó la posibilidad de que dichos revestimientos fuesen incorporados de fábrica en las losas de madera contralaminada permitiendo una mejor unión entre ambos y una mayor rapidez de construcción pero ello supondría tener que cambiar la pieza entera (incluyendo el CLT) en caso de que se produjesen desperfectos en el revestimiento y un mayor dificultad de montaje. Por ello se optó por diseñar un catálogo de paneles prefabricados de revestimiento exentos que incorporasen todas las capas (impermeabilización, aislamiento, acabado) necesarias para la superficie de CLT a revestir, de fácil colocación sobre la misma y que garantizaran en sus juntas una adecuada estanqueidad al exterior. Con la voluntad de mantener la materialidad del proyecto pero sin intentar camuflar la existencia de estos revestimientos, **el acabado de los mismos es de madera**, diferente de la del CLT, visible en la cara interior de los muros y el techo de los volúmenes, enriqueciendo así la estética del conjunto.

Más adelante definiremos el sistema de **elevación del terreno mediante pilotes** y profundizaremos sobre el sistema de losas de madera contralaminada y el sistema de revestimientos prefabricados.



MEDIDAS Y PROPORCIONES

Hemos definido previamente el sistema constructivo mediante módulos interrelacionados cuyas dimensiones respondían a letras (de la A a la H) a las cuales no se han asignado todavía medidas reales. Esto permite **asignar medidas en función del tipo de construcción, entorno o cualquier otro condicionante** que darán como resultado volúmenes de tamaño y proporciones muy diferentes adaptados a esas condiciones, todos ellos a partir del mismo sistema de módulos.

Para este proyecto los **condicionantes dimensionales** más importantes son:

- el **material**: la madera contralaminada ofrece unas dimensiones de máximo 16,5 x 2,95 x 0,5 m, por tanto las piezas del sistema deberán tener una dimensión menor
- el **entorno**: la distancia media entre árboles está entre 5 y medio y 7 metros, con lo cual la anchura de un "módulo básico" deberá ser menor para permitir su inserción en el bosque
- el **terreno**: las construcciones se ubican sobre un terreno eminentemente llano y bastante regular, así que la altura libre de los pilotes será la distancia mínima permitida entre el CLT y el terreno
- el **uso**: una escuela infantil para niños de entre 3 y 6 años requiere espacios de pequeñas dimensiones, que puedan controlar y donde se sientan recogidos
- el **concepto**: "módulos de apoyo", construcciones de pequeño tamaño indisolubles del espacio exterior al que se extienden

Un condicionante adicional es el hecho de que en el forjado superior las losas coincidentes en una viga apoyan cada una en la mitad del canto de la misma, debiendo por tanto esta (y por extensión los muros) tener un ancho mayor al estrictamente necesario por cálculo estructural, reforzando además su pregnancia.

De acuerdo a estos criterios, **asignamos las medidas a los módulos, modulándolos (valga la redundancia) a la anchura de las tablas que componen las planchas de CLT: 15 cm.**

A = 1,80 m = ancho de losa, ancho de paso entre módulos (< 2,95 m)

B = 3,60 m = longitud de losa, ancho de un "módulo básico" (< 16,50 m)

C = 0,15 m = ancho de muros y vigas (< 0,50 m)

D = 2,25 m = altura de muros, asimilada a la de una puerta (< 2,95 m)

E = 0,60 m + (2/100)X = altura de vigas (60 cm en su parte menos alta) (< 2,95 m)

F = 0,15 m = ancho de forjados, igualado al de muros y vigas (< 0,50 m)

G = 0,15 m = altura libre de pilotes

H = 0,15 m = anchura de machihembrado

Obteniendo así:

5A x B = 9 x 3,60 m = dimensiones en planta de un "módulo básico"

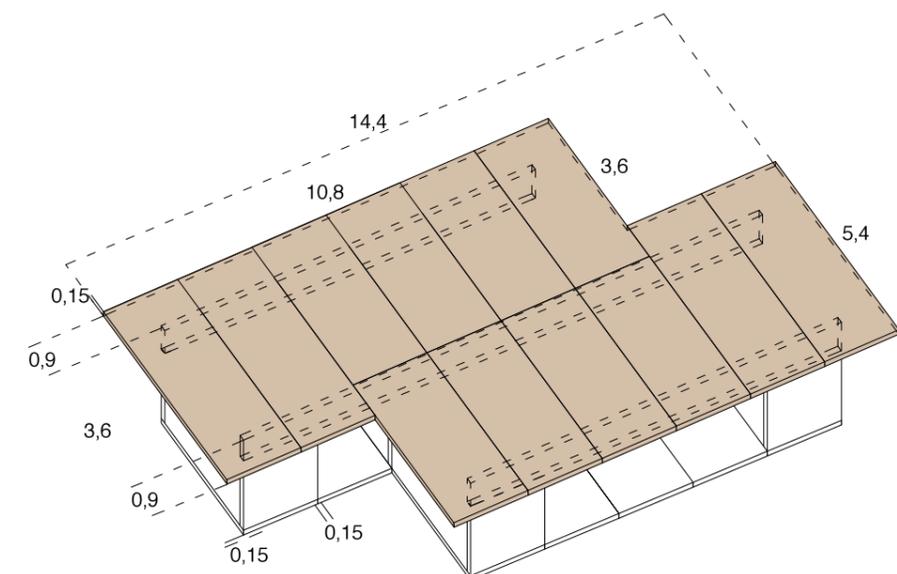
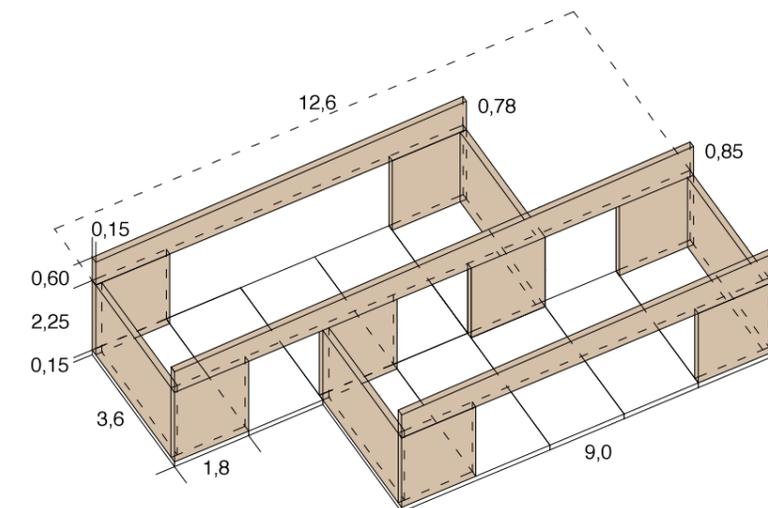
6A x B+A = 10,80 x 5,40 m = dimensiones en planta de la cubierta de un "módulo básico (con un ancho menor a la distancia entre árboles)

5A = 9 m = longitud de viga de un "módulo básico" (< 16,50 m)

7A = 12,60 m = longitud máxima de viga, común a dos "módulos básicos" (< 16,50 m)

F + E + D + F + G = 0,15 + 0,60 + 2,25 + 0,15 + 0,15 = 3,30 m = altura de un volumen desde el terreno a la parte baja de la cubierta (poco mayor en la parte alta)

Estas medidas corresponden a la estructura de madera contralaminada sin revestir, aumentando las medidas en unos centímetros al ser revestida.



SOSTENIBILIDAD

El proyecto busca una construcción, una implantación y un uso sostenibles, tomando el respeto al medio ambiente y al entorno natural como requisitos fundamentales, de la mano con la filosofía que sigue la escuela. Esto se refleja en numerosas decisiones de proyecto:

- **Sistema prefabricado:** El uso de este sistema permite una mayor eficiencia de la construcción en numerosos aspectos como son la reducción de los residuos sólidos, las emisiones nocivas y los recursos energéticos necesarios para su conformación, su gran facilidad para ser desmontado y reutilizado o reciclado, contribuyendo todo ello a una construcción sostenible. Desarrollaremos estos conceptos más adelante con las características de la madera contralaminada.
- **Materiales reciclables y reutilizables:** La casi totalidad del proyecto se materializa en madera, ya sea en forma de paneles contraminados o tablas macizas de revestimiento, o en aislamiento de lana de vidrio, todos ellos de reciclaje sostenible. Son además, junto con los elementos metálicos de anclaje en seco, reutilizables.
- **Mínimo impacto en su implantación:** Su rapidez de ejecución y facilidad de montaje reducen el tiempo de obra y por tanto los efectos negativos de esta sobre el entorno. Además su implantación sin talar árboles, sin movimiento de tierras y su elevación del suelo tienen un impacto mínimo en el terreno. Ampliaremos estos aspectos a continuación con las características de los pilotes metálicos.
- **Ahorro y aprovechamiento del agua:** El proyecto concentra lo máximo posible los puntos de agua y los elementos que requieran de instalación de saneamiento, recogiendo todos los baños de la escuela en una misma construcción, cercana a la cocina que también requiere de esta instalación. Además el canal de recogida de agua de lluvia y el aljibe cubren parcialmente el agua de riego del huerto, como veremos más adelante. No se recoge sin embargo el agua de las cubiertas por su poca dimensión y la necesidad de una instalación mayor para ello, no resultando eficiente. Se ahorra también agua reutilizando en los inodoros el agua de los lavabos, facilitado al situarse unos y otros enfrentados en una misma pieza.
- **Reducción de instalaciones eléctricas:** Al igual que las de agua, también se reducen las instalaciones eléctricas, llegando sólo a aquellos volúmenes que las necesiten para el desarrollo de las actividades que se realizan, reduciendo el tendido de las mismas bajo tierra y su impacto en el entorno. Dada la poca energía eléctrica requerida no se instalan placas solares. En el apartado de instalaciones definiremos en profundidad lo dicho en los dos puntos anteriores.
- **Ahorro energético y confort acústico:** El uso de materiales con gran inercia térmica y gran absorción acústica, desde la estructura de madera contralaminada a los revestimientos que incorporan aislante, permite garantizar el confort interior sin necesitar la instalación de sistemas de climatización, en caso de cerrarse e independizarse del espacio exterior.
- **Uso de recursos naturales:** Abierto como premisa al espacio exterior y a la naturaleza, el proyecto está pensado para aprovechar los recursos naturales. Su ubicación en el bosque matiza la luz y controla los vientos y su arquitectura permite la entrada en todos los espacios de iluminación natural directa y ambiental mediante grandes superficies

acristaladas y la ventilación natural cruzada gracias al reducido tamaño de las construcciones y mediante el diseño enfrenteado de sus cerramientos practicables, sin requerir de sistemas artificiales de ventilación ni iluminación (solo en algunos volúmenes susceptibles de un uso complementario nocturno). Además el uso de aleros cortos reduce la exposición solar del interior en verano y la permite en invierno.

CIMENTACIÓN. PILOTES METÁLICOS

De modo a **respetar las raíces y la tierra**, así como para **preservar la estructura de módulos de madera contralaminada de la misma**, los volúmenes se elevan sobre **pilotes prefabricados metálicos**, cuyas características hemos obtenido del catálogo de ALTERMATERIA (para más información consultar www.altermateria.com).

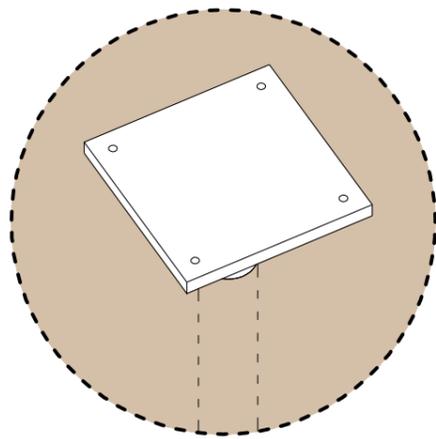
Dotados de una hélice que facilita su entrada y fijación al terreno, su atornillado al mismo se realiza por medio de un cabezal de giro axial, conectado al brazo de una excavadora o a una máquina atornilladora hidráulica con capacidad de medición de par de apriete, que pueden acceder sin problemas al lugar.

Este tipo de cimentación, además de ser menos costosa y más sencilla de realizar que una cimentación in situ, resulta **idónea para nuestro proyecto** de cara a:

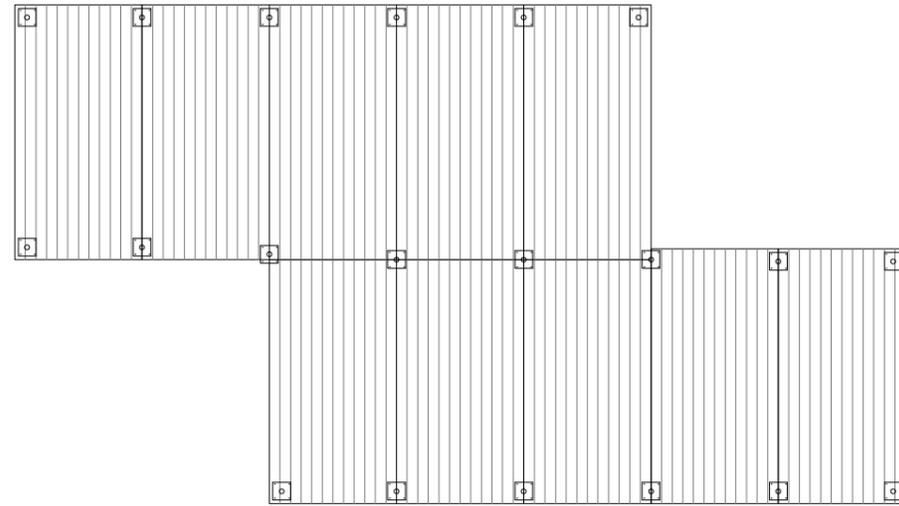
- **los forjados de losas de CLT:** la buena relación entre la resistencia y el peso de la madera y la capacidad del CLT de trabajar bidireccionalmente, permiten elevar el forjado apoyando las losas únicamente en sus cuatro extremos, abaratando y simplificando la estructura
- **el terreno:** la posibilidad de retirar y reutilizar los pilotes, la escasa perturbación del suelo y las raíces al ocupar poco espacio y no requerir movimiento de tierras, la no contaminación del mismo (como haría el hormigón) y la instalación libre de ruidos aseguran un bajo impacto ambiental, absorbiendo fácilmente además las irregularidades del terreno al controlar el par de apriete de los pilotes
- **la rapidez de construcción:** los pilotes metálicos se colocan muy rápidamente, en seco y al no necesitar tiempo de fraguado permiten realizar la construcción íntegra de los volúmenes de continuo y en poco tiempo

Las pilotes se colocan entre losas, en los extremos de las mismas, apoyando cada una en una mitad de la placa de anclaje y reparto del pilote. En las esquinas de los "módulos básicos" los pilotes se colocan centrados en la esquina de la losa.

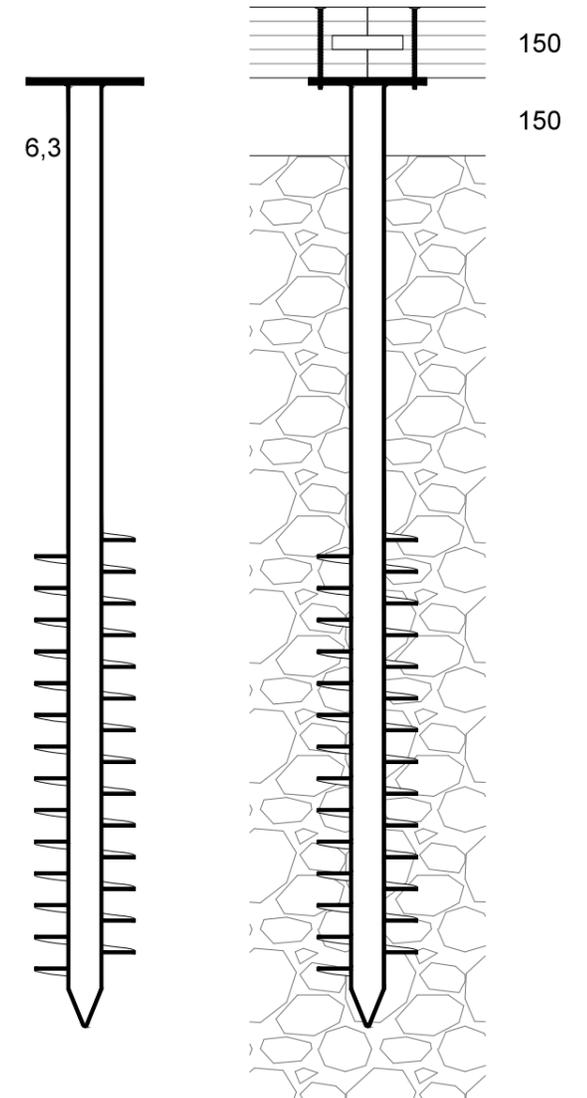
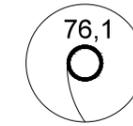
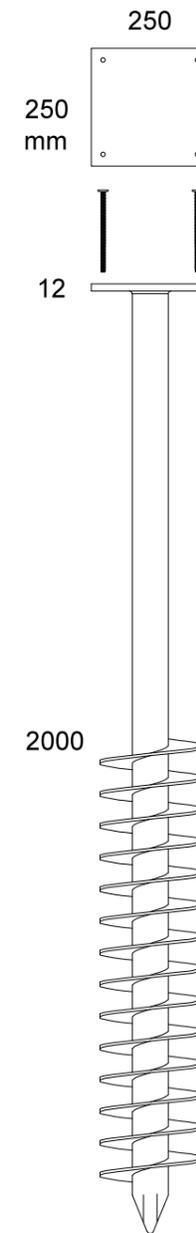
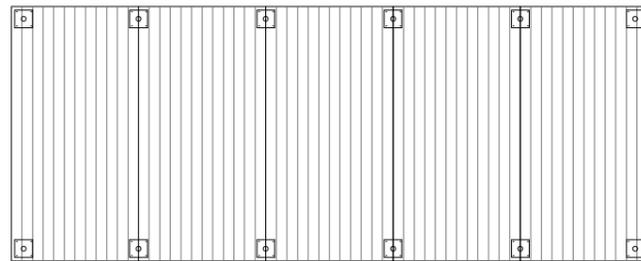
Cada pilote tiene una placa superior de reparto de 12 mm de espesor, con una dimensión en planta de 250 x 250 mm. El pilote, centrado respecto a la chapa, tiene un diámetro de 76,1 mm y un espesor de 6,3 mm (hueco en el interior), una hélice en la parte que queda embebida en la tierra de 250 mm de diámetro y una longitud de 2000 mm, quedando una altura libre de 150 mm y 1850 mm bajo el terreno.



**PILOTES
METÁLICOS
ATORNILLADOS**



Modo de colocación de los
pilotes respecto a las losas



ESCALA 1/15

ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO. MADERA CONTRALAMINADA

Aunque ya hemos definido previamente las características básicas de este material, las completaremos a continuación de manera a conocerlo mejor y justificar en mayor medida su elección de acuerdo a sus atributos y a su idoneidad para el proyecto planteado. La información obtenida ha sido recopilada principalmente de manuales como CLT HANDBOOK y los manuales de LIGNUM FACILE y STORA ENSO, así como de páginas web y catálogos de empresas como, entre otras, EGOIN, KLH, ALTERMATERIA y AMATEX. Al tratarse de una gran cantidad de información, se ha pretendido aquí resumir aquellos aspectos de especial relevancia, pero esta puede ampliarse consultando las referencias.

La madera contralaminada se forma a partir de **planchas de tablas** de píceas, pino, alerce u otras variedades (de espesor definido por el proyecto), juntas con presión lateral sin cola. Las planchas **se encolan alternando sus fibras a 90°** entre dos sucesivas, mediante una cola sin disolventes ni formaldehídos, hasta formar un **panel macizo de espesor definido por el proyecto**. El número de planchas suele ser de tres, cinco o siete y una vez colocadas todas se procede al prensado. La estabilidad dimensional de la madera en el sentido axial de la fibra confiere **estabilidad dimensional** al conjunto, sujetando cada plancha a las que van en sentido perpendicular gracias a la cola, sometida a esfuerzos de cizalladura, y neutralizando así las variaciones dimensionales mientras que la capacidad de carga estática mejora considerablemente. Aportan además un alto nivel de **aislamiento térmico y acústico**, iguales al de la madera maciza, regulando la temperatura y humedad ambientales y, al ser las planchas de madera y el encolado **permeables al vapor**, se crea un cerramiento sin riesgo de condensaciones interiores.

El catálogo de Lignum Facile dice sobre el CLT que “es el **sistema con mayores innovaciones tipológicas**. Supone una transformación total en el concepto de la construcción de madera. Redefine la relación entre la propia construcción y las propiedades del material. [...] La idea básica del sistema es lograr una construcción altamente prefabricada, introduciendo líneas de montaje totalmente automatizadas. Una construcción controlada totalmente en taller, proporcionando óptimas condiciones de trabajo y de control de los componentes.”

Los paneles de CLT pasan **numerosos controles y estrictos criterios de selección en todos sus componentes**, siendo un producto constructivo autorizado técnicamente y con certificación CE. Se utilizan como paredes exteriores e interiores, forjados de planta y cubiertas y la versatilidad de este sistema lo hace apto para todo tipo de construcciones. Se crean en fábrica a la medida y forma exacta de cada proyecto, recortando huecos de carpintería y canalizaciones para paso de instalaciones. El acabado de las superficies se ofrece en diferentes calidades en función de su uso. Las piezas **se transportan en camión-grúa hasta el lugar y se montan en seco**, izándolas mediante el mismo y colocándolas en su lugar. Este alto grado de prefabricación permite muy **cortos plazos de ejecución**, reduciendo la exposición de la obra a la intemperie y estando rápidamente disponible para ser habitado.

Finalmente es importante hablar de la contribución de la madera contralaminada a la **construcción sostenible**:

- Se trata de un material **renovable**, pudiendo ser reciclado para conformar nuevos paneles, como fuente de energía y como relleno de tierras.
- Es **desmontable** y **reutilizable**.
- Al ser un producto **prefabricado** garantiza un **uso más eficiente de los recursos**, produciendo una cantidad mínima de desechos de manufacturación y construcción (reutilizados para biofuel) y necesitando cortos tiempos de montaje.
- Al estar realizado con **materiales locales** supone menores gastos de transporte y la generación de trabajo a nivel local.
- Su **buena inercia térmica** supone un importante ahorro energético.
- La **madera** con que se conforman es **certificada**, proviniendo de bosques de tala controlada.
- Tiene un **balance ecológico positivo**, reduciendo el CO2 del aire (gas de efecto invernadero) al acumular aquel absorbido por los árboles utilizados en su construcción, que son renovados permitiendo una mayor absorción, y al utilizar un proceso constructivo con menos emisiones que cualquiera de sus alternativas.

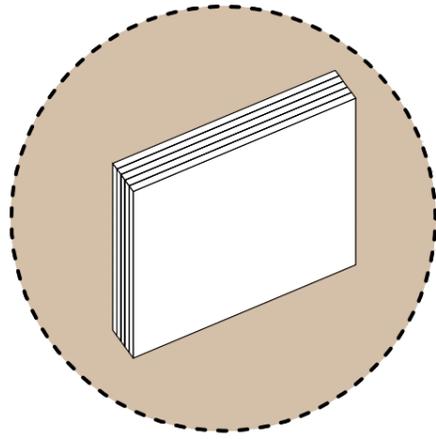
Contribuye además a la **reducción de los costes y los residuos** producidos en su conformación, el diseño de **piezas enteras, sin huecos de ventanas o puertas**, como es el caso en el sistema propuesto en que los huecos quedan definidos al unir de paneles de muro, viga y losa, no formando parte intrínseca de la geometría de ninguno de ellos.

Para nuestro proyecto elegimos paneles de madera contralaminada de **Pino Insignis**, de fácil suministro en la cordillera cantábrica en España, adecuado para paneles estructurales y con una estética agradable que quedará visible en el las paredes y techo interiores.

Tomamos un ancho de **panel de 15 cms de espesor, formado de 5 planchas de madera aserrada de 3 cms de grosor**. De acuerdo con los predimensionados ofrecidos por las diferentes marcas comerciales y los catálogos, con este espesor tanto los muros como los forjados deben resistir sin problemas las cargas y luces a las que los somete el sistema, como comprobaremos más adelante en el apartado de cálculo estructural.

En el catálogo de CLT que sigue veremos las piezas utilizadas para conformar el sistema y sus dimensiones.





**PANELES
DE MADERA
CONTRALAMINADA**

Paneles macizos prefabricados de grandes dimensiones y 15 cms de espesor formados por superposición y encolado a presión de 5 planchas de madera aserrada de 3 cm, alternando sus fibras a 90°.

FORJADOS



MÓDULO LOSA 1 (180 x 360)



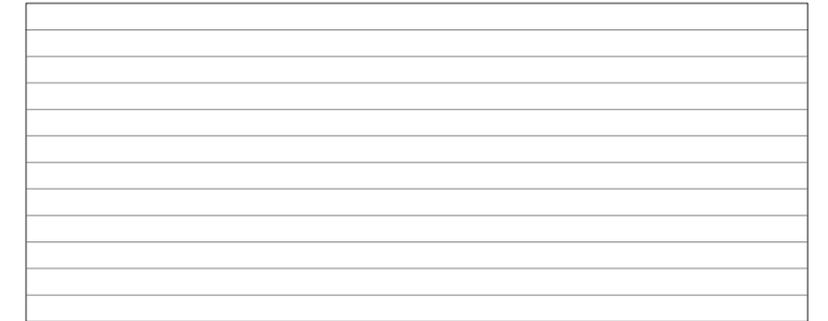
MÓDULO LOSA 2 (180 x 540)



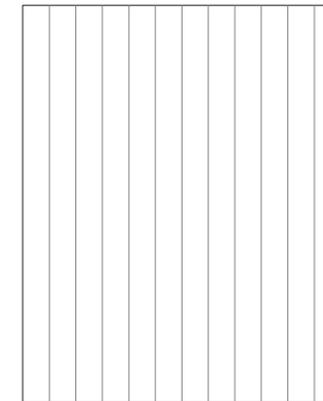
MÓDULO LOSA 3 (180 x 345)



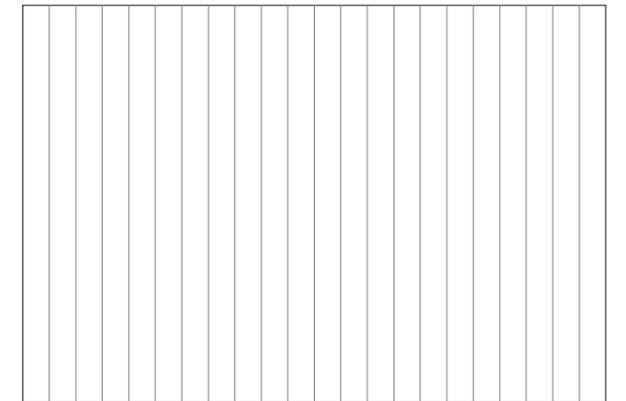
MÓDULO LOSA 4 (180 x 442,5)



MÓDULO MURO 1 (180 x 225)

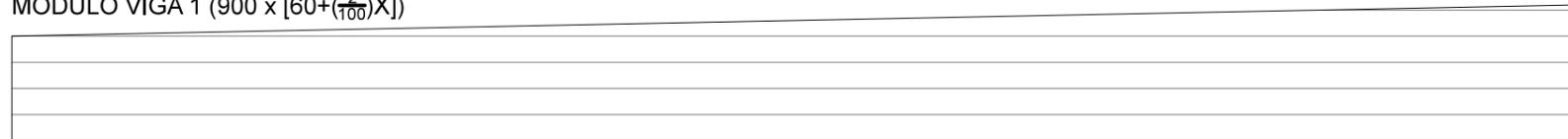


MÓDULO MURO 2 (330 x 225)

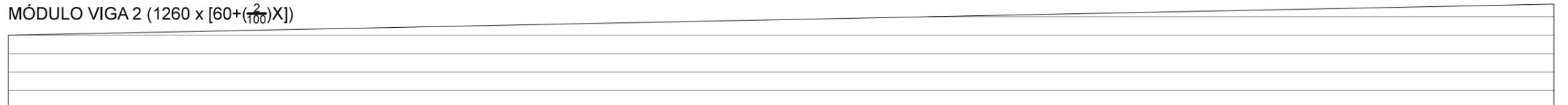


MUROS

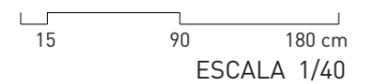
MÓDULO VIGA 1 (900 x $[60 + (\frac{2}{100})X]$)



MÓDULO VIGA 2 (1260 x $[60 + (\frac{2}{100})X]$)



VIGAS



SISTEMAS DE ANCLAJE

Los paneles de madera contralaminada se fijan en seco y en obra entre sí mediante anclajes metálicos de diferente tipo: tirafondos autorroscantes que permiten la perforación de la madera y el metal, grapas con tornillos y angulares en T invertida, cada uno de ellos para un tipo de unión. Las uniones entre paneles deben incorporar además una **banca elástica tomérica entre las caras a unir**, de manera a evitar ruidos provocados por el movimiento diferencial de estos.

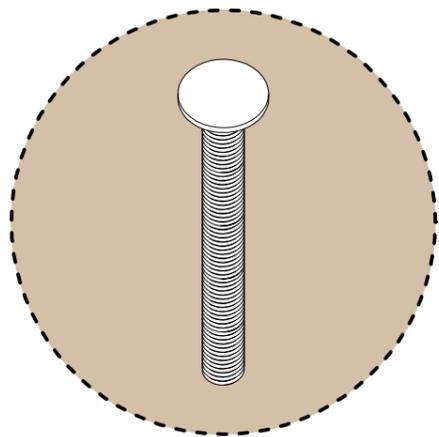
Pese a tratarse de construcciones de pequeño tamaño los forjados de los “módulos complejos” necesitan juntas de independencia estructural que eviten que trabajen como una pieza monolítica, mejorando su comportamiento de cara a las sollicitaciones. Encontramos dichas juntas entre los “módulos básicos” que lo componen, permitiendo que los forjados de cada uno tengan un movimiento diferencial, ellos sí, funcionando como elementos monolíticos separados. La fijación de las losas con los pilotes metálicos funciona como una unión articulada mientras que, por otro lado, la unión entre los muros y las losas debe permitir también un cierto grado de elasticidad. La manera en que trabajen dependerá del tipo de unión que se realice:

- **los paneles de CLT se unen a las chapas metálicas de reparto de los pilotes**, desde su cara superior, mediante 4 **tirafondos autorroscantes** con una cabeza de 22 mm de diámetro, un fuste de 10 mm y una longitud de 170 mm, sobresaliendo del forjado de ancho 150 mm y uniéndolo a la placa en sus cuatro esquinas. El extremo del tornillo se lima y se engrasa a la cara inferior de la chapa para que no pueda resultar peligroso para los niños.
- las **losas de un mismo “módulo básico”**, tanto las del forjado superior como las del inferior, buscan funcionar conjuntamente con una unión empotrada. Esta se consigue **machihembrando ambos cantos** de las losas en esa dirección mediante lengüeta, una **pieza de madera maciza** de 150 x 30 mm de sección interpuesta entre dos losas sucesivas, en sus correspondientes ranuras de machihembrado, y atornillada a ambas, solidarizándolas y quedando oculta. Para atornillarlas usamos **tirafondos autorroscantes de gran cabeza para engrase** que tienen gran resistencia a la penetración, con una cabeza de 22 mm de diámetro, un fuste de 10 mm y una longitud de 120 mm, no sobresaliendo del forjado de ancho 150 mm. Estos **se colocan a cada metro**, quedando a 300 mm del extremo del panel en el forjado inferior y a 200 mm en el superior.
- la **unión de dos losas de “módulos básicos” adyacentes** se realiza mediante **grapasp metálicas** que permiten el movimiento diferencial de ambas y que quedan ocultas bajo los paneles de pavimento. Estas grapasp son pletinas metálicas de 8 mm de espesor, 200 mm de longitud (100 en cada panel) y 100 mm de ancho, unidas a los soportes con varios **tornillos a 45°** hacia ambos lados alternativamente, formando 90° entre sí. Se colocan 2 grapasp por unión, a 300 mm de los extremos de los paneles.
- los **muros que componen cada “módulo muro”** se unen entre sí rígidamente mediante solape de los lados cortos sobre los cantos laterales del largo y atornillado de estos con **tirafondos autorroscantes** con una cabeza de 22 mm de diámetro, un fuste de 10 mm y una longitud de 250 mm, hundiéndose 100 mm en el muro largo. Se colocan 3 tirafondos, a 900 mm cada uno, quedando a 225 mm de los extremos superior e inferior.
- **las losas del forjado superior se unen a las vigas**, apoyando cada una en la mitad de su canto (75 mm) y fijándolas

con **tirafondos autorroscantes** con una cabeza de 22 mm de diámetro, un fuste de 10 mm y una longitud de 250 mm, hundiéndose 100 mm en la viga. Se colocan 2 tirafondos por losa, a 200 mm de los extremos.

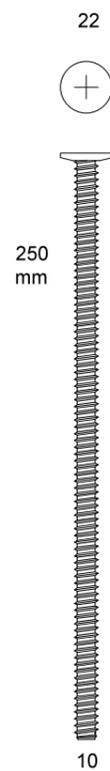
- la **unión entre forjados inferiores y muros y entre muros y vigas** se realiza con **angulares formados de dos pletinas** de 8 mm de espesor, 150 mm de longitud y 150 mm de ancho, soldadas en forma de T invertida. En el caso de la unión entre forjados inferiores y muros estos angulares se atornillan primero a la losa de forjado mediante **tirafondos autorroscantes** con una cabeza de 22 mm de diámetro, un fuste de 10 mm y una longitud de 120 mm, para luego colocar los paneles de muro, ya ranurados en su cara inferior, sobre las placas y atornillarlos lateralmente a ellas mediante los mismos tirafondos. Así, la placa queda oculta y los tirafondos engrasados con la madera no suponiendo ningún peligro para los niños. En el caso de la unión entre muros y vigas, las pletinas se atornillan primero al canto superior de los muros y posteriormente a las vigas ya ranuradas. Se coloca una placa en los lados cortos del “módulo muro”, centrada respecto a ellos, a 825 mm de los extremos, y dos en los lados largos, también a esa distancia de los extremos, y la rigidez del conjunto se consigue mediante la unión de ambos muros del módulo.

En el catálogo que sigue recogeremos también todos los elementos de anclaje citados anteriormente.

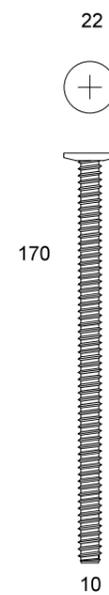


ANCLAJES METÁLICOS

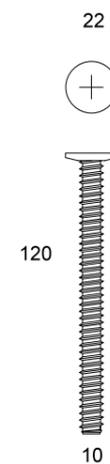
Tirafondos para unión entre muros y de losas con vigas



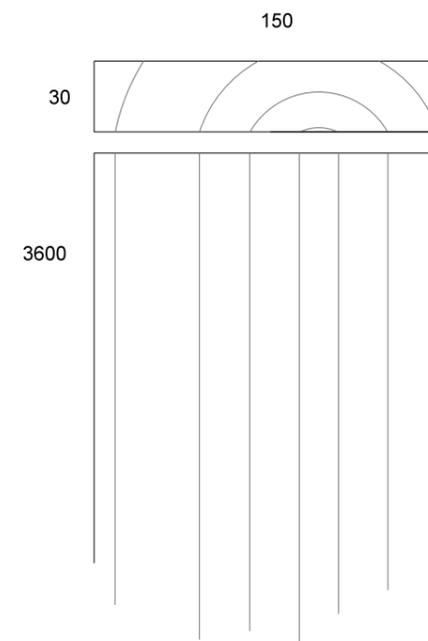
Tirafondos para unión entre losas y pilotes



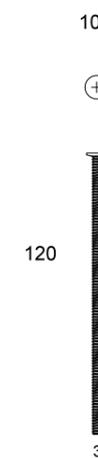
Tirafondos para unión entre losas machihembradas



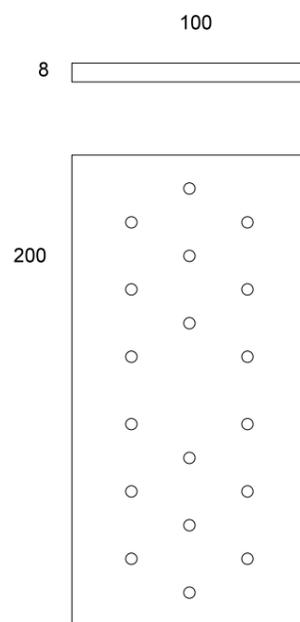
Madera maciza para machihembrado con lengüeta



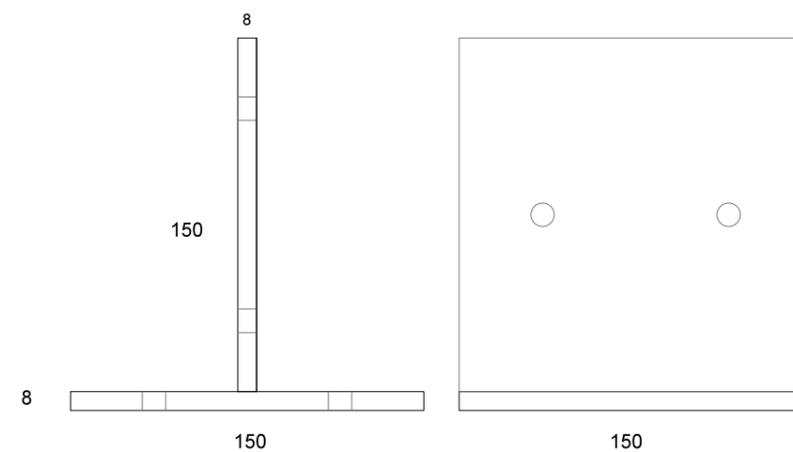
Tirafondos para unión de losas con grapa metálica



Grapa metálica para unión de losas



Pletinas soldadas en T para unión entre losas y muros y muros y vigas



ESCALA 1/3

CARPINTERÍAS Y TABIQUES

Como dijimos en la generación del sistema, los muros de madera contralaminada, con su forma y disposición relativa, con su masividad y pregnancia, definen por sí solos los espacios sin tocarse, los enmarcan y controlan las transiciones entre ellos así como las visuales. Además el proyecto busca en todo momento la relación con el bosque, una gran permeabilidad entre el interior y el exterior.

Para cerrar las fachadas, entre “módulos muro” o sobre ellos, se recurre por tanto a carpinterías de vidrio, elementos transparentes, permeables a la luz y a la vista, que cerrados te mantienen inmerso el bosque y abiertos te hacen salir a él. Estas toman diferentes formas en función de su posición y de su practicabilidad.

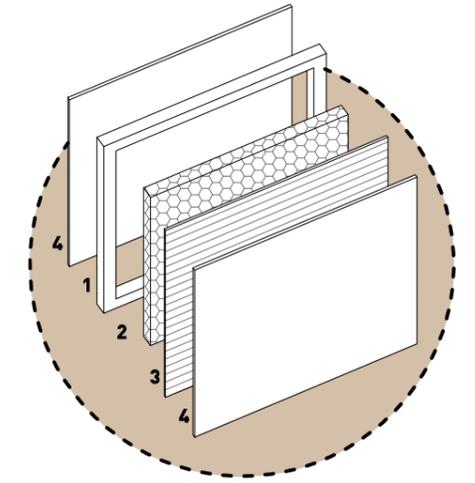
Todas ellas están **moduladas** al ancho de una losa (A = 1,80 m) y a la altura de los muros (D = 2,25 m) y se colocan rápidamente en obra al ser **prefabricadas**, atornillando sus premarcos de madera maciza tratada entre sí y a los paneles de CLT, interponiendo una banda sellanto oculta. Los vidrios son transparentes, de doble hoja con cámara de aire y con carpintería de madera de 50 mm.

Por otro lado, como también dijimos previamente, el espacio interior de un “módulo muro” puede cerrarse para albergar un espacio independizado de servicio al interior o al exterior. Recurrimos para cerrarlo a un elemento de **tabique prefabricado** de misma altura que los muros de CLT (D = 225 cms) y formado por una puerta con marco modulado de A/2 = 90 cms y D = 225 cms de altura y a dos piezas opacas de que terminan de cerrar el espacio entre los muros laterales con D = 225 cms de alto cada una. El tabique se cierra superiormente hasta el techo mediante una carpintería de vidrio de las anteriormente citadas, que deja pasar la luz y permite ventilar.

Usamos el mismo tabique para exteriores e interiores, de 70 mm de grosor formado por paneles DM en ambas caras de espesor 10 mm, hidrofugado y trasdosado con una lámina impermeabilizante en la exterior, encolados sobre una estructura interna de madera aserrada de 50 x 50 mm con aislante térmico de 50 mm en sus intersticios.

Los paneles DM dan un aspecto diferente a los tabiques para diferenciarlos claramente de los muros de madera contralaminada, ya sea revestidos por el exterior o sin revestir al interior, pero en ambos casos con una estética marcada por el ritmo y la textura de las tablas. Además, para evidenciar que se trata de un añadido y no una parte del “módulo muro” sustentante, el tabique se retranquea del extremo de los muros laterales de este.

Por último, hemos decidido incluir en este apartado la **cubierta de policarbonato del invernadero**, otro tipo de carpintería exclusivo de este volumen que le permite tomar la luz cenital del sol. La cubierta de un “módulo básico” se compone de 6 “módulos losa” de 5,4 x 1,8 m, en este caso 2 a cada lado son de madera contralaminada, cubriendo los espacios de servicio que dan al exterior y las 2 centrales se construyen con planchas de policarbonato de doble célula, iluminando el espacio interior de invernadero. No obstante, estas planchas no apoyan en las vigas laterales sino que se enrasan con los revestimientos de cubierta, apoyando en los paneles de CLT. Por tanto se disponen 3 planchas de 3,6 x 1,8 m de lado a lado del hueco, completando la cubierta, apoyando sobre las piezas de remate del canto de las losas que conforman el hueco. Las juntas entre planchas se sellan con silicona y en los encuentros de estas con los paneles de revestimiento se asegura la estanqueidad prolongando las rebabas de los mismos sobre el policarbonato.

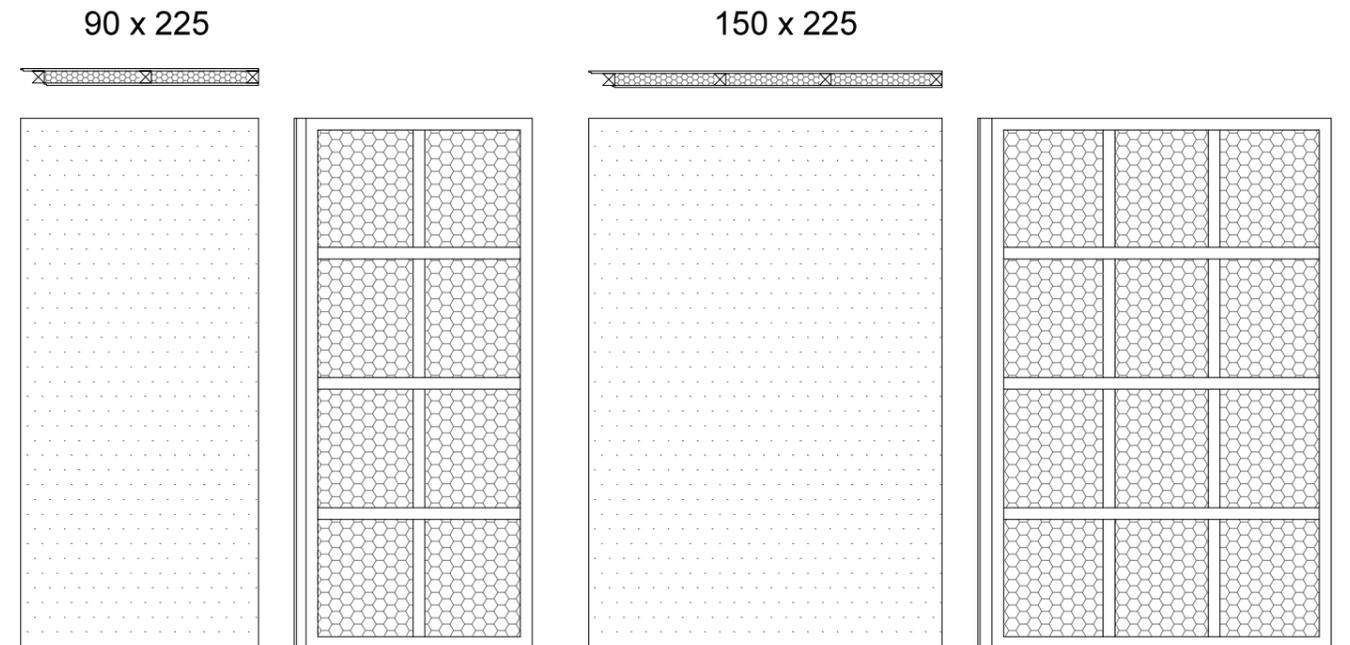


TABIQUES

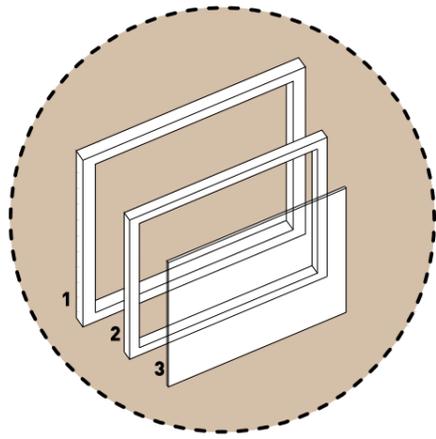
Paneles prefabricados formados de varias capas de espesor total de 70 mm:

- 1 - bastidores de madera aserrada (50 x 50 mm)
- 2 - aislamiento de fibra de madera (50 mm)
- 3 - lámina impermeabilizante
- 4 - tableros de DM (10 mm de espesor)

El decalaje entre el acabado y el sistema de bastidores permite el solape entre paneles y por tanto entre láminas impermeables, garantizando una mejor estanqueidad.



