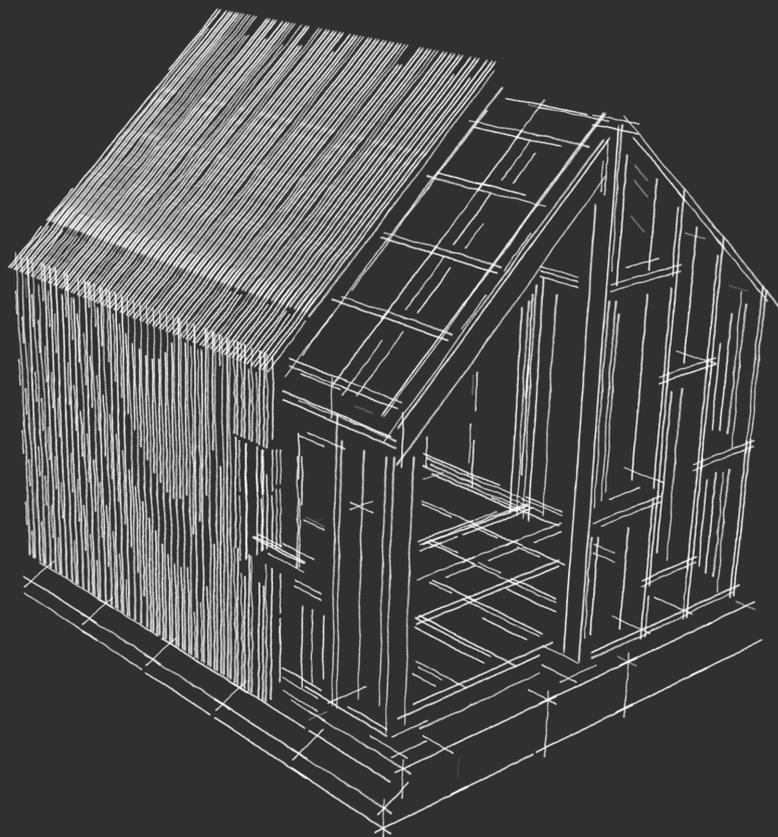


E.T.S.A.G. UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES  
GRADO EN FUNDAMENTOS DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
TRABAJO FIN DE GRADO

# SISTEMA CONSTRUCTIVO MODULAR EN MADERA CON CUBIERTA INCLINADA Y ESTANDAR PASSIVE HOUSE



AUTOR: SAÚL AJURIA FERNÁNDEZ  
TUTOR: MÓNICA MARTÍNEZ MARTÍNEZ  
FECHA: 30 de Junio de 2015

# 0 ÍNDICE

1. MEMORIA .....	3
2. SISTEMA CONSTRUCTIVO .....	4-35
2.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA .....	6-11
2.1.1. Cimentación.	
2.1.2. Panel de forjado.	
2.1.3. Panel de fachada.	
2.1.4. Panel de cierre lateral.	
2.1.5. Panel de cubierta y vigas.	
2.2. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA. TIEMPO DE PUESTA EN OBRA Y COORDINACIÓN DE OFICIOS. COMPARATIVA CON SISTEMA TRADICIONAL .....	12-14
2.2.1. Proceso constructivo del módulo. Tiempo de puesta en obra y coordinación de oficios.	
2.2.2. Diagrama de fases Gantt y comparativa con sistema tradicional.	
2.3. PLANIMETRÍA DE LA UNIÓN DE DOS MÓDULOS. UNIONES DE ELEMENTOS. ....	15-22
2.3.1. Plano cimentación. Axonométrica unión entre zapatas.	
2.3.2. Plano forjado planta baja. Axonométrica unión entre cimentación y paneles de forjado.	
2.3.3. Plano planta baja. Axonométrica unión entre cimentación y paneles de fachada.	
2.3.4. Plano estructura cubierta. Axonométrica unión entre paneles de fachada y vigas. Axonométrica unión entre paneles de cubierta y vigas.	
2.3.5. Alzado A.	
2.3.6. Alzado B.	
2.3.7. Sección constructiva A-A'.	
2.4. MEDICIONES, PRESUPUESTO Y HUELLA DE CARBONO. COMPARATIVA CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS .....	23-32
2.4.1. Mediciones, Presupuesto y Huella de Carbono.	
2.4.2. Comparativa con otros sistemas constructivos.	
2.5. CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS. ANÁLISIS DEL SISTEMA SEGÚN ESTÁNDARES PASSIVE HOUSE Y SEGÚN NORMATIVA CTE .....	33-35
2.5.1. Cálculo de transmitancias en fachada.	
2.5.2. Cálculo de transmitancias en cubierta.	
2.5.3. Cálculo de transmitancias huecos.	
2.5.4. Cálculo de transmitancias de suelos en contacto con cámaras sanitarias.	
2.5.5. Comparativa con estándares Passive House y con valores requeridos por CTE.	
3. APLICACIÓN DEL SISTEMA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR EN MEDINA DE POMAR .....	36-67
3.1. EMPLAZAMIENTO Y ENTORNO FÍSICO. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO DE APLICACIÓN. ....	37-38
3.1.1. Emplazamiento y entorno físico.	
3.1.2. Planeamiento urbanístico de aplicación.	
3.2. GÉNESIS DEL PROYECTO .....	39-42

<b>3.3. PLANIMETRÍA Y DETALLES CONSTRUCTIVOS</b> .....	43-50
3.3.1. Planta sótano.	
3.3.2. Planta baja.	
3.3.3. Planta cubierta.	
3.3.4. Sección A-A´.	
3.3.5. Sección B-B´.	
3.3.6. Alzado Norte, Sur, Este y Oeste.	
<b>3.4. MEDICIONES, PRESUPUESTO Y HUELLA DE CARBONO. COMPARATIVA CON OTRO SISTEMA CONSTRUCTIVO</b> .....	51-55
3.4.1. Mediciones, presupuesto y huella de carbono.	
3.4.2. Comparativa con la misma vivienda con otros sistemas constructivos.	
<b>3.5. TIEMPO DE PUESTA EN OBRA. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE OFICIOS. DIAGRAMA FASES GANTT. COMPARATIVA CON LA MISMA VIVIENDA CON OTRO SISTEMA CONSTRUCTIVO</b> .....	56-58
3.5.1. Tiempo de puesta en obra y fases. Análisis de coordinación de oficios.	
3.5.2. Diagrama Gantt.	
3.5.3. Comparativa con otro sistema constructivo.	
<b>3.6. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS Y SOSTENIBLES. REPERCUSIÓN EN EL DISEÑO Y SUS BENEFICIOS</b> .....	59-60
<b>3.7. CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA</b> .....	61-67
<b>4. FOTOGRAFÍAS MAQUETA</b> .....	68-71
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	72
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	73
<b>ANEXO A: MAQUETA SISTEMA CONSTRUCTIVO.</b>	
<b>ANEXO B: TFG EN FORMATO DIGITAL (CD-ROM).</b>	

# 1 MEMORIA

Este Trabajo Final de Grado de la titulación de Grado en Fundamentos de Arquitectura y el Urbanismo tiene como objetivo el desarrollo de un sistema constructivo modular con estándares "Passive House" para edificios con cubierta inclinada y desarrollo en una planta. La profesora tutora del trabajo es Mónica Martínez Martínez y su autor es Saúl Ajuria Fernández.

El trabajo se compone de dos partes:

En la primera parte se explica y detalla el sistema constructivo desarrollado, con todos los elementos que lo componen, las uniones entre dichos elementos, las posibilidades de configuración y versatilidad que ofrece el sistema. También se hace énfasis en las mediciones, presupuesto, huella de carbono, duración de la obra y balance energético que se deriva del uso de este sistema constructivo. Todos estos aspectos tomando son también estudiados en comparativa con otros sistemas tradicionales de forma que nos permita establecer conclusiones.

En la segunda parte se desarrolla un caso real de una vivienda unifamiliar en Medina de Pomar (Burgos) con el sistema que se ha desarrollado como objeto de este trabajo. En este apartado encontraremos toda la información gráfica y técnica que nos permite junto al apartado anterior construir el proyecto. De igual manera se llevan a cabo las mediciones, presupuesto, huella de carbono, duración de la obra y balance energético de la vivienda, siempre en comparación con otros sistemas constructivos tradicionales. En este apartado se hace un especial énfasis en las estrategias de diseño bioclimáticas y sostenibles, buscando un balance de energía positivo en el edificio.