15 90cm
ESCALA 1/30



CARPINTERÍAS

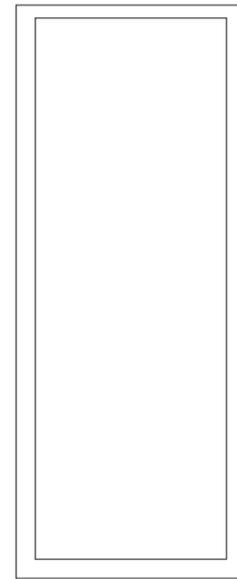
Carpinterías prefabricadas moduladas con:

- 1 - premarco de madera maciza (75 x 50 mm)
- 2 - marco de madera maciza (40 x 40 mm)
- 3 - vidrio de doble hoja

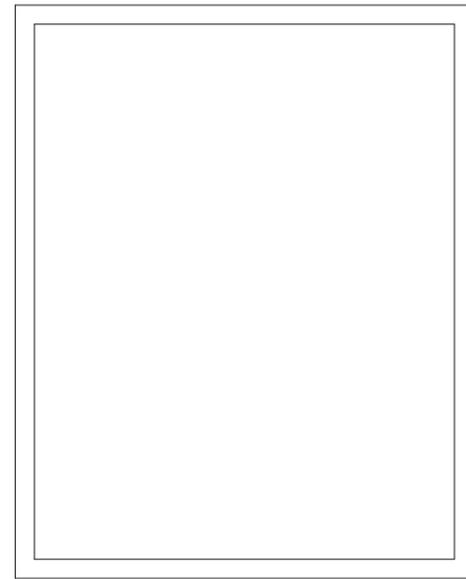
Las puertas opacas son también de madera .

FIJAS

90 x 225



180 x 225



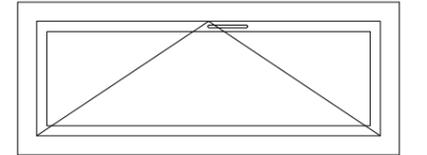
90 x 60



150 x 60

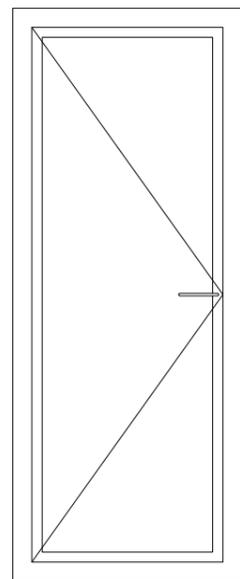
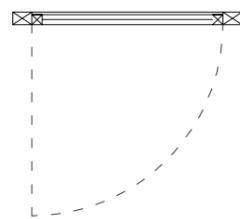


150 x 60

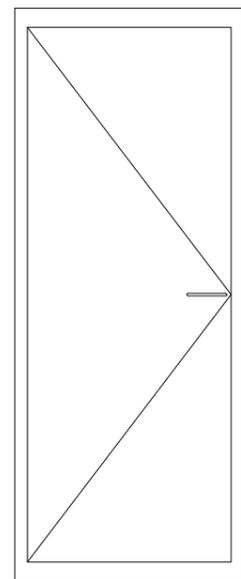
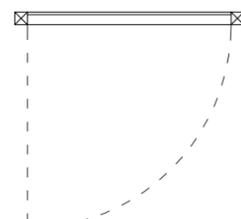


MÓVILES

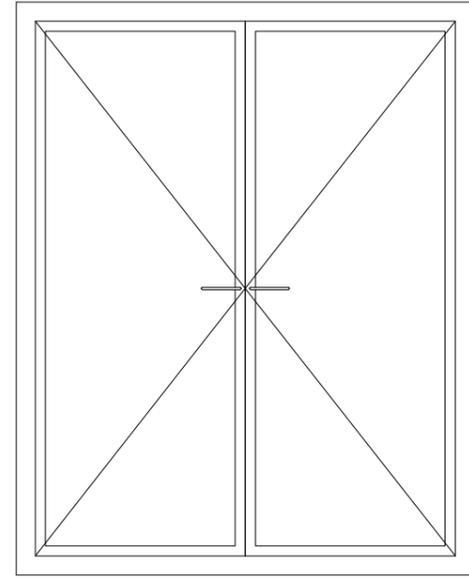
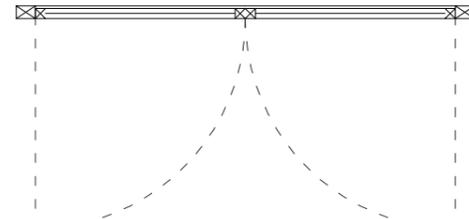
90 x 225 A



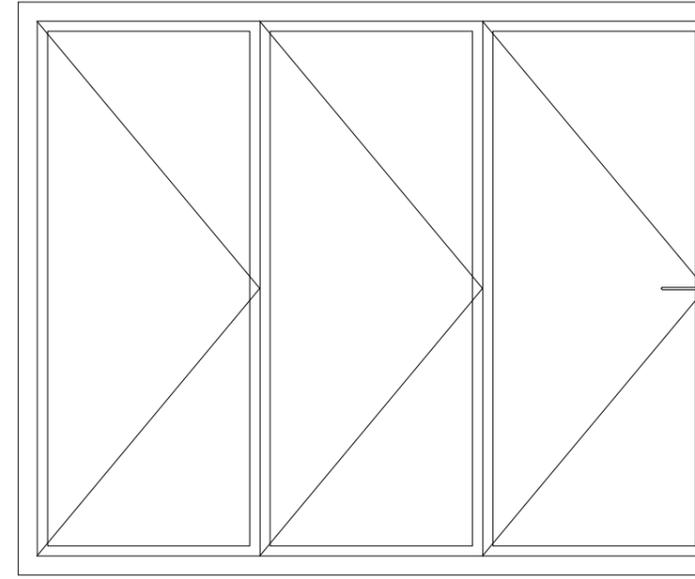
90 x 225 B



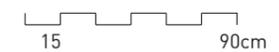
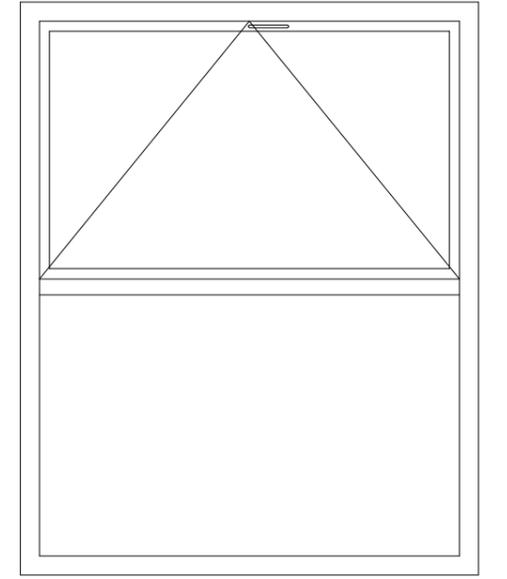
180 x 225 A



270 x 225



180 x 225 B



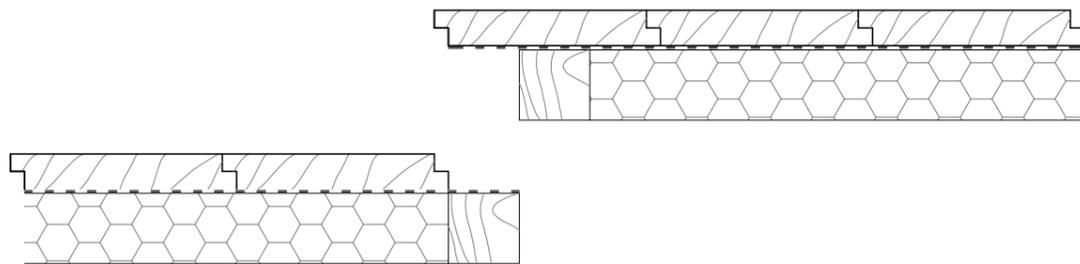
ESCALA 1/30

REVESTIMIENTOS. PANELES PREFABRICADOS

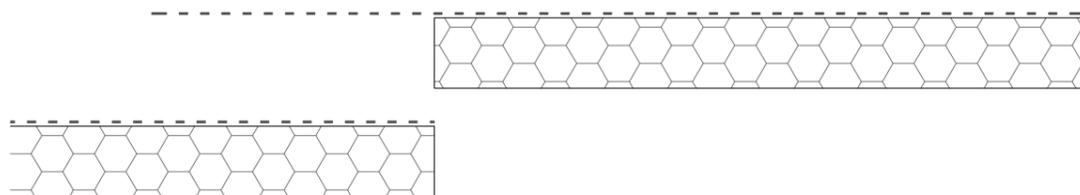
A continuación hablamos de los paneles prefabricados de revestimiento, destinados a **proteger la madera contralaminada de la intemperie y asegurar un buen aislamiento térmico del espacio interior de los volúmenes**, complementando al que ofrecen las losas de CLT. Son de fácil colocación en obra sobre el soporte de madera contralaminada mediante tornillos autorroscantes y su diseño busca garantizar en sus juntas una adecuada estanqueidad al exterior.

Distinguimos tres tipos:

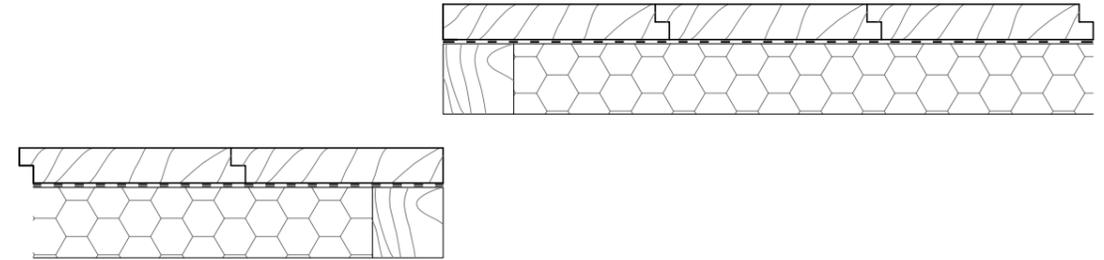
- **Paneles de revestimiento exterior de vigas, muros y canto de forjado inferior**, formados de varias capas de espesor total de 75 mm que aseguran la protección de la intemperie, una adecuada estanqueidad, un correcto aislamiento del espacio interior y un acabado estético y natural en madera. Usan como soporte bastidores de madera aserrada de 50 x 50 mm de sección entre los cuales se coloca aislamiento térmico de lana de vidrio de 50 mm de ancho y sobre ellos el acabado de tablas macizas de madera machihembradas de espesor de 25 mm y 150 mm de ancho trasdosadas con una lámina impermeabilizante. El decalaje entre el acabado de tablas y el sistema de bastidores permite el solape entre paneles y por tanto entre láminas impermeables, garantizando una mejor estanqueidad.



- **Paneles de revestimiento exterior de la cubierta** para garantizar una adecuada estanqueidad de la misma y el aislamiento del espacio interior. Están conformados de placas de lana de vidrio aislante de 50 mm tratadas externamente con lámina impermeabilizante autoprottegida, resistente a la intemperie. Esta incorpora rebabas de 20 cm en dos lados adyacentes, lo que permite su montaje en esa dirección, solapando las rebabas sobre los paneles adyacentes y garantizando la estanqueidad total al solapar láminas exentas en los cantos de arriba y de la derecha de la cubierta (quedando los de abajo y la izquierda cubiertos por las rebabas dobladas de los paneles). Los cantos se protegen con una pieza de madera modulada como los paneles, colocada mediante tornillos sobre las rebabas.



- **Paneles de revestimiento del pavimento de los volúmenes** de manera a proteger las losas de CLT de la abrasión y aislar térmicamente el espacio interior. Están constituidos por las mismas capas que los paneles de cerramiento, de espesor total de 75 mm, quedando como un entarimado. Los revestimientos del pavimento exterior no cuentan con aislamiento térmico.

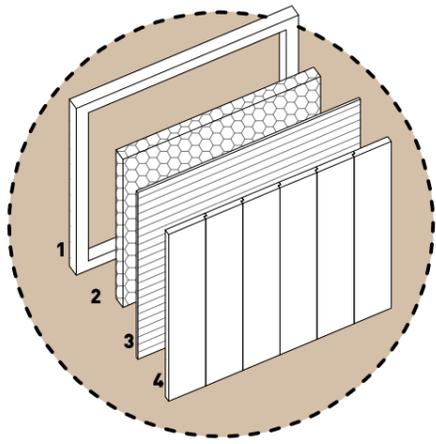


La **madera maciza de acabado** tiene la doble vocación de ser sostenible y reciclable (de la mano del montaje en seco) y al tiempo garantizar la estética natural de las construcciones. El **aislamiento a base de lana de vidrio**, además de garantizar un alto grado de aislamiento térmico y acústico y de ser incombustible, es 100% reciclable y ha sido escogido, frente a otros aislantes como la fibra de madera, por su bajo peso propio y su moldeabilidad para el paso de instalaciones. Así pues, los paneles de revestimiento de muros y de pavimento interior están diseñados para permitir el **paso de instalaciones ocultas a través de sus bastidores y su aislamiento**, mediante muescas puntuales en los primeros y gracias a la compresibilidad del segundo. Esto facilita un trazado libre pero regulado de las instalaciones sobre las placas de madera contralaminada y una posterior colocación sencilla de los paneles de revestimiento sobre las mismas. Todo ello lo explicaremos en detalle en el apartado de diseño de instalaciones.

Elegimos la madera utilizada para las tablas de acabado de los diferentes paneles a partir del catálogo de la revista *Tec-tónica*, *Revestimientos 11*, *Madera (I)*, en función de su resistencia a las solicitaciones a las que va a ser expuesta, su estética, su bajo coste y su procedencia nacional, que supone la creación de trabajo y la reducción de los costes ambientales del transporte. Buscamos una misma madera que sirva para todos los revestimientos: los cerramientos, los cantos de forjado y el pavimento interior y exterior (previo al vidrio retranqueado), extrapolándola a las carpinterías, a las traviesas del camino y traduciendo así el concepto de continuidad del espacio exterior con el interior de la mano de la continuidad material. Debe casar bien estéticamente con el Pino Insignis de los tableros de CLT, visibles en techo y muros interiores.

Usamos pues **Pino Silvestre**, la misma madera que el bosque, una madera adecuada tanto para su uso en exteriores como en interiores y para revestimiento de muros como para pavimentos, de fácil encolado y atornillado pero difícil arranque. Tratada de fábrica con lasur incoloro mate (aunque oscurece un poco la madera) que mejora su impermeabilidad y las prestaciones al exterior, apoyadas por la protección parcial de los aleros. No obstante, el espesor de las tablas, de 25 mm, les permite por sí solo una adecuada resistencia a la intemperie y la estética de la madera algo alabeada y descolorida por el sol es considerada como un aspecto positivo en el proyecto, que la naturaliza, la integra en el entorno natural.





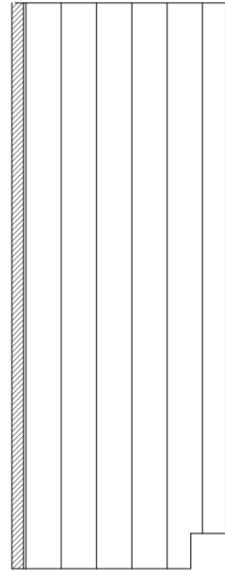
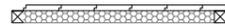
REVESTIMIENTOS DE MUROS

Paneles prefabricados formados de varias capas de espesor total de 75 mm:

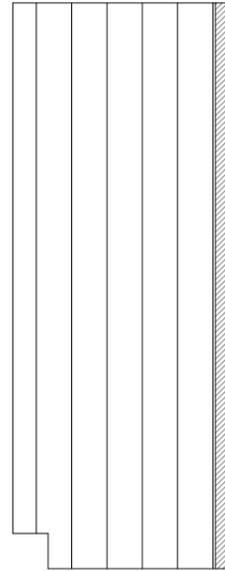
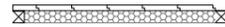
- 1 - bastidores de madera aserrada (50 x 50 mm)
- 2 - aislamiento de fibra de madera (50 mm)
- 3 - lámina impermeabilizante
- 4 - tablas macizas de madera machihembradas (25 mm de espesor y 150 mm de ancho)

El decalaje entre el acabado de tablas y el sistema de bastidores permite el solape entre paneles y por tanto entre láminas impermeables, garantizando una mejor estanqueidad.

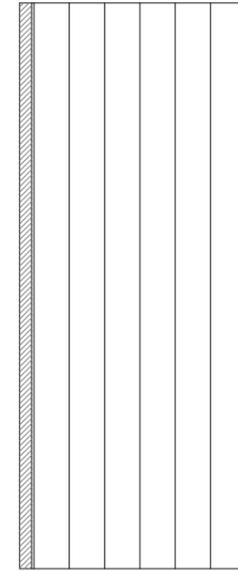
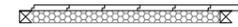
240 x 85 A



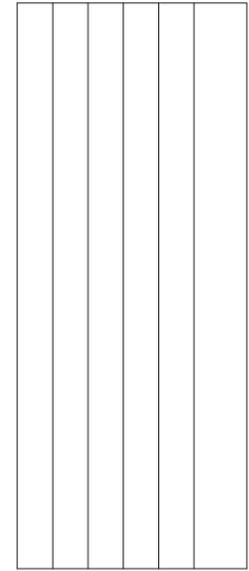
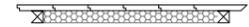
240 x 85 B



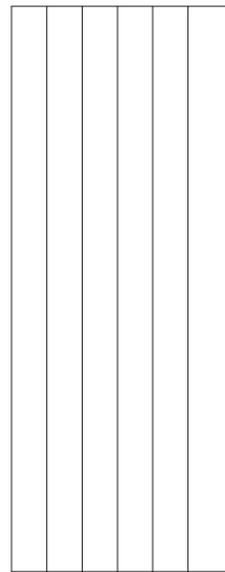
240 x 90



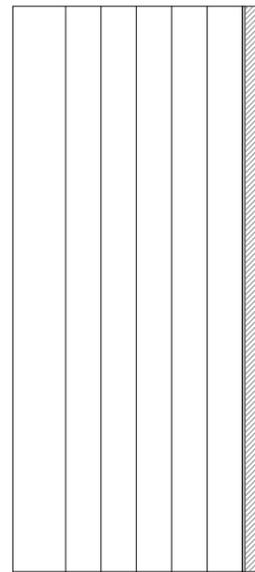
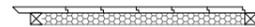
240 x 95 A



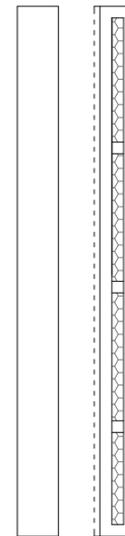
240 x 95 B



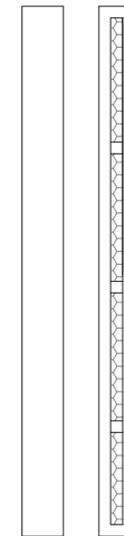
240 x 95 C



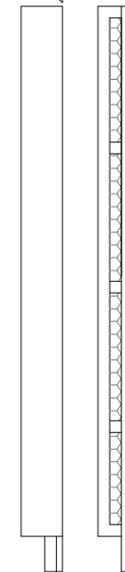
Canto 1



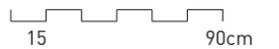
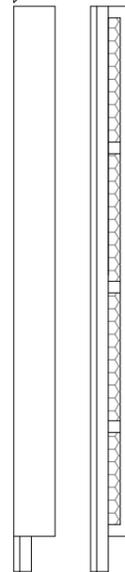
Canto 2



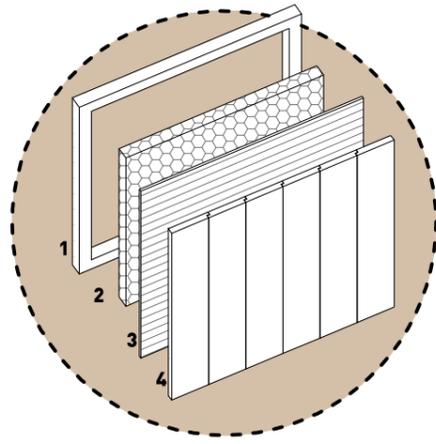
Esquina 1



Esquina 2



ESCALA 1/30

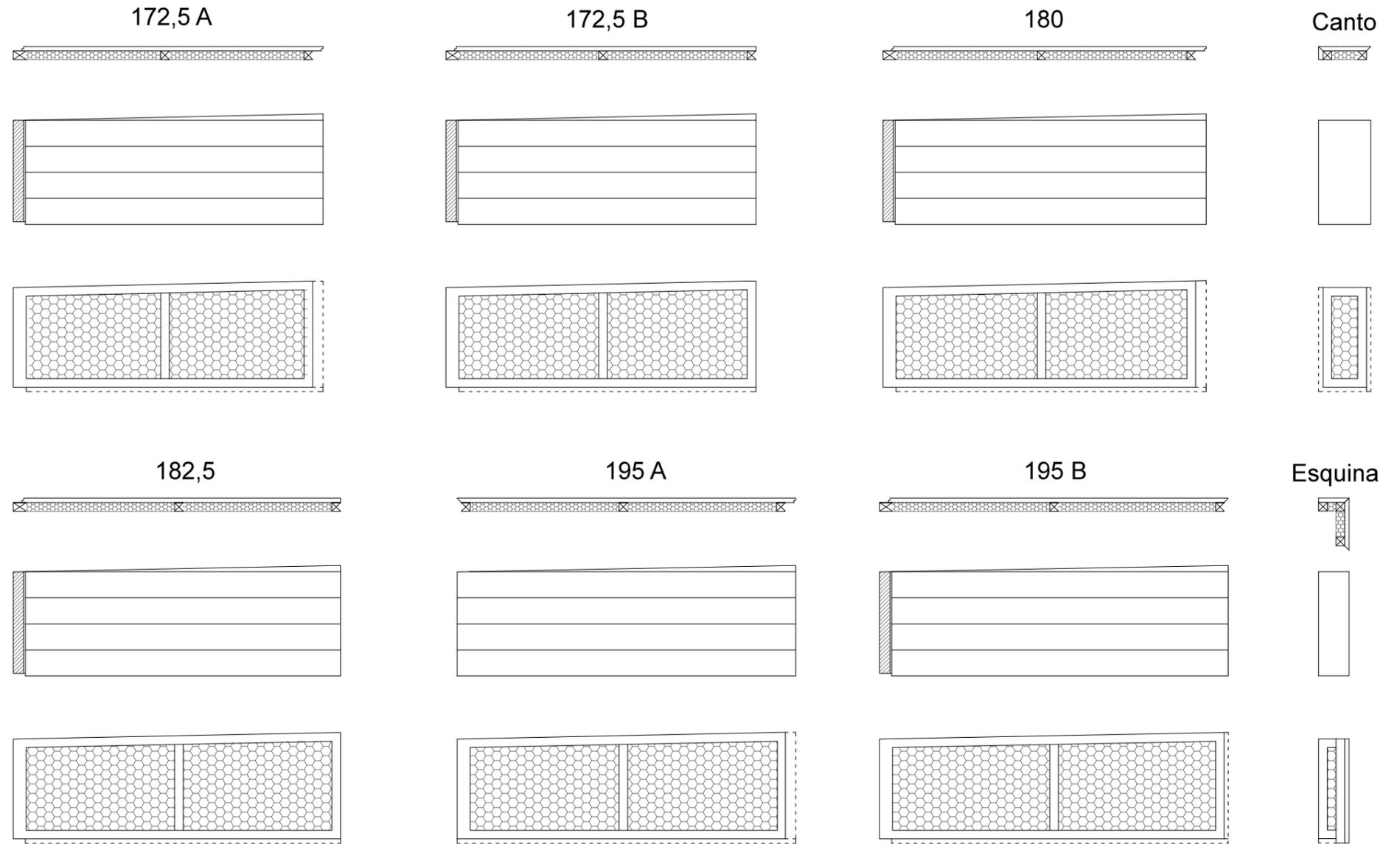


REVESTIMIENTOS DE VIGAS

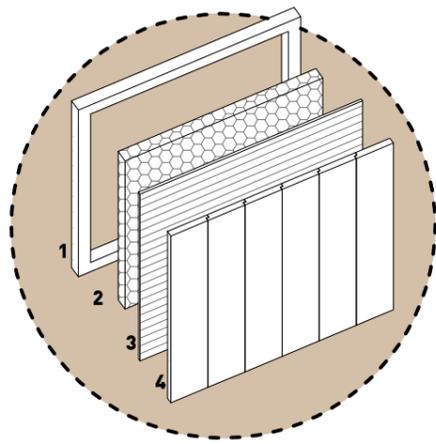
Paneles prefabricados formados de varias capas de espesor total de 75 mm:

- 1 - bastidores de madera aserrada (50 x 50 mm)
- 2 - aislamiento de fibra de madera (50 mm)
- 3 - lámina impermeabilizante
- 4 - tablas macizas de madera machihembradas (25 mm de espesor y 150 mm de ancho)

El decalaje entre el acabado de tablas y el sistema de bastidores permite el solape entre paneles y por tanto entre láminas impermeables, garantizando una mejor estanqueidad.



15 90cm
ESCALA 1/30



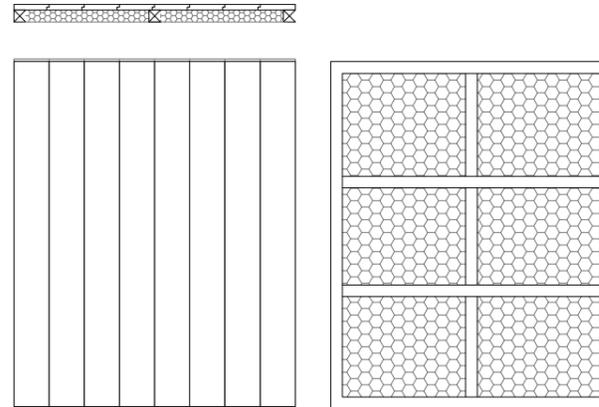
REVESTIMIENTOS DE PAVIMENTOS

Paneles prefabricados formados de varias capas de espesor total de 75 mm:

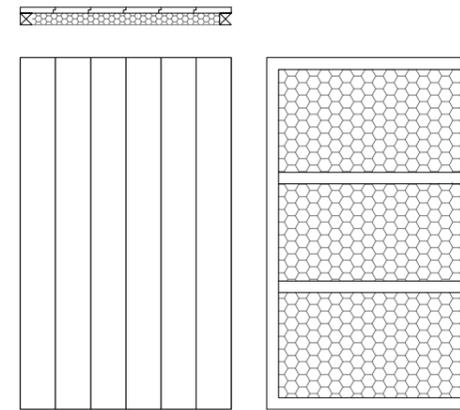
- 1 - bastidores de madera aserrada (50 x 50 mm)
- 2 - aislamiento de fibra de madera (50 mm)
- 3 - lámina impermeabilizante
- 4 - tablas macizas de madera machihembradas (25 mm de espesor y 150 mm de ancho)

INTERIOR

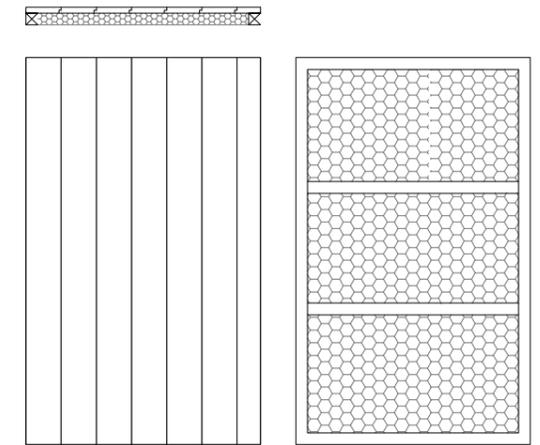
120 x 148



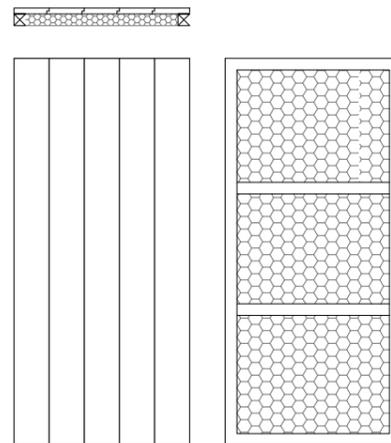
90 x 150



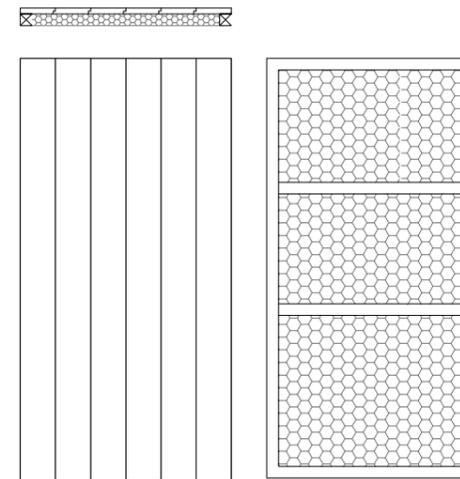
100 x 165



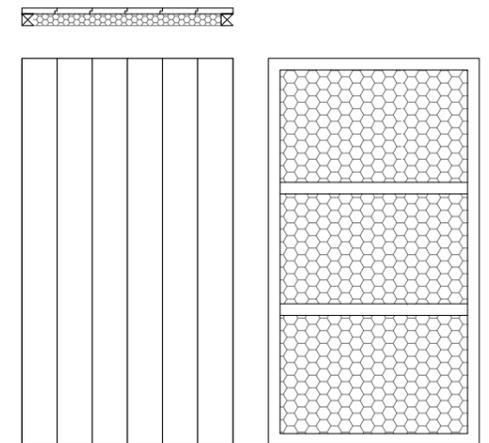
75 x 165



90 x 180

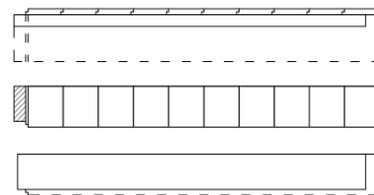


90 x 165

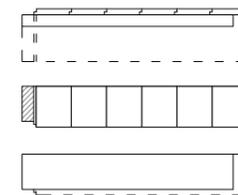


EXTERIOR

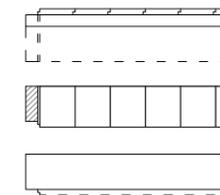
150 x 17,5



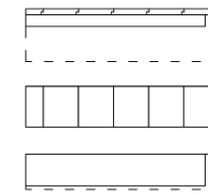
90 x 17,5



85 x 17,5 A

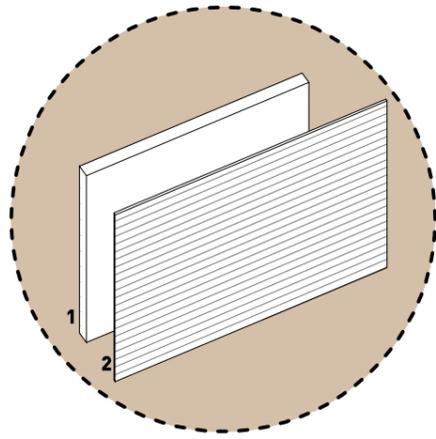


85 x 17,5 B



SECCIÓN TRANSVERSAL

15 90cm
ESCALA 1/30



REVESTIMIENTOS DE CUBIERTA

Paneles prefabricados formados de varias capas de espesor total de 50 mm:

- 1 - aislamiento de fibra de madera (50 mm)
- 2 - lámina impermeabilizante autoprottegida con rebaba para solape

90 x 180

75 x 180

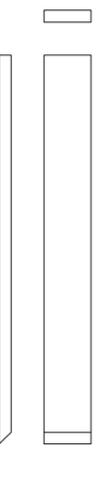
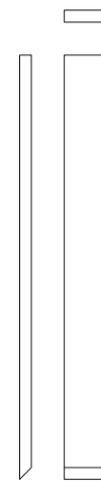
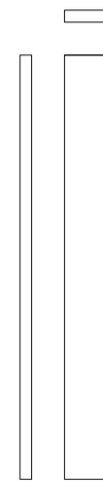
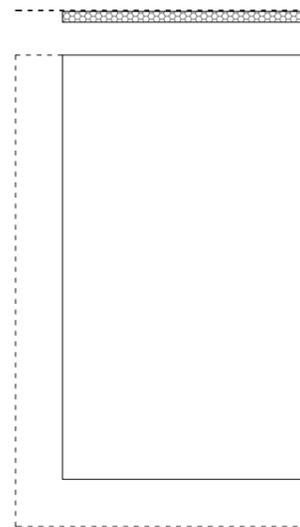
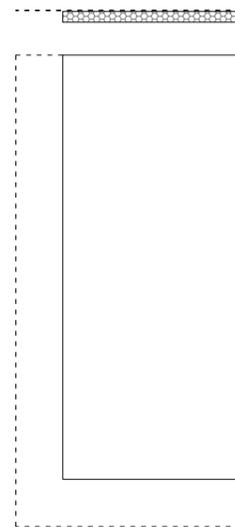
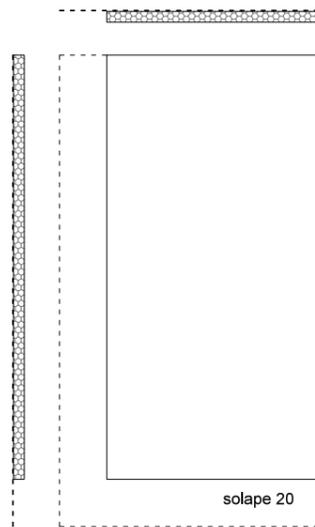
105 x 180

180 x 20 A

180 x 20 B

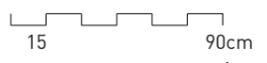
185 x 20

165 x 20



PLANO DE FORJADO

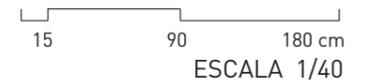
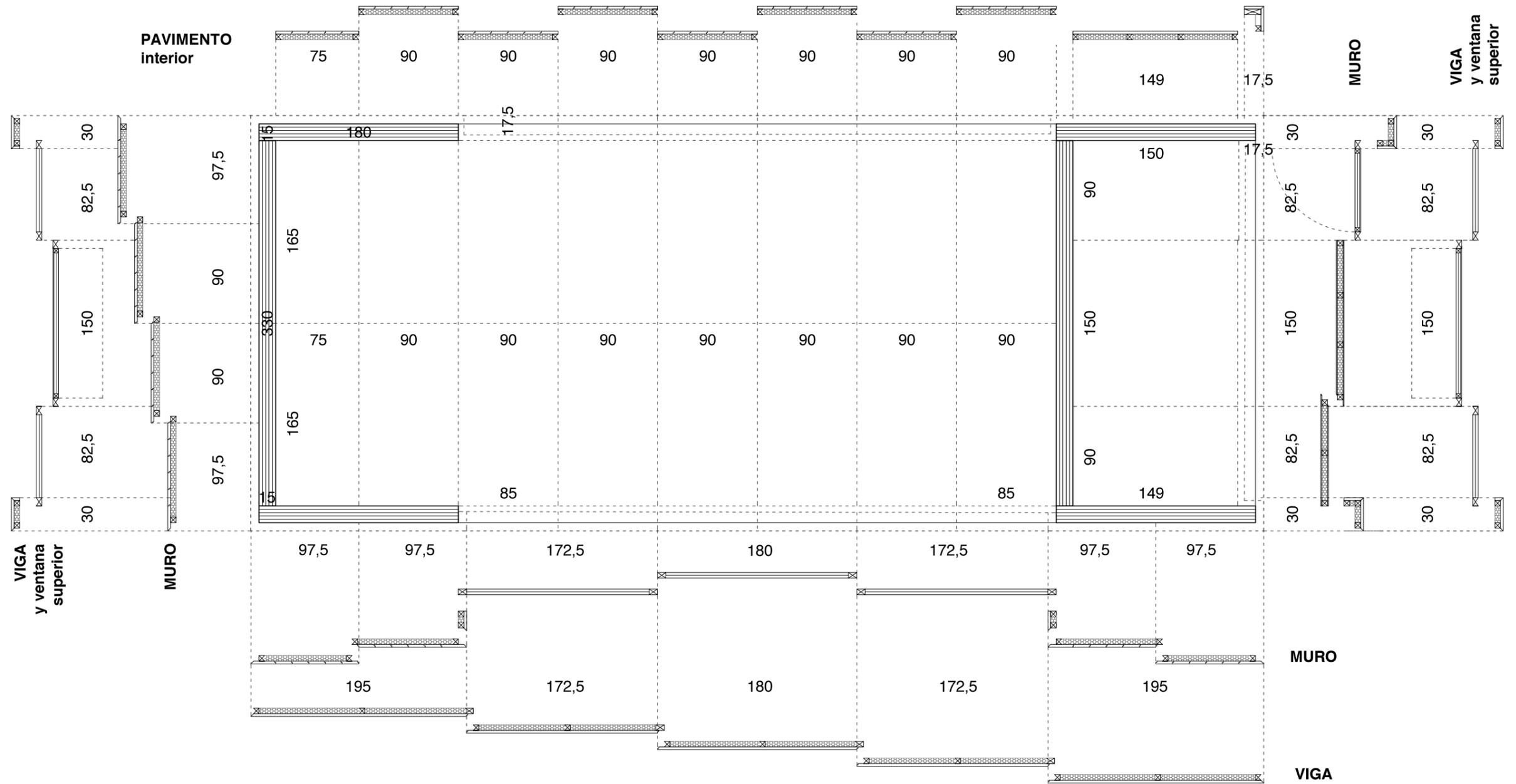
CANTO DE FORJADO



ESCALA 1/30

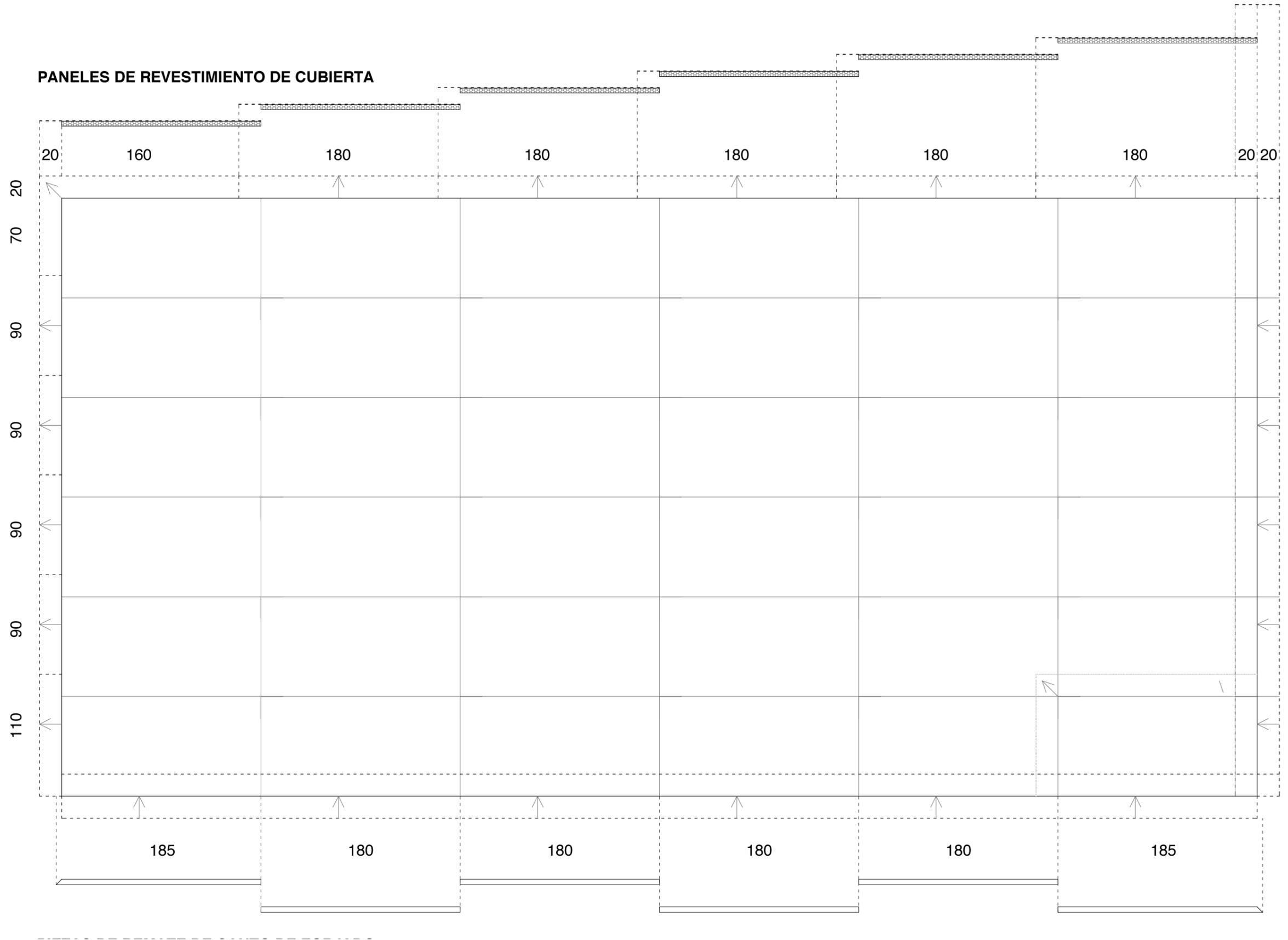
MONTAJE DE REVESTIMIENTOS

Los esquemas que siguen ilustran el despiece de los revestimientos, sus medidas y solapes, así como su orden relativo de colocación.

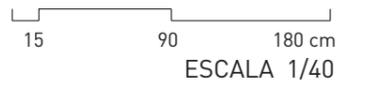


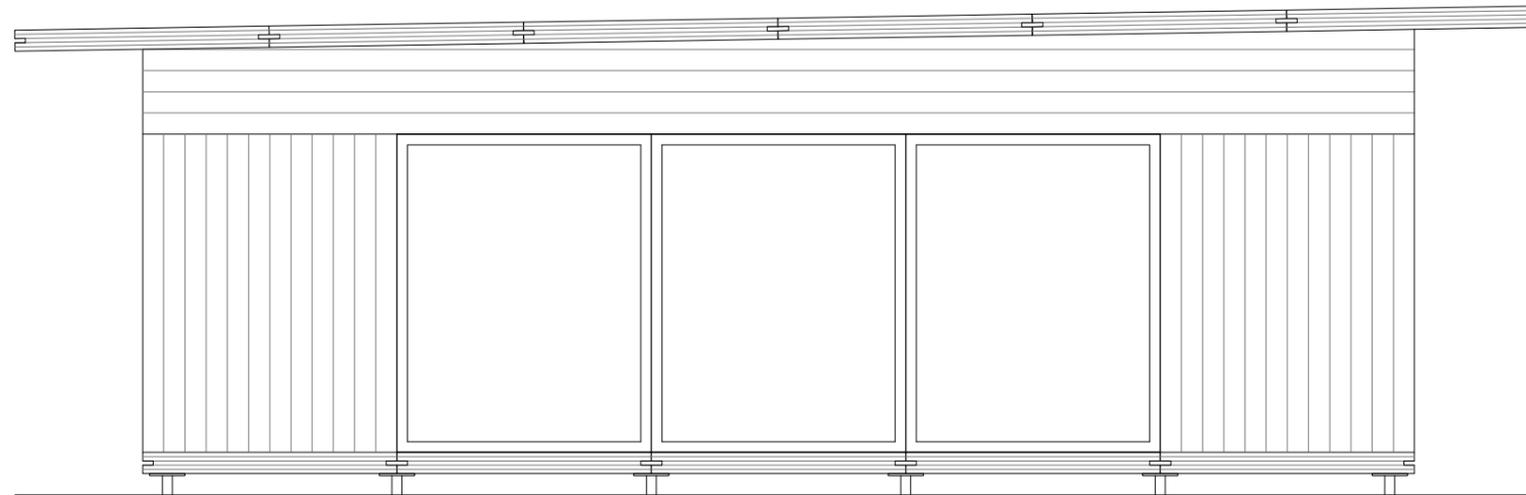
PANELES DE REVESTIMIENTO DE CUBIERTA

DOBLADO DE LAS REBABAS SOBRE EL CANTO DEL FORJADO

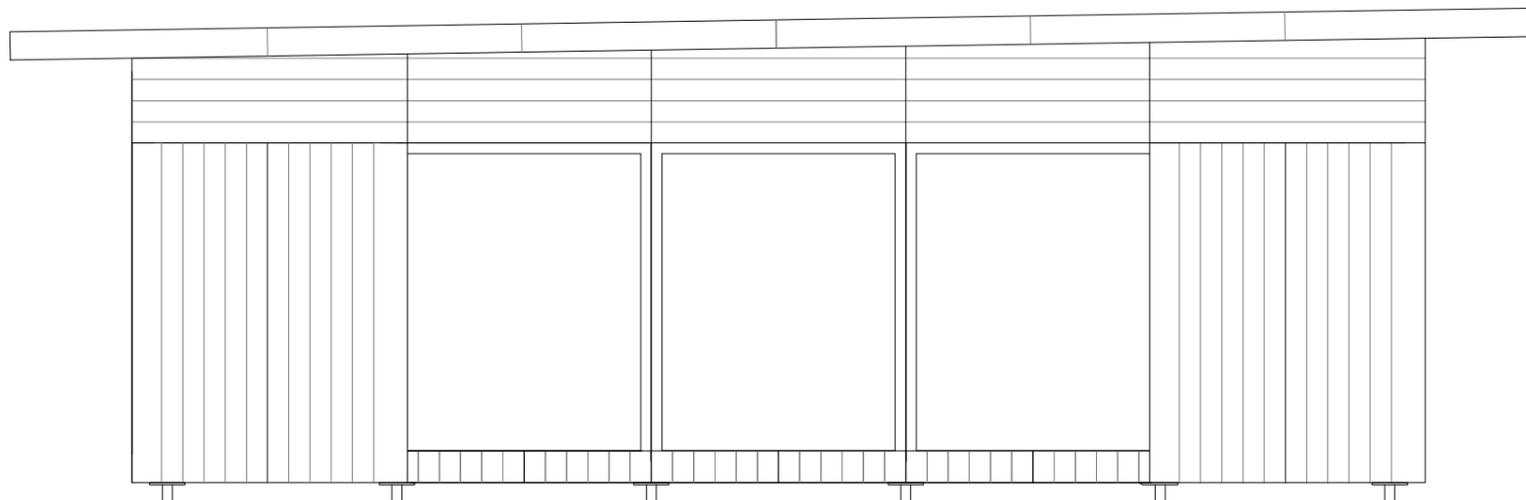
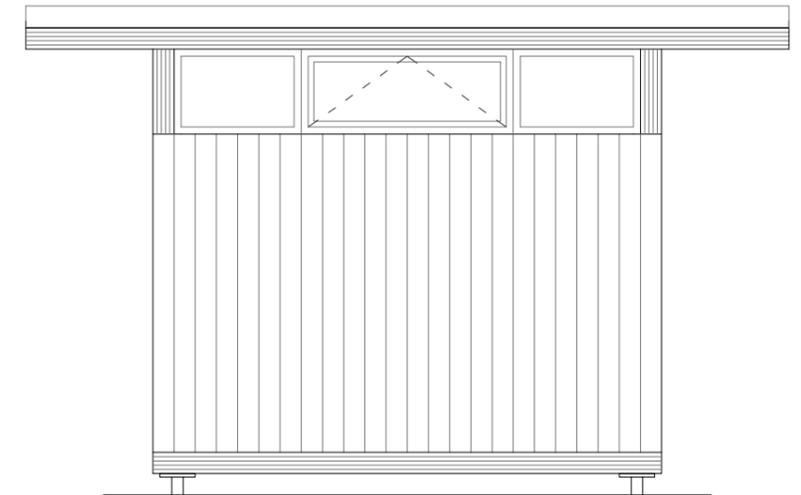


AÑADIDO DE UNA LÁMINA SOBRE EL CANTO DEL FORJADO

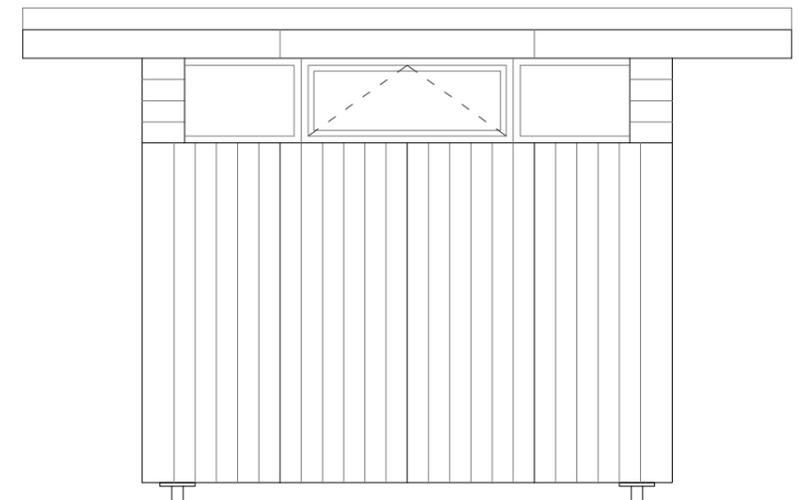




ALZADOS DE UN "MÓDULO BÁSICO" SIN REVESTIR



ALZADOS DE UN "MÓDULO BÁSICO" REVESTIDO

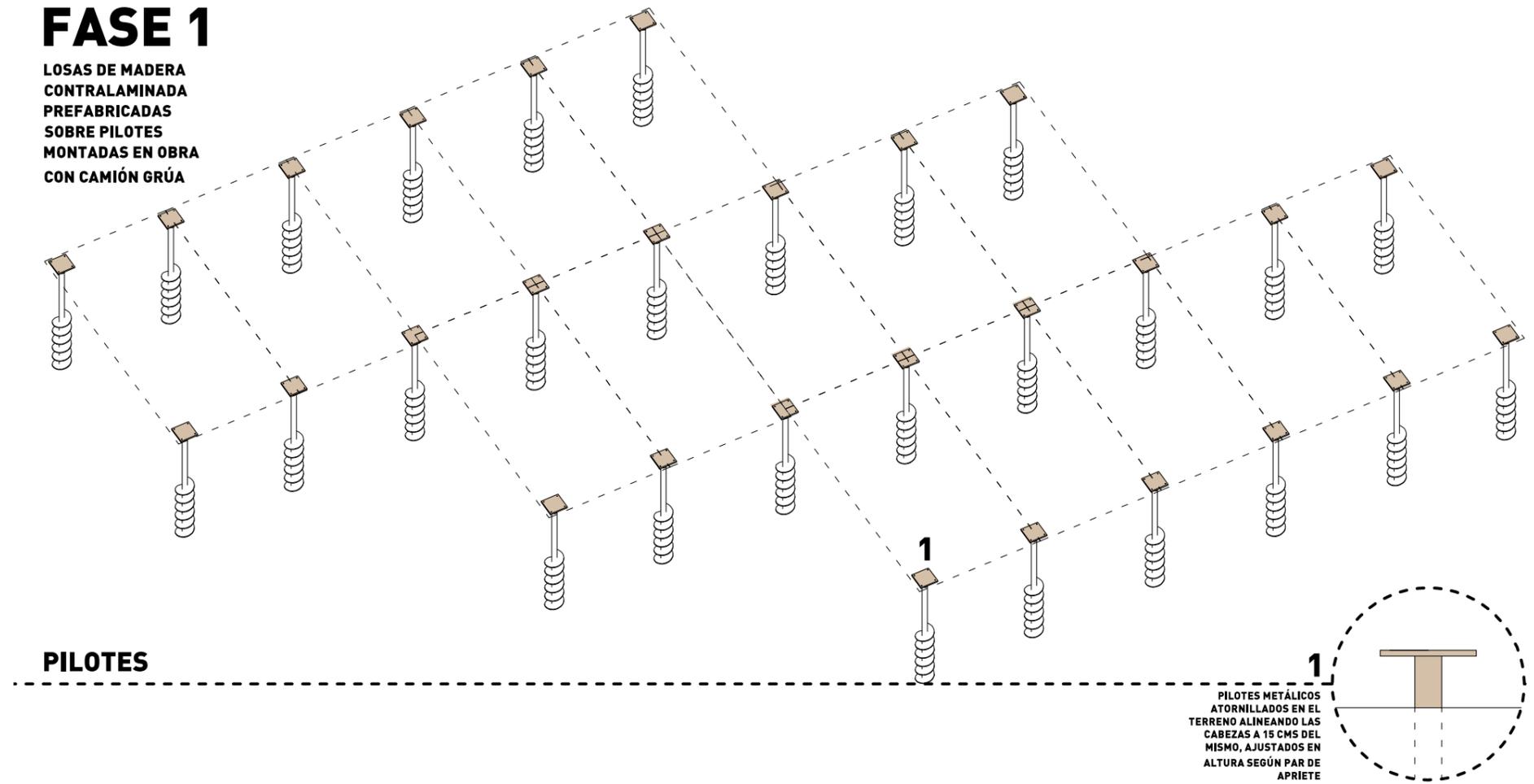


PROCESO CONSTRUCTIVO

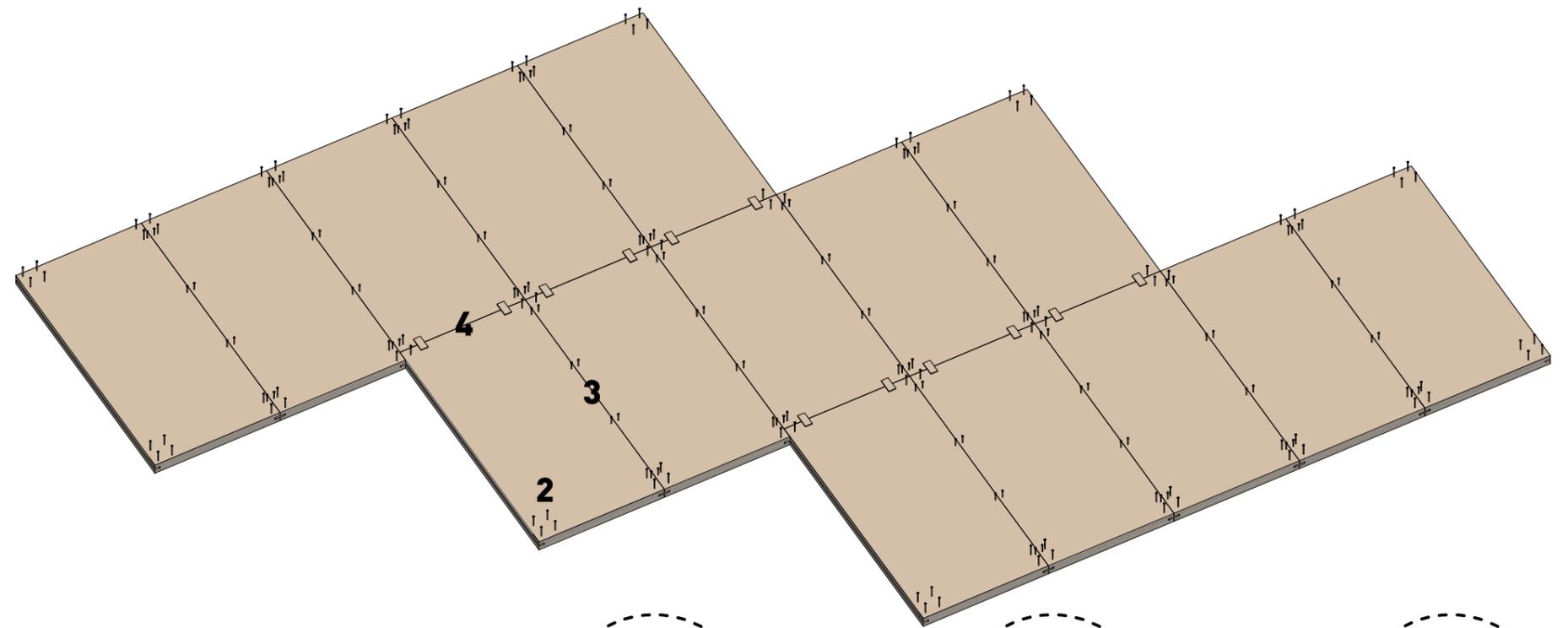
A continuación veremos las fases y sub-fases del levantamiento del volumen de La Casa, extrapolable a todos los volúmenes del sistema.

FASE 1

LOSAS DE MADERA
CONTRALAMINADA
PREFABRICADAS
SOBRE PILOTES
MONTADAS EN OBRA
CON CAMIÓN GRÚA

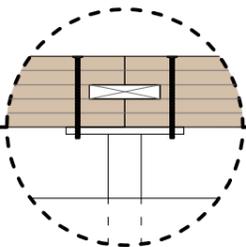


ESCALA 1/75

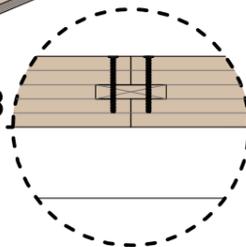


FORJADO INFERIOR

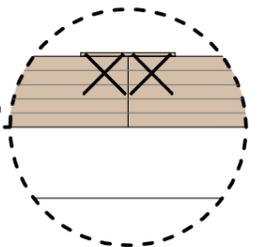
2
 ATORNILLADO
 DE LAS LOSAS
 DE CLT AL PILOTE
 DESDE ARRIBA

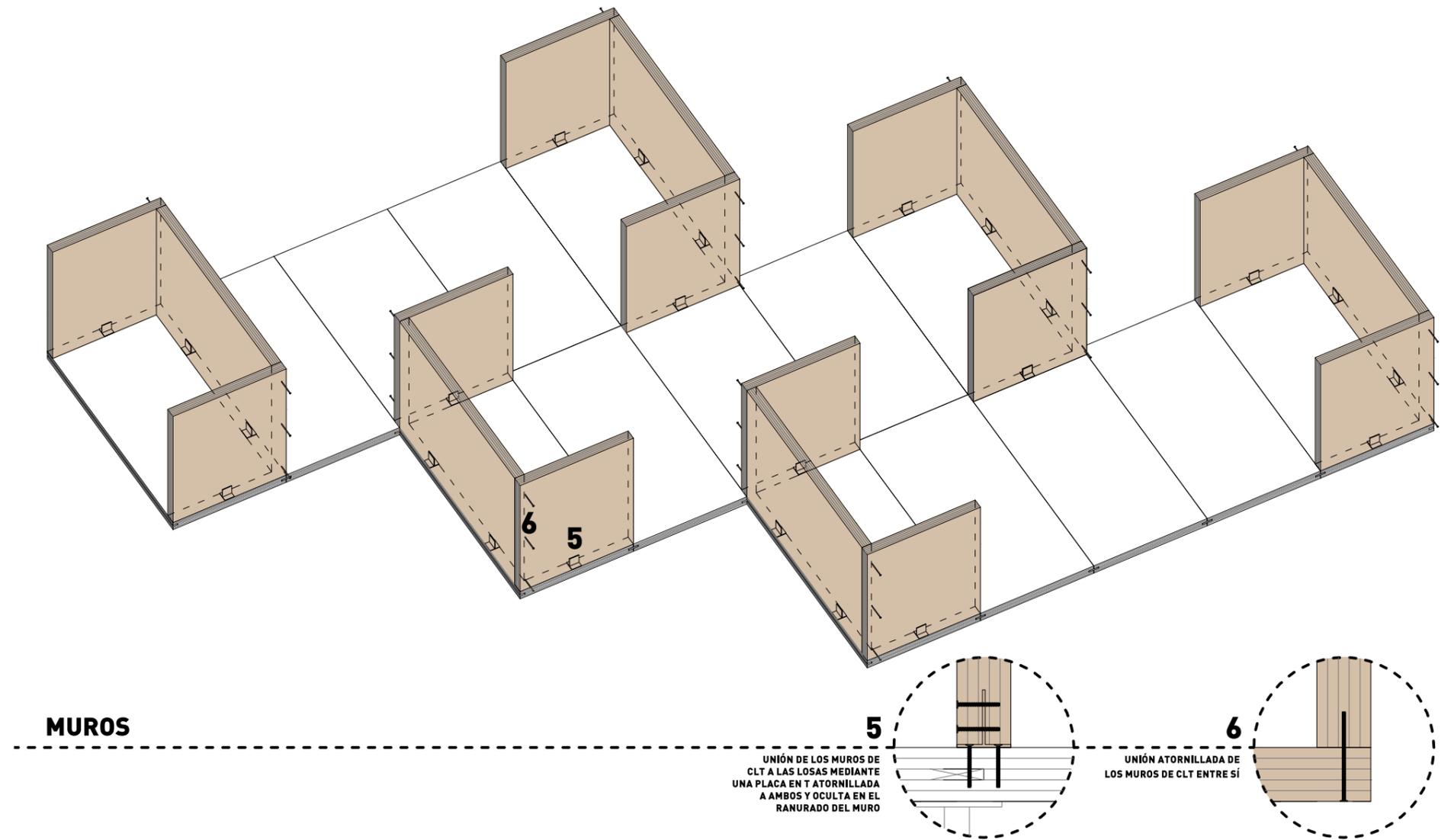


3
 ATORNILLADO DE LAS LOSAS
 DE CLT ENTRE SÍ EN SU
 DIRECCIÓN TRANSVERSAL
 MEDIANTE UNA PIEZA
 INTERMEDIA DE MADERA

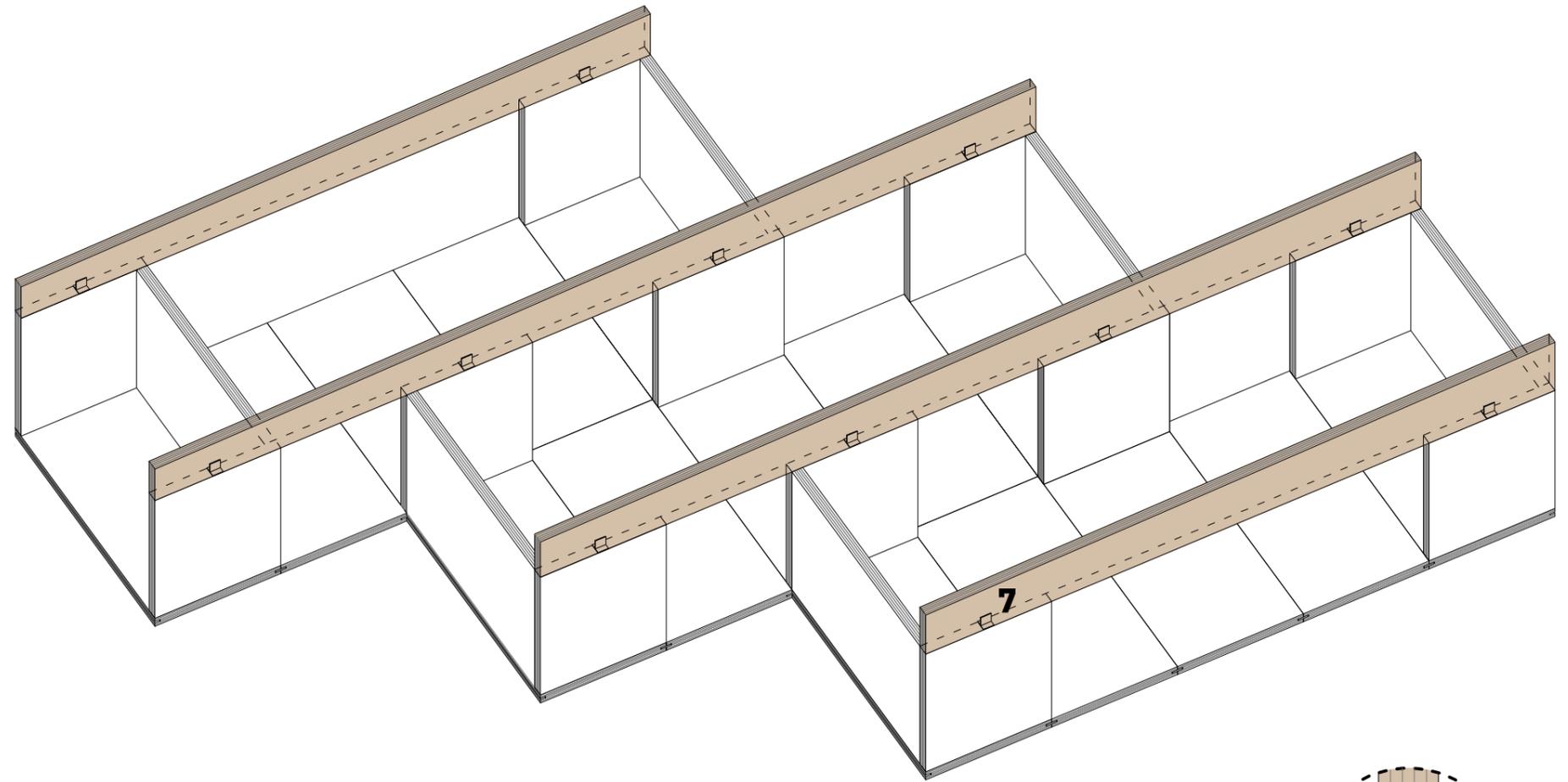


4
 UNIÓN DE LAS LOSAS DE CLT
 ENTRE SÍ EN SU DIRECCIÓN
 LONGITUDINAL MEDIANTE UNA
 GRAPA METÁLICA ATORNILLADA
 (QUE PERMITE EL MOVIMIENTO
 DIFERENCIAL DE AMBAS LOSAS)





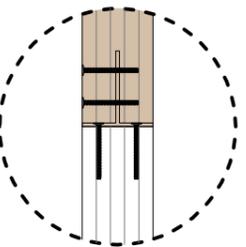
ESCALA 1/75



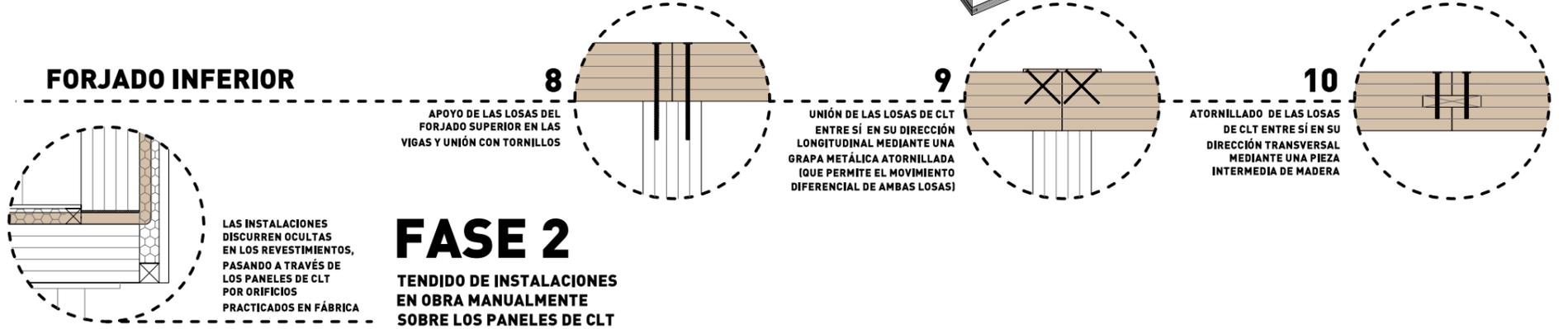
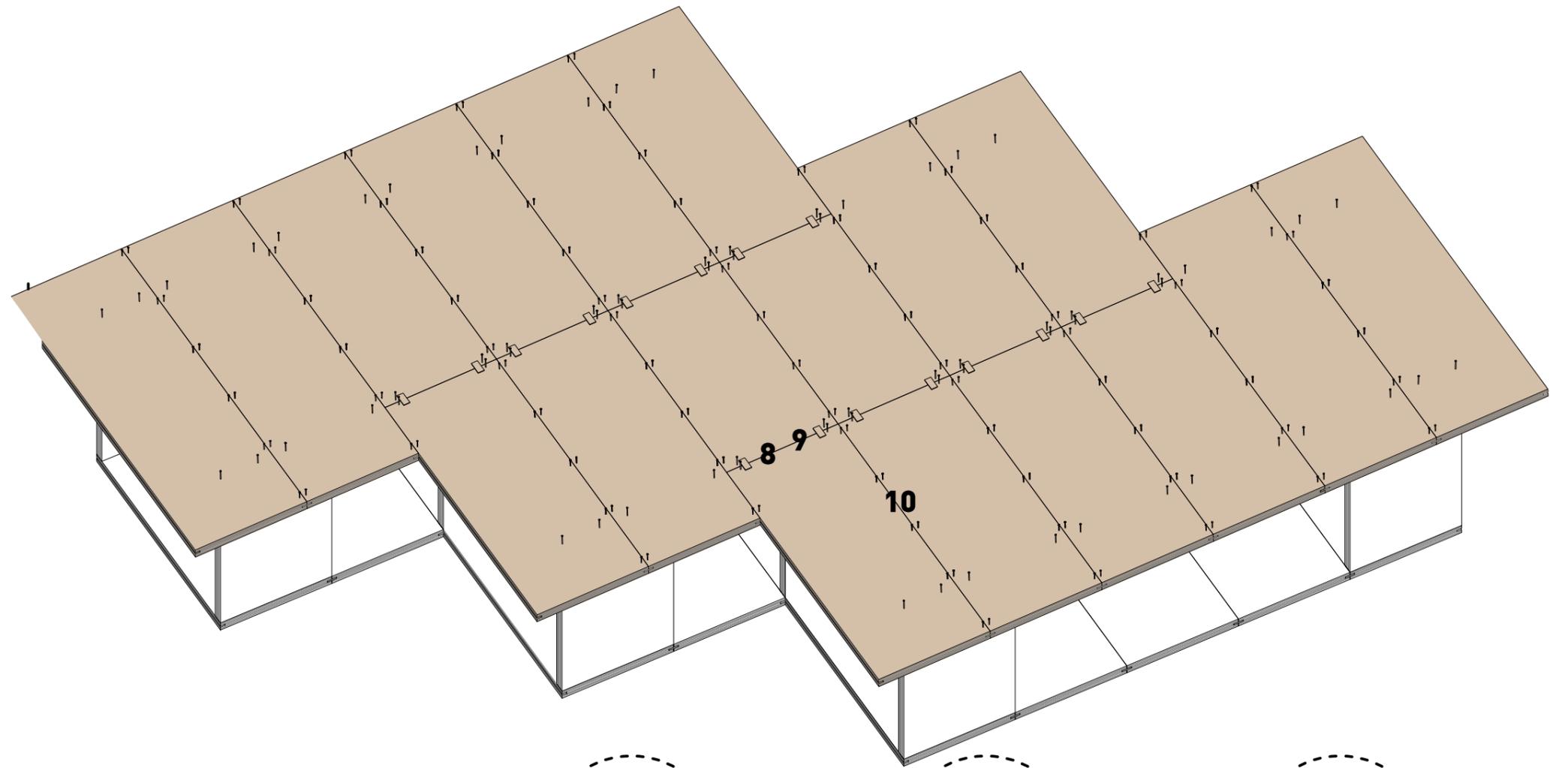
VIGAS

7

UNIÓN DE LAS VIGAS DE
CLT A LOS MUROS MEDIANTE
UNA PLACA EN T ATORNILLADA
A AMBOS Y OCULTA EN EL
RANURADO DE LA VIGA



ESCALA 1/75

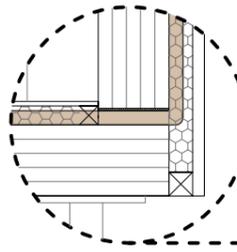


FORJADO INFERIOR

8
APOYO DE LAS LOSAS DEL FORJADO SUPERIOR EN LAS VIGAS Y UNIÓN CON TORNILLOS

9
UNIÓN DE LAS LOSAS DE CLT ENTRE SÍ EN SU DIRECCIÓN LONGITUDINAL MEDIANTE UNA GRAPA METÁLICA ATORNILLADA (QUE PERMITE EL MOVIMIENTO DIFERENCIAL DE AMBAS LOSAS)

10
ATORNILLADO DE LAS LOSAS DE CLT ENTRE SÍ EN SU DIRECCIÓN TRANSVERSAL MEDIANTE UNA PIEZA INTERMEDIA DE MADERA



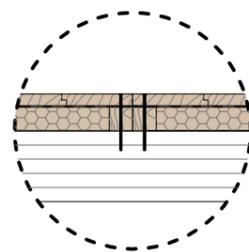
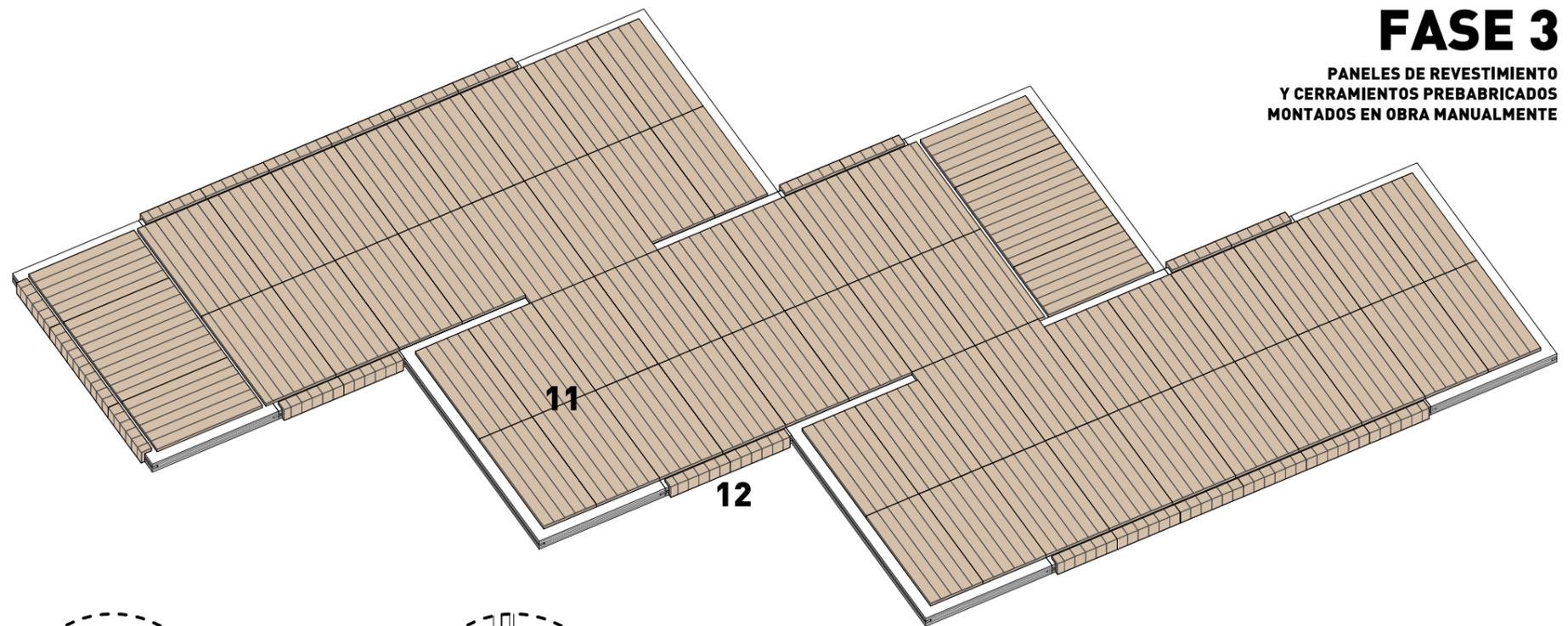
LAS INSTALACIONES DISCURREN OCULTAS EN LOS REVESTIMIENTOS, PASANDO A TRAVÉS DE LOS PANELES DE CLT POR ORIFICIOS PRACTICADOS EN FÁBRICA

FASE 2
TENDIDO DE INSTALACIONES EN OBRA MANUALMENTE SOBRE LOS PANELES DE CLT

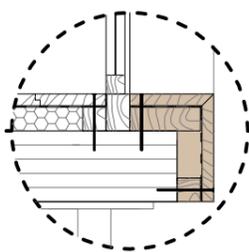
ESCALA 1/75

FASE 3

PANELES DE REVESTIMIENTO
Y CERRAMIENTOS PREFABRICADOS
MONTADOS EN OBRA MANUALMENTE



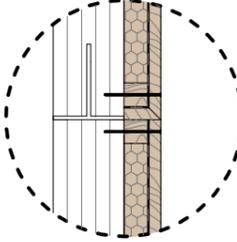
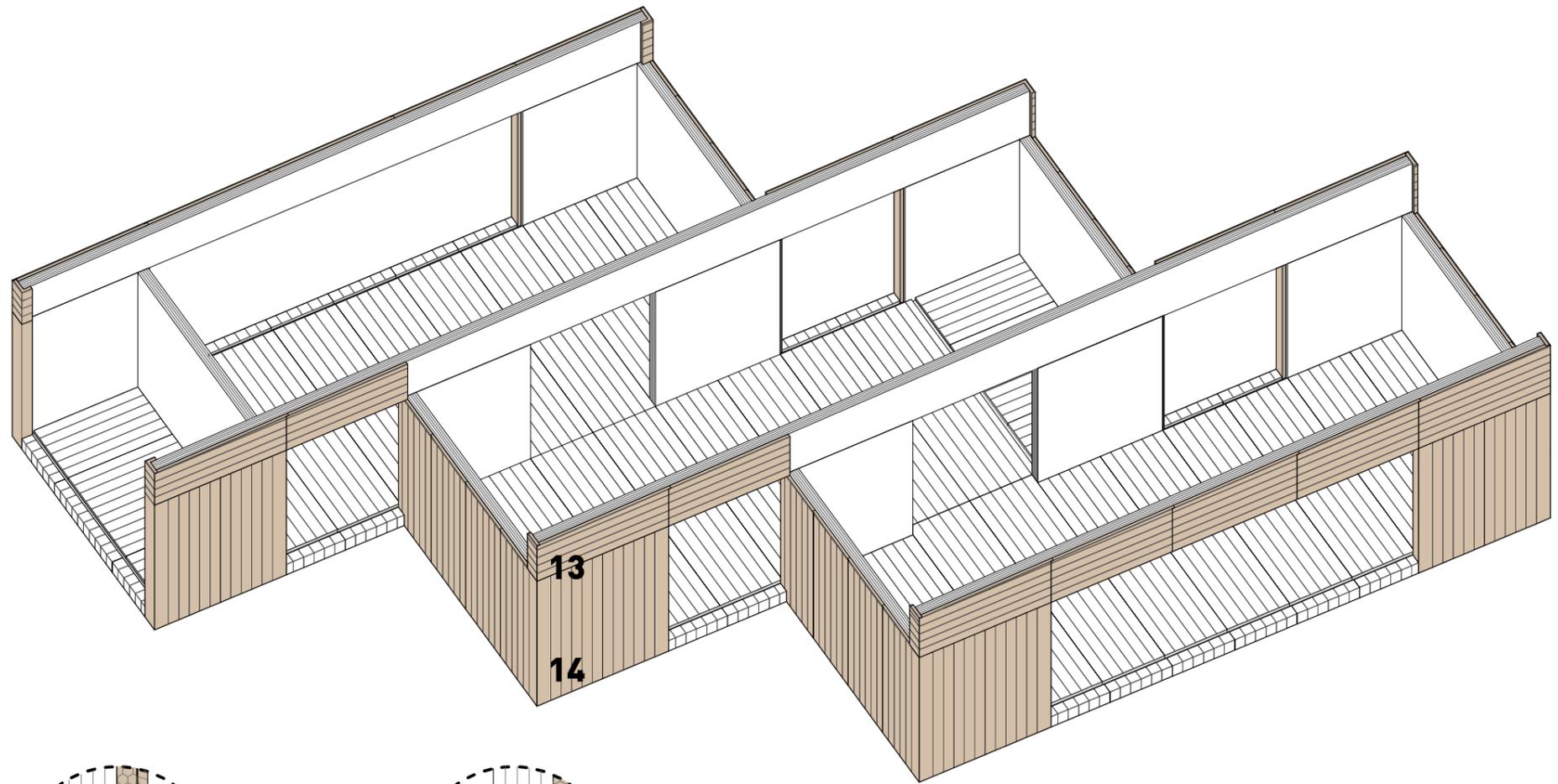
11
PAVIMENTO INTERIOR DE
PANELES ATORNILLADOS
PREFABRICADOS CON
AISLAMIENTO, BASTIDORES
DE MADERA MACIZA Y
ACABADO DE TARIMA
DE MADERA MACIZA



12
PAVIMENTO EXTERIOR Y REVESTIMIENTO DEL
CANTO DEL FORJADO INFERIOR RESUELTOS CON
PIEZA ANGULAR ATORNILLADA PREFABRICADA
CON IMPERMEABILIZACIÓN, BASTIDORES DE
MADERA MACIZA Y ACABADO DE TARIMA DE
MADERA MACIZA

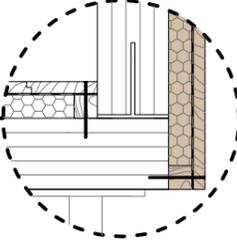
REVESTIMIENTO DE PAVIMENTO

ESCALA 1/75



13

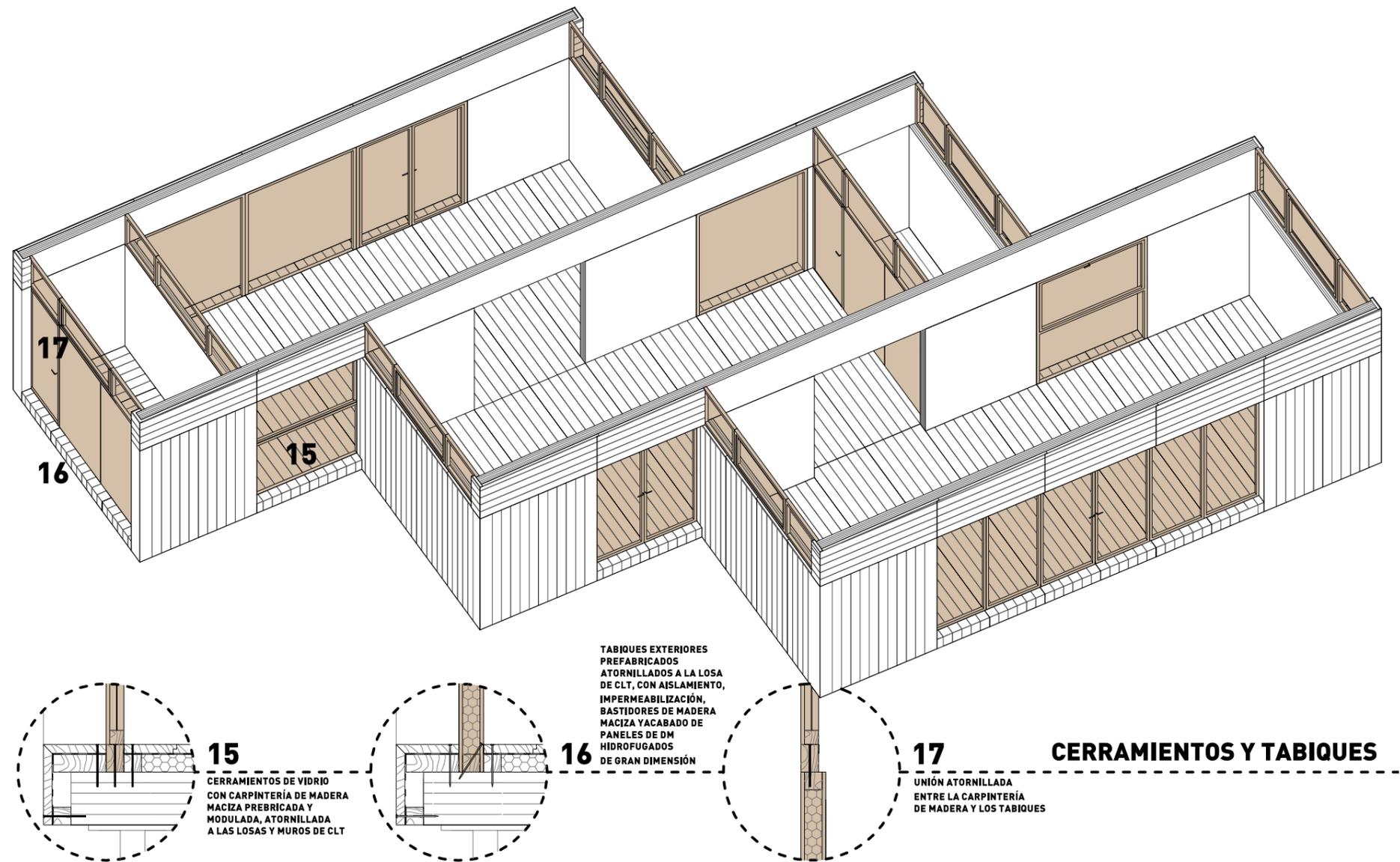
REVESTIMIENTO EXTERIOR DE MUROS CON PANELES ATORNILLADOS PREFABRICADOS CON IMPERMEABILIZACIÓN, AISLAMIENTO, BASTIDORES DE MADERA MACIZA Y ACABADO DE TABLAS DE MADERA MACIZA



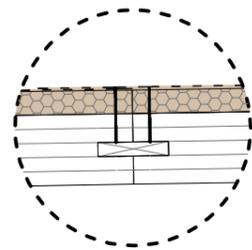
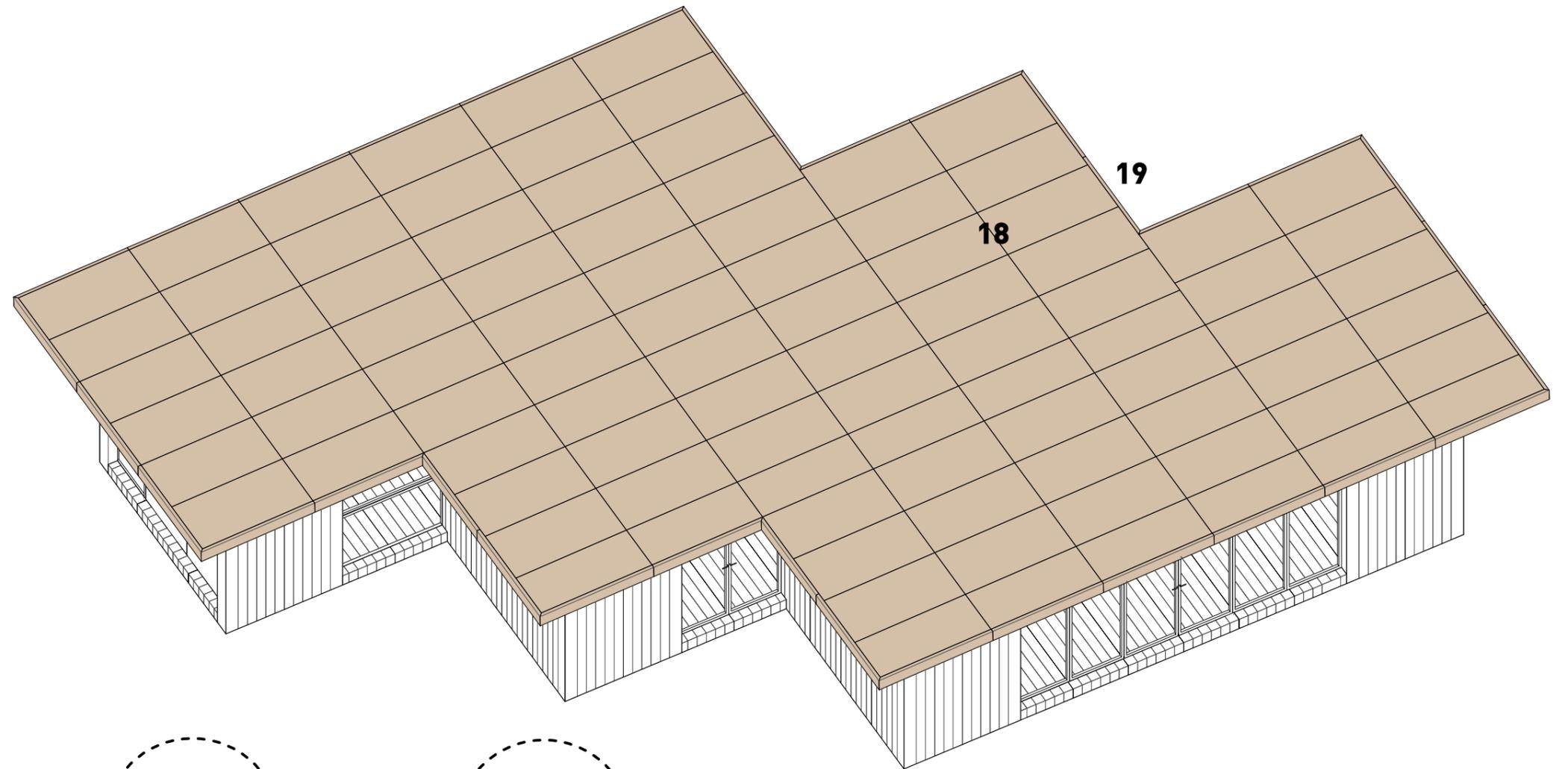
14