A continuación quiero destacar las ideas que motivaron la realización de este trabajo:

Los edificios se hacen generalmente como prototipos individuales, lo que provoca altos costos de construcción y planificación. Además de conllevar largos plazos de construcción. La construcción modular, por otro lado, conducen a una optimización significativa de la calidad y economía. Por otro lado está la prefabricación, muy poco usual en los sistemas constructivos tradicionales pero que aporta un gran control de los procesos, aumentando significativamente la calidad de los elementos prefabricados y con las ventajas económicas, de tiempo y de coordinación de oficios que nos aporta.

La creciente falta de recursos, así como el aumento de precios de las materias primas están haciendo más interesante la madera como material de construcción. Y también destacar la necesidad de servirnos de los productos que encontramos en cada zona como un avance hacia una arquitectura y modo de vida sostenible.

Fomentar la construcción de viviendas de planta baja en el caso de ser unifamiliares. Esta opción nos aporta numerosas ventajas, como son la accesibilidad, la simplicidad de mantenimiento al no superar sus fachadas normalmente los tres metros de altura, la posibilidad y facilidad de ampliar la vivienda, se optimiza la relación entre superficie útil y superficie construida, se consigue una relación interior-exterior mucho más fluida y otros muchos aspectos que varían en cada proyecto.

La necesidad de construir edificios con un balance de energía que al menos sea cero. Aplicando criterios de edificio pasivo se debe buscar un uso eficiente del sol, aprovechando su energía tanto para iluminar naturalmente el edificio como para calentarlo. Debemos realizar edificios estancos que minimicen las pérdidas de energía por ventilación, la cual queda garantizada con el uso de recuperadores de calor, que a su vez nos permite ganar en confort y calidad del aire interior. Por lo tanto se deben minimizar las demandas energéticas del edificio y suplir estas con fuentes de energía sostenibles.

## 2 SISTEMA CONSTRUCTIVO

Como he mencionado antes el objetivo del trabajo es el desarrollo de un sistema constructivo modular con estándares "Passive House" para edificios con cubierta inclinada y desarrollo en una planta. Para el diseño de este sistema constructivo se parten de las siguientes premisas:

1. Ha de ser modular. La dimensión del módulo vendrá dada por unas dimensiones manejables para los operarios, minimizando el uso de maquinaria en obra, también vendrá determinada por las dimensiones del transporte (2,5 x 12 metros) y por las dimensiones en las que se venden los materiales que compondrán nuestro sistema.
2. Debe tener uniones secas que permitan un fácil montaje y desmontaje, permitiendo reutilizar los materiales. De esta forma se minimiza el tiempo de puesta en obra y se disminuye el número de operarios especializados.
3. Debe minimizar los puentes térmicos, debe garantizar la estanqueidad al aire y ser completamente impermeable al agua. La fabricación de los elementos en taller nos permitirá un mayor control sobre todos estos aspectos.
4. Tanto el módulo como cada elemento que lo componga debe permitir distintas configuraciones y variaciones de una forma sencilla y normalizada. De esta forma se garantiza su adaptación a múltiples proyectos. El módulo debe permitir el crecimiento de la edificación en el futuro sin modificaciones en lo previamente construido.
5. Debe tener el mayor grado de prefabricación posible, disminuyendo el tiempo de puesta en obra. Esto nos permite también una mayor simultaneidad de oficios y de nuevo reducir el tiempo de construcción del edificio.
6. Debe favorecer el cumplimiento de estándares de sostenibilidad. Debe permitir el diseño de estrategias pasivas bioclimáticas.

Para cumplir estas premisas se opto en primer lugar por escoger la madera como material principal del sistema constructivo por los siguientes motivos:

- a. Es un material sostenible ya que la disposición de la madera como materia prima es suficiente y está garantizada a corto, medio y largo plazo.
- b. Es un producto ecológico, ya que el proceso de fabricación de la madera requiere cantidades mínimas de energía en comparación con el acero o el hormigón.
- c. Es el material que mejor relación tiene entre peso propio y resistencia mecánica, lo que permite crear estructuras resistentes y ligeras.
- d. Debido a su estructura celular la madera es un excelente aislante térmico.
- e. Es un material reutilizable, recuperable y reciclable.

El sistema constructivo desarrollado parte de una estructura de pórticos de madera a partir de vigas inclinadas de 90 x 240 mm de sección y pilares dobles de 90 x 220 mm de sección. A esta estructura principal van fijados mecánicamente los paneles de fachada y de cubierta que se conforman por bastidores de madera de 60 x 250 mm.

Estos pórticos se fijan a unas zapatas prefabricadas de hormigón armado. A las cuales también se fijan los paneles de forjado. Las uniones de todos los elementos como se detalla más adelante son en seco, siendo además, en la medida de lo posible uniones ocultas.

El módulo tiene unas dimensiones de interese entre los pilares de 2400 x 4200 mm. Estas dimensiones salen en primer lugar de la disponibilidad de madera de pino aserrada únicamente en largos inferiores a seis metros. En segundo lugar se opto por unas dimensiones manejables para los operarios y que ninguno de los elementos superará en una de sus dimensiones los 2500 mm para su transporte en camión. En tercer lugar una vez conocidos los materiales a emplear en el sistema se opto por un módulo de múltiplos de 600 mm que es una dimensión muy común en la mayoría de los materiales empleados.

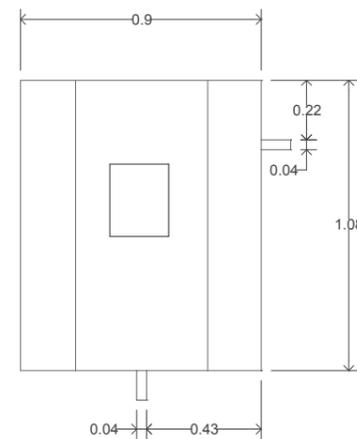
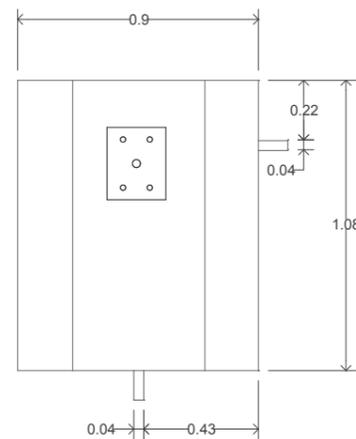
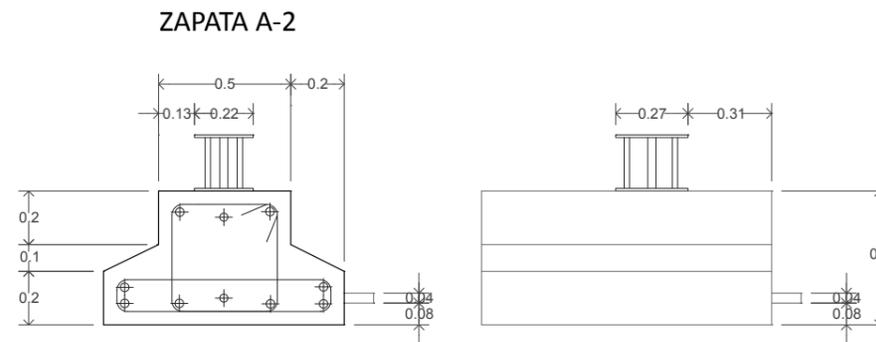
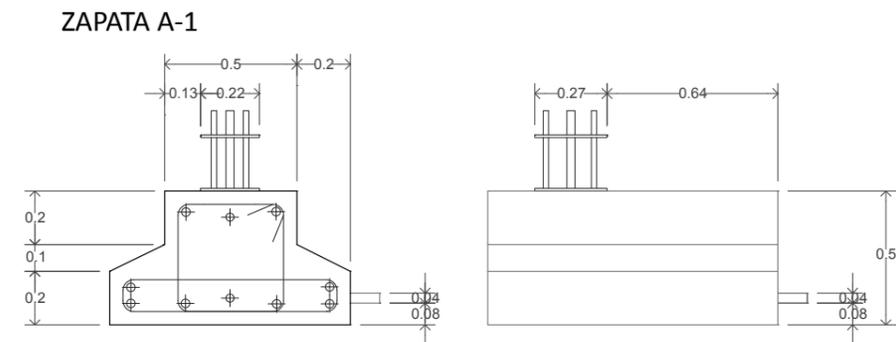
A través del sistema constructivo proyectado conseguimos unos espacios diáfanos, lo que nos permite realizar particiones con la funcionalidad y el diseño como único requisito y poder conectar el interior de la vivienda con los espacios exteriores. Esta diafanidad nos permite que con este mismo módulo tengamos una gran versatilidad en el diseño de los edificios para clientes con necesidades diferentes.