REVESTIMIENTO DEL CANTO DEL FORJADO INFERIOR POR CONTINUIDAD DE LOS PANELES DE REVESTIMIENTO DE MUROS

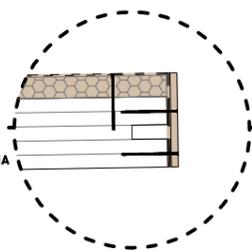
REVESTIMIENTO DE SUPERFICIES VERTICALES



ESCALA 1/75

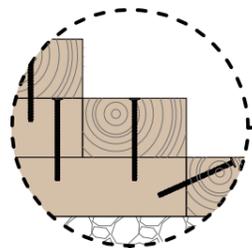
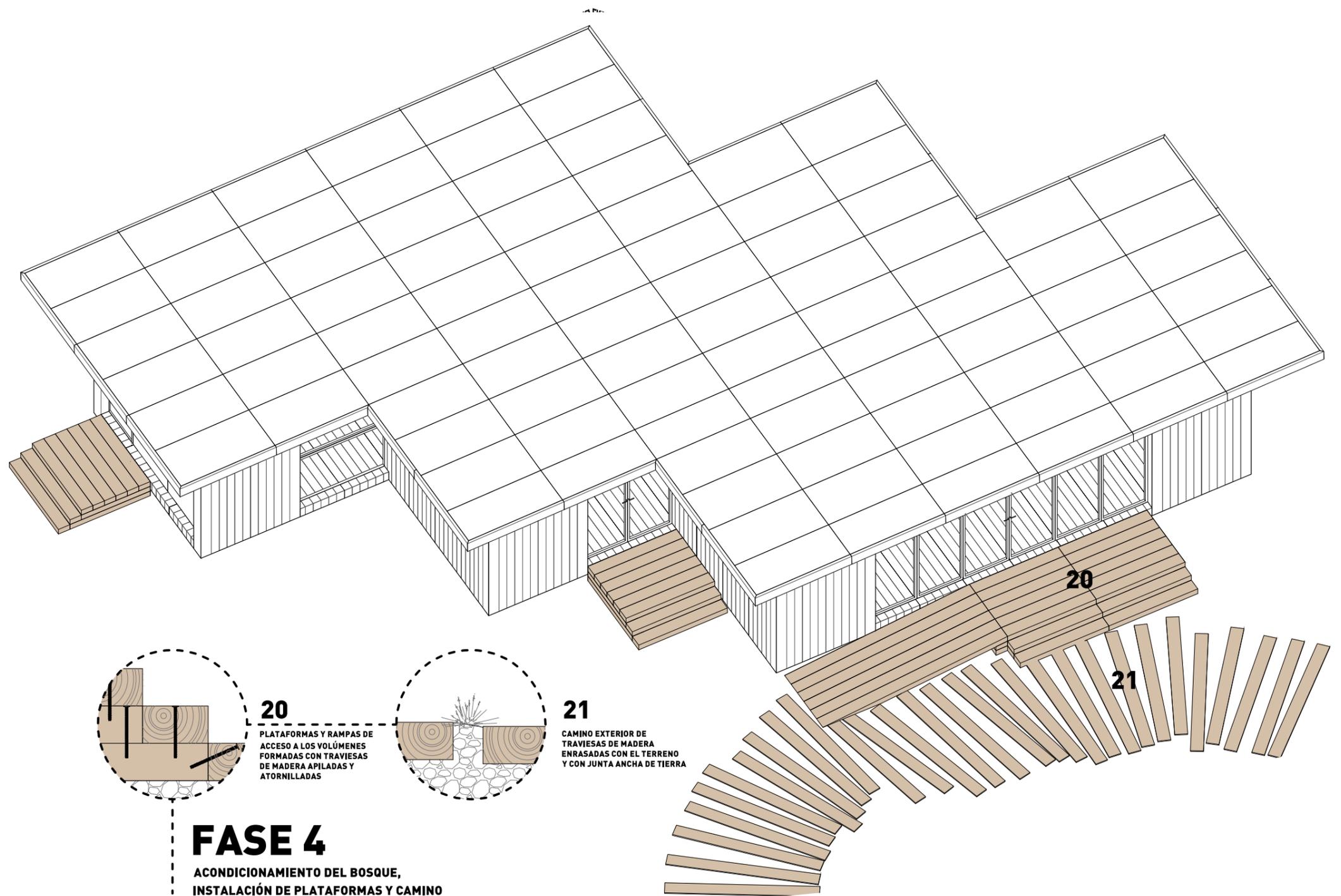


18
 PANELES DE CUBIERTA DE AISLANTE Y ACABADO DE LÁMINA IMPERMEABILIZANTE AUTOPROTEGIDA CON REBABA (PARA SOLAPE)

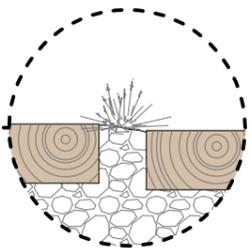


19
 PROTECCIÓN DEL CANTO DEL FORJADO SUPERIOR CON DOBLADO DE LA REBABA (O SUPERPOSICIÓN DE UNA LÁMINA IMPERMEABLE EN EL LADO ALTO DE LA CUBIERTA) Y REMATE CON UNA PIEZA DE MADERA MACIZA ATORNILLADA

REVESTIMIENTO DE CUBIERTA



20
 PLATAFORMAS Y RAMPAS DE
 ACCESO A LOS VOLUMENES
 FORMADAS CON TRAVIESAS
 DE MADERA APILADAS Y
 ATORNILLADAS



21
 CAMINO EXTERIOR DE
 TRAVIESAS DE MADERA
 ENRASADAS CON EL TERRENO
 Y CON JUNTA ANCHA DE TIERRA

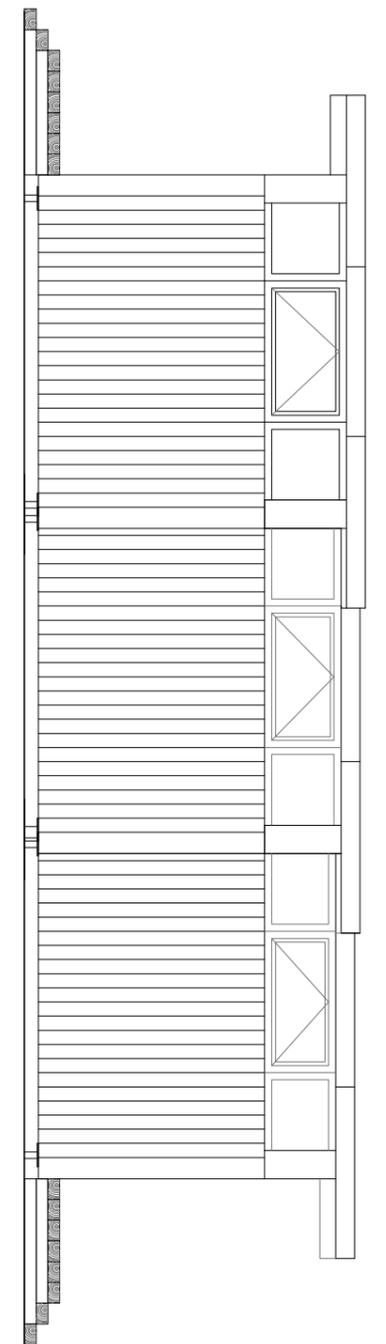
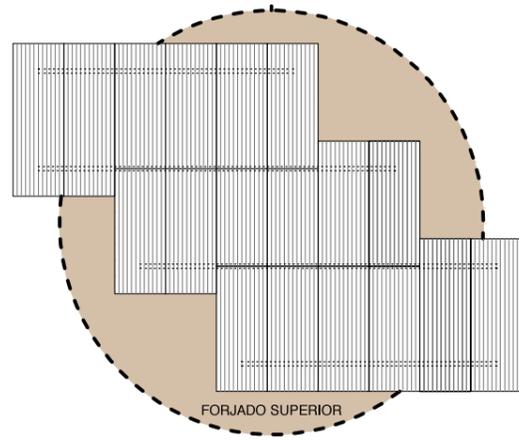
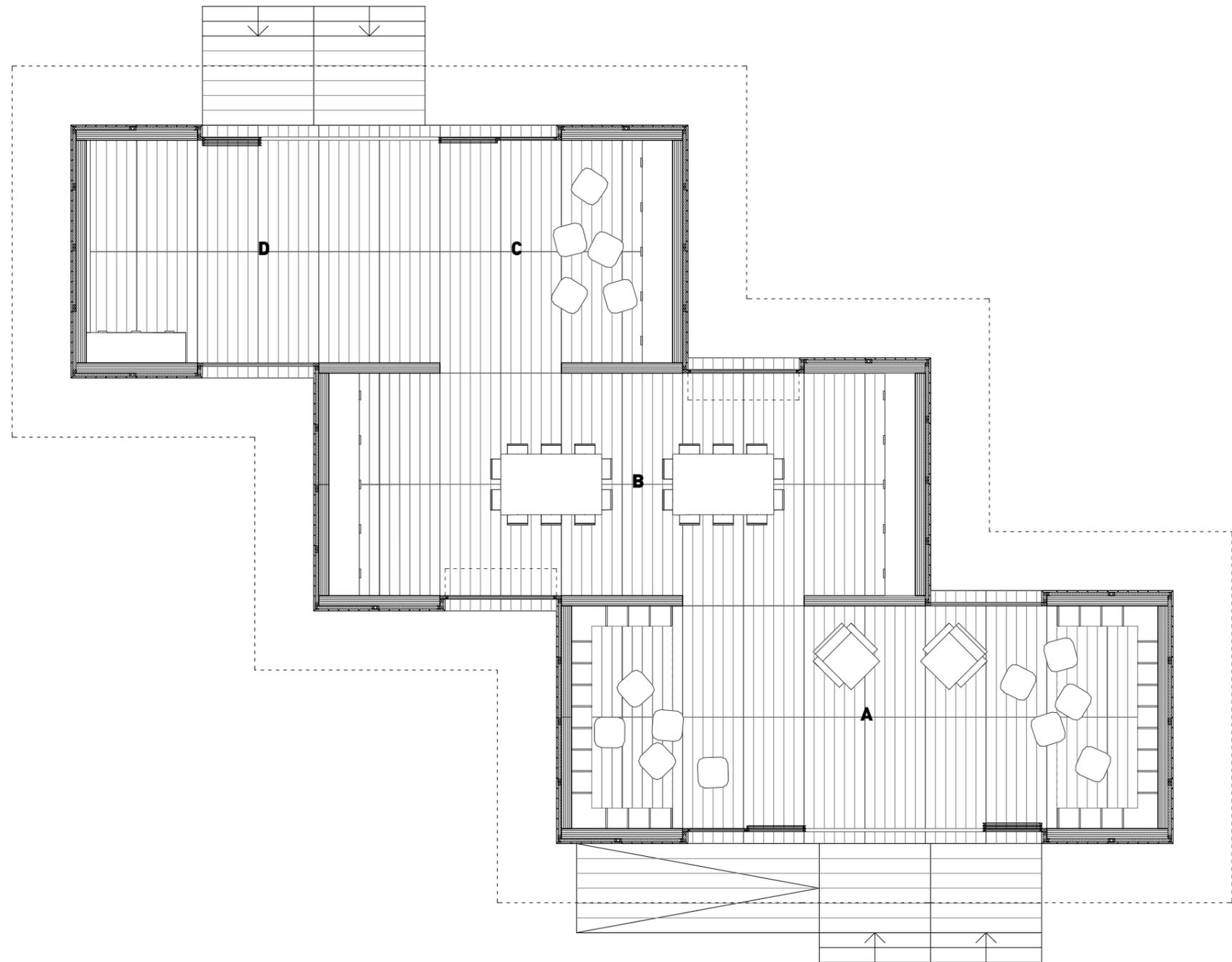
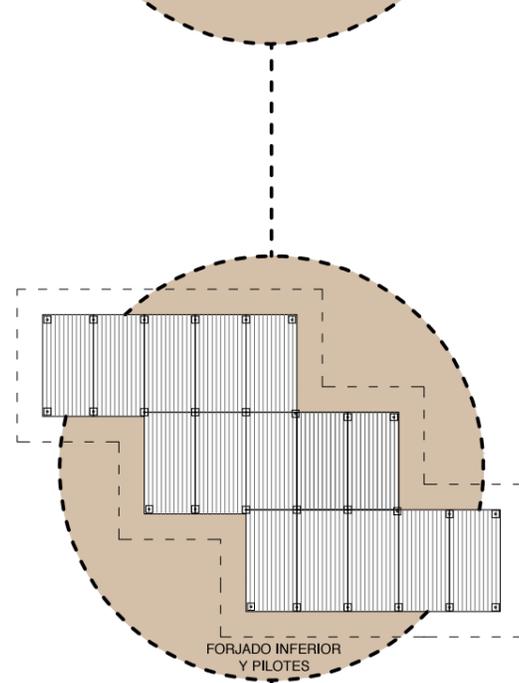
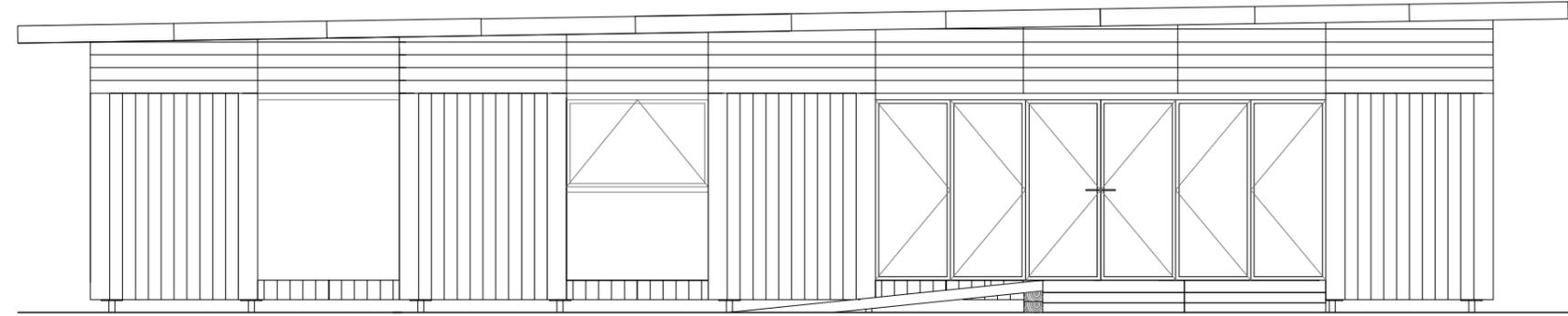
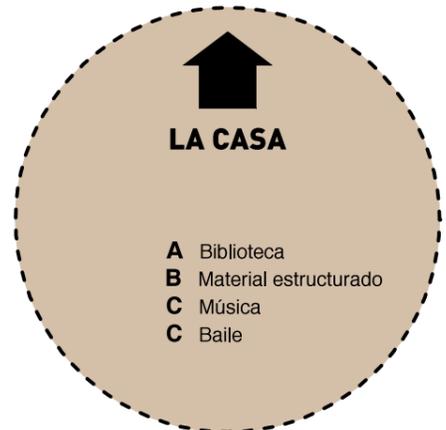
FASE 4
 ACONDICIONAMIENTO DEL BOSQUE,
 INSTALACIÓN DE PLATAFORMAS Y CAMINO

ESCALA 1/75

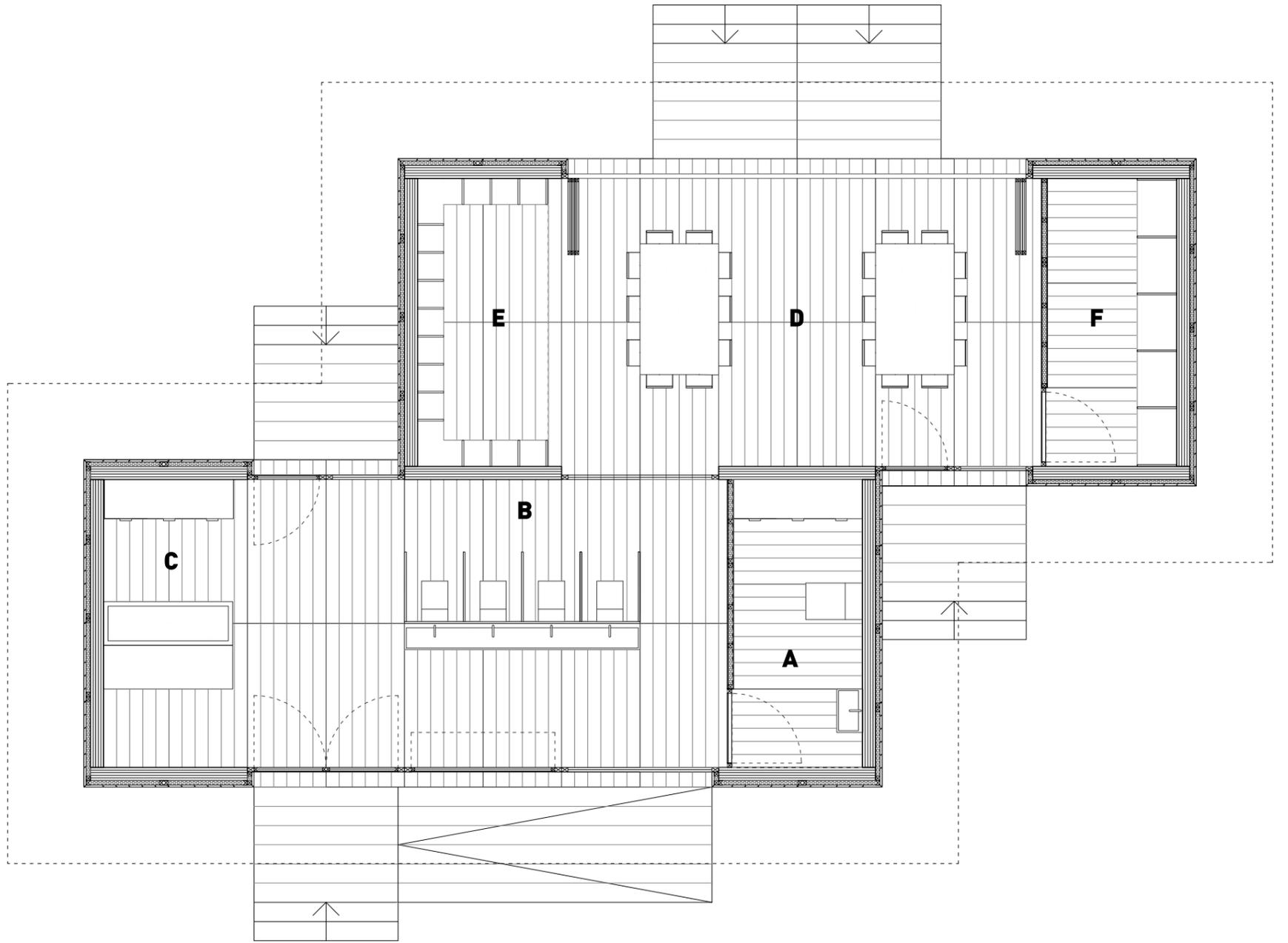
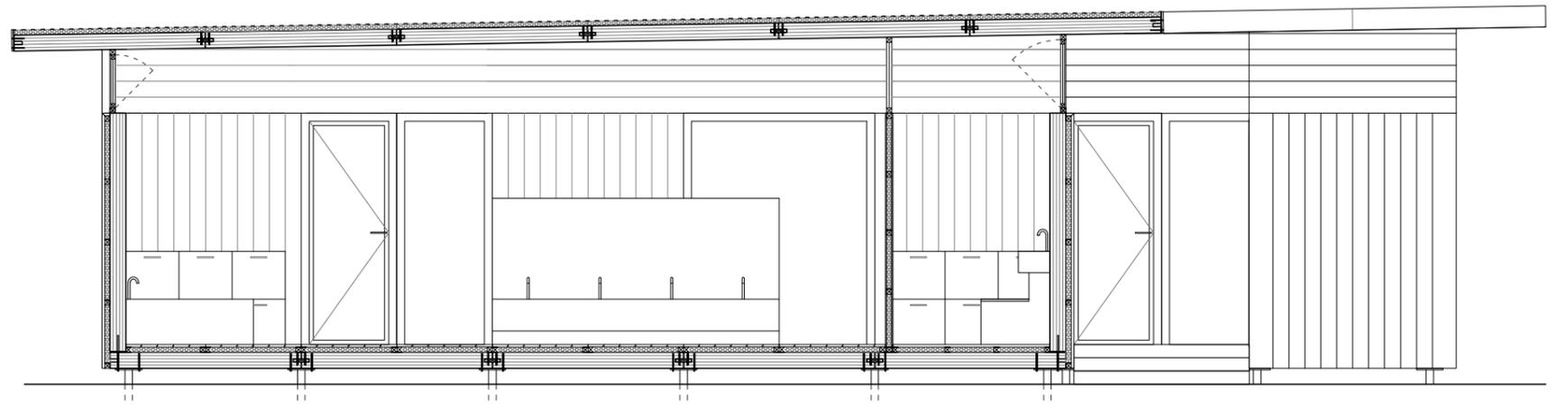
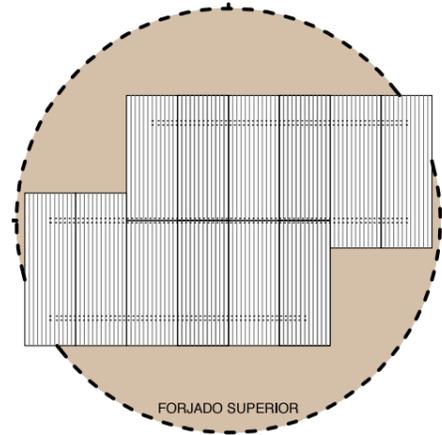
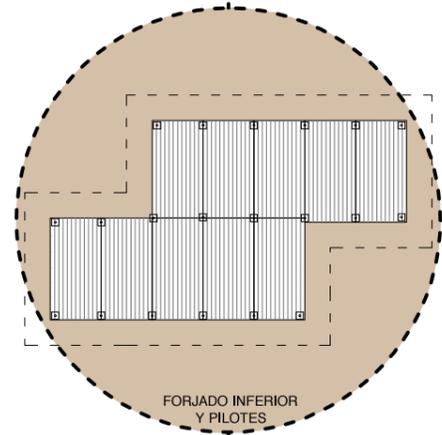
Aplicación del sistema

En este apartado aplicaremos el sistema previamente expuesto a los diferentes volúmenes del proyecto, resolviendo mediante las posibilidades que ofrece el sistema constructivo las necesidades propias de cada área.

Mostraremos por tanto en un primer lugar, a modo de catálogo pormenorizado, los diferentes volúmenes para luego ver su inserción en el lugar en un plano y secciones generales.

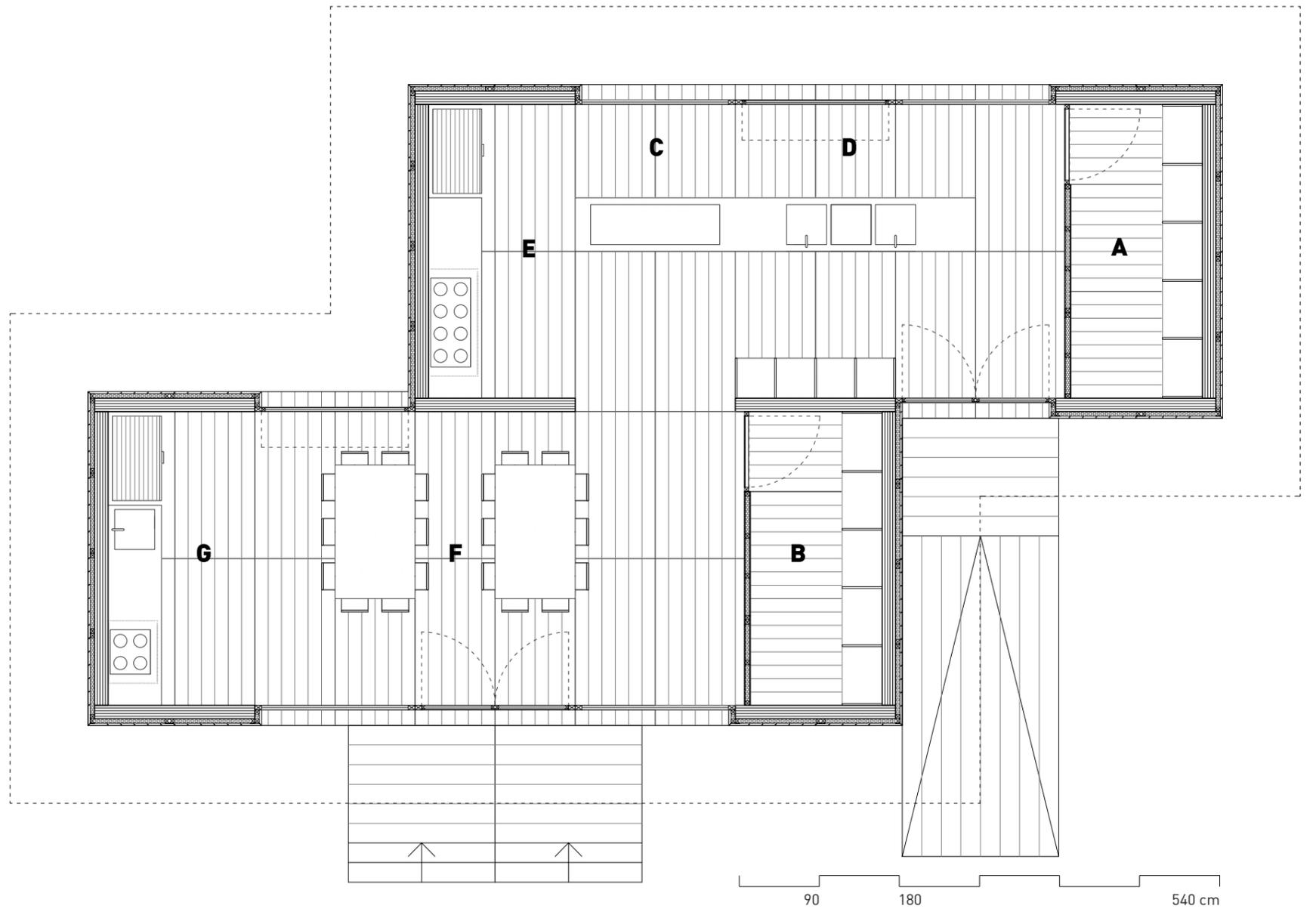
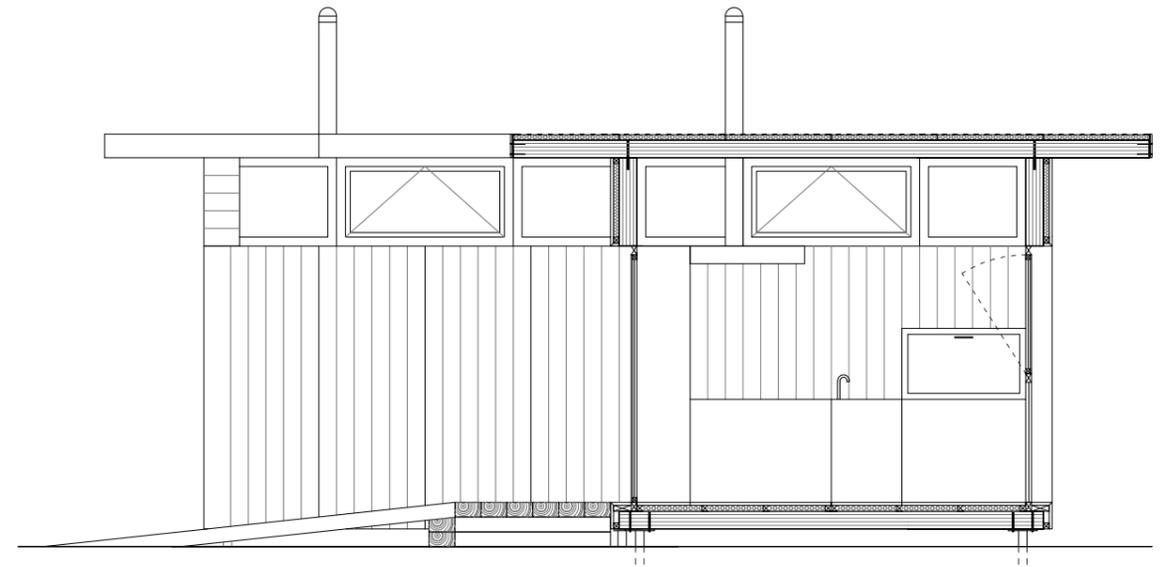
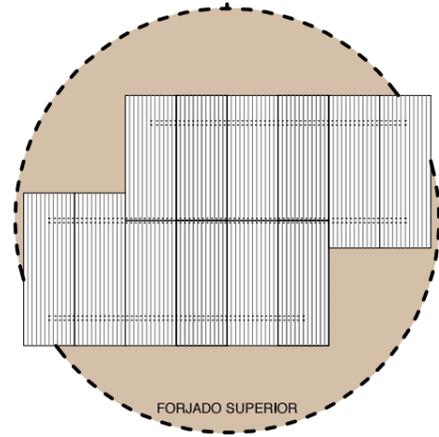
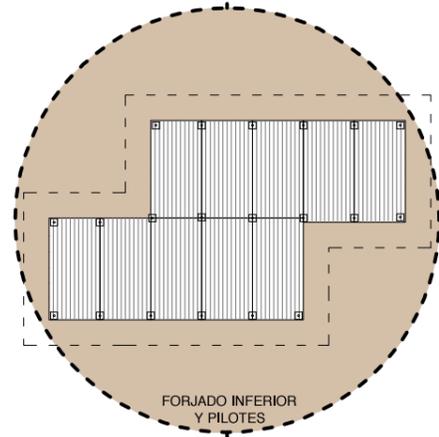


90 180 540 cm
ESCALA 1/75

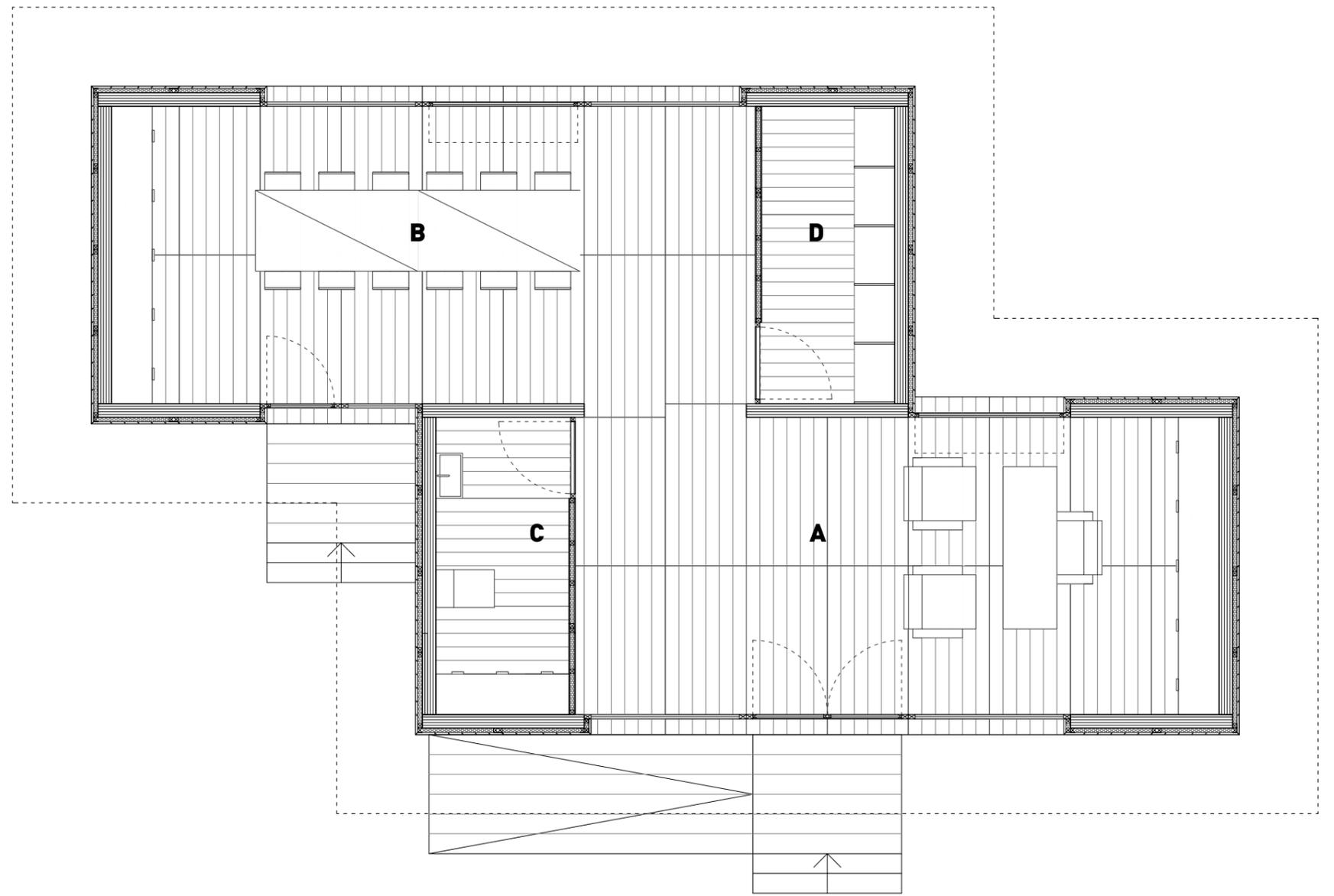
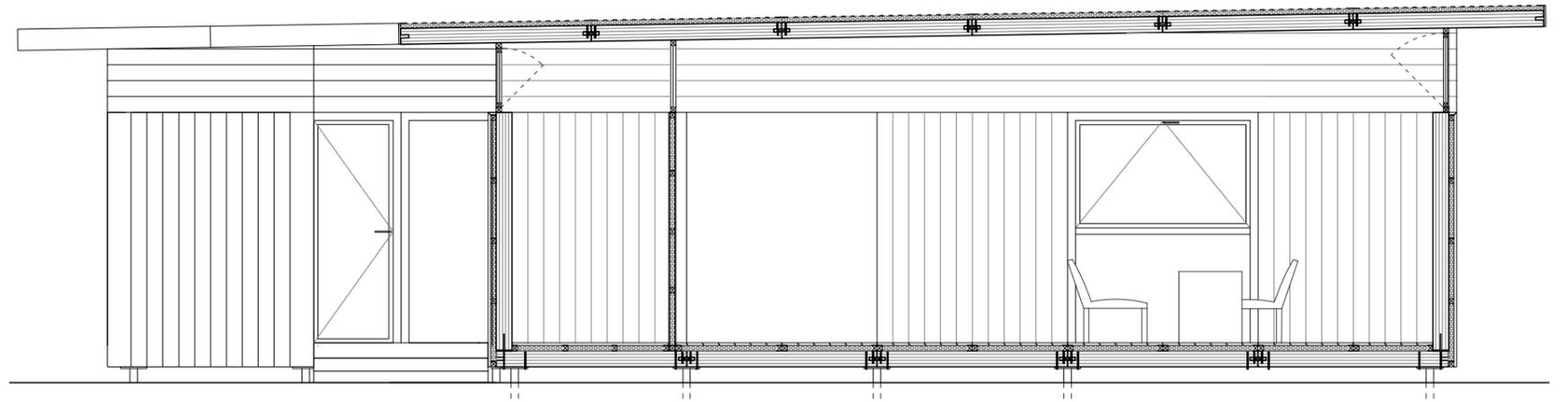
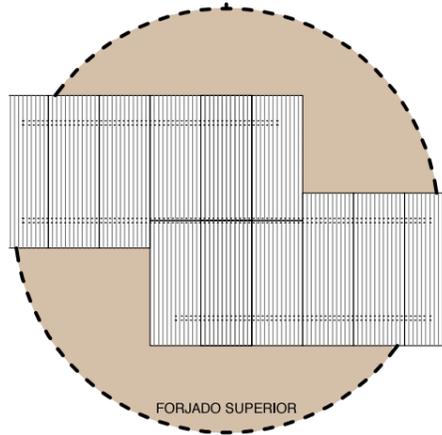
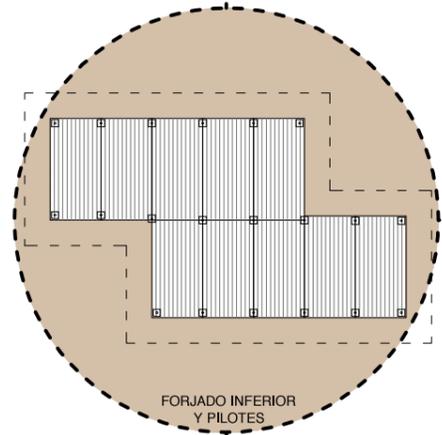


90 180 540 cm

ESCALA 1/60

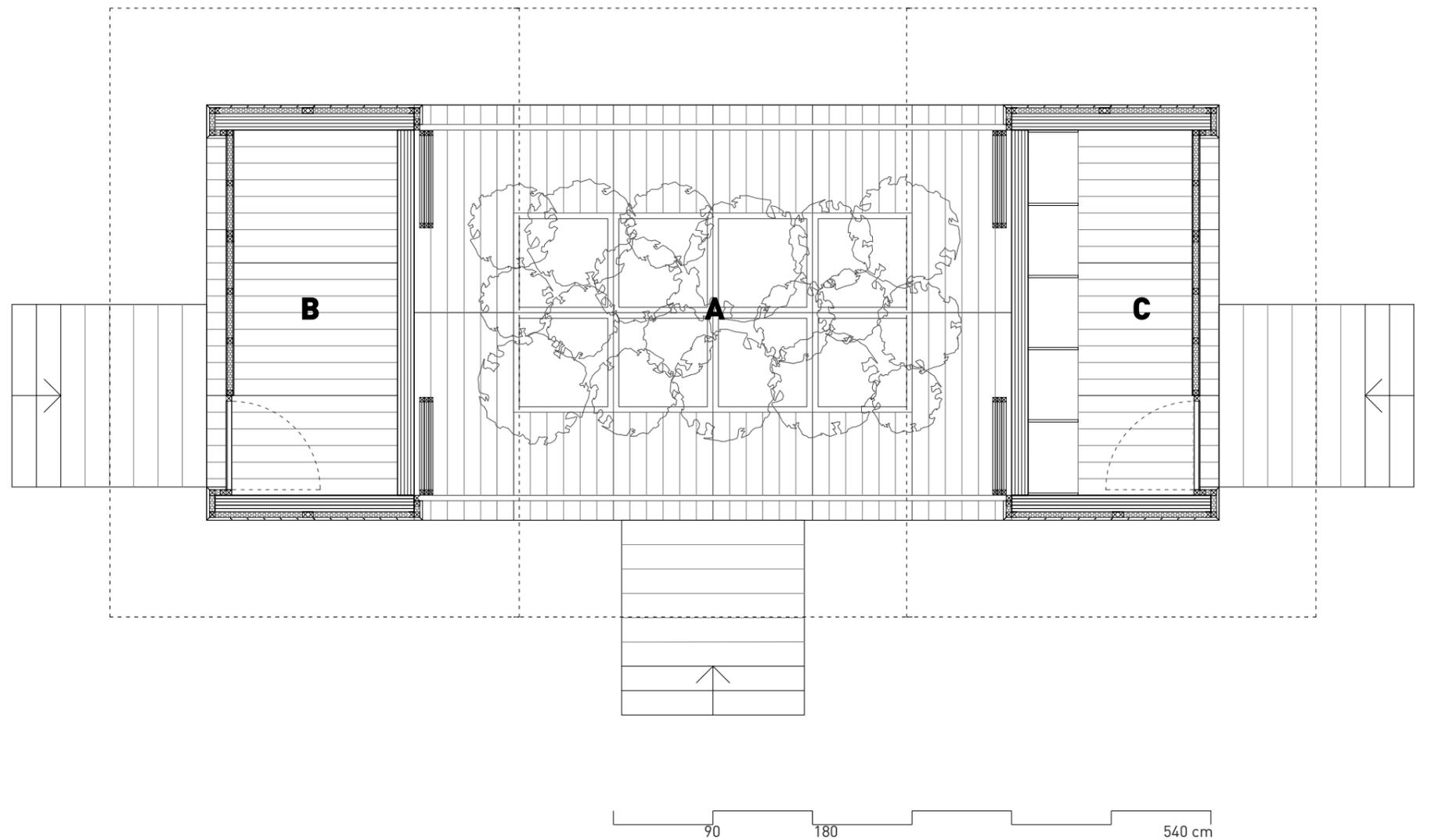
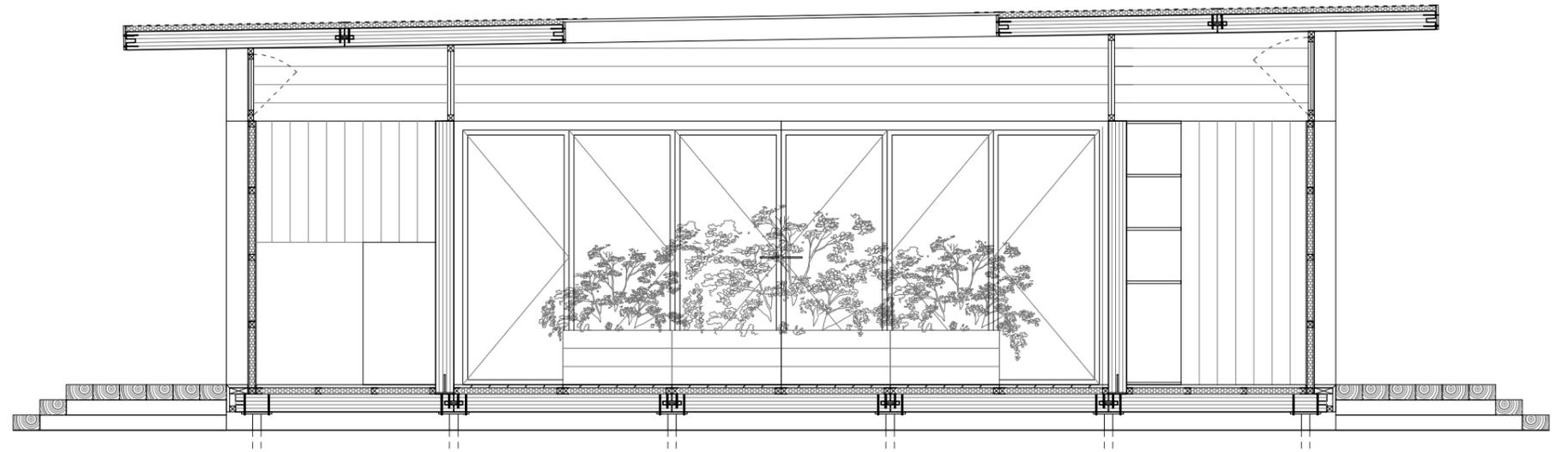
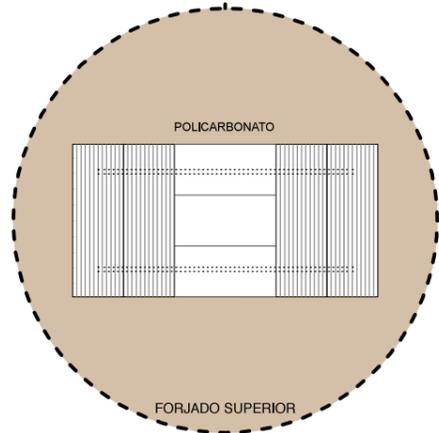
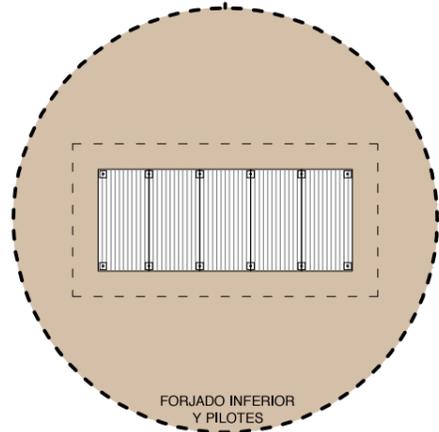


ESCALA 1/60

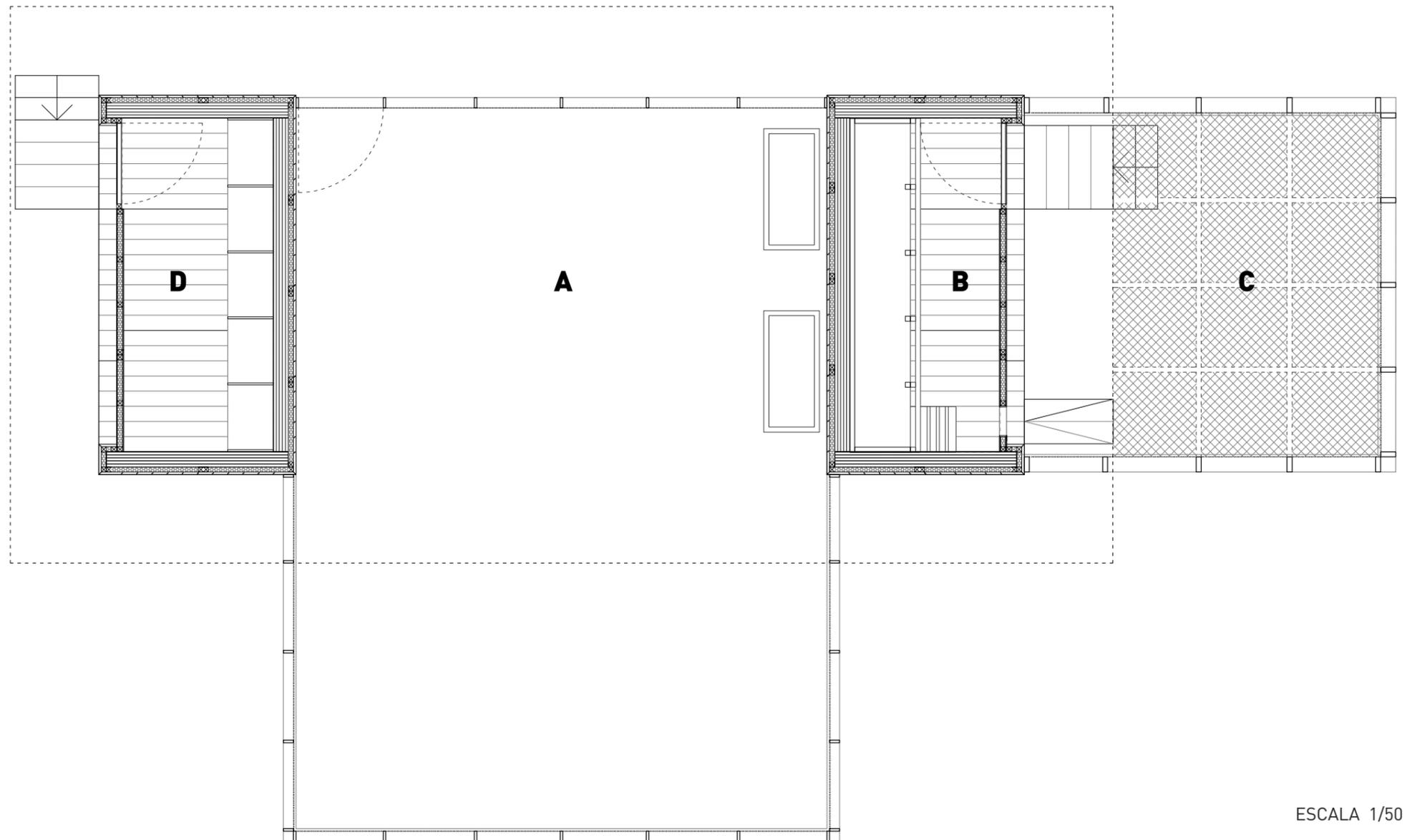
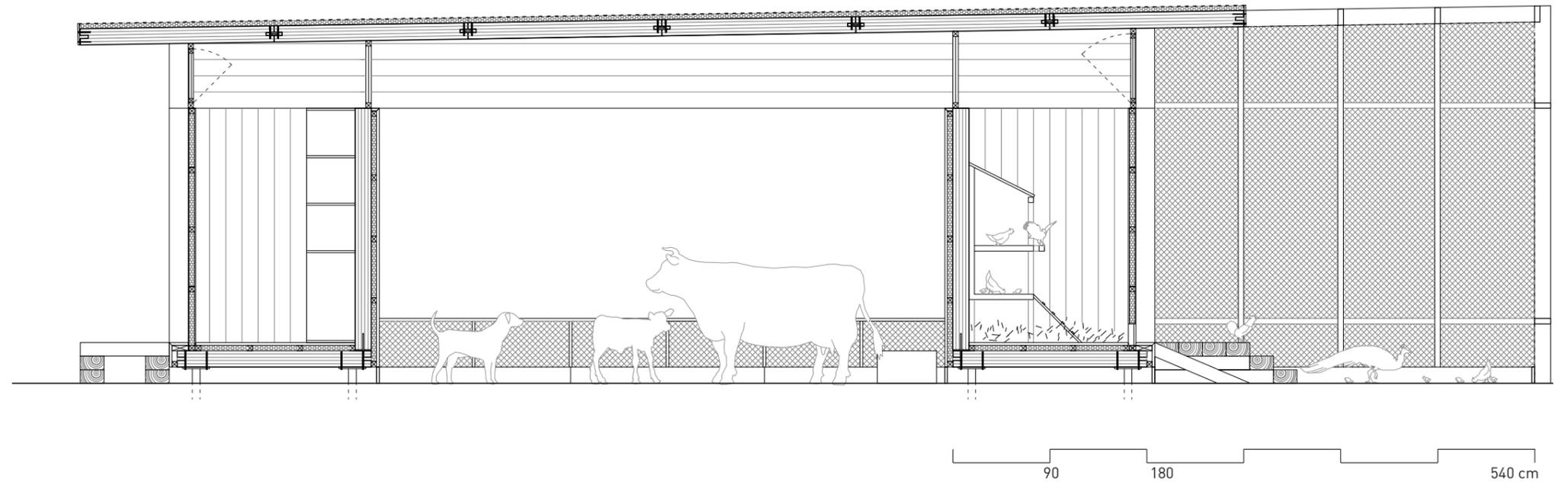
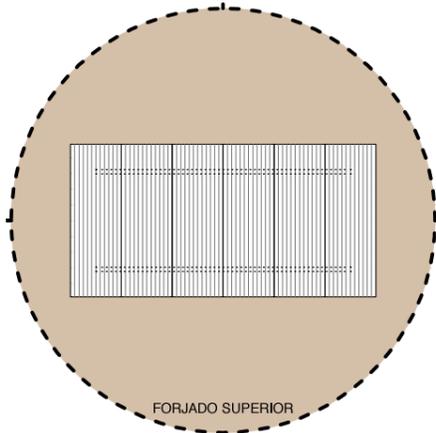
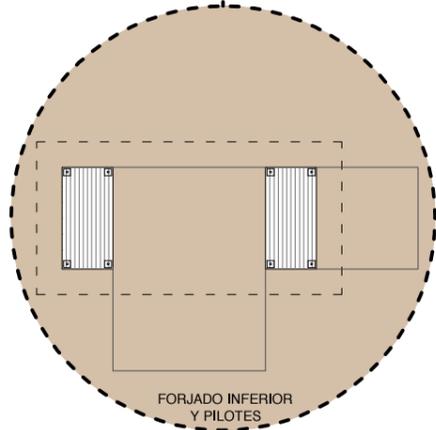
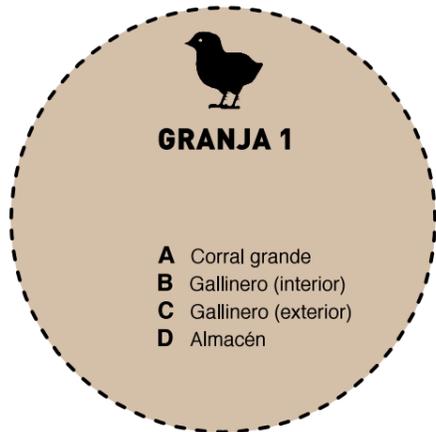


90 180 540 cm

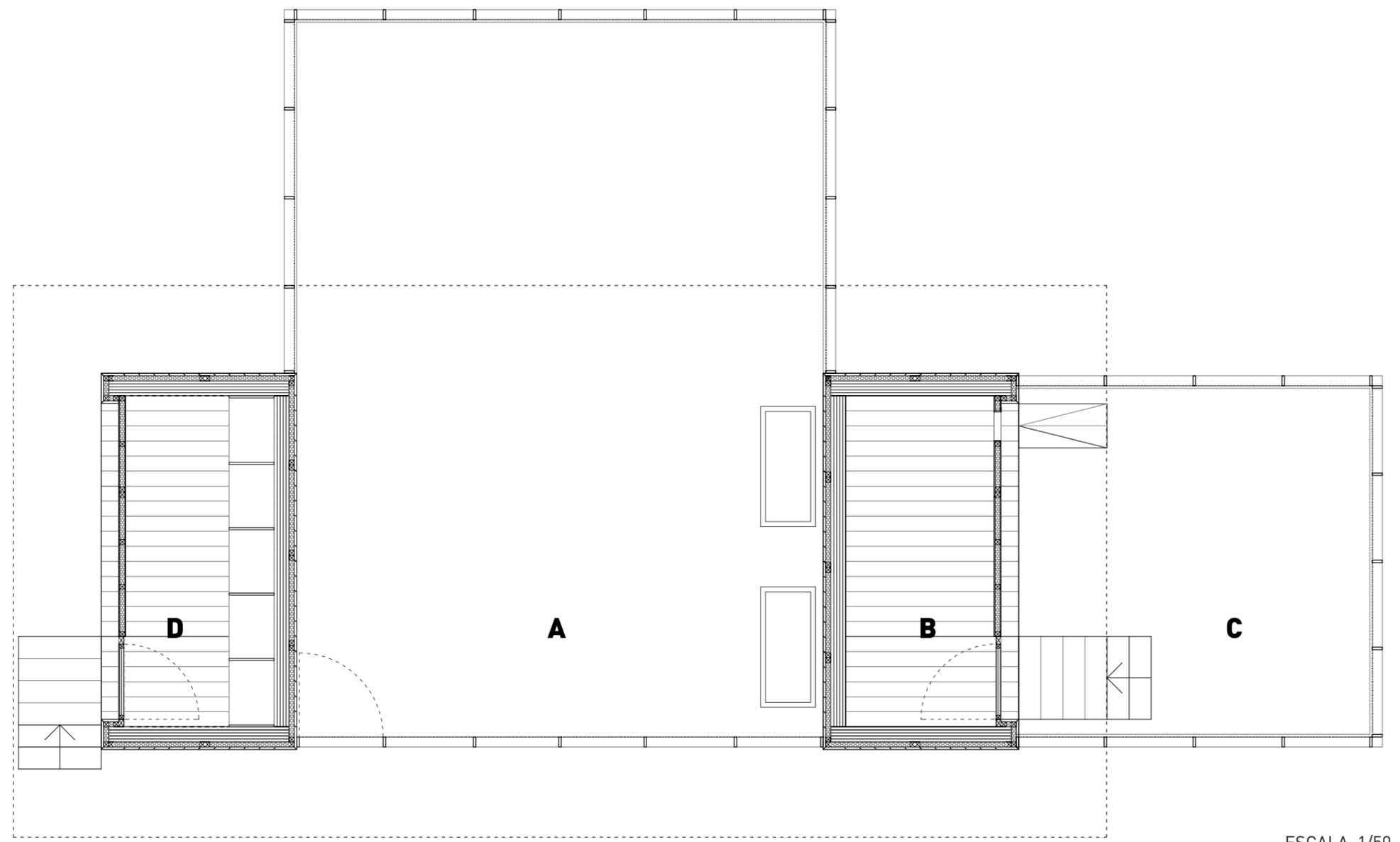
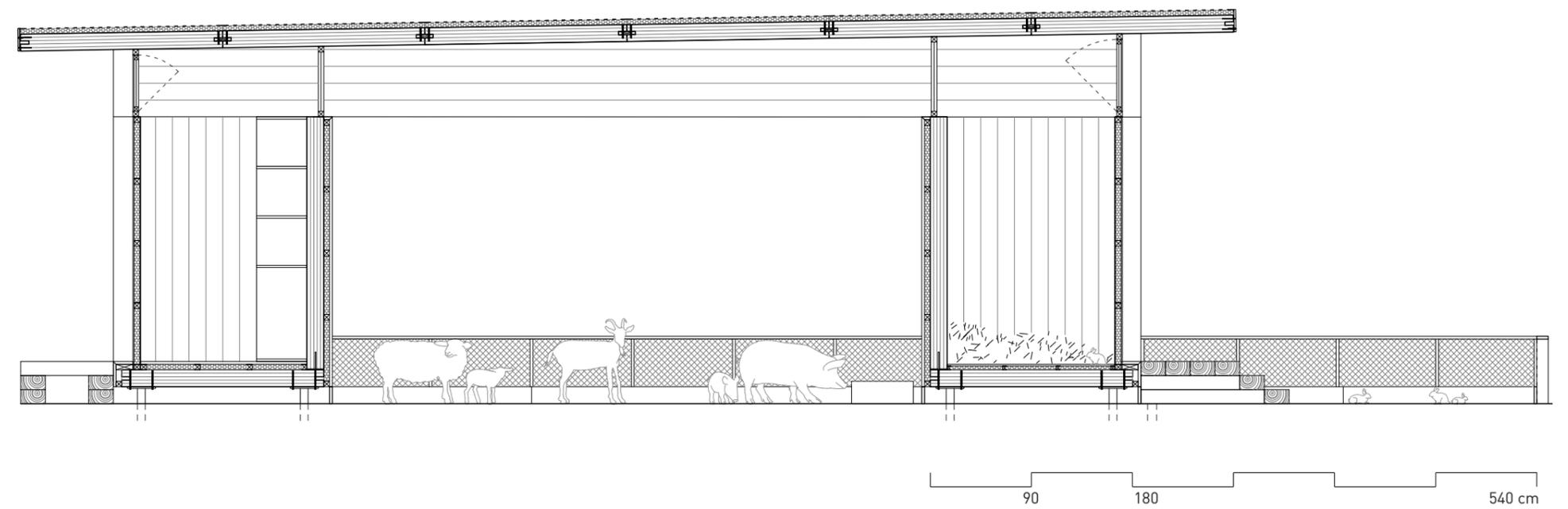
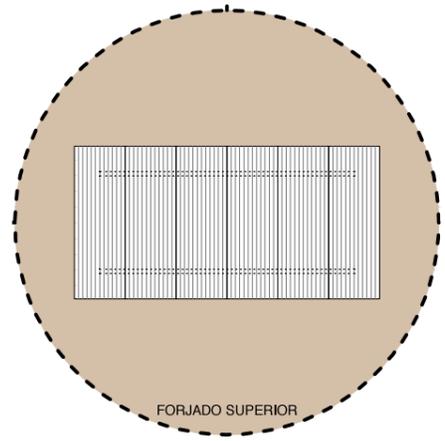
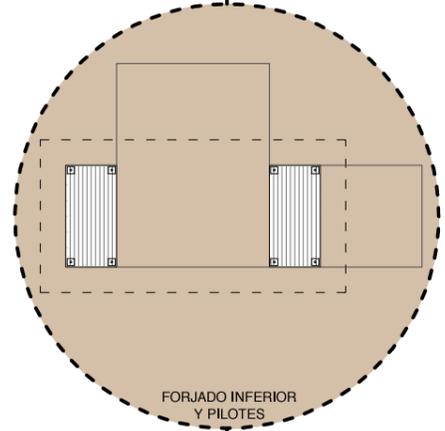
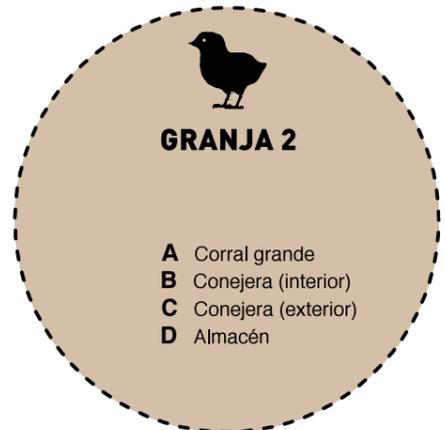
ESCALA 1/60



ESCALA 1/50



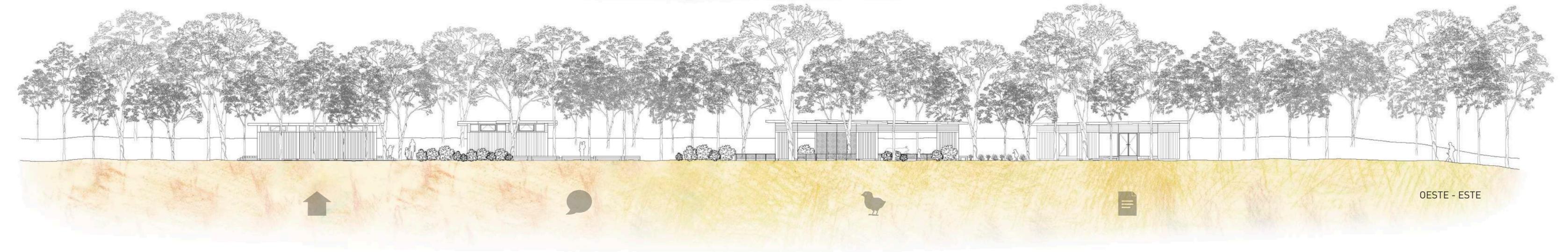
ESCALA 1/50



ESCALA 1/50



SECCIONES GENERALES REPRESENTATIVAS



1 5 10m
ESCALA 1/250

Enraizamiento del sistema

ACONDICIONAMIENTO DEL BOSQUE

Tras haber definido el sistema y haberlo aplicado a los diferentes módulos de apoyo, queda el paso final, aquel que termina de justificarlo y lo enraíza al lugar: el acondicionamiento de los espacios en los cuales se ubica, permitiendo **potenciar la sinergia entre la arquitectura y el entorno**.

Dicho acondicionamiento toma la forma de un Camino, a lo largo del cual nace la escuela y que la transforma en un itinerario de aprendizaje, de bancos para contemplar el bosque, de muebles para dejar las mochilas, de plataformas escalonadas y rampas que permiten el acceso a los volúmenes y salvar las pendientes del terreno, de una Asamblea exterior, de la configuración de las parcelas del huerto y el muro de recogida de aguas, así como del perímetro del arenero.

Todos estos elementos, que explicaremos a continuación, se construyen con **traviesas de madera de pino silvestre**, como hemos dicho, la misma madera que los revestimientos y el bosque. Estas traviesas tienen una dimensión de **260 x 12,5 x 22 centímetros**.

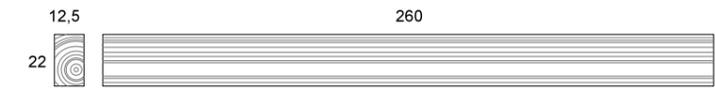
Para conformar el **sendero** se hunden en la tierra, enrasando su cara más ancha con la misma y dejando una junta irregular por la que el terreno invade el camino, se funde con él. Al salvar la pendiente, los escalones se fijan mediante largos tirafondos que se hunden en la tierra.

Las **plataformas escalonadas** y las **rampas** que salvan el desnivel entre el terreno y el interior de los volúmenes se construyen también con estas mismas traviesas, cortándolas a medida, apilándolas y fijándolas entre sí mediante tornillos que quedan embebidos en la madera.

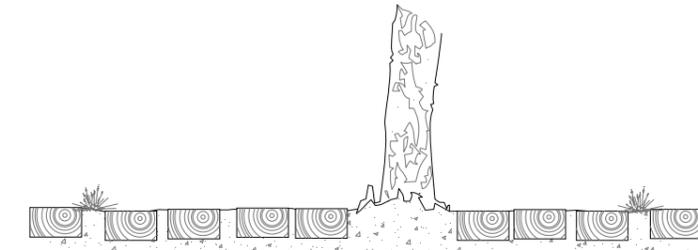
Lo mismo ocurre con la **asamblea**, cuyas gradas se construyen de la misma manera que las plataformas, con traviesas enteras apiladas y atornilladas.

Los **bancos**, dejados caer por el bosque para que los padres puedan sentarse con sus hijos, se construyen de la misma manera, a partir de traviesas de madera cortadas y atornilladas.

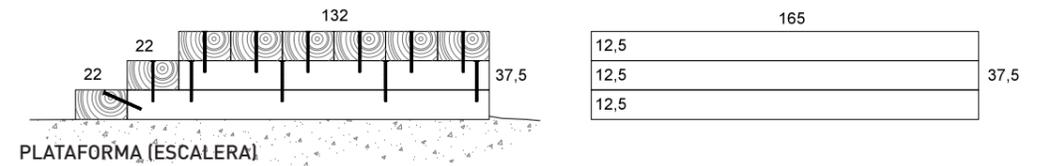
Los **guardamochilas** toman la forma de un potro de traviesas de madera, con clavos salientes para que los niños cuelguen sus mochilas al llegar a cada área de aprendizaje.



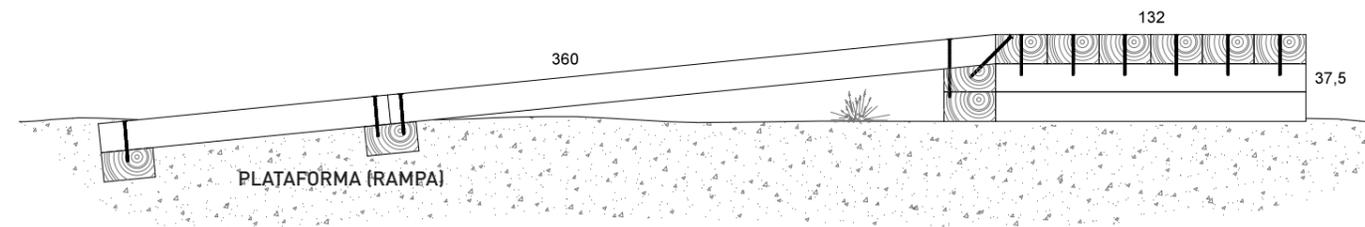
TRAVIESA DE MADERA



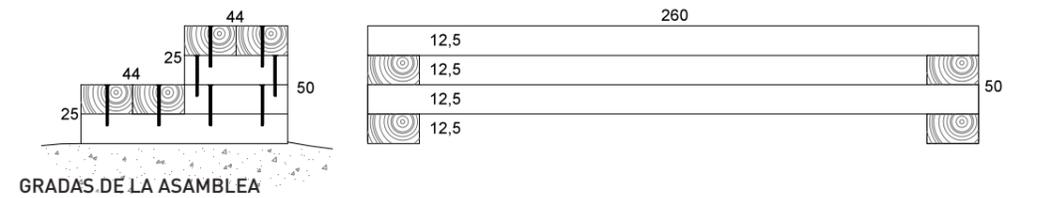
CAMINO



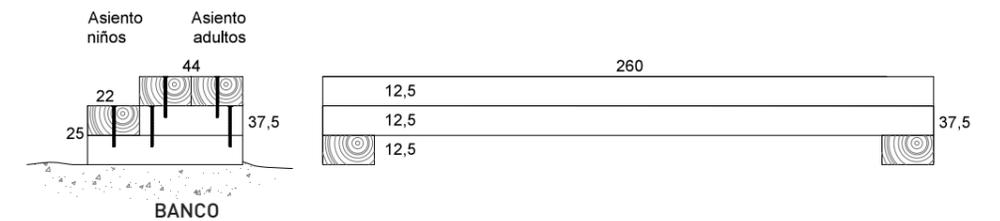
PLATAFORMA (ESCALERA)



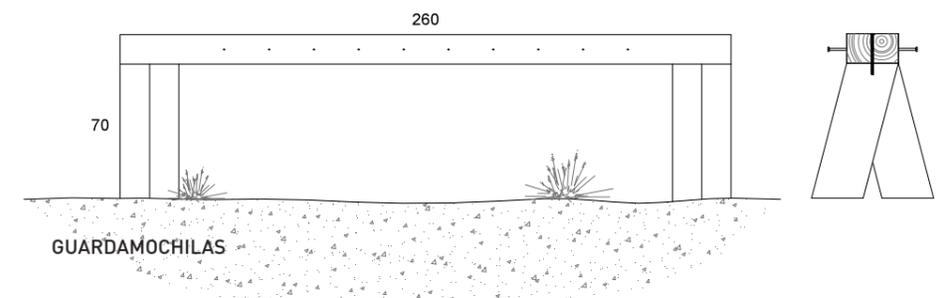
PLATAFORMA (RAMPA)



GRADAS DE LA ASAMBLEA



BANCO

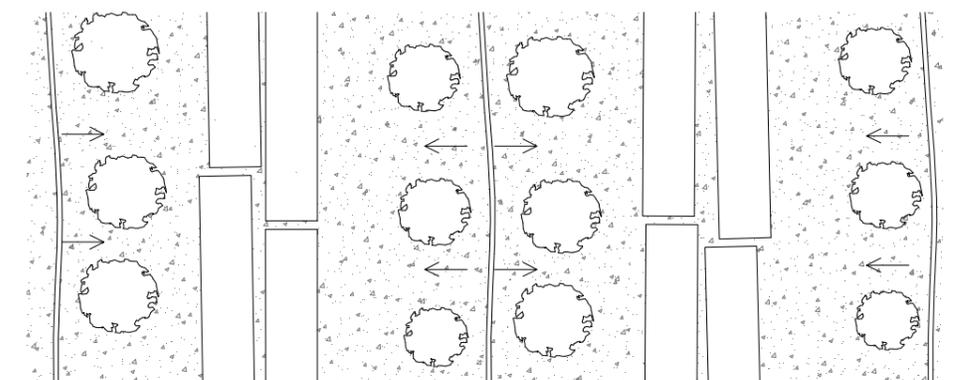
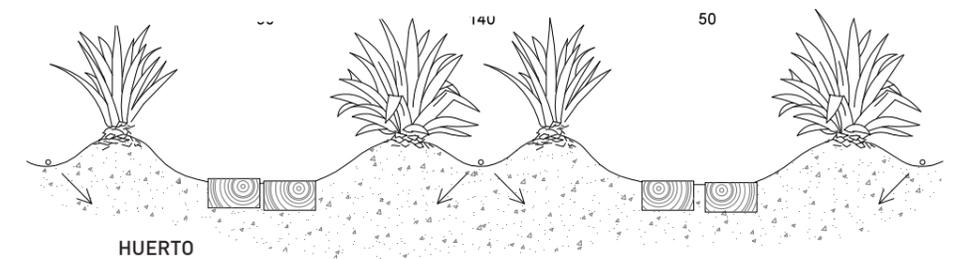
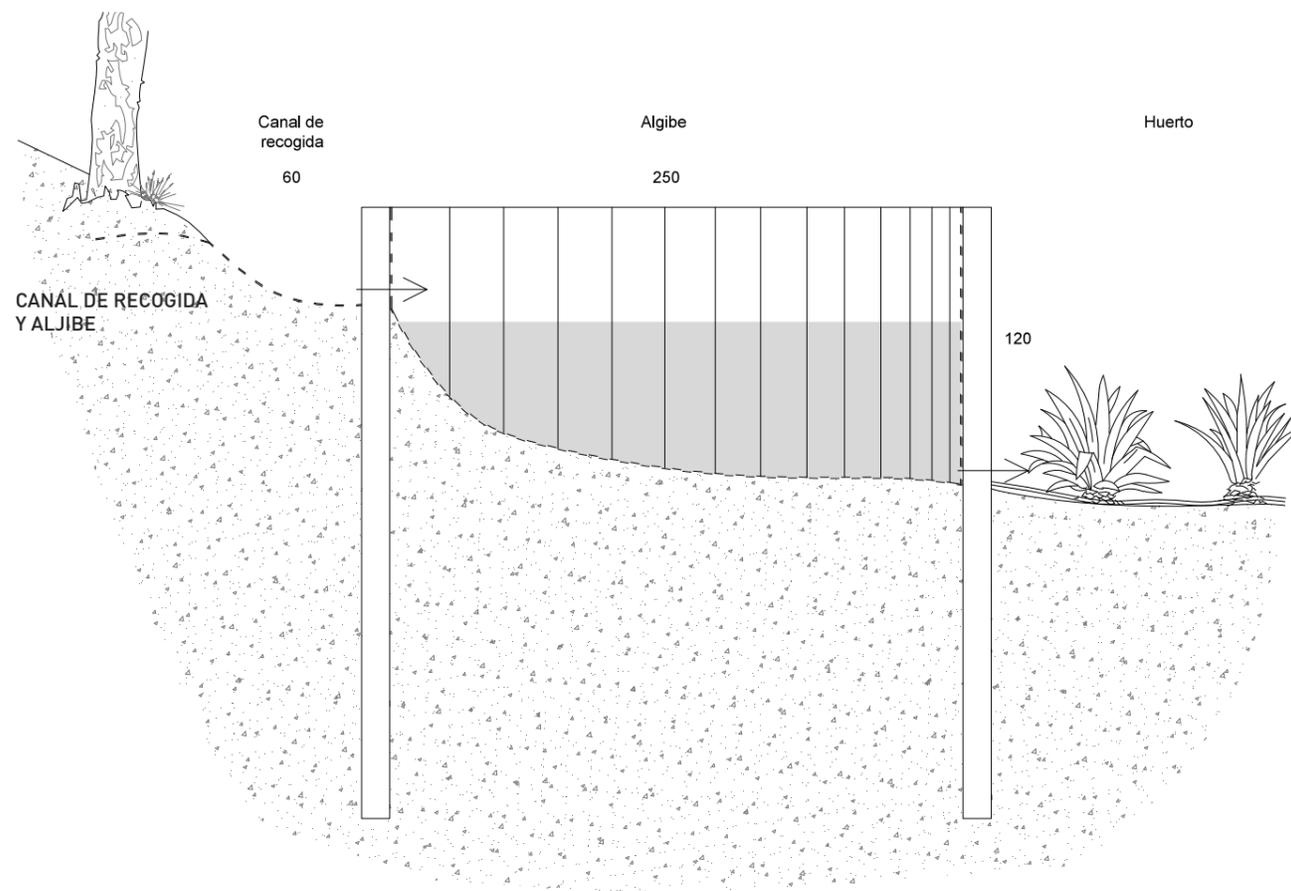
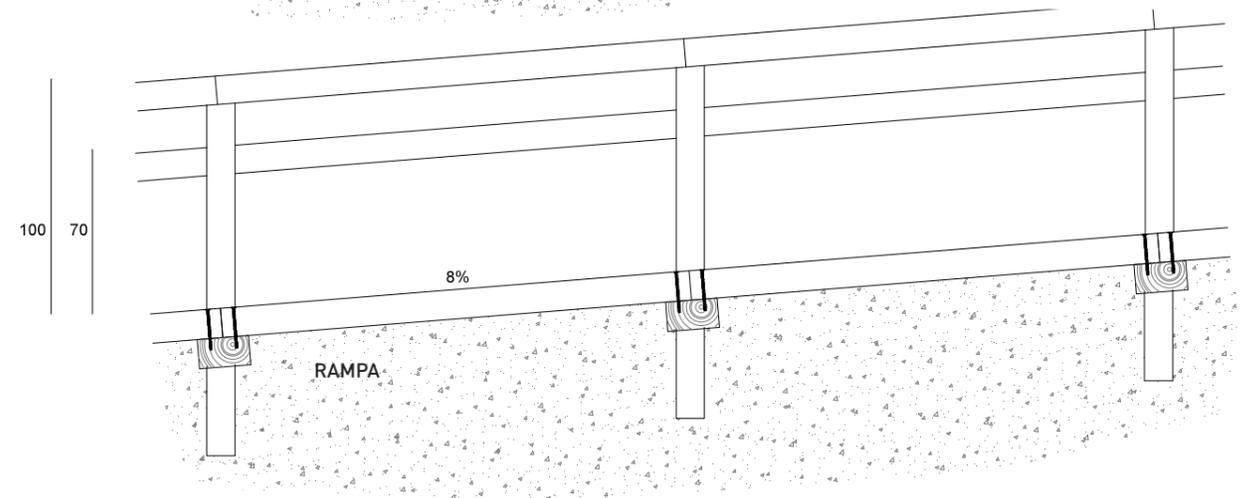
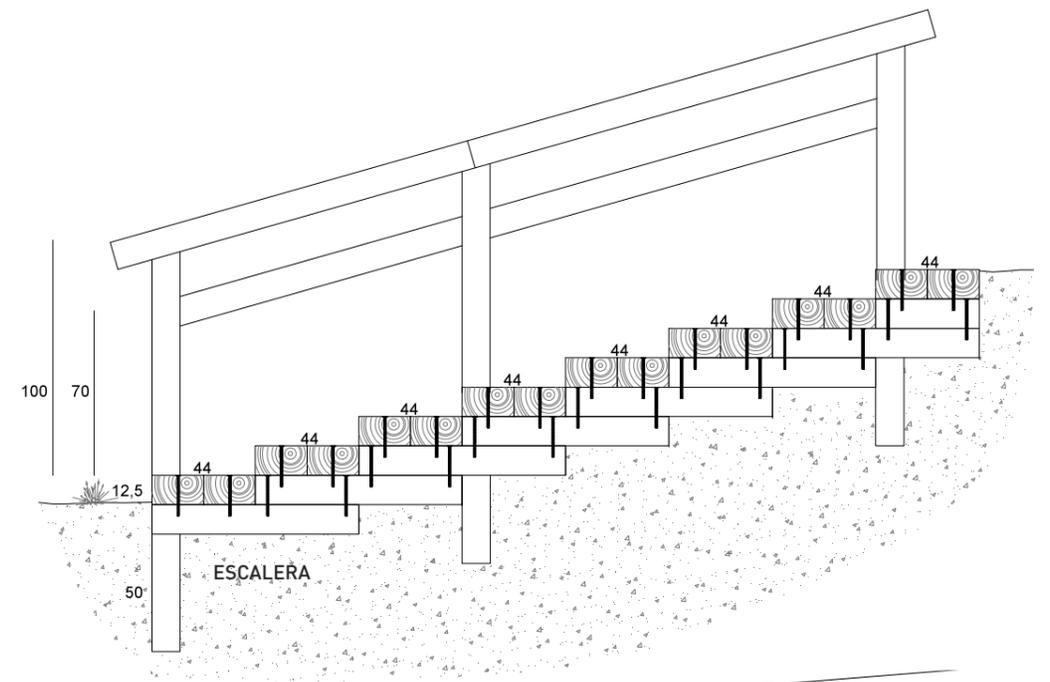


GUARDAMOCHILAS

Para salvar la pendiente que baja desde la carretera al norte de la escuela a la cocina para abastecerla, las traviesas de madera toman la forma de una **escalinata** y una **rampa**, ambas fijadas al terreno mediante un perímetro de traviesas empotradas en él, que hacen de zócalo al pasamanos, también de traviesas de madera.

Las **líneas de madera que separan las parcelas del huerto** se construyen como el camino, posándose y enrasándose con el terreno, mientras que para formar el **aljibe** y el **muro de recogida** de agua de lluvia que discurra por la pendiente las traviesas se hunden en la tierra y son selladas por una lámina impermeabilizante autoprottegida que toma la forma del terreno, conformando el canal de recogida y el vaso del aljibe en el que desemboca.

El camino hace de transición entre la arquitectura y el lugar, formándose a partir de elementos ortogonales como la primera pero disponiéndolos de forma irregular como el segundo. El sendero se recrea en su irregularidad, no toma la distancia más corta sino que se pasea, a veces tranquilamente, a veces descendiendo la pendiente, adaptándose a los árboles. Se aproxima tímidamente a las construcciones, de forma tangencial a estas y entonces se trasforma en una plataforma escalonada que trepa e inunda los volúmenes con la misma madera; mientras, en otro lugar, se expande, se apila y toma la forma de la asamblea; o se desvía por el bosque y forma un banco para disfrutarlo; o se extiende entre las plantas para separar los huertos; o se hunde en el terreno para conformar el muro de contención que los salva de inundarse. Al igual que el camino, la vegetación a lo largo del mismo cambia de un área a otra haciendo de él un itinerario de aprendizaje de la flora, y suponiendo, junto con el huerto, otros elementos de acondicionamiento del bosque de los que hablaremos a continuación.



ITINERARIO DE APRENDIZAJE DE LA FLORA

El espacio exterior de cada área de aprendizaje está enmarcado por una vegetación baja, plantada como parte del acondicionamiento del lugar del proyecto para crear un cierto recogimiento en el gran espacio del bosque. Además dicha vegetación varía de un área a otra, haciendo como hemos dicho del camino un itinerario de aprendizaje de la flora Valenciana. Sin contar el área de huerto que ya tiene una flora propia, y de la que hablaremos en el siguiente apartado, las otras cinco toman cada una la **flora típica de un ecosistema significativo de la Comunidad Valenciana**.

Siguiendo la clasificación del Jardín Botánico de Valencia, que cuenta en sí mismo con una pequeña área que las recoge todas, estas son seis: las dunas del Saler, la ribera, el bosque mediterráneo, la maquia, el matorral seco del sur y las plantas rupícolas. Descartamos la vegetación de ribera por necesitar unas condiciones acuáticas de difícil implantación en el proyecto, ya que el aljibe se encontrará vacío gran parte del tiempo dadas las condiciones climáticas de Cheste. Para la adaptación de la demás especies, el uso de sustratos adecuados y un cuidado importante garantizarán su progresivo afianzamiento.

Así pues cada una de las cinco áreas albergará los arbustos de un ecosistema, rechazando aquellos que puedan ser venenosos como la madreSelva o peligrosos para los niños como el cardo, la coscoja o la Centaurea saxicola.

- **1 Las dunas de El Saler:** la campanilla de mar (*Calystegia soldanella*), la azucena de mar (*Pancratium maritimum*) y la algodonosa (*Otanthus maritimus*).
- **2 El bosque mediterráneo:** el durillo (*Viburnum tinus*), la violeta (*Viola odorata*), el rusco (*Ruscus aculeatus*) y la zarzaparrilla (*Smilax aspera*) cuyos frutos rojos no son venenosos para los niños.
- **3 La maquia:** el aladierno (*Rhamnus alaternus*), el palmito (*Chamaerops humilis*) y el lentisco (*Pistacia lentiscus*).
- **4 El matorral seco del sur:** el romero (*Rosmarinus officinalis*), el tomillo (*Thymus vulgaris*), el espliego (*Lavandula latifolia*), la jara blanca (*Cistus albidus*), la *Micromeria fruticosa* y la *Thymus mastichina*.
- **5 Las plantas rupícolas, entre las rocas:** la *Silene hifacensis*, la *Carduncellus dianius*, la *Convolvulus valentinus* y la *Antirrhinum pertegasii*.

1



2



3

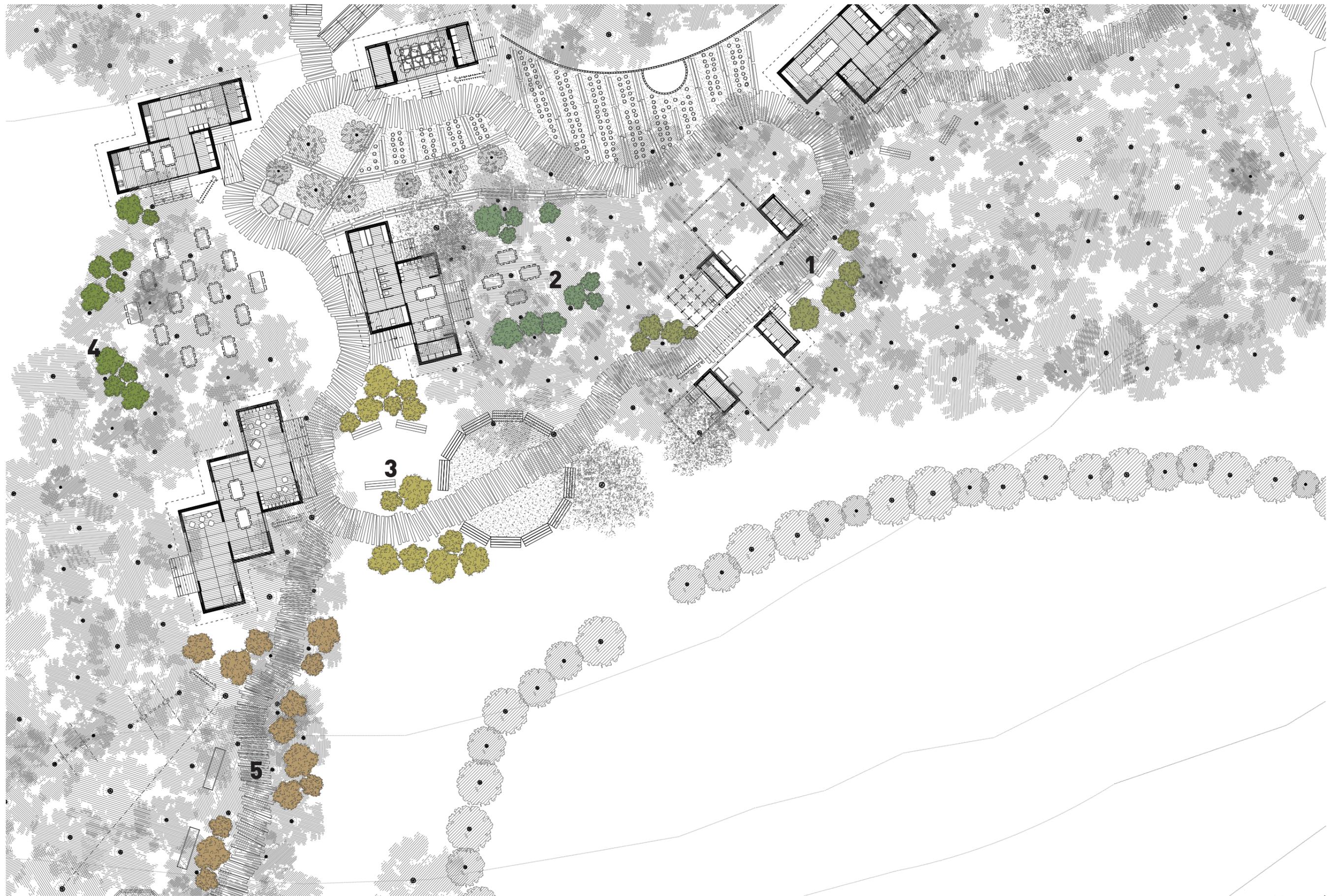


4



5





1 5 10m

ESCALA 1/400

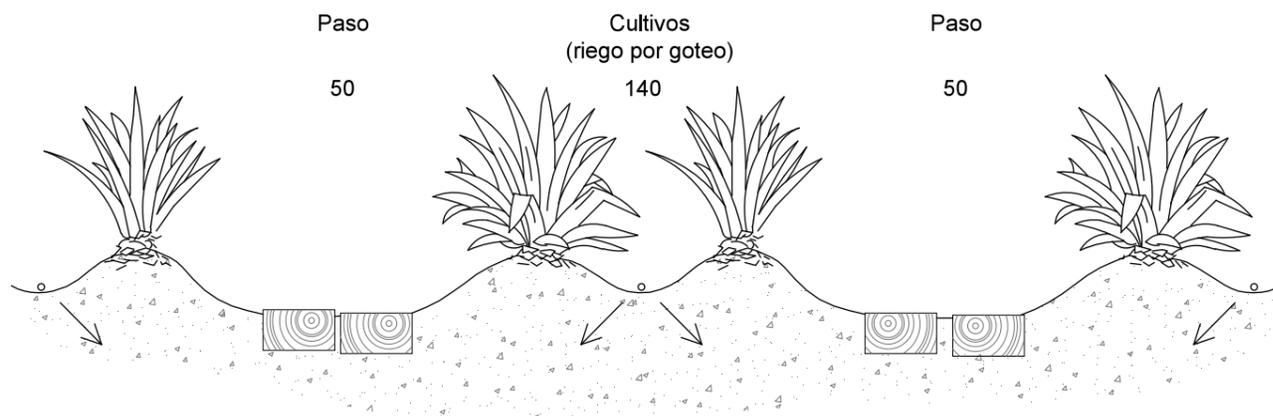
PLANTACIONES DEL HUERTO

El huerto constituye en sí un área de aprendizaje de la flora, con un gran número de especies organizadas por parcelas según su compatibilidad y cultivadas en rotación para mantener la riqueza de la tierra.

Así pues definimos 6 parcelas, delimitadas por pasos de traviesas de madera:

- **Parcela A [Leguminosas y otras]:** Guisantes, Judías verdes, Habas, Cebollas, Ajos, Puerros, Lechugas, Espinacas, Acelgas, Apio, Rábanos, Garbanzos, Cebollas (+ Tomates, Pimientos, Berenjenas, Fresas).
- **Parcela B [Familia de la col y otras]:** Coles, Coles de Bruselas, Coliflor, Col rizada, Repollo, Brécol (+ Espinacas, Rábanos, Nabos).
- **Parcela C [Cultivos de raíz]:** Patata (diferentes variedades por épocas), Zanahoria, Remolacha de mesa, Nabo, Chirimías, Salsifí (+ Pimientos, Berenjenas, Tomates).
- **Parcela D [Perennes y otras, sin rotación]:** Alcachofa, Espárrago, Aromáticas culinarias, Arbustos frutales (Frambueso, Grosellero, Arándano, etc).
- **Parcela E [Especies invasoras]:** Calabacines, Calabazas, Pepinos, Pepinillos, Melones, Sandías.
- **Parcela F [Árboles frutales]:** Naranja, Limonero, Manzano, Granado, Peral, Melocotonero, Higuera.
- **Invernadero:** Permite alargar la temporada de cultivo de varias especies, instalando semilleros.

Las cultivos se configuran en hileras: montículos lineales paralelos. Estas se emparejan para compartir las canalizaciones de riego por goteo entre ambas y poder acceder a los ellas y trabajarlas mediante un paso de traviesas de madera a cada lado, de manera a evitar pisar la tierra donde las plantas crecen. Esto impone unas medidas que se han respetado en el proyecto.



Los desechos orgánicos del huerto y la cocina se usan para crear compost en **composteras**, abono ecológico para los cultivos. El **canal de recogida de agua, almacenada en el aljibe**, además de evitar la inundación de los cultivos, ayuda puntualmente al riego de las plantas y junto con el compost pretende hacer del huerto escolar un huerto sostenible. No se lleva a cabo la recogida de agua en las cubiertas dada la reducida dimensión de estas y la escasez de lluvia, que no supondrían un volumen recogido reseñable.