De igual modo el diseño del sistema constructivo permite el diseño de múltiples tipos de edificaciones debido a su versatilidad, facilidad de montaje y de unión entre elementos. Este hecho también permite realizar ampliaciones en edificios ya construidos sin necesidad de derribar ningún elemento.

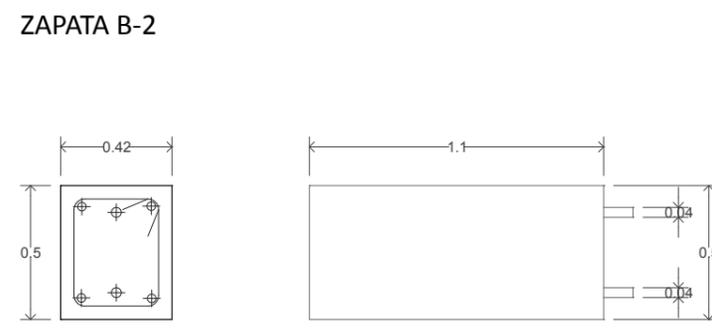
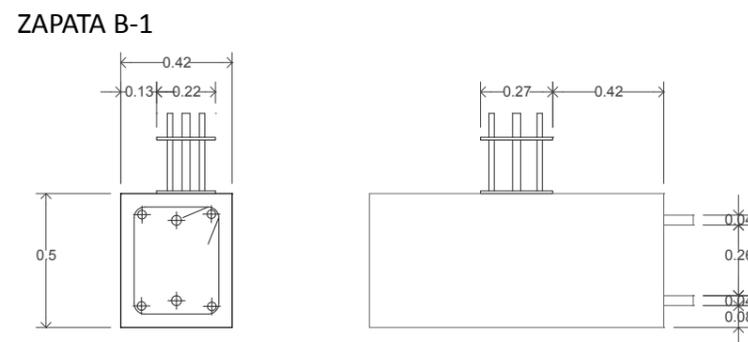
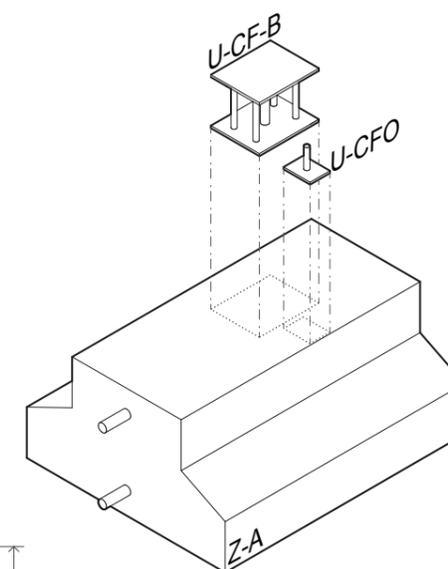
## 2.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA

En el siguiente apartado se muestran y detallan cada uno de los elementos que compone el sistema constructivo desarrollado:

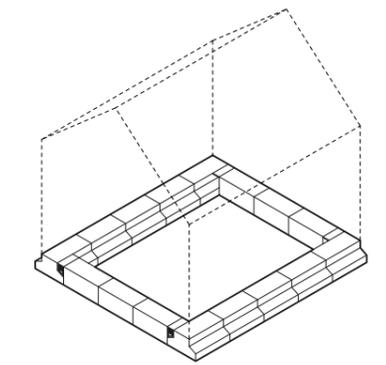
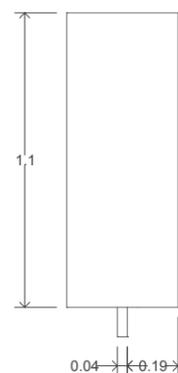
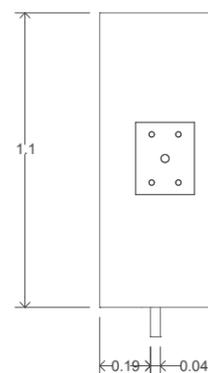
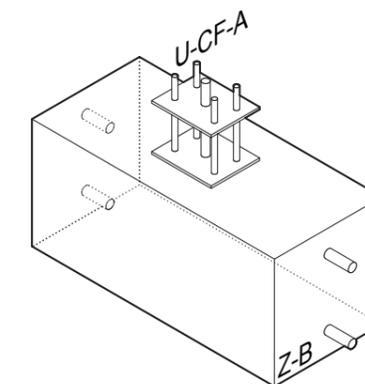
1. Zapatas.
2. Panel de forjado.
3. Panel de fachada.
4. Panel lateral de fachada.
5. Panel de cubierta y vigas.



**AXONOMÉTRICA ZAPATA A**



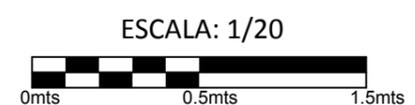
**AXONOMÉTRICA ZAPATA B**



**SIMBOLOGÍA**

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1

Cotas paños  $\leftarrow 0.00 \rightarrow$   
 Cotas ejes  $\leftarrow 0.00 \rightarrow$   
 Línea de sección  $\blacktriangle A$   
 Cambio de nivel en planta  $\blacksquare$   
 Nivel en planta  $\blacklozenge$  n.p.t.±0.00  
 Nivel corte  $\blacktriangledown$  n.p.t.±0.00