A



B



C



D

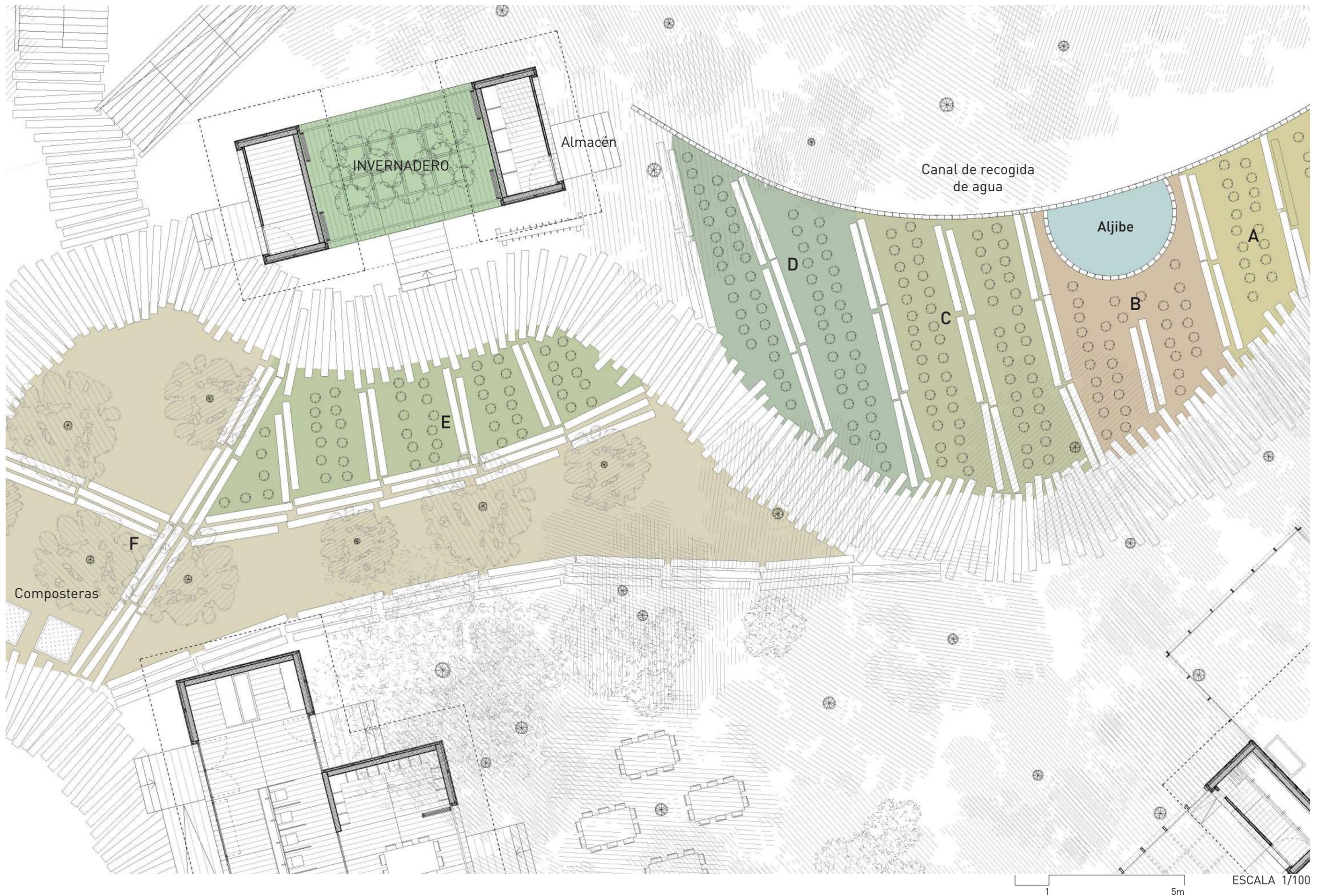


E



F





Reflexión previa	68
Adecuación a la normativa	69
ACCESIBILIDAD	69
EJEMPLO DE ACCESIBILIDAD: MÓDULO DE BAÑOS COMUNES	70
EVACUACIÓN DE INCENDIOS	71
PLANO DE ACCESIBILIDAD GENERAL Y EVACUACIÓN DE INCENDIOS	72
Diseño de instalaciones	73
INSTALACIONES GENERALES (EXTERIOR)	73
ESQUEMA DE TRAZADO DE INSTALACIONES GENERALES	74
INSTALACIONES PARTICULARES (INTERIORES)	75
DISEÑO DE REVESTIMIENTOS PARA EL PASO DE INSTALACIONES	76
INSTALACIONES DE CADA MÓDULO	77
INSTALACIONES DE AGUA	78
INSTALACIONES DESANEAMIENTO	79
INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD	79
PUNTOS DE LUZ	80
ESQUEMAS DE TRAZADO DE INSTALACIONES PARTICULARES	81
Cálculo estructural	85
MODO DE CÁLCULO	85
MODELO DE CÁLCULO	86
CÁLCULO DE CARGAS	88
ASIGNACIÓN DE CARGAS	90
COMPROBACIÓN DEL PREDIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DE CLT MEDIANTE TABLAS	92
COMPROBACIÓN DEL PREDIMENSIONADO DEL PILOTE METÁLICO SEGÚN EL CTE	94

Reflexión previa

La escuela infantil debe cumplir los requisitos que establecen a esta tipología las normativas vigentes. No obstante la escuela planteada en este proyecto se diferencia, entre otros, a nivel espacial y a nivel conceptual de los axiomas de una escuela urbana, sobre los cuales se establecen las normas antes citadas.

A nivel espacial porque, al situarse en un bosque, no se enfrenta a los mismos condicionantes que en un entorno urbano y, lejos de pretender salvar dichos condicionantes para posibilitar la instauración de una escuela de carácter urbano, son esas características del entorno de las que bebe el proyecto, sobre las cuales se posa, buscando respetarlas al máximo.

A nivel conceptual, porque dicha escuela no se concibe como un espacio interior resultante de la suma de los volúmenes contruidos sino como el conjunto de ellos y los espacios exteriores que los articulan, estableciendo en muchos casos una relación de servidumbre de los primeros respecto al segundo, en el cual se realizan las actividades, la mayoría de ellas vinculadas con el bosque, no con un interior.

Así, debe contemplarse la escuela como un entorno natural y no como una escuela infantil “estándar”, entendiendo que, desde su planteamiento, este proyecto no contempla una accesibilidad ni un equipamiento total. Estimamos pues necesaria la interpretación puntual de las normas, adecuadas a una escuela urbana de manera a adaptarlas a este proyecto, buscando siempre respetar la practicabilidad y seguridad por los que vela el Código Técnico de la Edificación.

Por tanto, como veremos a continuación, no todos los volúmenes contruidos cuentan con instalaciones de agua, electricidad y saneamiento, ni todos cumplen las restrictivas normas de accesibilidad, porque, como hemos dicho, no queremos adaptar la naturaleza a la escuela sino la escuela a ella, buscando un impacto mínimo y un respeto máximo del entorno natural y sus características.

Adecuación a la normativa

ACCESIBILIDAD

Las **normativas de accesibilidad** vigentes se rigen según:

- CTE Documento Básico SUA Seguridad de Utilización y Accesibilidad
- Ordenanzas de Accesibilidad del Municipio de Valencia

El Camino, enrasado a la misma cota que el terreno y estabilizando el mismo, configura un **itinerario accesible** que permite llegar a todos los volúmenes del proyecto.

Estos, elevados sobre pilotes, se encuentran a una cota superior a la del terreno, necesitando por tanto, de cara a la normativa de accesibilidad, de una **rampa de acceso** a cada uno. No obstante, remitiéndonos a la reflexión anterior, consideraremos únicamente como accesibles por rampa los volúmenes de carácter más público como son el módulo de Recepción y administración, el módulo de Casa y el módulo de Cocina.

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación y dado que la accesibilidad en proyectos de obra nueva debe cumplir los requisitos de nivel “adaptado”, se exige para rampas de uso público un ancho mínimo de 1,80m.

Sin embargo, por las dimensiones reducidas de las construcciones del proyecto, su carácter no urbano y su uso no autónomo sino como complemento del espacio exterior practicable, interpretamos excesiva dicha medida, pensada para el acceso a espacios de mayor tamaño y para un flujo mayor de personas.

Tomamos por tanto un ancho de 1,32m (mayor a 1,20m correspondiente al nivel “practicable”) de manera que, dado que el descansillo está situado frente a una puerta retranqueada, en dicho descansillo pueda inscribirse un círculo de 1,50m, cumpliendo con la normativa de **accesibilidad de puertas**. Esta se cumple también con una altura de 2,10 m y de mínimo 0,80 m de ancho en los itinerarios adaptados.

Se respeta el ancho de 1,80m en las **rampas de abastecimiento** de la cocina, tanto en la que salva el desnivel del terreno desde la carretera como en la que permite entrar al módulo de cocina, entendiendo que dicho abastecimiento puede requerir de elementos de dimensiones mayores. La rampa que baja la pendiente desde la carretera superior a la escuela cumple también la normativa de accesibilidad con una pendiente de 8% con tramos de 6 m, descansillos intermedios de 1,50 m y barandillas a una altura de 1 m y de 0,7 m para los niños al tratarse de un centro docente.

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, las **plataformas de acceso** a los módulos cumplen el mínimo de tres

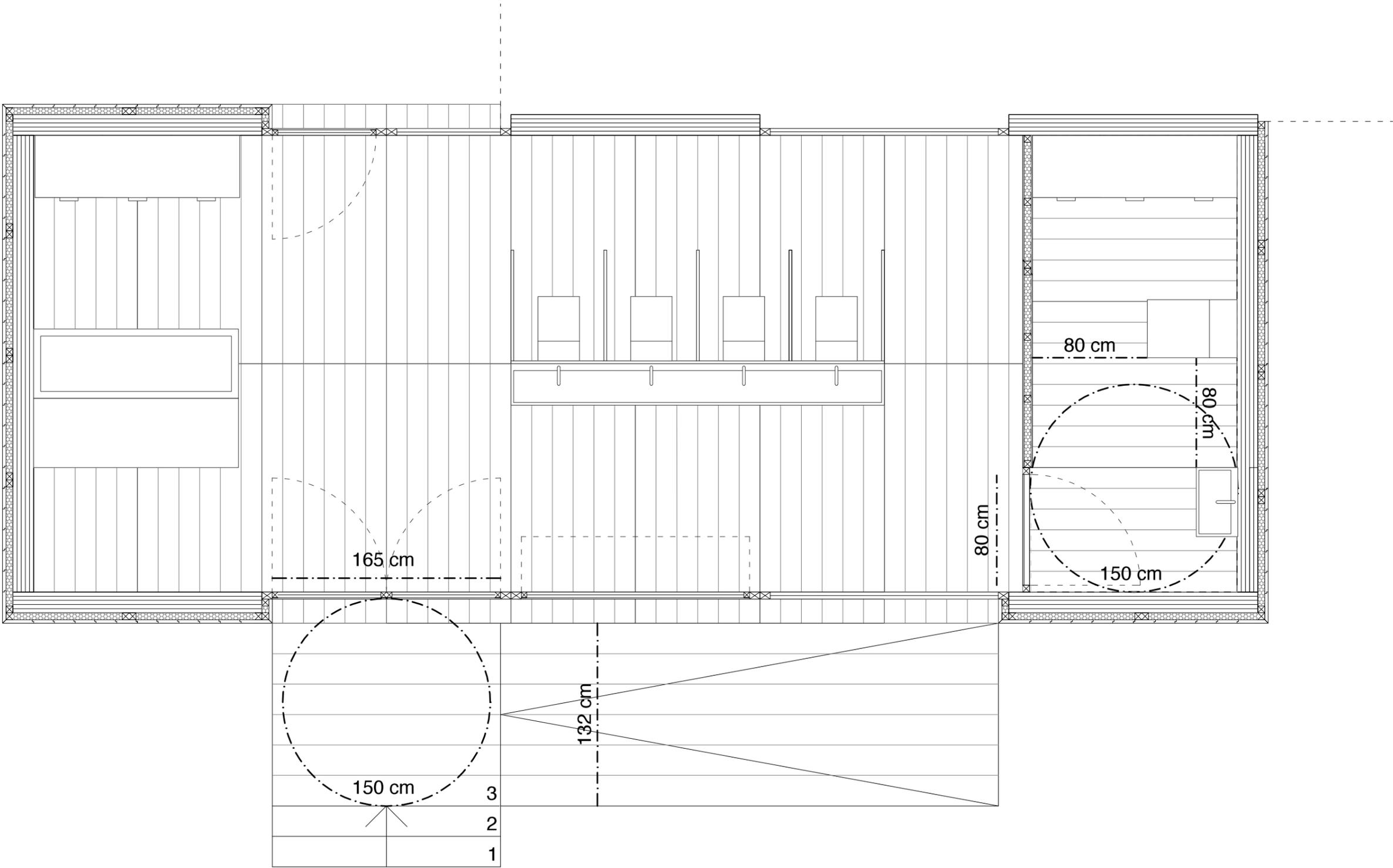
escalones y, al situarse frente a una puerta, cuentan con un descansillo en el cual es inscribible un círculo de 1,50m. No cuentan con barandilla al no salvar una altura mayor de 55 cm. Se igualan las dimensiones de las plataformas usadas en todo el proyecto, incluyan estas o no rampa de accesibilidad.

Por otro lado las **escaleras** que salvan los desniveles del terreno se conciben como escalinatas insertas en el mismo, reduciendo la contrahuella (a 12,5 cms) y aumentando la huella, integrándolas en el paseo configurado por el camino. Cumplen con la normativa, con rellanos de más de 2,50 m cada menos de 8 escalones y con barandillas a una altura de 1 m y de 0,7 m.

Finalmente los **aseos** están adaptados, dejando un espacio de 80 cm a un lado y frente al inodoro y en la puerta de acceso, con un ámbito adyacente donde es inscribible un círculo de 150 cm de diámetro.

EJEMPLO DE ACCESIBILIDAD: MÓDULO DE BAÑOS COMUNES

ESCALERAS, RAMPAS, PUERTAS Y BAÑOS



ESCALA 1/30

EVACUACIÓN DE INCENDIOS

Pese a no contar con suministro de gas y tampoco eléctrico en algunos de los volúmenes, con la consiguiente reducción del riesgo de incendio del espacio interior, los volúmenes deben garantizar las medidas de evacuación que establece el CTE - DB SI.

Dado que se trata de construcciones de una sola planta no necesitan **compartimentación en sectores de incendio** y su reducido tamaño les hace cumplir sin problemas la **longitud máxima de recorridos de evacuación** hasta el exterior, ya sean de riesgo especial como la cocina o la sala de contadores eléctricos que se estipula en 25 metros, como de riesgo normal que exige un máximo de 50 metros.

No obstante, al situarse inmersos en el bosque, las construcciones corren el riesgo de transmitir el incendio al mismo o que un incendio del mismo les sea transmitido. En cualquier caso, considerando como hemos hecho el espacio del bosque como parte del proyecto, el recorrido de evacuación desde cualquier área del proyecto hasta un espacio abierto, fuera del bosque, es de menos de 25 metros, cumpliendo así también con los requisitos de los recorridos de evacuación.

La **anchura de los pasos de evacuación** de 1,65m o 5,40m en las carpinterías en acordeón que permiten abrirse completamente, supera los 0,80m mínimos (la restricción en función del número de ocupantes es menor) y las reducidas dimensiones y altura del proyecto hacen que no sea necesaria ninguna **instalación de protección contra incendios**.

Comprobaremos también el correcto dimensionado de los **espacios exteriores seguros** en los que puede darse por finalizada la evacuación de los ocupantes del edificio, permitiendo la dispersión de los ocupantes que abandonan el edificio en condiciones de seguridad. Este tiene que tener, delante de cada salida de edificio que comunique con él, una superficie de al menos $0,5P \text{ m}^2$ dentro de la zona delimitada con un radio $0,1P \text{ m}$ de distancia desde la salida de edificio, siendo P el número de ocupantes cuya evacuación esté prevista por dicha salida.

Considerando por lo alto una ocupación de 22 ocupantes por módulo básico (20 alumnos y 2 profesores) obtenemos un área de $0,5 \times 22 = 11 \text{ m}^2$ en un radio de $0,1 \times 22 = 2,2 \text{ m}$ de la salida para los volúmenes de un solo módulo básico, 22 m^2 en un radio de $4,4 \text{ m}$ para los de dos y 33 m^2 en un radio de $6,6 \text{ m}$ para los de tres.

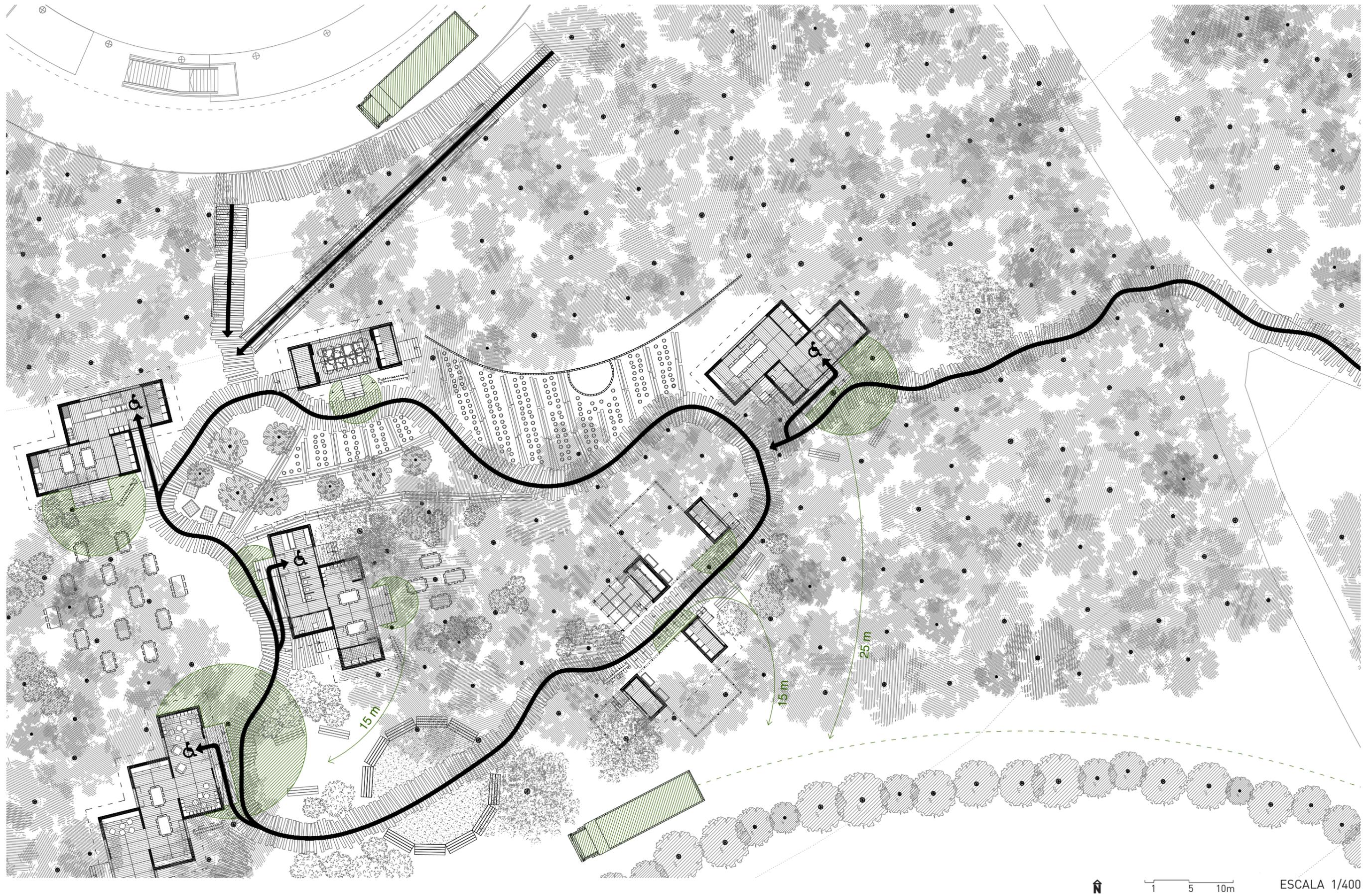
Pese a que cuando P no exceda de 50 personas no es necesario comprobar dicha condición, dado que los volúmenes se encuentran dispersos en el espacio abierto del bosque, es obvio que los espacios exteriores seguros cumplen la normativa, tanto adyacentes a los volúmenes como en los claros del bosque si este se incendiase también.

Por otro lado, la vía asfaltada que discurre sobre la escuela cumple las condiciones necesarias para el **acceso de un camión de bomberos** en su tramo recto, con una anchura superior a 3,50m. La escuela también es accesible mediante el camino de tierra que la recorre por el sur, subiendo desde la carretera principal.

Finalmente los paneles estructurales de CLT, con 15 cm de espesor y la certificación del material que se ajusta a la normativa vigente española, cumplen con los requisitos de **resistencia al fuego de R60** correspondiente a Centros Docentes de menos de 15 m de altura de evacuación, adquiriendo una resistencia al fuego R90 como veremos en el apartado de cálculo estructural.

Finalmente vamos a ilustrar el cumplimiento de las condiciones previas, tanto de accesibilidad como de evacuación de incendios, en un plano conjunto. Quedan marcados en negro el itinerario y los volúmenes con nivel de accesibilidad adaptado y en verde las zonas seguras de evacuación de incendios, los recorridos hasta claros del bosque desde dichas zonas y los posibles accesos de camiones de bomberos.

PLANO DE ACCESIBILIDAD GENERAL Y EVACUACIÓN DE INCENDIOS



Diseño de instalaciones

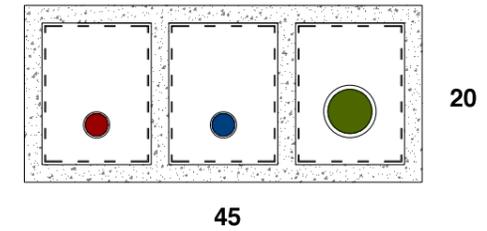
INSTALACIONES GENERALES (EXTERIORES)

El proyecto se ubica en un entorno boscoso pero **aprovecha las instalaciones eléctricas, de agua y saneamiento pre-existentes en el complejo de la Escuela de Cheste** dentro del cual se sitúa, reduciendo así el coste que derivaría de una instalación en un entorno boscoso sin abastecimiento. La instalación de la Escuela Infantil se concibe pues como una derivación de la red de distribución del complejo, construyéndose de la misma forma pero buscando reducirse al máximo en extensión, al aglutinar lo más posible los elementos que necesitan de dichos servicios pese a la dispersión de los volúmenes en el área boscosa.

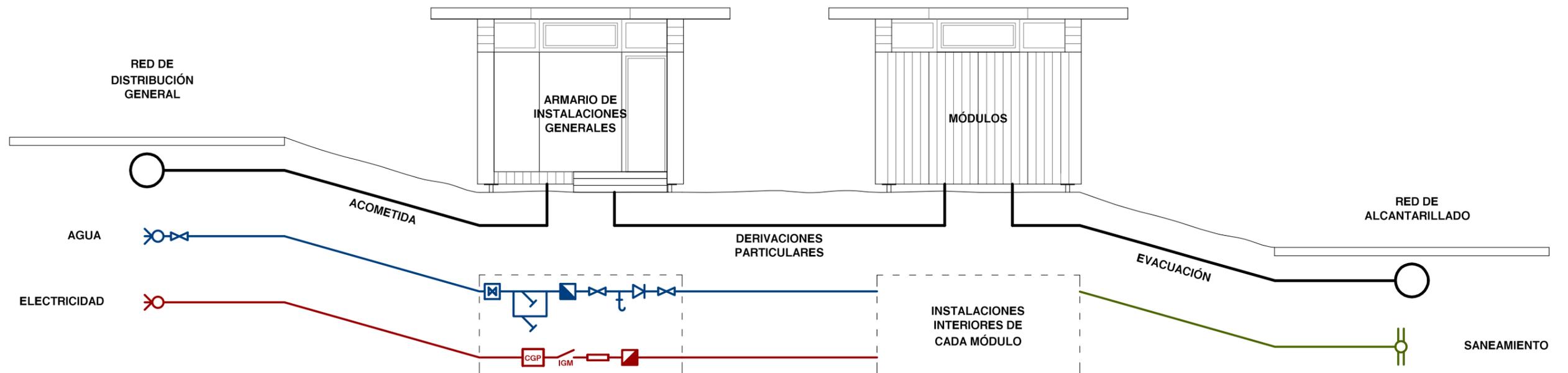
Frente al desconocimiento del trazado real de la red de instalaciones general del complejo asumimos que circula bajo las carreteras principales. Por lo tanto iniciamos la instalación de agua y eléctrica de la Escuela Infantil derivando la red en la carretera que discurre sobre nuestra parcela y acabamos nuestra red de saneamiento en el alcantarillado general que discurre al este, por la carretera principal. De esta manera, al situarse la escuela más baja que la primera y más alta que la segunda, no serán necesarias bombas, simplificando la instalación.

Las instalaciones discurren enterradas por los espacios exteriores, de la red de distribución al **módulo de servicio del Invernadero, accesible desde el exterior, que recoge los elementos de regulación y contadores de agua y luz**, debidamente aislados. De ahí siguen enterradas a cada volumen construido para las instalaciones de suministro de agua y electricidad, y de los volúmenes a la red de alcantarillado para las de saneamiento.

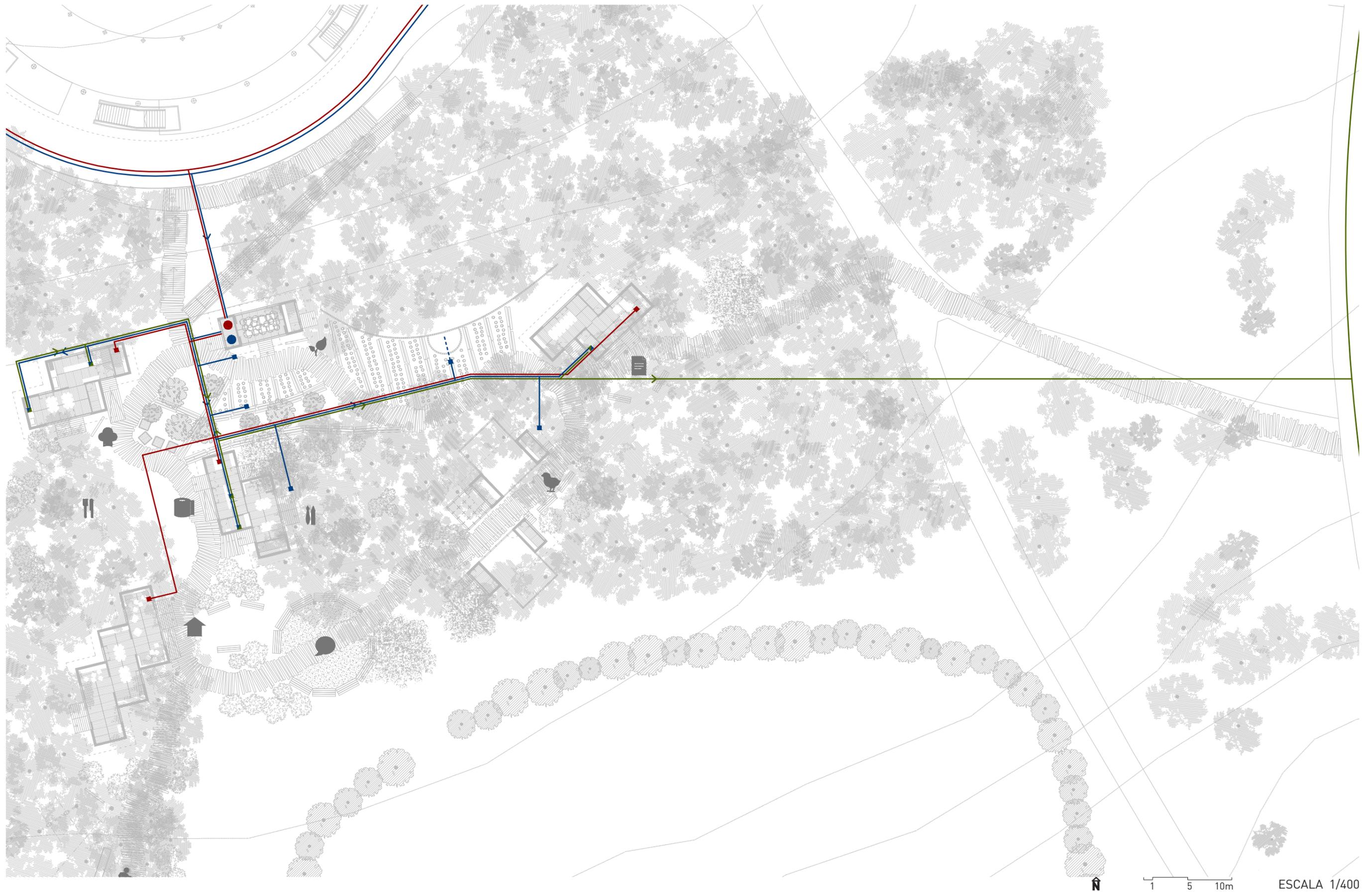
Las instalaciones circulan dentro de **conductos conformados con piezas de hormigón prefabricado**, registrables en varios puntos, acometiendo a los volúmenes bajo el forjado elevado sobre pilotes. Dichos conductos, de 20 x 45 cms, están sectorizados horizontalmente para permitir llevar al tiempo las instalaciones de agua, de saneamiento y electricidad convenientemente aisladas las unas de la otras.



La instalación general de la escuela se lleva a cabo antes de la construcción de los volúmenes, como si de una obra de "urbanización" se tratase: se cavan zanjas en el terreno siguiendo el trazado diseñado y en ellas se ubican los cajones que recogen las diferentes instalaciones y que son posteriormente enterrados, quedando preparados los puntos de conexión con los volúmenes. Dicho trazado se acerca a las construcciones de forma tangencial y reduce al máximo su despliegue bajo las mismas, insertándose puntualmente en formas de ramas rectas y cortas. De esta manera se evitan conflictos de la cimentación con las instalaciones y se posibilita su registro.



ESQUEMA DE TRAZADO DE INSTALACIONES GENERALES



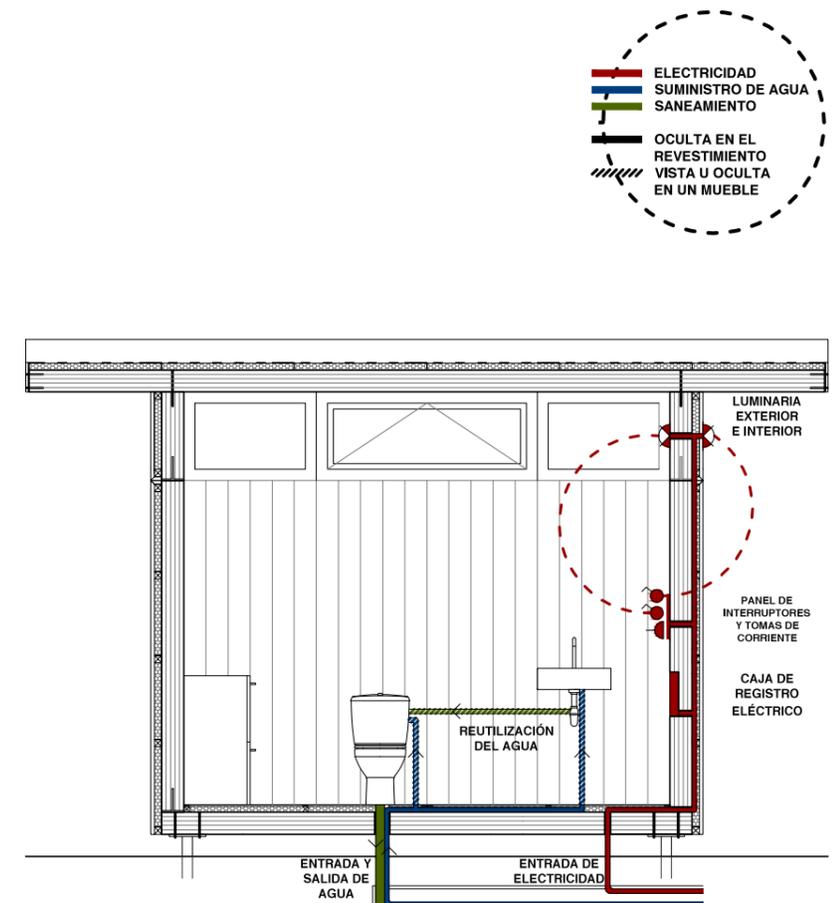
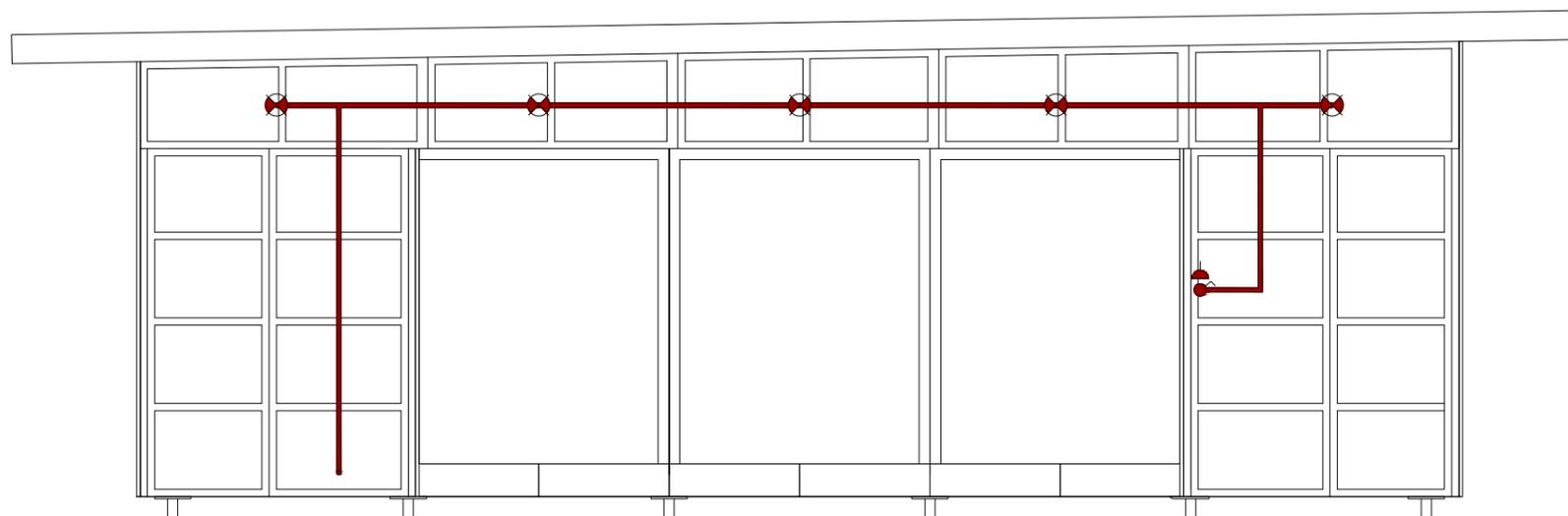
INSTALACIONES PARTICULARES (INTERIORES)

Las instalaciones **suben a cada módulo desde el terreno por un orificio practicado en fábrica en una de las losas** de madera contraminada que conforman el forjado inferior elevado. Desde ahí se distribuyen a los puntos de luz o de agua horizontalmente y verticalmente **a través de los revestimientos prefabricados**. La distribución horizontal de las instalaciones se realiza pues a través del revestimiento del pavimento interior y los revestimientos exteriores de las vigas y la distribución vertical por los revestimientos exteriores de los muros.

Los **puntos de agua** la toman directamente de la instalación horizontal que circula por el pavimento interior y los **aparatos sanitarios** desaguan directamente las aguas fecales y residuales en un manguetón que desciende al terreno bajo el forjado sanitario, por el mismo orificio que la red de suministro de agua.

Las **tomas de corriente**, los **interruptores** y los **puntos de luz**, situados en altura, necesitan sin embargo de una distribución vertical. Para ello los muros de madera contraminada cuentan de fábrica con orificios en su base, a la altura del pavimento, y a media altura, para las tomas de corriente e interruptores, y las vigas cuentan con orificios donde se sitúan los puntos de luz, de manera que las instalaciones, distribuidas horizontalmente por el pavimento interior puedan pasar al revestimiento exterior de muros que las distribuye verticalmente y puedan pasar de nuevo al interior en los puntos necesarios.

Los diferentes tipos de instalaciones se tienden, desde el o los puntos de entrada hasta los puntos de consumo, **sobre la estructura de paneles de madera contralaminada ya montada**, previamente a la colocación de los paneles de revestimiento. Por tanto estos deben ser diseñados, como veremos en el siguiente apartado, para permitir el paso de las instalaciones sin comprometer su correcta y fácil colocación sobre las superficies a revestir.



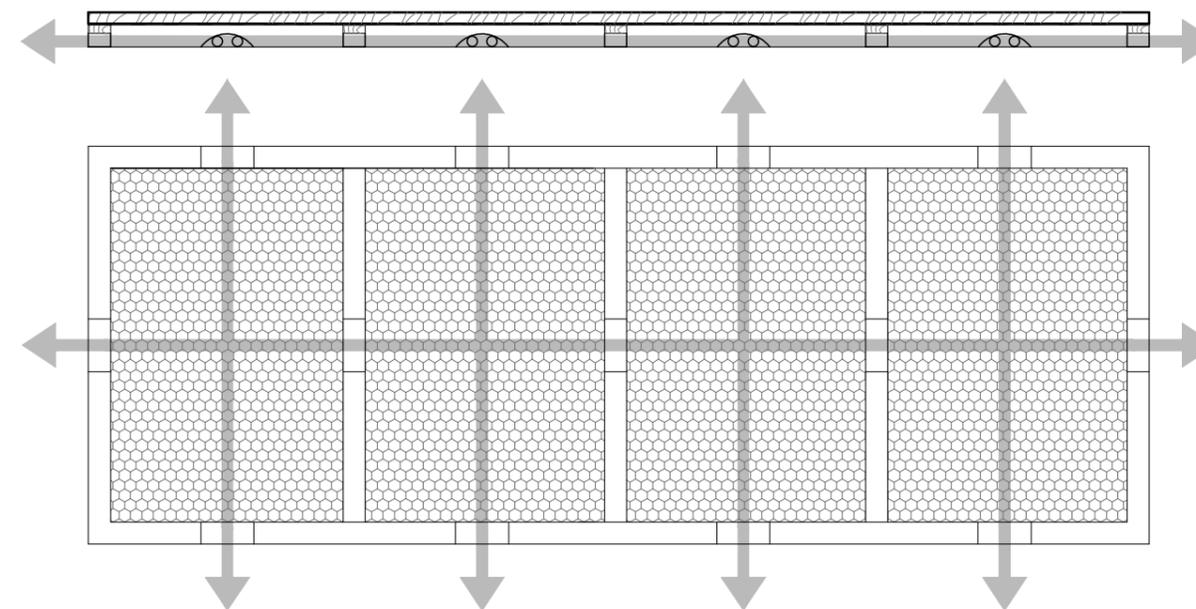
DISEÑO DE REVESTIMIENTOS PARA EL PASO DE INSTALACIONES

El diseño de los revestimientos de cara al paso de instalaciones busca **permitir un trazado lo más libre posible** de las mismas en las construcciones, pudiendo atravesar las piezas de revestimiento en las dos direcciones ortogonales del plano y aumentando así la versatilidad del sistema. Dado que los paneles de revestimiento de muros y pavimento (aquellos por los que pasan las instalaciones) están conformados con tablas montadas sobre bastidores fijados al soporte y entre los cuales se despliega el aislamiento térmico, son estos últimos, tanto los bastidores como el aislamiento, los que deben poder ser atravesados por las canalizaciones.

El **paso a través de los bastidores** se realiza por muescas practicadas en fábrica sobre los mismos, en las puntos intermedios de cada uno de los marcos que los componen. Esto permite una distribución libre de las instalaciones sobre los muros de CLT, siguiendo no obstante el trazado ortogonal impuesto por los puntos de paso en los bastidores.

Las muescas tienen una altura de 30 mm (suficiente para las instalaciones de ámbito "doméstico" planteadas) y una forma de arco para transmitir mejor las cargas que soliciten esta sección más débil. El grosor de 50 mm de los montantes de madera, sumado a los 25 mm de las tablas de madera que los arriostran, permiten a los paneles de revestimiento tolerar este debilitamiento puntual de su sección, que se realiza en los puntos intermedios de cada marco para permitir una manipulación cómoda (dado que una esviación de dicha sección favorecería el sostener el panel desde un lado, haciendo crítico el sostenerlo desde el opuesto).

El **paso a través del aislamiento térmico** es posible gracias a la compresibilidad del mismo, que le permite adaptarse a la forma de las canalizaciones que lo atraviesan.



INSTALACIONES DE CADA MÓDULO

Buscando, como decíamos, **reducir en la medida de lo posible las instalaciones**, los **baños** de toda la escuela (a excepción de un aseo para profesores en el módulo de recepción y administración) se concentran en un módulo céntrico que contará con instalación de luz, agua y saneamiento, de la que disfrutará también el **área de actividades plásticas** cuyo módulo se encuentra en el mismo volumen que el baño.

El volumen de **control y sala de profesores** se plantea como autónomo al resto de la escuela a nivel de servicios y cuenta por tanto con los mismos servicios, así como el volumen de **cocina y taller de cocina** que los necesita para el desarrollo de las actividades que alberga.

Por otro lado, **el invernadero y la granja** cuentan únicamente con abastecimiento de agua, necesario para el cuidado de las plantas y los animales, y el volumen de **la Casa** únicamente con instalación de luz, planteándose como un espacio susceptible de albergar actividades que requieran de instalación eléctrica o incluso actividades extra escolares.

Finalmente, el **área de psicomotricidad** no requiere de instalaciones de ningún tipo, contemplándose como un área exclusivamente exterior con elementos de juego.

A continuación definiremos individualmente el trazado y las características de cada una de las instalaciones (agua, saneamiento, electricidad y puntos de luz) y terminaremos con los planos de distribución general de la escuela y distribución particular de cada uno de los volúmenes dotados de instalación interior.

MÓDULO	AGUA	ELECTRICIDAD	SANEAMIENTO
RECEPCIÓN Y ADMINISTRACIÓN	SI	SI	SI
COCINA Y TALLER DE COCINA	SI	SI	SI
BAÑO Y ACTIVIDADES PLÁSTICAS	SI	SI	SI
INVERNADERO	SI	NO	NO
GRANJA	SI	NO	NO
LA CASA	NO	SI	NO
AREA DE PSICOMOTRICIDAD	NO	NO	NO

INSTALACIONES DE AGUA

Nuestra instalación de suministro de agua se adecua a la **normativa de aplicación vigente**:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, que aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS Seguridad. DB HS4 Suministro de agua.
- Normas Tecnológicas de la Edificación, NTE IFC Agua Caliente y NTE IFF Agua Fría
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
- Condiciones impuestas por los organismos públicos afectados y ordenanzas municipales
- Normas UNE

La **red de suministro de agua** se compone de una acometida desde la red de distribución general, una instalación general de la escuela que cuenta con un tubo de alimentación (a partir de la válvula de paso de la acometida), un contador general ubicado en un módulo de servicio del Invernadero y un distribuidor principal que parte de él y lleva a las derivaciones colectivas de cada área abastecida.

La **acometida** enlaza la red de distribución del complejo de la Universidad Laboral de Cheste con la instalación general de la Escuela Infantil y dispone de una llave de toma al inicio, en su conexión con la red de distribución, un tubo de polietileno y una llave de corte general al final, donde empieza la instalación general. Se encuentra protegida dentro de una conducción enterrada de hormigón prefabricado del doble de su diámetro y es instalada por la compañía distribuidora.

La **instalación general**, realizada por un instalador autorizado y verificada por la compañía suministradora, enlaza la acometida con las derivaciones de las instalaciones de cada área, controlando y regulando la instalación de la escuela infantil mediante la llave de corte general que interrumpe el suministro del conjunto y el filtro de la instalación general, situado a continuación de la llave, que retiene los residuos del agua y tiene un bypass para permitir su mantenimiento sin tener que cortar el suministro. Ambos se ubican en el **armario del contador general**, en el cual se alojan también a continuación, a lo largo del tubo de alimentación, el contador de agua de la escuela, una llave, un grifo de prueba, una válvula de retención y una llave de salida que permite, con la de corte, aislar el contador general.

El grifo de prueba y la válvula de retención conforman el sistema antirretorno, para evitar la introducción de fluidos externos a la instalación y la inversión del flujo de agua. Dado que la instalación se conecta al aljibe para abastecimiento puntual desde este debe disponerse un sistema antirretorno antes del punto de conexión.

De la instalación general parten las **derivaciones particulares** de cada una de las áreas, aislables mediante una llave de corte, que llegan hasta los puntos de consumo, cada uno con su propia llave.

Al contar la red de distribución general con presión suficiente y el tendido de la escuela estando instalado en pendiente descendiente (debiendo bajar el desnivel entre la carretera y el armario de contadores), no es necesaria la instalación de ningún sistema de impulsión del agua (bomba). Se instalará una válvula limitadora de presión en las derivaciones que lo necesiten para que no se supere en ningún caso la presión máxima de 50 mca.

No se realiza instalación de agua caliente de cara a minimizar las instalaciones, dado que esta solo sería estrictamente necesaria para el lavavajillas de la cocina y este puede calentar el agua fría con una resistencia, suponiendo un gasto mayor de electricidad pero menor que la instalación de una caldera o un sistema de paneles solares para un consumo tan reducido.

De manera a contribuir a la sostenibilidad, se pretende ahorrar al máximo en agua mediante el uso de grifos con pulsador temporizador y la reutilización del agua de los lavabos para llenar las cisternas de los inodoros mediante una sencilla instalación facilitada al situarlos los unos contra los otros.

INSTALACIONES DE SANEAMIENTO

Nuestra instalación de saneamiento se adecua a la **normativa de aplicación vigente**:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS 5 "Salubridad. Evacuación de aguas".
- Normas Tecnológicas de la Edificación, NTE ISS Saneamiento.
- Normas municipales para conexión a la red de alcantarillado y condiciones de vertido.
- Condiciones impuestas por los organismos públicos afectados y ordenanzas municipales.
- Normas UNE aplicables

Las **aguas que vierten en la red de saneamiento** se agrupan en tres tipos: aguas residuales, procedentes de los aparatos sanitarios excepto inodoros, aguas fecales procedentes de estos, y aguas pluviales.

En este proyecto, como ya hemos comentado anteriormente, no se recogen las aguas de las cubiertas y las aguas de lluvia almacenadas en el aljibe no pasan por la red de saneamiento así que no dispondremos de instalaciones para **pluviales**.

Por otro lado, agrupamos en las mismas canalizaciones las aguas **residuales y fecales** ya que el caudal de ambas será reducido y gran parte de las aguas residuales (las de los lavabos de los baños comunes de escuela) son reutilizadas como aguas fecales.

En la red de evacuación se instalan **cierres hidráulicos** que impiden que el aire de los mismos pase a los locales habitados de los cuales recoge el agua: se colocan sifones individuales en los lavabos y la ducha y en los inodoros del baño (el suyo propio), y en los fregaderos y lavavajillas de la cocina. Todos ellos son autolimpiables, registrables y se colocan en los propios aparatos.

Las canalizaciones de todos ellos se unen a través del revestimiento del pavimento con el manguetón del inodoro que desciende directamente al terreno y **se recogen en colectores enterrados** en conducciones prefabricadas de hormigón, que se unen en arquetas registrables y conducen las aguas fecales y residuales hasta el alcantarillado del complejo de Cheste.

Como material se utiliza el PVC, tanto para las tuberías de las derivaciones y los colectores como para los botes sinfónicos y los sifones individuales. Se caracteriza por su gran ligereza, lisura interna y gran resistencia a los agentes químicos, así como su gran conformabilidad, adaptándose a cualquier trazado cuando se calientan para darles forma. Los tubos enterrados se ubican en el interior de cajeados de hormigón prefabricado para evitar el envejecimiento.

INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD

Nuestra instalación de electrotécnia se adecua a la **normativa de aplicación vigente**:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Código Técnico de la Edificación.

La instalación se inicia con la **acometida** que parte de la red de distribución general del complejo de la Universidad Laboral y alimenta con conductores de aluminio la **Caja General de Protección de la escuela**. Al constituir esta un único usuario, la CGP se ubica en el mismo lugar que el contador, en el módulo de servicio del Invernadero, coincidiendo el fusible de seguridad con el de la CGP.

De ahí parten las **derivaciones individuales**, conductores aislados de cobre en el interior de tubos enterrados, a cada uno de los volúmenes que las necesitan. Los conductores suben a los volúmenes bajo el forjado sanitario, hasta la Caja Individual de Mando y Protección embebida en en uno de los paneles de muro (horadado de fábrica), registrable desde el interior pero sellada para los niños.

Desde ahí los conductores de cobre aislados van por la guías del pavimento prefabricado y a través de los orificios practicados en fábrica en los paneles de CLT (como hemos dicho anteriormente) suben por los paneles de revestimiento exterior de muros hasta los puntos de toma de corriente, de luz e interruptores, que sirven al interior.

Al tratarse de espacios de pública concurrencia, los volúmenes dotados de luz y electricidad deben incluir **alumbrado de emergencia** que asegure una mínima iluminación en caso de fallo eléctrico. Se considera innecesaria la instalación de alumbrado de evacuación ya que los volúmenes cuentan con salidas al espacio exterior en todo su perímetro. Sí se instalará no obstante el alumbrado ambiente que proporciona una iluminación que permita a los ocupantes identificar obstáculos y acceder a las salidas de evacuación.

En su paso enterrado, **la instalación se conecta a tierra** mediante una unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección, con un electrodo enterrado en el suelo. Así se evitan diferencias de potencial peligrosas y se permite el paso al terreno de corrientes de defecto y de las de descarga de origen atmosférico.

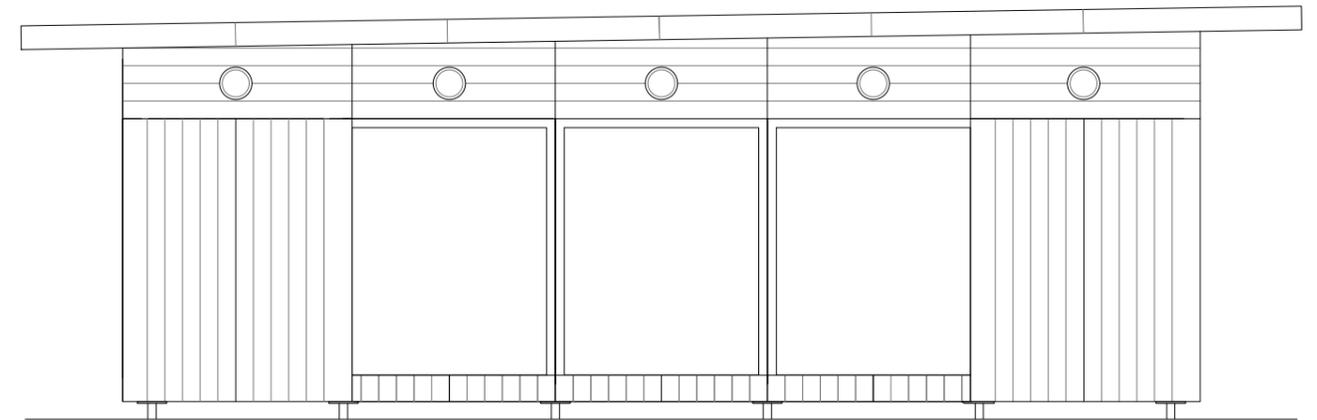
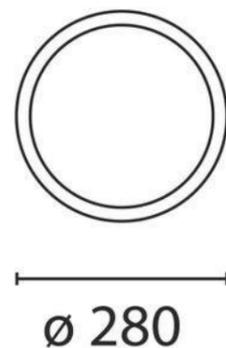
PUNTOS DE LUZ

Sólo los módulos de **Administración, de Cocina y Taller de Cocina y de La Casa** cuentan con **instalación de electricidad y luz artificial** ya que son los únicos que, desde su planteamiento, son concebidos para un uso complementario al de la escuela fuera del horario de la misma, ya sea para actividades relacionadas con ella como reuniones de profesores, con los padres, jornadas temáticas y celebraciones, u otros usos independientes que puedan utilizar las infraestructuras de la escuela, como reuniones de grupos o celebraciones de otro tipo.

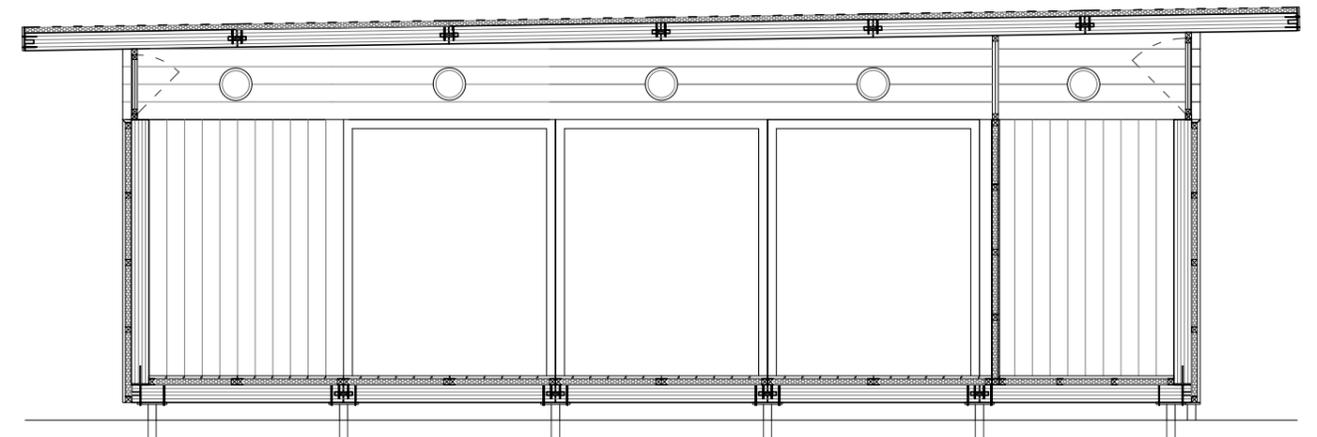
Para ello se busca una **iluminación nocturna homogénea y difusa** que permita la realización de actividades al interior así como la circulación y la estancia en torno a los volúmenes. Así pues, **a lo largo de las vigas se despliegan los puntos de luz**, tanto hacia el interior, iluminando el techo y las paredes, como hacia el exterior, iluminando los muros y los aleros desde abajo. Los conductores de electricidad discurren bajo el pavimento interior desde la **Caja Individual de Mando y Protección**, cruzan a través de los orificios en la base de los muros de CLT al revestimiento exterior de los mismos y desde ahí ascienden para volver a perforar el muro a una altura de 1,20 m para conformar en el interior pequeños **paneles de toma de corriente e interruptores**. Pese a tratarse de una altura de difícil acceso para los niños, se utilizan tomas de corriente de seguridad.

Los interruptores se conectan a las luminarias subiendo por el revestimiento exterior de los muros hasta el revestimiento exterior de las vigas y distribuyéndose horizontalmente a través de este, perforando puntualmente las vigas de CLT y su revestimiento para insertar puntos de luz, respectivamente al interior y al exterior, a una altura de 2,50 metros.

Proponemos por ejemplo, tanto para interior como para exterior, el modelo iFace de iGuzzini, una luminaria de luz difusa, con cuerpo, marco externo y difusor de policarbonato y una sencilla forma circular de 28 cm de diámetro. Al no ser empotrada, permite su instalación sin grandes perforaciones en los paneles de CLT y de revestimiento, solo los realizados en fábrica para paso de los conductores. Se busca una iluminación eficiente y sostenible, en línea con el planteamiento del proyecto, utilizando para ello bombillas de bajo consumo que al tener un uso esporádico alargarán su vida útil (no funcionando las LED en este modelo).

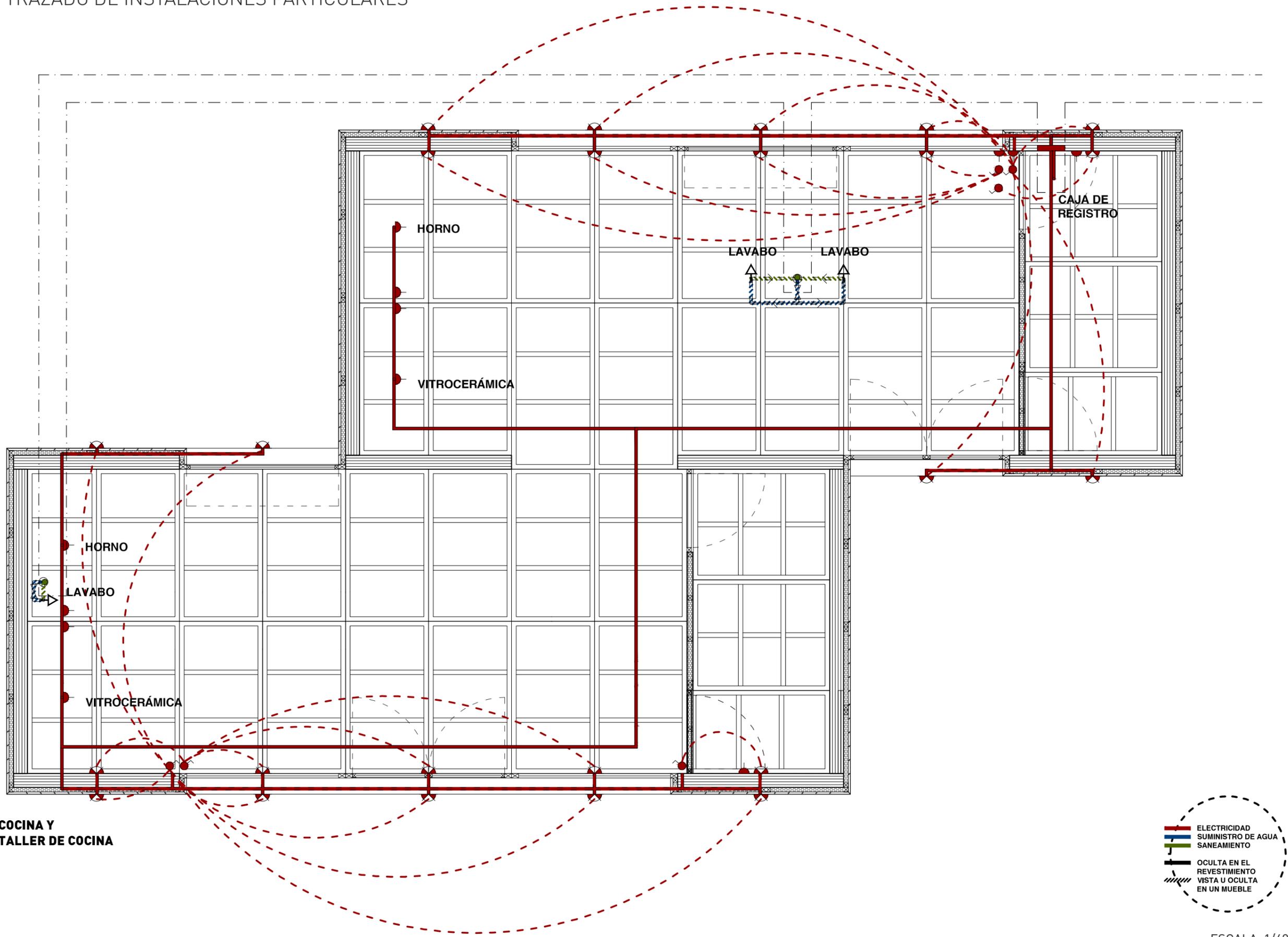


VISTA EXTERIOR



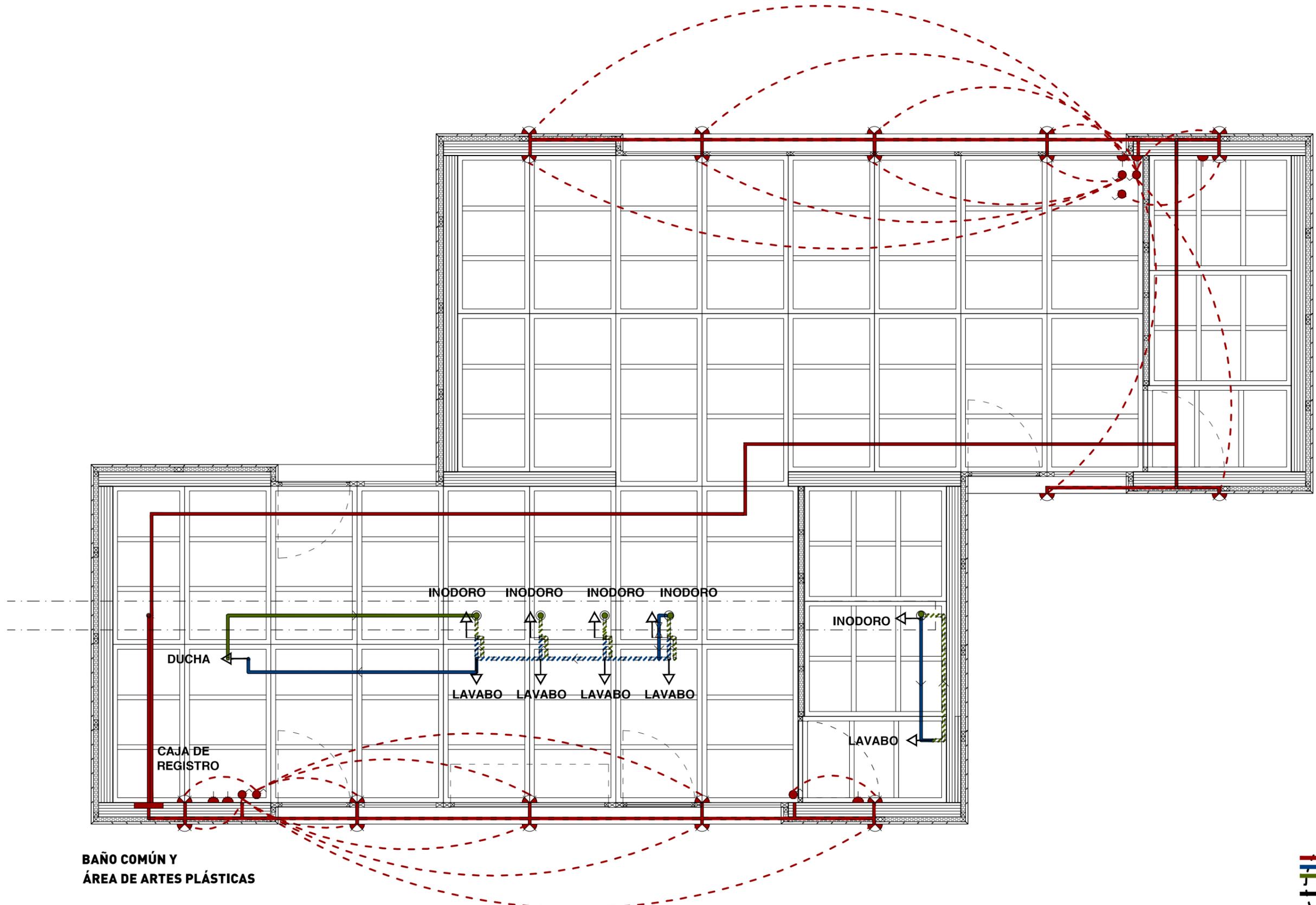
VISTA INTERIOR

ESQUEMAS DE TRAZADO DE INSTALACIONES PARTICULARES



COCINA Y
TALLER DE COCINA

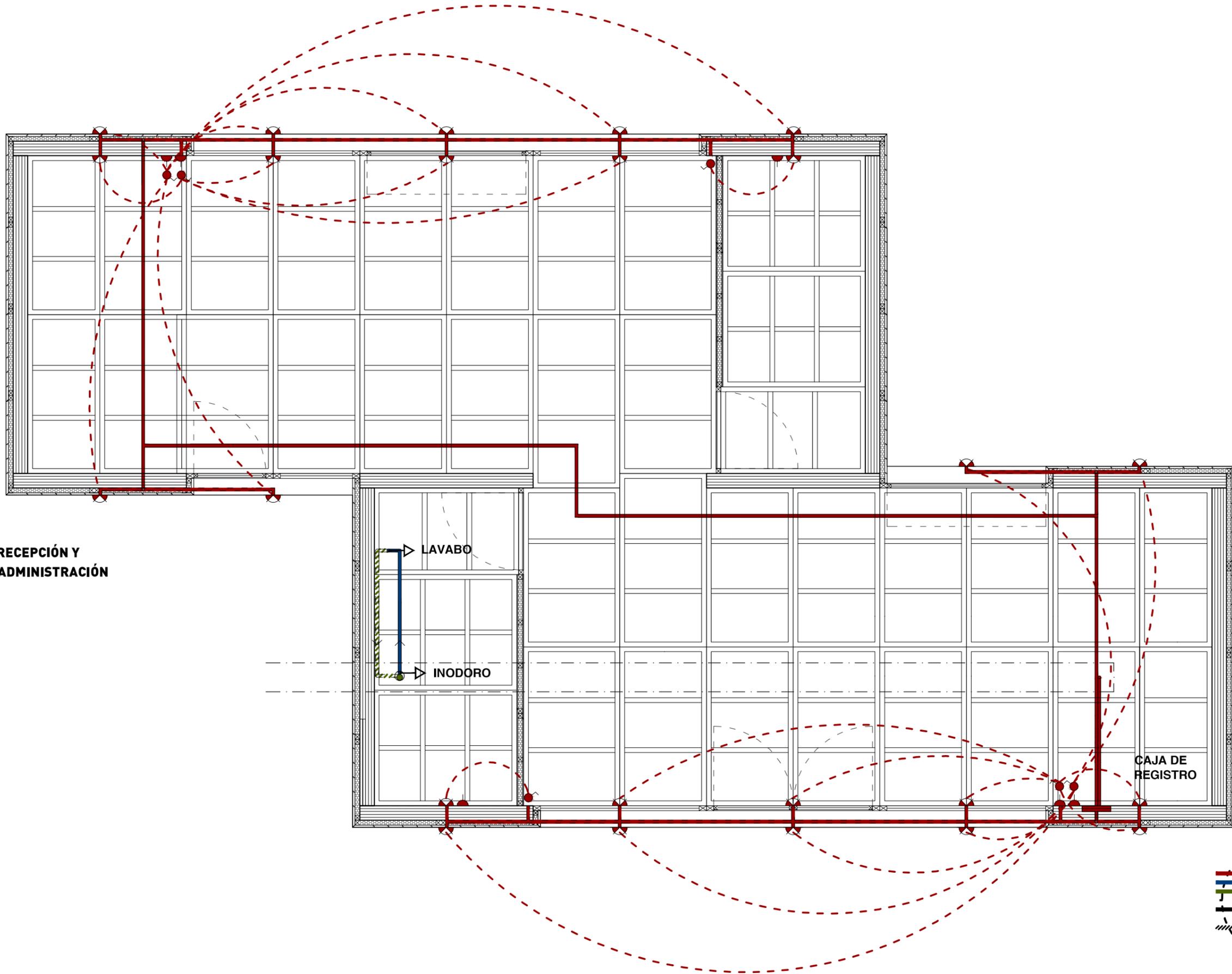
ESCALA 1/40



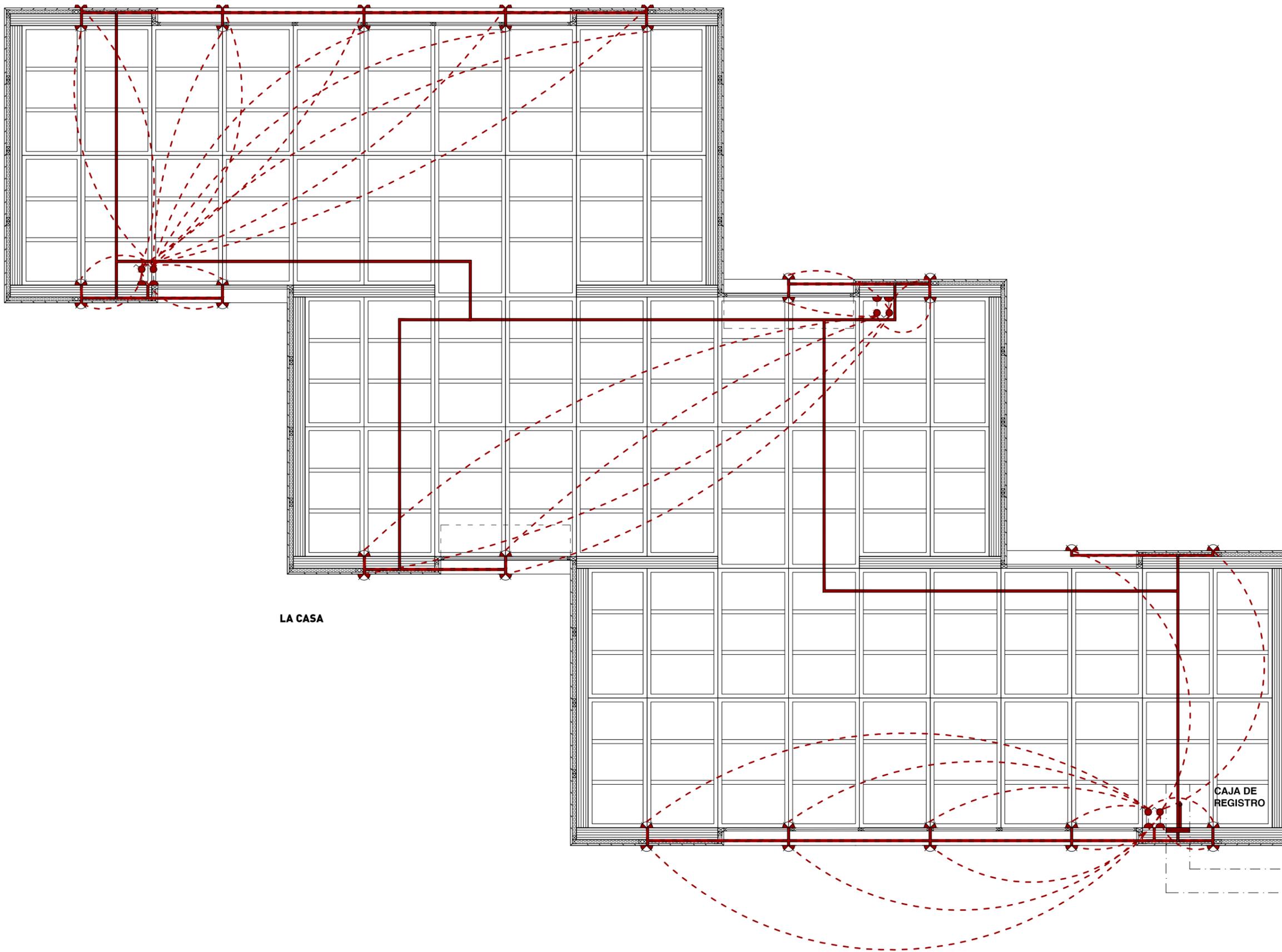
**BAÑO COMÚN Y
ÁREA DE ARTES PLÁSTICAS**

— ELECTRICIDAD
— SUMINISTRO DE AGUA
— SANEAMIENTO
 OCULTA EN EL REVESTIMIENTO
 VISTA U OCULTA EN UN MUEBLE

ESCALA 1/40



ESCALA 1/40



LA CASA

CAJA DE REGISTRO

ESCUELA INFANTIL EN EL BOSQUE | EMILIO MACANÁS MARTÍNEZ



ESCALA 1/50

Cálculo estructural

MODO DE CÁLCULO

Los **paneles de CLT** no solo definen la envolvente de las construcciones sino que transmiten además sus cargas, definiendo así su estructura. La madera contralaminada es un material normalizado y completamente prefabricado por numerosas marcas comerciales que garantizan, en el aspecto estructural, sus prestaciones relativas a la protección contra incendios, la rigidez y la resistencia, verificando el Código Técnico de la Edificación vigente, mediante la correspondiente homologación técnica europea.

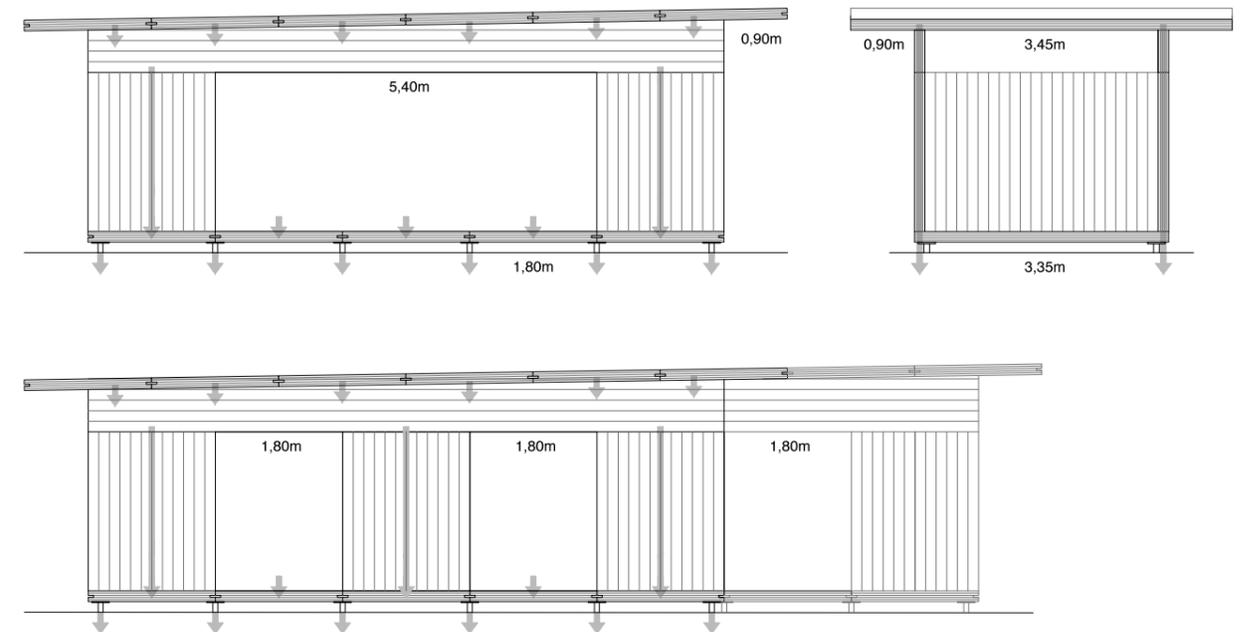
Tal grado de control en fábrica y garantía de calidad por parte de las empresas suministradoras permite asegurar el correcto funcionamiento estructural de una obra de CLT cuando se enmarca dentro de unas medidas y condiciones que no suponen ningún alarde para el material. Por ello muchas de ellas ofrecen **tablas de dimensionado** que, para estos casos, permiten verificar la adecuación de la madera contralaminada al diseño del proyecto y a las cargas que lo solicitan, pese a recomendar un cálculo posterior.

Al igual que a nivel volumétrico, constructivo y de implantación, el proyecto busca también a nivel estructural la **sencillez en la transmisión de sus cargas y una máxima reducción de las solicitaciones** con que estas afectan los diferentes elementos, al simplificar el diseño y controlar la métrica de las construcciones. El sistema permite, con elementos de dimensiones controladas y geometría sencillas, materializados en paneles prefabricados de madera contralaminada en sinergia con anclajes y pilotes prefabricados metálicos, resolver la estructura de las construcciones que conforma.

Las pequeñas luces de las construcciones reducen las solicitaciones sobre los elementos de las mismas y la alineación del apoyo de las losas superiores en las vigas con los muros y de estos con los pilotes a través de las losas inferiores permite una transmisión vertical muy directa y sencilla de las cargas al terreno:

- Las **losas del forjado superior** apoyan (con unión atornillada) sobre las vigas con una luz de 3,45m, dándose dos tipos de apoyo diferentes: uno con prolongación de un alero de 0,90m en los tramos de viga exteriores y otro sin prolongación en los tramos de viga interiores, pertenecientes a dos "módulos básicos" adyacentes.
- Las **vigas** apoyan sobre los dos muros alineados del "módulo básico", alcanzando en este caso la luz máxima del proyecto de 5,40m, o sobre los cuatro de dos "módulos básicos" adyacentes (con unión mediante angulares en T invertida atornillada), repartiendo sus cargas entre los mismos con luces de 1,80m.
- Los **muros laterales** de cada "módulo muro", que son los que reciben las cargas de las vigas, apoyan a su vez sobre los extremos laterales de una de las losas del forjado inferior (con unión mediante angulares en T invertida atornillada), que reciben la totalidad de las cargas de ambos.
- Las **losas del forjado inferior** apoyan en sus cuatro esquinas en pilotes metálicos (con unión atornillada), con una luz entre ejes de pilote de 3,35m y de 1,80m, alineados con los muros y recibiendo directamente (verticalmente) las cargas de estos a través de las losas.

- Los **pilotes metálicos** transmiten las cargas al terreno por rozamiento y por punta.



El uso de revestimientos en aquellas superficies que lo necesitan respeta la condición de una adecuada conservación de las características del material y con ello su correcto funcionamiento de acuerdo a las prestaciones garantizadas del producto.

De cara a lo expuesto anteriormente, consideraremos suficiente la **comprobación del predimensionado de la estructura mediante las tablas ofrecidas por una marca comercial** para garantizar la resistencia y el comportamiento en servicio de las construcciones del proyecto.

Para el pilote metálico, funcionando como un apoyo, haremos una **comprobación a axil**.

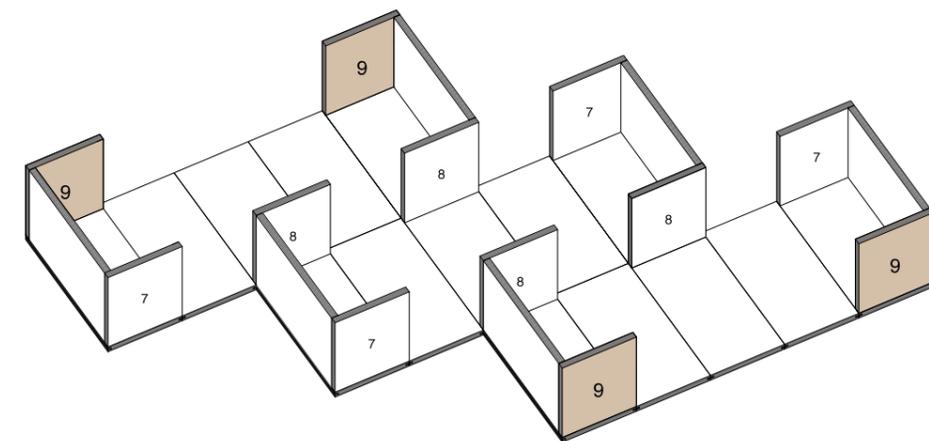
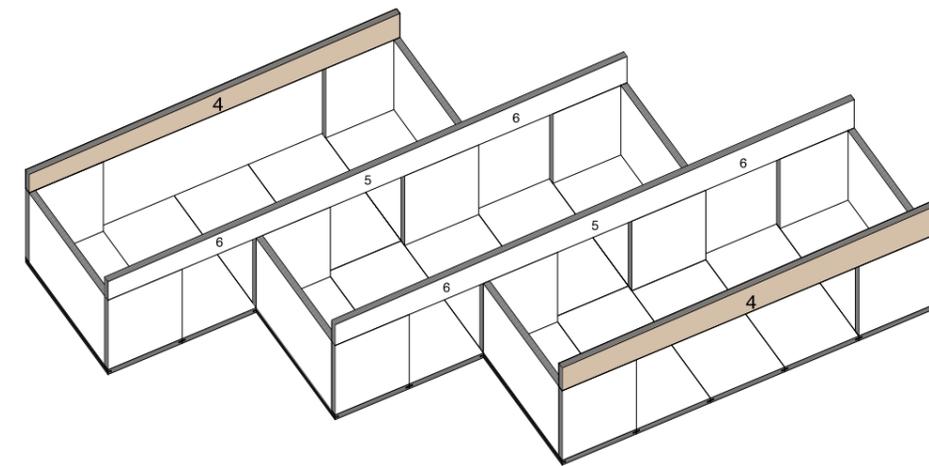
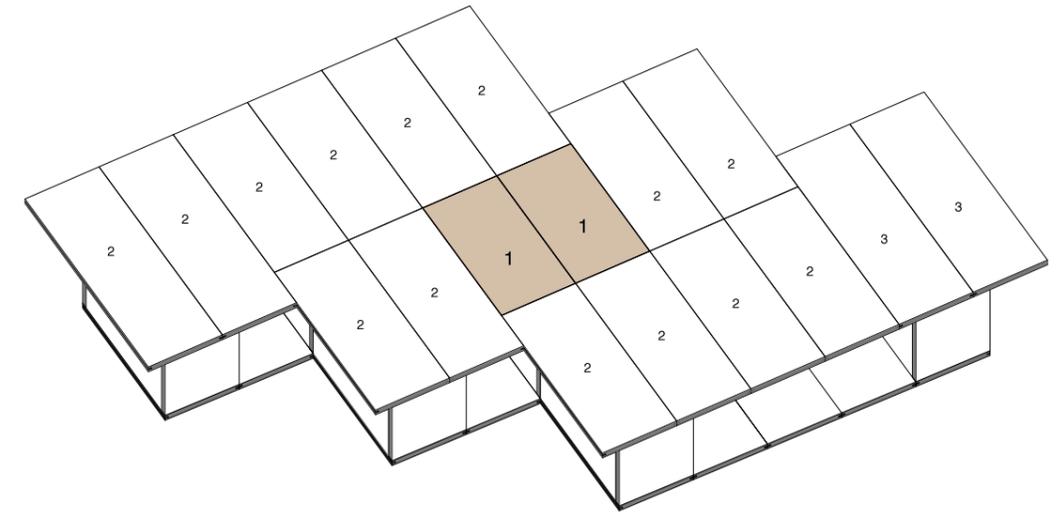
Tras haber definido el modelo de cálculo y las cargas que lo solicitan, llevaremos a cabo dicha comprobación.

MODELO DE CÁLCULO

Dado que todos los volúmenes de la escuela infantil se construyen de acuerdo al sistema constructivo propuesto **realizaremos el cálculo estructural de un “módulo compuesto”**, sin tener en cuenta la orientación de los “módulos muro” porque no afecta al reparto de cargas, ya que solo los muros laterales reciben cargas de las vigas.

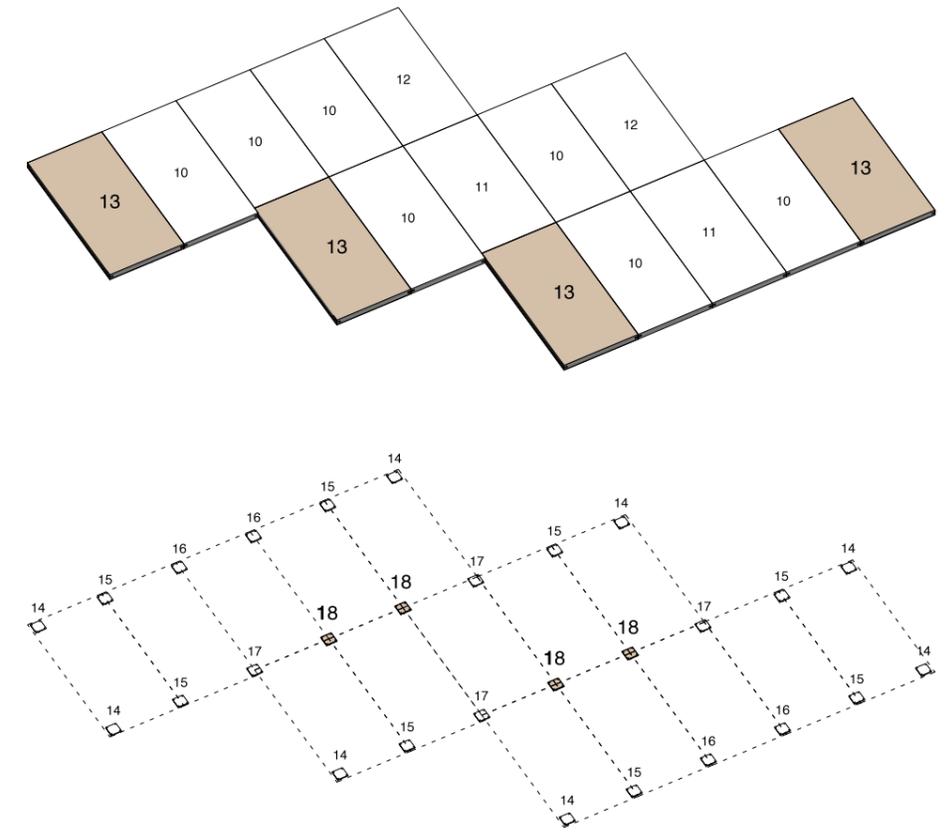
Escogeremos para el cálculo La Casa que, al estar compuesta de tres “módulos básicos”, **reúne todos los elementos con solicitaciones diferentes que plantea el sistema**, que son:

- **[1]** losa del forjado superior de espesor F y ancho A , biapoyada en sendas vigas a una distancia de $B-C$ sin aleros
- **[2]** losa del forjado superior de espesor F y ancho A , biapoyada en sendas vigas a una distancia de $B-C$ con un alero de $[A/2+C/2]$ a un lado
- **[3]** losa del forjado superior de espesor F y ancho A , biapoyada en sendas vigas a una distancia de $B-C$ con aleros de $[A/2+C/2]$ a cada lado
- **[4]** tramo de viga de espesor C y altura $E+(2/100x)$, perteneciente a un único “módulo básico”, que apoya en dos muros separados de una distancia $3A$ y recoge la mitad de las cargas entre vigas de las losas a un lado (en un área de $3A \times [B/2-C/2]$) y las de los aleros de las losas al otro (en un área de $3A \times [A/2+C/2]$)
- **[5]** tramo de viga de espesor C y altura $E+(2/100x)$, perteneciente a dos “módulos básicos” adyacentes, que apoya en dos muros separados de una distancia A y recoge la mitad de las cargas entre vigas de las losas a cada lado (en un área de $A \times [B/2-C/2]$)
- **[6]** tramo de viga de espesor C y altura $E+(2/100x)$, perteneciente a dos “módulos básicos” adyacentes, que apoya en dos muros separados de una distancia A y recoge la mitad de las cargas entre vigas de las losas a un lado (en un área de $A \times [B/2-C/2]$) y del alero al otro (en un área de $A \times [A+C/2]$)
- **[7]** muro de altura D , espesor C y longitud A que recoge las cargas de un tramo de viga superior de largo $1,5A$
- **[8]** muro de altura D , espesor C y longitud A que recoge las cargas de un tramo de viga superior de largo $2A$
- **[9]** muro de altura D , espesor C y longitud A que recoge las cargas de un tramo de viga superior de largo $2,5A$



- **[10]** losa del forjado inferior de espesor F apoyada en pilotes metálicos en sus cuatro esquinas, a una distancia de B-C en una dirección y A en la otra, sobre la que no apoya ningún panel
- **[11]** losa del forjado inferior de espesor F apoyada en pilotes metálicos en sus cuatro esquinas, a una distancia de B-C en una dirección y A en la otra, sobre la que apoya un panel de muro cargado
- **[12]** losa del forjado inferior de espesor F apoyada en pilotes metálicos en sus cuatro esquinas, a una distancia de B-C en una dirección y A en la otra, sobre la que apoya un panel de muro cargado y otro sin cargar
- **[13]** losa del forjado inferior de espesor F apoyada en pilotes metálicos en sus cuatro esquinas, a una distancia de B-C en una dirección y A en la otra, sobre la que apoyan dos paneles de muro cargados y uno sin cargar
- **[14]** pilote metálico con placa de reparto de 25 x 25 cms que recibe cargas de un cuarto del área $(A/2 \times B/2)$ de 1 losa del forjado inferior, sobre el que gravitan 2 paneles de muro
- **[15]** pilote metálico con placa de reparto de 25 x 25 cms que recibe cargas de un cuarto del área $(A/2 \times B/2)$ de 2 losas adyacentes del forjado inferior, sobre una de las cuales gravita un panel de muro
- **[16]** pilote metálico con placa de reparto de 25 x 25 cms que recibe cargas de un cuarto del área $(A/2 \times B/2)$ de 2 losas adyacentes del forjado inferior, sobre ninguna de las cuales gravita un panel de muro
- **[17]** pilote metálico con placa de reparto de 25 x 25 cms que recibe cargas de un cuarto del área $(A/2 \times B/2)$ de 3 losas adyacentes del forjado inferior, sobre una de las cuales gravitan 2 paneles de muro
- **[18]** pilote metálico con placa de reparto de 25 x 25 cms que recibe cargas de un cuarto del área $(A/2 \times B/2)$ de 4 losas adyacentes del forjado inferior, sobre una de las cuales gravita 1 panel de muro

Dando por hecho que si estas cumplen las demás lo harán también, de todas ellas **comprobaremos únicamente aquellas que tengan las peores solicitaciones**: la losa superior [1], la viga [4], el muro [9], la losa inferior [13] y el pilote [18] (sombreados en los esquemas).



CÁLCULO DE CARGAS

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación DB-SE-Acciones en la edificación, las cargas que solicitan a los volúmenes pueden clasificarse, según su tiempo de acción sobre la estructura, en permanentes (G), variables (Q) y accidentales (A).