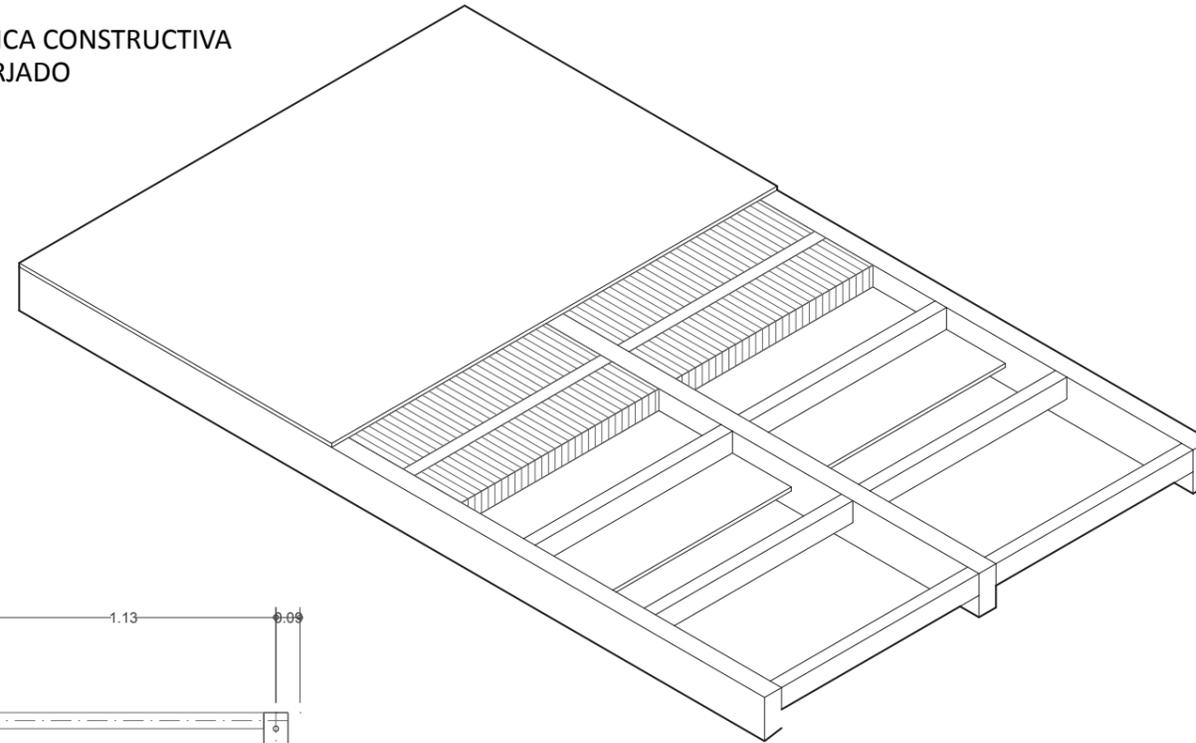


**ZAPATAS**

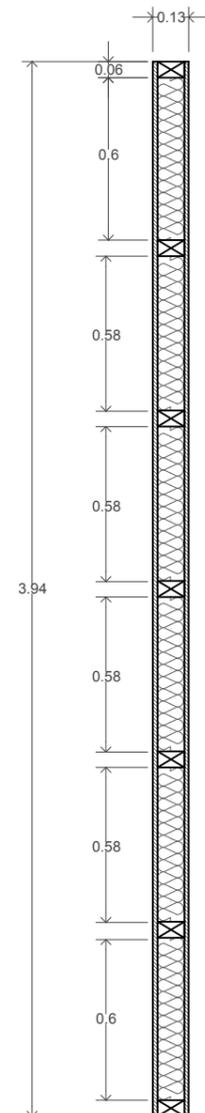
**E-01**

PLANO 01/05

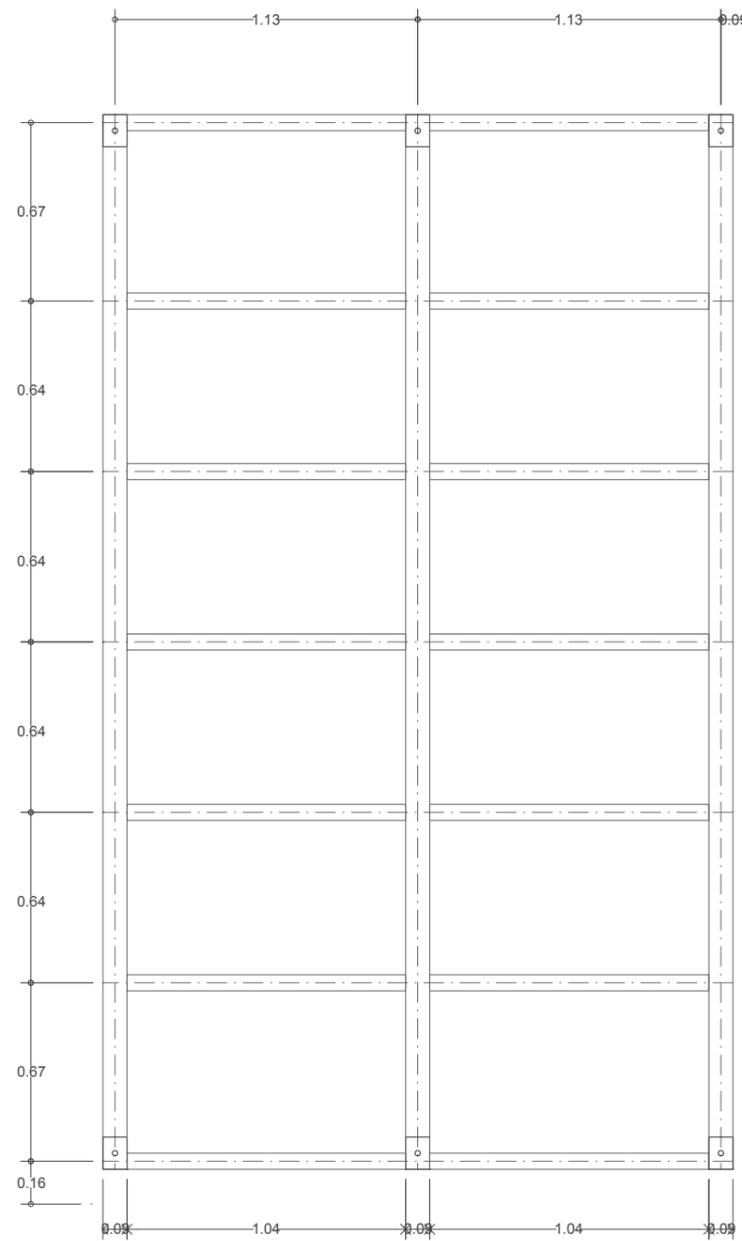
AXONOMÉTRICA CONSTRUCTIVA  
PANEL DE FORJADO



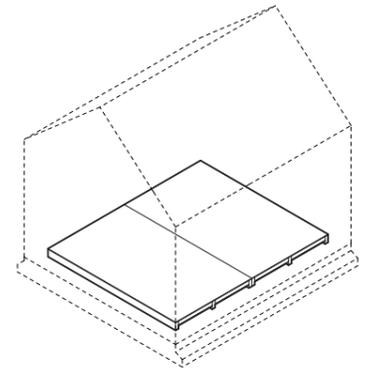
PLANIMETRÍA PANEL DE FORJADO



Sección longitudinal



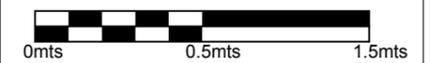
Planta



SIMBOLOGÍA

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	← 0.00 →
Cotas ejes	○ 0.00 ○
Línea de sección	▲ A
Cambio de nivel en planta	▬
Nivel en planta	◊ n.p.t.±0.00
Nivel corte	▼ n.p.t.±0.00

ESCALA: 1/20

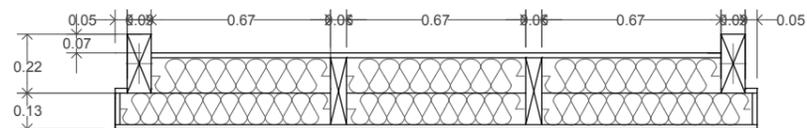


PANEL DE FORJADO

**E-02**

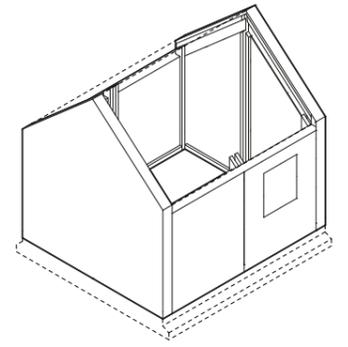
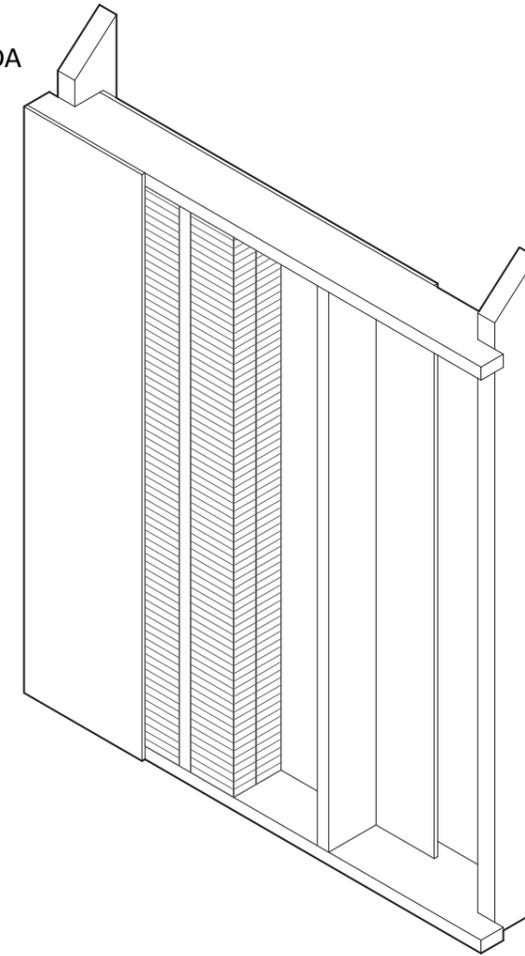
PLANO 02/05

PLANIMETRÍA PANEL DE FACHADA



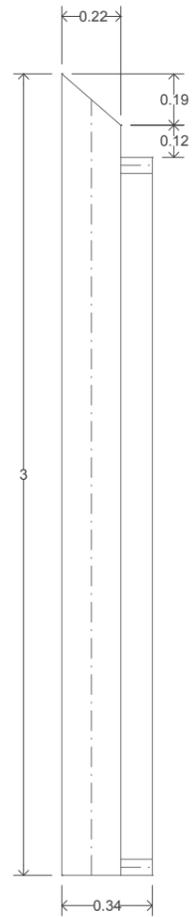
Sección horizontal.

AXONOMÉTRICA PANEL DE FACHADA

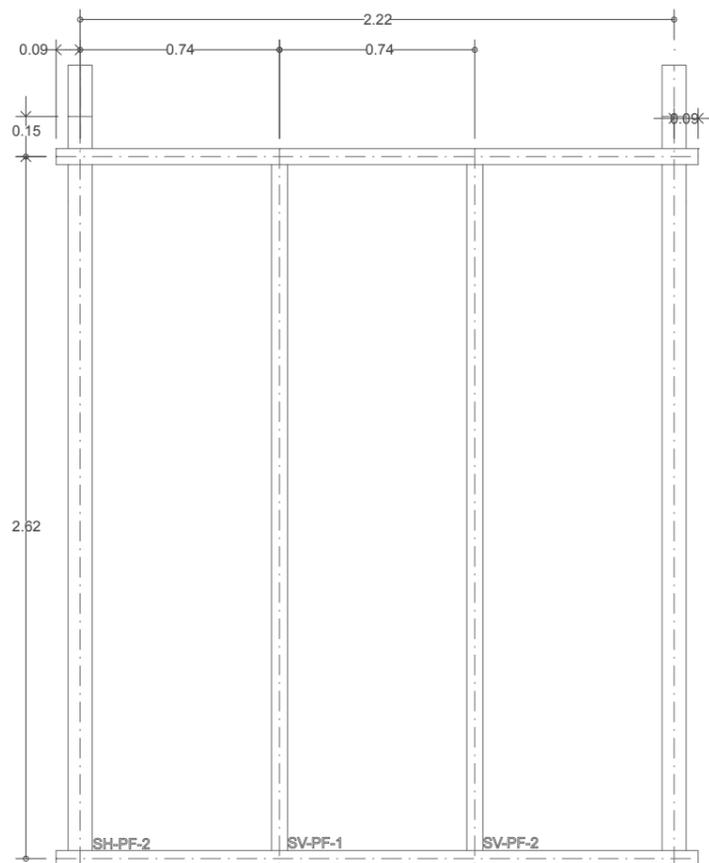


SIMBOLOGÍA

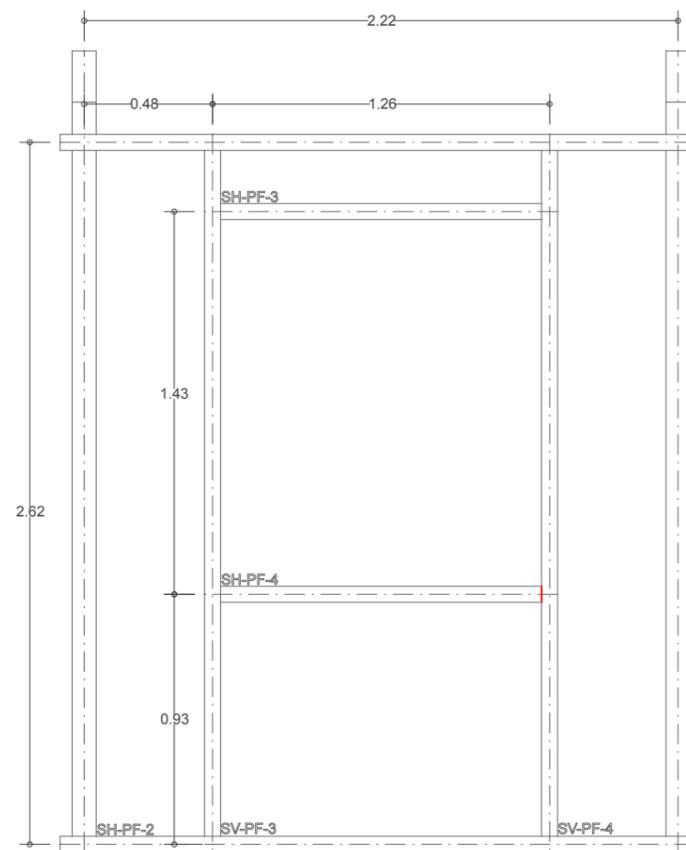
Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	← 0.00 →
Cotas ejes	◊ 0.00 ◊
Línea de sección	↖ A ↘
Cambio de nivel en planta	▬
Nivel en planta	◊ n.p.t.±0.00
Nivel corte	▼ n.p.t.±0.00



Alzado lateral.



Alzado frontal tipo.



Alzado frontal con apertura de hueco.