ACCIONES PERMANENTES (G)

ELEMENTO	ESPESOR (MM)	PESO PROPIO (KN/M2)
Panel de madera contralaminada	150	0,75
Panel prefabricado de revestimiento de cubierta:	50	0,065
<ul style="list-style-type: none"> • lana de vidrio • lámina impermeabilizante autoprottegida adherida 	48 2	0,015 0,050
CERRAMIENTO DE CUBIERTA	200	0,815
Panel de madera contralaminada	150	0,75
Panel prefabricado de revestimiento exterior de muros:	75	0,110
<ul style="list-style-type: none"> • lana de vidrio • estructura de madera aserrada • lámina impermeabilizante • acabado de tablas de madera 	50 50x50 0 25	0,015 0,020 0 0,075
CERRAMIENTO DE MURO	225	0,86
Panel de madera contralaminada	150	0,75
Panel prefabricado de revestimiento exterior de vigas:	75	0,110
<ul style="list-style-type: none"> • lana de vidrio • estructura de madera aserrada • lámina impermeabilizante • acabado de tablas de madera 	50 50x50 0 25	0,015 0,020 0 0,075
CERRAMIENTO DE VIGA	225	0,86
Panel de madera contralaminada	150	0,75
Panel prefabricado de revestimiento del pavimento:	75	0,110
<ul style="list-style-type: none"> • lana de vidrio • estructura de madera aserrada • lámina impermeabilizante • acabado de tablas de madera 	50 50x50 0 25	0,015 0,020 0 0,075
FORJADO INFERIOR	225	0,86

No consideraremos las cargas ocasionadas por los cerramientos de vidrio dado que las mismas son absorbidas directamente por los pilotes al estar alineados con los paños verticalmente y el pilote a comprobar tiene una posición interior y no recibe dichas cargas.

ACCIONES VARIABLES (Q)

Sobrecargas de uso:

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ^{(4),(6)}	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tenemos pues una sobrecarga de uso de 3 kN/m² en el forjado inferior y 1 kN/m² en la cubierta (no siendo esta última concomitante con las demás sobrecargas de uso).

Sobrecargas de viento:

La poca altura de las construcciones y su situación en un entorno boscoso protegido del viento nos permiten despreciar esta solicitud.

Sobrecargas por acciones térmicas:

Dada la reducida dimensión de las construcciones, la baja dilatación térmica de la madera y la elasticidad de las uniones entre paneles, no consideraremos las sobrecargas por acciones térmicas por ser estas de amplitud despreciable.

Sobrecargas de nieve:

El valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, que llamamos q_n , puede definirse como:

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

Siendo:

μ el coeficiente de forma de la cubierta, que para una inclinación de menos de 30° es $\mu = 1,0$

S_k el valor característico de la carga de nieve obtenido de la tabla que sigue, para la zona de Chestre $S_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Así pues la sobrecarga de nieve de la cubierta será de:

$$q_n = 1,0 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

ACCIONES ACCIDENTALES (A)

Sismo:

Su poca altura, su elevación del terreno y su construcción en seco con madera y uniones articuladas metálicas dotan a las construcciones de un importante grado de resiliencia que permite negligir los efectos del sismo sobre la misma.

Impactos:

Dado que la escuela infantil no cuenta con acceso rodado directo entre los volúmenes, no consideraremos el riesgo de impactos de vehículos.

Otras acciones accidentales:

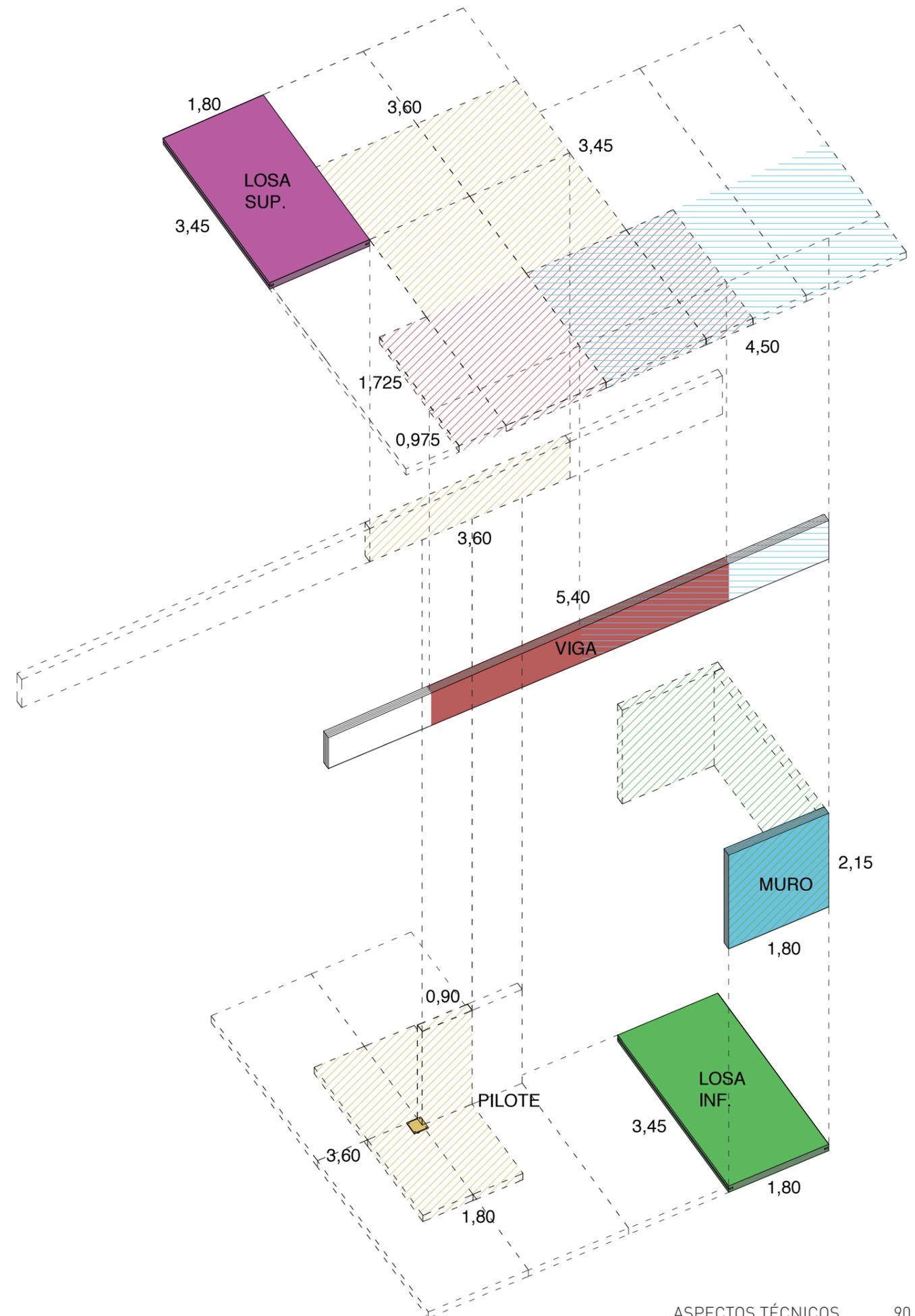
Dado el uso al que se destina el proyecto, no se considerarán otras acciones accidentales.

ASIGNACIÓN DE CARGAS

Primero veremos cómo modelizamos los elementos estudiados de cara a adaptarlos a las tablas de dimensionado:

- La **losa del forjado superior** tiene un ancho de $A = 1,80$ m y está biapoyada en sendas vigas a una distancia de $B-C = 3,45$ m sin aleros. La asimilaremos a una viga biapoyada de longitud $3,45$ con un ámbito de aplicación de la carga (en kN/m) de $1,80$ m.
- El **tramo de viga** tiene un altura media (en centro de vano) de $E + (2/100) 2,5 A = 0,6 + (2/100) \times 2,5 \times 1,80 = 0,69$ m (que será el ámbito de aplicación de su peso propio) y pertenece a un único "módulo básico" por lo tanto apoya en dos muros separados de una distancia de $3A = 5,40$ m y recoge la mitad de las cargas entre vigas de las losas a un lado (en un ámbito de $1,725$ m) y las de los aleros de las losas al otro (en un ámbito de $0,975$ m).
- El **muro** tiene una altura $D = 2,25$ m (ámbito de aplicación de su peso propio) y una longitud de $A = 1,80$ m que recoge las cargas de un tramo de viga superior de largo $2,5A = 4,50$ m. Por tanto las cargas en kN/m de la viga (su peso propio y las cargas de la losa superior) pasan al muro también en kN/m afectadas de un coeficiente de $4,50 / 1,80 = 2,5$ para adaptarlas a la longitud del muro.
- La **losa del forjado inferior** apoya en pilotes metálicos en sus cuatro esquinas, a una distancia de $B-C = 3,45$ cm en una dirección y $A = 180$ cm en la otra. La asimilaremos a una viga biapoyada de longitud $3,45$ con un ámbito de aplicación de la carga (en kN/m) de $1,80$ m. Las cargas de los muros cargados pasan directamente a los pilotes, estando estos alineados verticalmente. El muro que los cierra solicita a la losa con su propio peso que pasará también directamente a los pilotes cuando esta comience a flexionar, por lo tanto tampoco incluiremos dicha carga en la comprobación.
- El **pilote metálico** con placa de reparto de 25×25 cms recibe cargas de un cuarto del área de 4 losas adyacentes del forjado inferior, soportando por tanto el peso de un área igual al de una losa $A \times B = 1,80 \times 3,60$ m. Sobre una de estas áreas gravita la mitad de un panel de muro de carga, recibiendo así la mitad de sus cargas (por tanto con un ámbito igual a la mitad de su longitud $A/2 = 1,80/2 = 0,90$ m) que son su peso propio (con una altura de $2,25$ m), el peso propio de una viga de $3,60 \times 0,69$ (tomando una altura media igual a la de la viga calculada) y el peso propio y la sobrecarga de uso de la mitad de las cuatro losas que en ella apoyan, equivalente a un área de $3,60 \times 3,45$.

En el esquema que sigue marcamos con un sombreado sólido los elementos solicitados (a comprobar) y en un sombreado a rayas del mismo color los elementos que solicitan a cada uno de ellos: en VIOLETA la losa superior, en ROJO la viga, en AZUL el muro, en VERDE la losa inferior y en AMARILLO el pilote.



A continuación veremos cuales de las **cargas solicitan a cada uno de los elementos estudiados**, según sean permanentes o variables:

TIPO DE CARGA	ELEMENTO SOLICITADO	CARGAS	VALOR (KN/M2)	ÁMBITO (M)	VALOR (KN/M)	CARGA TOTAL (kN/m)	
PERMANENTE	Losa superior	PP cubierta	0,815	1,8	1,467	1,467	
	Viga	PP cubierta	0,815	1,725 + 0,975 = 2,7	2,2	2,793	
		PP viga	0,860	0,69	0,593		
	Muro	PP cubierta	2,2 *	4,50/1,80 = 2,5	5,5	8,917	
		PP viga	0,593 *	4,50/1,80 = 2,5	1,482		
		PP muro	0,860	2,25	1,935		
	Losa inferior	PP forjado inf ***	0,86	1,8	1,548	1,548	
	Pilote	PP cubierta	0,815	3,60 x 3,45 / 2	5,04 **	13,42**	
		PP viga	0,860	3,60 x 0,69 / 2	1,07 **		
		PP muro	0,860	1,80 x 2,25 / 2	1,74 **		
		PP forjado inf	0,860	3,60 x 1,80	5,57 **		
		PP pilote ****	0				
	VARIABLE	Losa superior	U cubierta	1	1,80	1,80	2,34
			Nieve	0,3	1,80	0,54	
		Viga	U cubierta	1,0	1,725 + 0,975 = 2,7	2,7	3,5
Nieve			0,3	1,725 + 0,975 = 2,7	0,8		
Muro		U cubierta	2,7 *	4,50/1,80 = 2,5	6,75	8,75	
		Nieve	0,8 *	4,50/1,80 = 2,5	2		
Losa inferior		U forjado inf ***	3,0	1,8	5,4	5,4	
Pilote		U cubierta	1	3,60 x 3,45 / 2	6,21 **	27,51 **	
		Nieve	0,3	3,60 x 3,45 / 2	1,86 **		
		U forjado inf	3,0	3,60 x 1,80	19,44 **		

* Carga ya en kN/m, que adquiere un nuevo valor en kN/m al pasar de la viga al muro, con una longitud de reparto menor

** Carga en kN, axil del pilote

*** Las cargas de los muros no cargan sobre la losa inferior, pasan directamente a los pilotes alineados verticalmente

**** El peso propio del pilote se desprecia para el cálculo al encontrarse este hundido en el terreno, al que lo transmite directamente

COMPROBACIÓN DEL PREDIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DE CLT MEDIANTE TABLAS

Para el diseño del proyecto predimensionamos los paneles, tanto de forjado como de muro y viga, con un espesor de 150 mm compuesto de 5 capas encoladas de tablas madera aserrada de 30 mm de canto. Tomamos esta medida de acuerdo con recomendaciones generales de parte de manuales y catálogos que estiman adecuados para elementos de dimensiones moderadas espesores de 150 mm para forjados y algo menos para muros. Pese a requerir un espesor menor los muros respecto a las vigas y las losas lo uniformamos en todos los elementos para hacer de él la modulación del proyecto.

Para comprobar este predimensionado **utilizaremos las tablas que ofrece la empresa Stora Enso**, de las cuales nos interesan para nuestro proyecto (asimilando las losas a vigas):

- La tabla para **vigas de un vano comprobadas a deformación**, que define el espesor de los paneles en función de la carga permanente y la carga de uso que los solicitan y la luz entre apoyos.
- La tabla para **vigas de un vano comprobadas a vibración**, que define el espesor de los paneles en función de la carga permanente y la carga de uso que los solicitan y la luz entre apoyos.
- La tabla para **muros de carga exteriores**, que define el espesor de los paneles en función de la carga permanente y la carga de uso que los solicitan, su altura (longitud de pandeo) y la resistencia al fuego esperada.

En la tabla siguiente recogeremos las características de cada elemento y los dimensionados dados por las tablas respecto a dichas características:

ELEMENTO SOLICITADO	CARGA TOTAL PERMANENTE	CARGA TOTAL VARIABLE	LUZ / ALTURA (M)	DIMENSIONADO DEFORMACIÓN	DIMENSIONADO VIBRACIÓN (MM)
Losa superior	1,467 kN/m	2,340 kN/m	3,45	74 L3s	74 L3s
Viga	2,793 kN/m	3,5 kN/m	5,4	150 L5s	150 L5s
Muro	8,917 kN/m	8,75 kN/m	2,25	97 L3s *	-
Losa inferior	1,548 kN/m	5,400 kN/m	3,45	97 L3s	97 L3s

* Para ver que aun así cumple tomamos para el muro el dimensionado correspondiente a la resistencia al fuego más restrictiva R90

Vemos por tanto que **todos los elementos de madera contralaminada cumplen el predimensionado de 150 mm**. Además las tablas ya contemplan el peso propio de los elementos cargados que nosotros hemos sin embargo añadido como carga, situándonos por tanto del lado de la seguridad.

Viga de un vano

Deformación



Según la homologación Z 9.1-659; DIN 1052 (2008) y EN1995-1-1 (2008)

Carga permanente g [*]) [kN/m]	Carga de uso n _k [kN/m]	LUZ ENTRE DOS APOYOS l									
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m	
1,00	1,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,80	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	3,50	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	4,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
1,50	1,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,80	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	3,50	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	4,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
2,00	1,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,80	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	3,50	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	4,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
2,50	1,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,80	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	3,50	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	4,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
3,00	1,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	2,80	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	3,50	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s
	4,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	165 L5s	182 L5s

* El peso propio del CLT ya se ha contemplado en la tabla con el valor p=500kg/m².

Clase de servicio 1, categoría de carga útil A ($\psi_0=0,7$; $\psi_1=0,5$; $\psi_2=0,3$)

a) Comprobación de las tensiones de flexión

b) Comprobación de las tensiones de flexión

$k_{red}=0,8$

Aptitud de uso:

a) Situación de medición casi permanente: $w_{lim} \leq l/250$

b) Situación de medición poco frecuente: $w_{lim} \leq l/200$; $w_{lim} - w_{d,lim} \leq l/200$

$k_{def}=0,6$

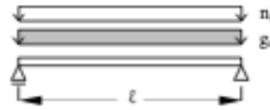
Resistencia al fuego:
 $\beta=0,65\text{mm/min}$

R0
R30
R60
R90

Esta tabla expone los grosores necesarios para la medición en frío (R0). El fondo de colores representa el periodo de resistencia al fuego que también se alcanza con este grosor. Si requiere una resistencia a la combustión más prolongada, deberá realizar sus propios cálculos. Esta tabla tiene como único objetivo proporcionar unas medidas de predimensionado y no sustituye el cálculo estructural del proyecto.

Viga de un vano

Vibración



Según la homologación Z 9.1-559; DIN 1052 (2008) y EN1995-1-1 (2008)

Carga permanente g [*]) [KN/m]	Carga de uso n _k [KN/m]	LUZ ENTRE DOS APOYOS ℓ								
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m
1,00	1,00	74 L3s	83 L3s	103 L3s	103 L3s	112 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,80	74 L3s	83 L3s	97 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	3,50	83 L3s	97 L3s	103 L3s	119 L3s	138 L5s	165 L5e	182 L5e	211 L5s	223 L7e-2
	4,00	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
1,50	1,00	74 L3s	83 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,80	83 L3s	97 L3s	103 L3s	119 L3s	138 L5s	165 L5e	182 L5e	211 L5s	223 L7e-2
	3,50	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	4,00	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
2,00	1,00	74 L3s	83 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,80	83 L3s	97 L3s	103 L3s	119 L3s	138 L5s	165 L5e	182 L5e	211 L5s	223 L7e-2
	3,50	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	4,00	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
2,50	1,00	74 L3s	83 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,80	83 L3s	97 L3s	103 L3s	119 L3s	138 L5s	165 L5e	182 L5e	211 L5s	223 L7e-2
	3,50	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	4,00	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
3,00	1,00	74 L3s	83 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	2,80	83 L3s	97 L3s	103 L3s	119 L3s	138 L5s	165 L5e	182 L5e	211 L5s	223 L7e-2
	3,50	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s
	4,00	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5e	165 L5e	182 L5e	211 L5s

* El peso propio del CLT ya se ha contemplado en la tabla con el valor p=500kg/m².

Clase de servicio 1, categoría de carga útil A ($\psi_0=0,7; \psi_1=0,5; \psi_2=0,3$)

a) Comprobación de las tensiones de flexión

b) Comprobación de las tensiones de flexión

$k_{mod}=0,8$

Aptitud de uso:

a) Situación de medición casi permanente: $w_{lin} \leq l/250$

b) Situación de medición poco frecuente: $w_{Q,med} \leq l/200; w_{lin} - w_{Q,med} \leq l/200$

c) Vibraciones (según EN 1995-1-1 y Kreuzinger & Mohr):

($f_1 > 8\text{Hz}$ o $f_1 > 4\text{Hz}$ con $a=0,45\text{m/s}^2; v > v_{lim}; w_{cr} > 1\text{mm}$) $D=2\%$, 5cm de suelo de cemento, $b=1,2 \dots l; k_{sev}=0,6$

La vibración no depende del vano sino de la masa y por eso puede resultar un forjado más grueso aunque el vano sea menor. Esta tabla expone los grosores necesarios para la medición en frío (R0). El fondo de colores representa el periodo de resistencia al fuego que también se alcanza con este grosor. Si requiere una resistencia al fuego más prolongada, deberá realizar sus propios cálculos. Esta tabla tiene como único objetivo proporcionar unas medidas de predimensionado y no sustituye el cálculo estructural del proyecto.

Resistencia al fuego:
 $\beta=0,65\text{mm/min}$

R0
R30
R60
R90

Paredes exteriores



Según la homologación Z 9.1-559
DIN 1052 (2008) y EN1995-1-1 (2008)

Carga permanente g [*]) [KN/m]	Carga de uso n _k [KN/m]	ALTURA (Longitud libre de pandeo ℓ)											
		2,45 m				2,75 m				2,95 m			
		R 0	R 30	R 60	R 90	R 0	R 30	R 60	R 90	R 0	R 30	R 60	R 90
10,00	10,00		83 C3s	83 C3s	97 C3e			97 C3e	97 C3e			97 C3e	97 C3e
	20,00	57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e	
	30,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	40,00			95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e
	50,00	83 C3s											
20,00	10,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	20,00	57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e	
	30,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	40,00			95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e
	50,00	83 C3s											
30,00	10,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	20,00	57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e	
	30,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	40,00			95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e
	50,00	83 C3s											
40,00	10,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	20,00	57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e	
	30,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	40,00			95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e
	50,00	83 C3s											
50,00	10,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	20,00	57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e	
	30,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	40,00			95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e
	50,00	83 C3s											
60,00	10,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	20,00	57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e		57 C3s		97 C3e	
	30,00		97 C3e		97 C3e			97 C3e				97 C3e	
	40,00			95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e	83 C3s		95 C5e	138 C5e
	50,00	83 C3s											

* El peso propio del CLT ya se ha contemplado en la tabla con el valor p=500kg/m².
Presión del viento: $w_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$

Clase de servicio 1, categoría de carga útil A ($\psi_0=0,7; \psi_1=0,5; \psi_2=0,3$)

Estado límite último:

a) Comprobación como barra sometida a pandeo (presión y flexión según el método de barra equivalente)

b) Esfuerzo cortante

$k_{mod}=0,8$

Resistencia al fuego:
 $\beta=0,65\text{mm/min}$

R0
R30
R60
R90

Esta tabla tiene como único objetivo proporcionar unas medidas de predimensionado y no sustituye el cálculo estructural del proyecto.

COMPROBACIÓN DEL PREDIMENSIONADO DEL PILOTE METÁLICO SEGÚN EL CTE

Para comprobar la capacidad portante de los pilotes metálicos nos remitiremos al proceso descrito por el "Documento básico - Seguridad estructural Cimientos" para calcular el **tope estructural o carga nominal**, valor que la **solicitación axil no debe superar** y que responde a la siguiente expresión:

$$Q_{\text{tope}} = \sigma \cdot A \quad \text{donde } \sigma \text{ es la tensión del pilote y } A \text{ el área de su sección transversal.}$$

Según la tabla adyacente, siendo los nuestros pilotes perforados en seco en suelo firme, obtenemos:

$$\sigma = 4 \text{ Mpa} = 4000 \text{ kN/m}^2$$

El pilote tiene un diámetro de 76,1 mm y sus hélices de 250 mm. Dado que estas participan activamente en la resistencia del mismo pero solo se encuentran en la mitad inferior del fuste, tomaremos un diámetro intermedio desfavorable igual al doble del del pilote, $D = 152,2 \text{ mm} = 0,1522 \text{ m}$. Así pues su radio es de $r = 0,1522 / 2 = 0,0761 \text{ m}$ y el área de su sección transversal:

$$A = \pi \cdot R^2 = 3,1416 \cdot 0,0761^2 = 0,0182 \text{ m}^2$$

Luego:

$$Q_{\text{tope}} = 4000 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,0182 \text{ m}^2 = 72,74 \text{ kN}$$

El **axil al que se somete el pilote** es igual a:

$$N_x = N_{\text{permanentes}} + N_{\text{variables}} = 13,42 + 27,51 = 40,93 \text{ kN}$$

Dado que $72,74 \text{ kN} = Q_{\text{tope}} > N_x = 40,93 \text{ kN}$, la capacidad portante del pilote puede absorber el axil de solicitación, luego **el predimensionado del pilote cumple**.

Tabla 5.1. Valores recomendados para el tope estructural de los pilotes

Procedimiento	Tipo de pilote	Valores de σ (Mpa)	
		Suelo firme	Roca
Hincados	Hormigón pretensado o postesado	0,30 ($f_{ck} - 0,9 f_p$)	
	Hormigón armado	0,30 f_{ck}	
	Metálicos	0,30 f_{yk}	
	Madera	5	
Perforados ⁽¹⁾	Entubados	5	6
	Lodos	4	5
	En seco	4	5
	Barrenados sin control de parámetros	3,5	-
	Barrenados con control de parámetros	4	-

⁽¹⁾ Con un control adecuado de la integridad, los pilotes perforados podrán ser utilizados con toques estructurales un 25% mayores.

Cuando el sol todavía arranca largas sombras a los árboles y aún no ha caído la última gota de rocío, la escuela empieza a despertar. El lienzo sobre el que se pinta es un tapiz de verdes amarillentos y marrones grisáceos, de arbustos bajos, corteza de pino, tierra salpicada de finas agujas bajo un manto vivo, permeable al viento y a la lluvia, elemento de sombra perforado de luz. El sonido lejano del circuito de Cheste y de las carreteras queda enmudecido por los árboles, hábitat de pájaros, ardillas y otros animales. La escuela se despereza con los pasos de los profesores sobre la tierra húmeda, que preparan las actividades, mientras padres y niños empiezan a llegar al aparcamiento.

Allí viene a buscarles el camino de madera que les lleva por una suave colina de césped hasta adentrarse en el bosque. Serpenteando entre los árboles, llega a la primera cabaña donde el conserje les saluda como todos los días. Ilusionados, los niños ven acercarse a los animales con el sonido de sus pisadas al pasar por el corral para llegar al corazón de la escuela, la asamblea, donde les esperan sus amigos y sus profesores.

Allí se despiden de sus padres y, cuando todos han llegado, el día en la escuela empieza. Sentados en gradas de madera donde todos pueden verse mutuamente, se saludan, conversan, cantan y se reconocen como una gran familia, para luego separarse en seis grupos de veinte niños con dos profesores que se distribuyen por las seis áreas de aprendizaje repartidas por el bosque a lo largo del camino.

Unos empiezan en La Casa donde la arquitectura los recoge, matizando la luz sin perder la vista del bosque que la abraza, conformando espacios que los niños pueden controlar, donde se sienten cobijados, donde la madera crea, con su calidez, un hogar. Los niños resuelven puzzles y juegan en las mesas, aprendiendo los unos de los otros, los pequeños de los mayores, mientras la música suena, otros bailan frente al espejo y algunos se acuestan en los cojines con un libro.

Cuando el sol aparece ya sobre las copas de los árboles, los niños cogen sus mochilas y siguiendo a sus profesores se embarcan en el camino de madera que los lleva colina abajo. Tras pasar por el guardamochilas, corren libres por el bosque, descolgándose por las tirolinas, balanceándose en los columpios, deslizándose por los toboganes. Se revuelcan en la arena, tocan la tierra, la corteza de los árboles, los escalan, descubriendo su potencial y motivados por él. Los maestros se pasean, observan, asisten en caso de necesidad, pero no guían ni impiden, dejando que los niños aprendan a controlar sus riesgos.

Llegada la hora ascienden la colina, cruzan el gran claro, se adentran de nuevo en el bosque y entonces al sonido de los pájaros en sus ramas empieza poco a poco a unirse el de la granja: gallinas, polluelos, conejos, ovejas, cabras, cerdos y más animales que ya conocen les esperan para jugar. Entran en los corrales, al sol o bajo la cubierta de madera, aprenden a empatizar y respetar las cosas vivas y conocen la fauna.

Cuando las sombras de los troncos apenas se alejan y la luz puntea la tierra seca, los niños parten de nuevo a través del bosque. El camino de madera que guía al grupo se deja invadir por el terreno, se funde con él, serpentea entre los árboles,

borrando sus límites, incitando a transgredirlos. Y los niños así lo hacen, corren de un lado a otro y juegan, haciendo del camino y del bosque entero otra gran área de aprendizaje. Y también a lo largo de él, conforme avanza el día y el grupo se desplaza de un área a otra, los niños aprenden la flora autóctona de su tierra que enmarca los espacios exteriores de actividades.

Ha llegado la hora de la comida y todos los grupos se reúnen en el comedor. Los niños recogen su plato del carrito que traen los cocineros y se sientan a comer alrededor de las mesas, bajo el follaje que los protege del sol. Al terminar vacían sus platos en las composteras y los dejan de nuevo en los carritos, sentándose con sus profesores en las mesas o tumbándose en el suelo a descansar, con la brisa meciendo las hojas. Cuando a lo largo del día los niños necesitan ir al baño son acompañados por uno de los profesores desde el área en que se encuentran hasta la cabaña que sirve a toda la escuela.

Después de descansar, esta se separa de nuevo para continuar con las actividades y nuestro grupo se dirige por el camino hasta el otro gran claro que sigue la dirección del sol y a lo largo del cual se despliega el huerto. Allí los niños trabajan la tierra húmeda, siembran, cultivan las plantas que se alimentan del abono ecológico que ellos mismos han creado, contemplan como crecen, conocen las variedades separadas por parcelas, tocan el agua del aljibe y entienden cómo esta y el sol dan vida a aquello que nace de la tierra. Su respeto por ello y su conciencia ecológica empiezan a despertar. La cabaña del invernadero, con la cubierta y el cerramiento permeables al sol, permite alargar la temporada de cultivo.

El itinerario continúa y sus pasos los llevan a la cabaña del taller de cocina, trayendo consigo alimentos del huerto que, junto con otros, allí aprenderán a preparar y cocinar, desarrollando los sentidos del tacto, el olfato y el gusto.

El sol empieza su descenso cuando llegan al área de actividades plásticas, donde bajo el manto verdoso de los árboles pintan, hacen manualidades, construyen con hojas, ramas, piedras y tierra, liberando su creatividad, y cuando terminan lo dejan secar, lo colocan en la zona de exposición de la cabaña y retoman al camino.

Finalmente, las sombras de los troncos empiezan a alargarse sobre la tierra anaranjada y el sendero los deja de nuevo en la asamblea, donde los seis grupos se reúnen y la gran familia comienza la despedida: los profesores hacen el balance del día y los niños se expresan, se abren a los demás, cantan y esperan la llegada de sus padres.

Poco a poco estos van apareciendo, algunos se quedan a charlar con los maestros que incentivan su participación, otros cogen un libro de la biblioteca y se sientan en un banco a leerlo con sus hijos o se paran con ellos a ver los animales de camino al aparcamiento. Habrá niños que cuenten excitados sus aventuras a sus padres, otros que se duerman exhaustos por esas mismas aventuras, acurrucados en el asiento trasero del coche. Mientras, la escuela va durmiéndose también con los pasos de los maestros que se despiden, los animales entran, las cabañas de madera se cierran, arrojadas durante la noche por el bosque, hasta el despertar de un nuevo día.

Después de un año de trabajo, de dedicación a este proyecto, queda hacer la conclusión, difícil porque supone echar la vista atrás, ver el camino recorrido con la perspectiva que nos da la altura después de una gran subida y darnos cuenta de las rutas que hemos tomado y las vueltas que hemos dado, de aquello que para bien o para mal dejamos atrás y de aquello que recogimos por el camino; y todo nos hace reflexionar.

Empezamos el proyecto con ilusión por sacar lo mejor de nosotros y descubrir qué somos capaces de crear con ello. A mi parecer, la unicidad de esa respuesta, el hecho de que ese acto creativo, del que aprendemos, que tiene tanto nuestro y dice tanto de nosotros, sea único, es lo más bonito de la profesión que hemos escogido y creo que el proyecto de una escuela infantil nos tiende la mano para que pueda ser así.

Y convencidos de que tiene que ser así la tomamos, nos comprometemos con ella, nos preguntamos cómo deberían ser el entorno y la pedagogía que acompañen a los niños en su desarrollo. Escogemos un modelo alternativo de educación, indisociable de la naturaleza y con probados beneficios a todos los niveles, que nos descubre una nueva forma de aprender, de relacionarnos con el entorno y por tanto de pensar las escuelas infantiles.

A lo largo de todo este tiempo trabajamos para hacer una arquitectura que responda a este nuevo concepto, no buscando adaptar las ideas preconcebidas sobre una escuela urbana a él sino generar una arquitectura que le sea propia, y que al tiempo, dado que se trata de un ejercicio, nos permita trascender lo que ya conocemos y aprender, buscando nuevas ideas, descubriendo nuevas formas de hacer, indagando sobre nuevos materiales... Esta arquitectura toma la forma de un sistema prefabricado con un impacto mínimo en el entorno y que se adapta a él, acompañando a la naturaleza no invadiéndola, y conformando junto con ella los espacios de la escuela. Cobra gran importancia la madera contralaminada con que se conforman su estructura y cerramiento, un material novedoso, desconocido previamente para mí, que ha conllevado un intenso proceso de búsqueda y que ofrece posibilidades muy interesantes a nivel constructivo y espacial, que han hecho posible el diseño del sistema.

Finalmente creo haber encontrado un proyecto que responde tanto a las premisas planteadas por los profesores como a las mías, al lugar y a la pedagogía escogidos, un proyecto que tiene mucho de mí, del cual he aprendido mucho y que por ello estoy orgulloso, con sus bondades y errores, de poder presentar como proyecto final de carrera.

Soy consciente de que da pie a indagar sobre muchas otras cosas y me quedo, entre otras y pese a que el proyecto ha sido concebido para ser sostenible en su materialidad y construcción, con la ganas de profundizar en energías renovables y en diseño pasivo, convencido de su importancia. Pero creo también que, sabiendo que nunca dejaremos de investigar y aprender sobre esos y otros muchos aspectos a lo largo de nuestra vida profesional, es momento de seguir adelante.

En esta retrospectiva, cuando levantamos aún más la vista nos damos cuenta de que nuestros pasos se alejan seis años atrás, desde que pisáramos por primera vez esta escuela, vistiéramos sus aulas y empezásemos a conocer y entender la arquitectura aunque hubiésemos vivido siempre antes rodeados de ella. Ha sido una etapa de nuestra vida trepidante, bonita y dura a veces, que nos ha ido preparando como personas y como profesionales para lo que viene ahora y, con cierto miedo pero con ganas, damos el paso.

PROYECTOS

- AMADEO BENNETTA, DAN LAROSSA, BUILDING TRUST INTERNATIONAL. *Moving Schools 001*. Tailandia. 2013
- CRAIG CHATMAN. *ARKit*.
- DANIEL MARTÍ + JURGEN VAN WERELD Y KARIN GIESBERTS. *Vivienda unifamiliar prefabricada en madera*. Alicante
- DAVID ADJAYE, ADJAYE ASSOCIATES. *Sunken-House*. Londres, Inglaterra. 2007
- DIETER THIEL. *Casa y oficina en Schopfheim*. Schopfheim, Alemania. 1996
- EBNER BAU GMBH & CO KG, A-5310 MONDSEE. *Montessori forest kindergarten*. St. Lorenz, Australia. 2009
- GLENN MURCUTT. Marika/Alderton House. Yirrkala, Australia. 1994
- GRUPO GUBIA. *Vivienda modular de madera* [proyecto]
- KENGO KUMA. *Horai Onsen*. Shizuoka, Japón 2002-2003
- KORTEKNIE & STUHLMACHER. *Casa S*. Charbonnières-les-Bains, Francia. 2004-2007
- KORTEKNIE & STUHLMACHER. *Casa no19 o nómadas en residencia. Estudio móvil para artistas*. Holanda. 2003
- MSP&SMM. *Topanga Cabin*. Topanga, Estados Unidos. 2011-2014
- NAUMANN.ARCHITEKTUR. *Sauna gartenhaus*. Alemania. 2008K2S
- ARCHITECTS LTD. *Sauna sirola*. Suomi, Finlandia. 1998-1999
- OLAVI KOPONEN, *Villa Långbo*. Kemiö, Finlandia. 1994-1999
- REVER Y DRAGE, *Cobertizos de madera y cubierta retráctil*. Noruega
- ROSSETTI + WYSS ARCHITEKTEN AG. *Trublerhütte*. Schlieren, Suiza. 2006-2007
- SVERRE FEHN. *Villa Norrköping*. Norrköping, Suecia. 1964
- TAYLOR SMYTH ARCHITECTS. *Sunset Cabin*. Lake Simcoe, Ontario. 2004
- WAUGH THISTLETON: PETER BARRY, SOPHIE GOLDHILL, CHRIS GRAY, KIRSTEN HAGGART Y ANDREW WAUGH. *Edificio de viviendas en Murray Grove*. Londres, Inglaterra. 2007
- WIDJEDAL RACKI BERGERHOFF. *Casa de verano en Trosa*. Estocolmo. 1990

CONSTRUCCIÓN

- AITIM [empresa CLT] < www.infomadera.net >
Aitim, Noviembre-Diciembre. 1998
- ALTERMATERIA [empresa CLT y pilotes metálicos] < www.altermateria.com >
- AMATEX [empresa CLT] < www.amatex.es >
- *Arquitectura & madera, 3* [en línea]. Publiditec
- BINDERHOLZ [empresa CLT]. < www.binderholz.com >
- *Construmática* < www.construmatica.com >
- *CLT Handbook*. Editado por Erol Karacabeyli y Brad Douglas, 2013
- EGOIN [empresa CLT] < www.egoin.com > < www.panelesclt.com >
Materiales&Productos, Ego_CLT, Ego_CLT MIX. [Catálogo]
- *Espacios de madera, Wood design*. < www.espaciosdemadera.blogspot.com.es > [BLOG]

- *Guía de construir con madera*, Construir con madera. < www.confemadera.es>
- *iGuzzini*. < www.iguzzini.es >
- JUAN DE CUSA. *Revestimientos 1. Monografías CEAC de la construcción*. 18º edición. Ediciones CEAC, 1996
- JUAN RAMIREZ. *Paneles estructurales de madera contralaminada [KLH]*. UNIACC
- KLH [empresa CLT] < www.klh.at >
Madera contralaminada [Catálogo]
- LIGNUM FACILE < www.lignumfacile.es >
Arquitectura y madera, Paneles macizos
Arquitectura y madera, Revestimientos interiores
Arquitectura y madera, Tratamientos
Arquitectura y madera, Materiales de cubierta
CARLOS PITA ABAD, CARLOS QUINTÁNS EIRAS. *Arquitectura y madera*
- *Placas de policarbonato*. < www.placasdepolicarbonato.org >
- PROHOLZ [empresa CLT] < www.proholz.es >
GERHARD SCHICKHOFER. *CLT-Investigación, Desarrollo y CLT-Herramienta para mediciones*
GERHARD SCHICKHOFER. *CLT Investigación y Desarrollo y CLT Herramienta II*
HEINZ FERK. *Física de la construcción y sus aspectos: Calor/Humedad/Ruido*
MANUEL GARCÍA BARBERO. *Ejemplos selectos de arquitectura con tablero contralaminado*
BEATRIZ GONZÁLEZ RODRIGO. *Características generales y oportunidades que ofrece el tablero contralaminado*
ELIA TERZI. *Preparación de la logística con tablero contralaminado*
ALBINO ÁNGELI. *Sistemas de anclaje, utillaje, medios auxiliares*
JUAN SABATÉ. *El proyecto LIMA*
< www.cltdesigner.at >
- STORA ENSO [empresa CLT] < www.storaenso.com>
CLT - Madera contralaminada [Catálogo]
A_Shell construction. 2012
B_Layer structure. 2012
C_Details. 2012
C_Further applications. 2012
- *Recubrimientos de madera en paredes y techos*. 2a edición. Editorial Blume, 1969
- *Tectónica, Madera (II), revestimientos 11*. 3a edición. ATC Ediciones SL, 2003
Especial interés: GRACIELA ROSELLÓ. "Especies de maderas". *Tectónica, Madera (II), revestimientos 11*. 2003
- TERMOCHIP [empresa de paneles prefabricados]. < www.thermochip.com >
- TEXSA [empresa de láminas impermeables] < www.texsa.com >
- TIMBORY [empresa CLT] < www.timbory.com >

PAISAJE

- *El balcón verde*. < www.elbalconverde.com > [BLOG]
- *En torno al huerto*. < www.entornoalhuerto.blogspot.com.es > [BLOG]
- *Flora silvestre del Mediterráneo*. < www.florasilvestre.es >
- *Jardí Botànic*. < www.jardibotanic.org >
- *Infojardín*. < www.infojardin.com > [BLOG]
- ROBERT HOLDEN Y JAMIE LIVERSEDGE, *La construcción en el proyecto del paisaje*, Editorial Gustavo Gili SL, 2011
- "Tips and considerations about design of urban forest and playground". Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen.

NORMATIVA

- *Código técnico de la edificación*. < www.codigotecnico.org >
- *Norma de construcción sismorresistente, parte general y edificación (NCSR-02)* < www.fomento.gob.es >
- Ordenanzas del Ayuntamiento de Valencia < www.valencia.es >

TEXTOS SOBRE ARQUITECTURA

- ADOLF LOOS. "Escritos II. 1910-1932". Editorial El Croquis. Madrid, 1993.
- ALVAR AALTO. "La Trucha y el torrente", Domus. 1947, 233-235 "Architettura e arte concreta"
- ALEJANDRO DE LA SOTA. "Palabras a los alumnos de Arquitectura". Editorial Pronaos. Madrid, 1989
- ANATXU ZABALBEASCOA. "Prefabricada y a medida". *Blogs Cultura EL PAÍS*. 19 de noviembre de 2012
- FERNANDO TÁVORA. "DPA no 14". Departamento de Proyectos UPC. Barcelona.
- ITALO CALVINO. "Por qué leer a los Clásicos". Tusquets Editores. 1981.
- ITALO CALVINO. "Seis propuestas para el próximo milenio". Ediciones siruela. Madrid, 1990.
- JAMES WINES. *Green Architecture*. Editorial Taschen, 2000
- LUIS MARTÍNEZ SANTA-MARÍA. *El árbol, el camino, el estanque, ante la casa*. Colección Arquithesis nº15, Fundación Caja de Arquitectos
- MARIO FERNÁNDEZ, ARTURO MARTÍNEZ, ADOLFO ALONSO, LAURA LIZONDO. "A mathematical model for the sustainability of the use of cross-laminated timber in the construction industry: the case of Spain". *Springer*. 03/2014
- VITTORIO GREGOTTI. "Desde el interior de la arquitectura". Ediciones Península. Barcelona, 1993

TEXTOS SOBRE PEDAGOGÍA

- ALBERTO LEYENDA. "Una escuela al margen". *El País*, Diario Vigo, 20 Diciembre 2011
- ÁNGELES CASTILLO. "La nueva forma de aprender". *El País*, 29 de octubre de 2011
- CASILDA RODRIGÁNEZ BUSTOS. "Poner límites o informar de los límites". *La Mimosas*, 2005
- FERNANDO SAVATER. *El valor de educar*. Editorial Ariel. Barcelona, 1997
- "Ficha: Educación en el bosque". *Ingenios de producción colectiva* [BLOG]

- GIANNI RODARI. *Gramática de la fantasía*. Editorial Planeta. Barcelona 2007
- HEIKE FREIRE. *Educación en verde: ideas para acercar a niños y niñas a la naturaleza*. GRAO, 2011
- HEIKE FREIRE. "Escuelas verdes". *Educación en verde* [BLOG]
- IMMA SANCHÍS. "Mucho tiempo para ser adulto, poco para ser niño". Entrevista a Christopher Clouder, experto en pedagogía alternativa". *La Vanguardia*, 27/02/2007
- J. A. AUNIÓN. "Solo se recuerda lo que se siente". *La Tahona*. Madrid, 12 Octubre 2011
- JORGE TORRES. "Notas sobre pedagogía y espacio"
- KATIA HUESO KORTEKAAS. "Mejores personas para un planeta mejor: El proyecto pedagógico al aire libre "Saltamontes", pionero en España". *Conama 2012, Congreso Nacional de Medio Ambiente*
- MARIANA OTERO Y CARINA MONGI. "Escuelas Waldorf y Montessori, otra forma de educación". La Voz. Marzo 2014
- MAYTE RIUS. "Los beneficios de la naturaleza para los niños". *La Vanguardia*. 14 Junio 201
- "¿Qué es un Waldkindergarten?". *Mamá en Munich* [BLOG]. < www.mamaenmunich.com >
- REBECA WILD. "El centro experimental Pestalozzi". *Cuadernos de pedagogía*, n.º 341 monográfico
- "Trastorno por déficit de naturaleza" preocupa a organizaciones internacionales". *BBC MUNDO*, 28 de Octubre 2013
- VICENÇ ARNAIZ SANCHO, LCIAR DE BASTERRECHEA MEUNIER, SERGI SALVADOR CARREÑA. *Guía para proyectar y construir escuelas infantiles*. Mass Media Online, S.L.. 2011
- V.S. VIGOTSKY. *La imaginación y el arte en la infancia*. Editorial Akal/ Básica de bolsillo. Madrid, 1986

EJEMPLOS DE ESCUELAS WALDORF

- Asociación O Farol. Zaragoza. < www.waldorfaragoza.org >
- Auchlone Nature Kindergarten. Escocia. < www.mindstretchers.co.uk/nature-kindergartens >
- Elmenhorst kindergarten. Alemania < www.elmenhorst-rz.de >
- Els Donets. Olocau, Valencia. < www.educacionenvalores.org/Escola-Lliure-Els-Donyets >
- Escuela La Violeta. Madrid. < www.lavioleta.org >
- Escuela Moixaina. Picanya, Valencia. < www.moixaina.org >
- Escuela Waldorf Meniñeiros. Friol, Lugo. < www.escuelawaldorf-lugo.org >
- Forest Kindergarten Sevenoaks Kent. Kent, Inglaterra. < www.forest-kindergarten.co.uk >
- Kallamatsch Waldkindergarten. Munich, Alemania. < www.kallamatsch.de >
- The Secret Garden Outdoor Nursery. Cupar, Escocia. < www.secretgardenoutdoor-nursery.co.uk >
- Waldkindergarten Aubinger Lohe e.V. Munich, Alemania. < waldkindergarten-muenchen.de >
- Willkommen Beim Waldkindergarten Wurzelkinder e.V. Munich, Alemania. < www.wurzelkinder-harlaching.de >
- Waldkindergarten Trudering e.V. Munich, Alemania. < www.waldkindergarten-trudering.de >
- Waldleben e. V. Munich, Alemania. < www.waldleben-muenchen.de >