ESCALA: 1/20

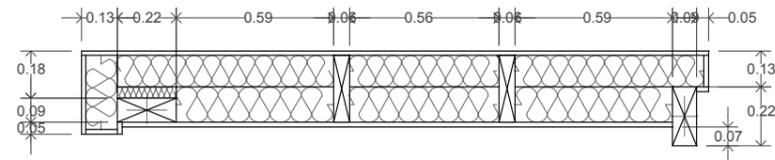


PANEL DE FACHADA

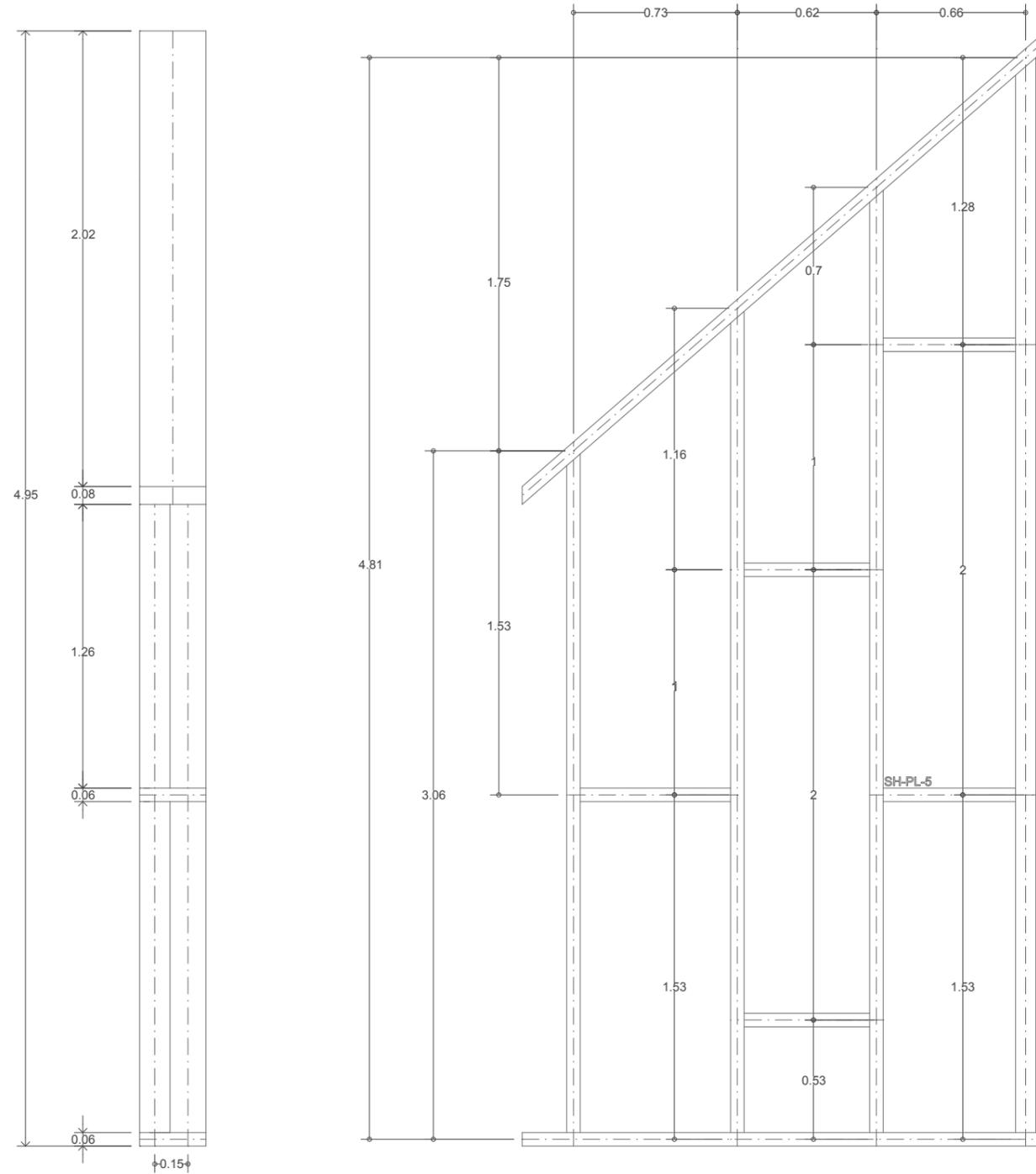
**E-03**

PLANO 03/05

PANEL LATERAL DE FACHADA



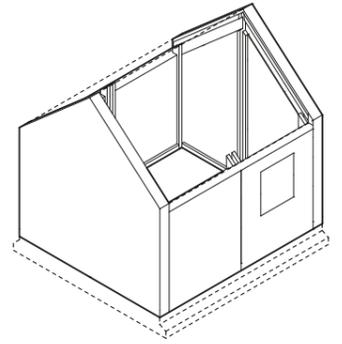
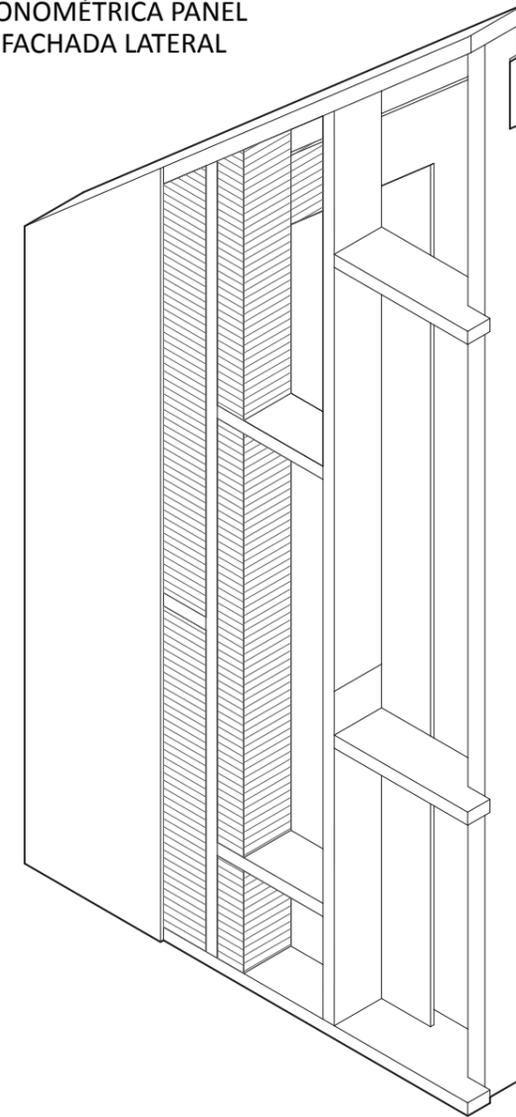
Sección transversal



Alzado lateral

Alzado frontal

AXONOMÉTRICA PANEL DE FACHADA LATERAL



SIMBOLOGÍA

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	0.00
Cotas ejes	0.00
Línea de sección	A
Cambio de nivel en planta	
Nivel en planta	n.p.t.±0.00
Nivel corte	n.p.t.±0.00

ESCALA: 1/20

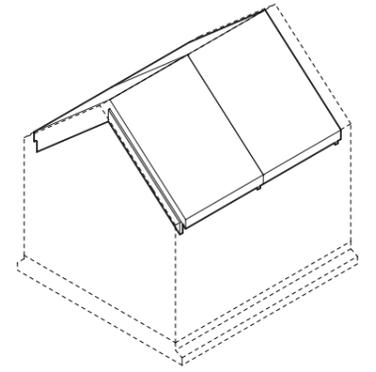
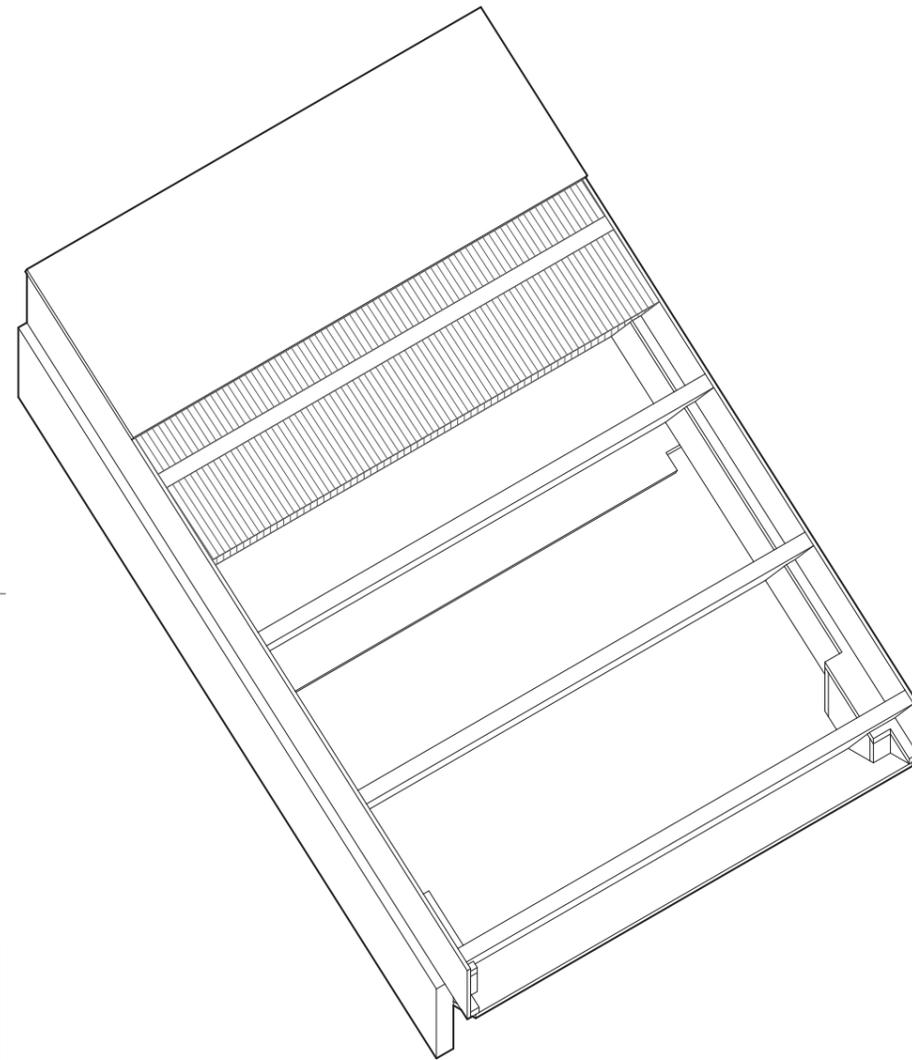


PANEL LATERAL DE FACHADA

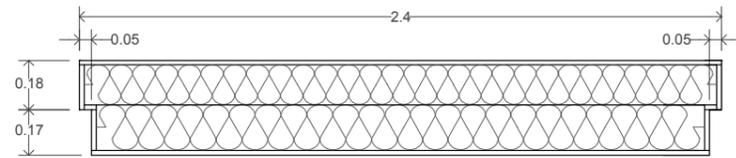
**E-04**

PLANO 04/05

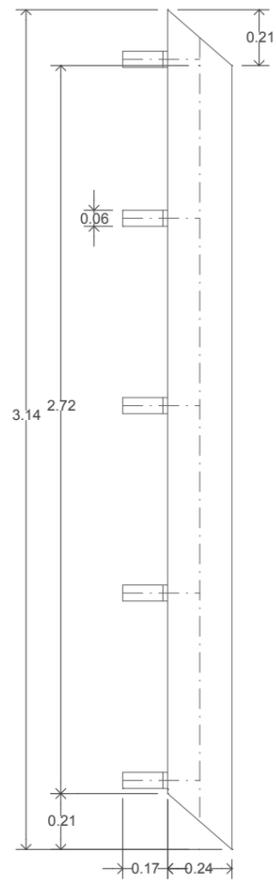
AXONOMÉTRICA  
PANEL DE CUBIERTA



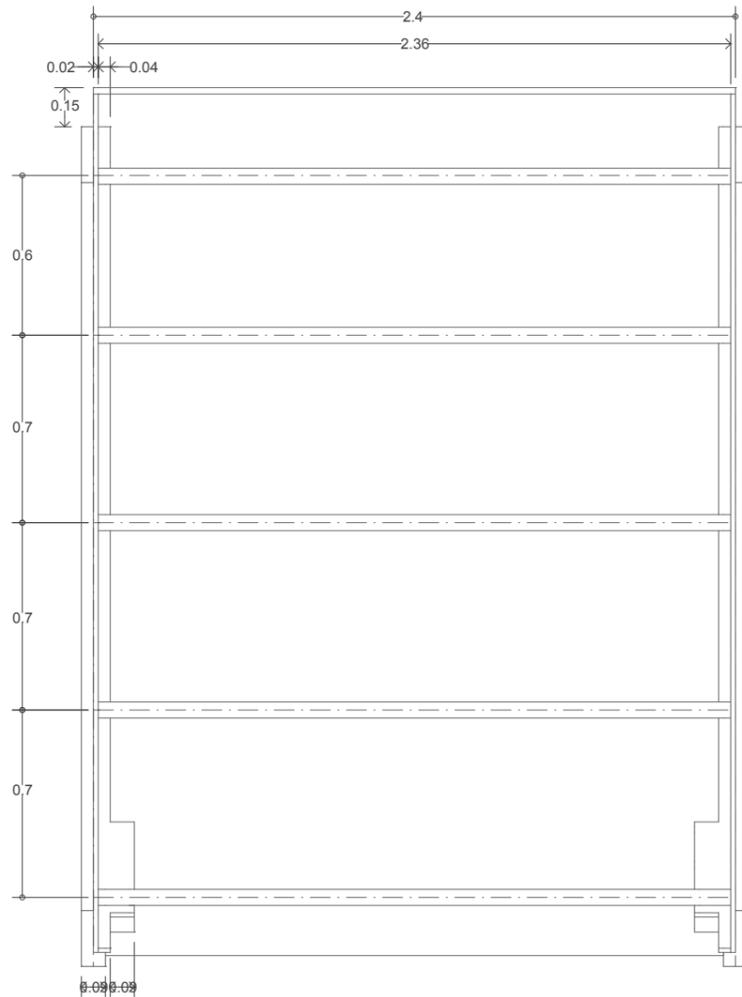
PANEL DE CUBIERTA



Sección transversal



Alzado lateral



Planta

SIMBOLOGÍA

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	← 0.00 →
Cotas ejes	○ 0.00 ○
Línea de sección	▲ A
Cambio de nivel en planta	▬
Nivel en planta	◊ n.p.t.±0.00
Nivel corte	▼ n.p.t.±0.00

ESCALA: 1/20



PANEL DE CUBIERTA

**E-05**

PLANO 05/05

## 2.2. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA. TIEMPO DE PUESTA EN OBRA Y COORDINACIÓN DE OFICIOS. COMPARATIVA CON SISTEMA TRADICIONAL

En el siguiente apartado se muestra el proceso constructivo del sistema. Para su explicación se ha dividido este en fases y se ha acompañado de axonométricas que ilustran y detallan los trabajos que tiene lugar en cada una de ellas.

Dentro de cada fase se hace hincapié en varios aspectos:

1. La actividad que se realiza en la fase y los elementos constructivos necesarios.
2. La duración de la fase y el tiempo total acumulado en el proceso constructivo.
3. El personal cualificado requerido para el desarrollo de la actividad correspondiente a dicha fase.
4. La coordinación de oficios que ha de darse en la fase.
5. Una comparativa de los cuatro aspectos anteriores entre el sistema constructivo diseñado y un sistema tradicional.

Los tiempos de puesta en obra responden a la construcción de dos módulos (25 m<sup>2</sup>). Todo el proceso se lleva a cabo con una mano de obra de dos trabajadores, excepto en las fases que se requiere de camión grúa que serían tres contando al operario de la misma.

El sistema tradicional con el que se realiza la comparación se compondría de: pilares de hormigón armado, un forjado de vigueta y bovedilla, con tabiques palomeros para inclinación de la cubierta, fachada de medio pie de ladrillo y cubierta de teja árabe. (con sus correspondientes aislamientos y revestimientos).

2.2.1. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MÓDULO. TIEMPO DE PUESTA EN OBRA Y COORDINACIÓN DE OFICIOS.

FASE 1

Montaje en fábrica de todos los elementos que componen el sistema. Dichos elementos son paneles de fachada, paneles laterales de cierre, paneles de cubierta, vigas y paneles de forjado. En el apartado 2.1 del trabajo se ha explicado el proceso de montaje de cada uno de estos elementos de manera individual y pormenorizada.

**Duración:** 5 días.

**Tiempo total acumulado:** 5 días.

**Personal cualificado requerido:** Carpinteros.

**Maquinaria específica empleada:** Maquinas de corte por control numérico.

**Coordinación de oficios:** no se requiere, aunque se establece una cadena de montaje de forma que se van ejecutando en primer lugar las estructuras de todos los paneles, luego subestructura, paneles de madera,.... Todo el proceso esta detallado en el apartado 2.1.

**Comparativa con sistema tradicional:** en sistemas tradicionales no es habitual la utilización de elementos prefabricados. Por ello el tiempo en esta fase es de 0 días.

FASE 2

Limpieza del terreno, excavación y movimiento de tierras. Se realiza de forma simultánea a la fase 1.

**Duración:** 1 día.

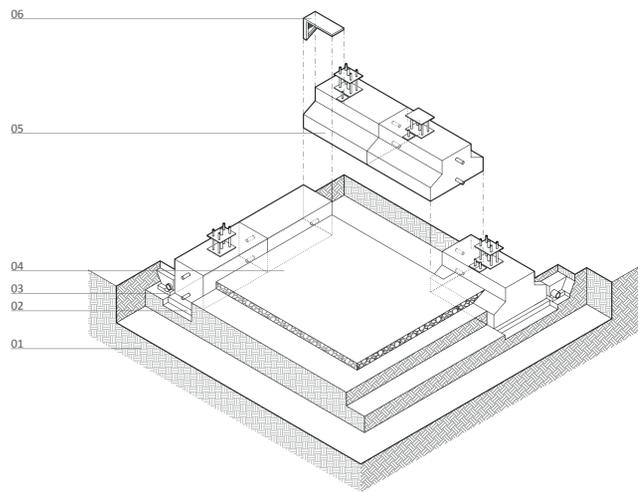
**Tiempo total acumulado:** 5 días.

**Personal cualificado requerido:** No requiere.

**Maquinaria específica empleada:** Depende del estado del solar y tipo de suelo. Con una pequeña pala excavadora es suficiente en terrenos cohesivos.

**Coordinación de oficios:** Se realizara primero la limpieza y después la excavación de las zanjas para las zapatas corridas prefabricadas.

**Comparativa con sistema tradicional:** los sistemas tradicionales requieren habitualmente de cimentaciones más profundas por el mayor peso propio del edificio, lo que incrementará el tiempo de excavación y la necesidad de maquinaria específica. El tiempo estimado es de 2 días.



FASE 3

Transporte de elementos desde la fábrica al solar. Acopio de elementos del sistema, placas y elementos de unión. También se procede al transporte y acopio de materiales de revestimiento, laminas impermeabilizantes y otros materiales requeridos.

**Duración:** 1 día.

**Tiempo total acumulado:** 6 días.

**Personal cualificado requerido:** No requiere.

**Maquinaria específica empleada:** Camión de 2,5 x 5 metros de dimensiones mínimas y con grúa para carga y descarga de elementos.

**Coordinación de oficios:** No se requiere.

**Comparativa con sistema tradicional:** en el sistema tradicional el transporte y acopio de materiales se suele hacer en distintas fases y a lo largo de la duración de la obra. Podemos estimar un tiempo de 5 a 10 días por la mayor diversidad de materiales y debido que cada uno procede de un sitio diferente.

FASE 4

Montaje de los elementos del módulo. Este proceso consta de las siguientes fases:

- 4.1. Se disponen las zapatas prefabricadas en las zanjas, se vierte tierra sobre su base y se compacta. Se disponen los drenajes. Se realizan las conexiones generales de las instalaciones.
- 4.2. Se colocan los paneles de forjado unidos mecánicamente a las zapatas.
- 4.3. Se colocan los paneles de fachada unidos mecánicamente a las zapatas.
- 4.4. Se colocan los paneles de cierre laterales unidos mecánicamente al forjado y a los paneles de fachada.
- 4.5. Se colocan las vigas de cubierta fijadas mecánicamente a los paneles de fachada.
- 4.6. Se colocan los paneles de cubierta fijados mecánicamente a las vigas y los paneles de fachada.

**Duración:** 2 días.

**Tiempo total acumulado:** 8 días.

**Personal cualificado requerido:** No requiere.

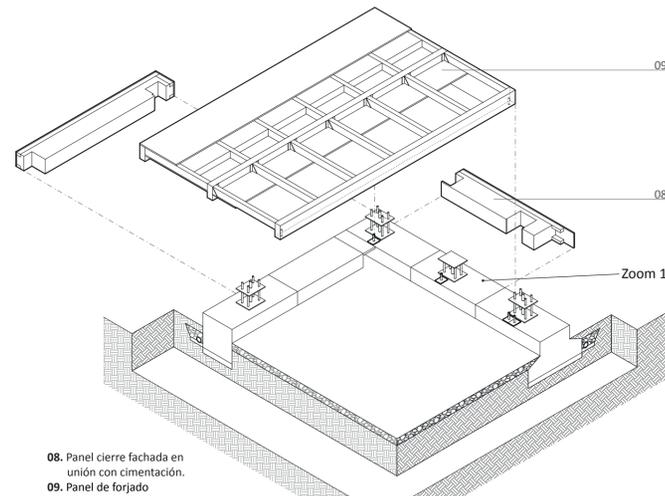
**Maquinaria empleada:** Camión de 2,5 x 5 metros de dimensiones mínimas y con grúa para carga y descarga de paneles. También es necesario el camión para la colocación de los paneles en su posición.

**Coordinación de oficios:** No se requiere. Las subfases deben llevarse a cabo en el orden indicado.

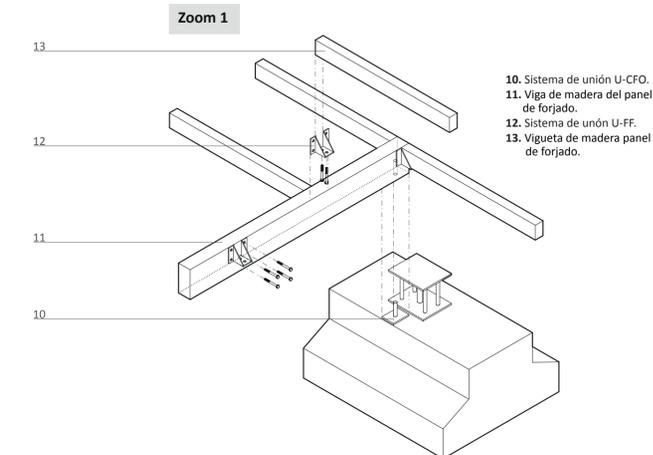
**Comparativa con sistema tradicional:** al requerir de obra húmeda el sistema tradicional va a requerir de un tiempo de fraguado del hormigón, primero de la cimentación, después de la solera y los pilares y más adelante del forjado. Requiere de personal cualificado. Requiere de maquinaria específica para el mezclado, vertido y vibrado del hormigón y para realizar los encofrados. Se podría estimar un tiempo de 50 días.

4.1. Se disponen las zapatas prefabricadas en las zanjas, se vierte tierra sobre su base y se compacta. Se disponen los drenajes. Se realizan las conexiones generales de las instalaciones. Aparece reflejado en la axonométrica de la fase 2.

4.2. Se colocan los paneles de forjado unidos mecánicamente a las zapatas.

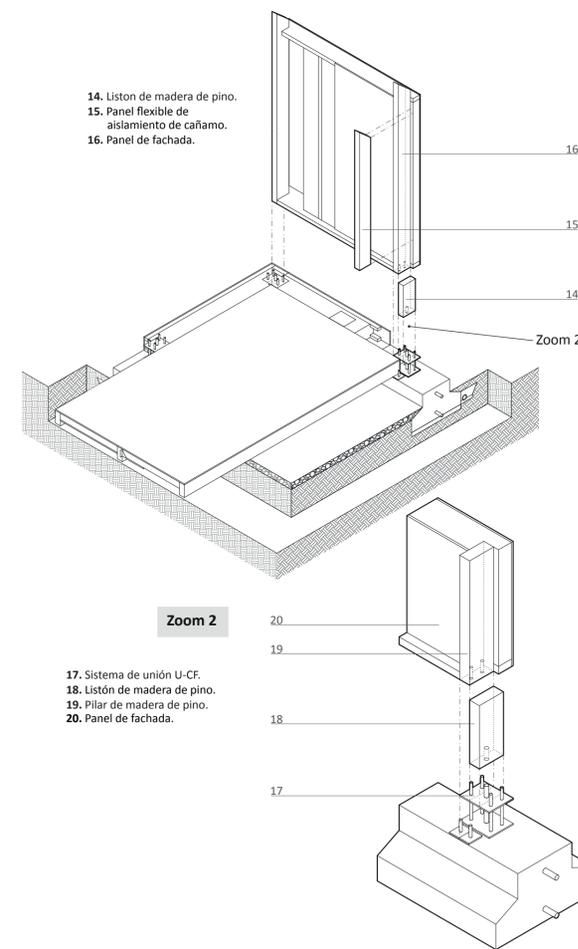


08. Panel cierre fachada en unión con cimentación.  
09. Panel de forjado



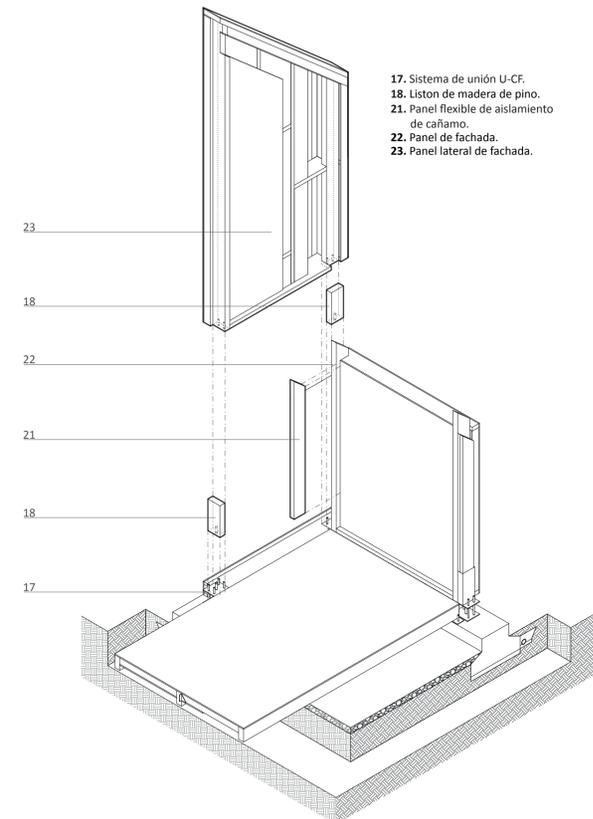
10. Sistema de unión U-CFO.  
11. Viga de madera del panel de forjado.  
12. Sistema de unión U-FF.  
13. Vigüeta de madera panel de forjado.

4.3. Se colocan los paneles de fachada unidos mecánicamente a las zapatas.



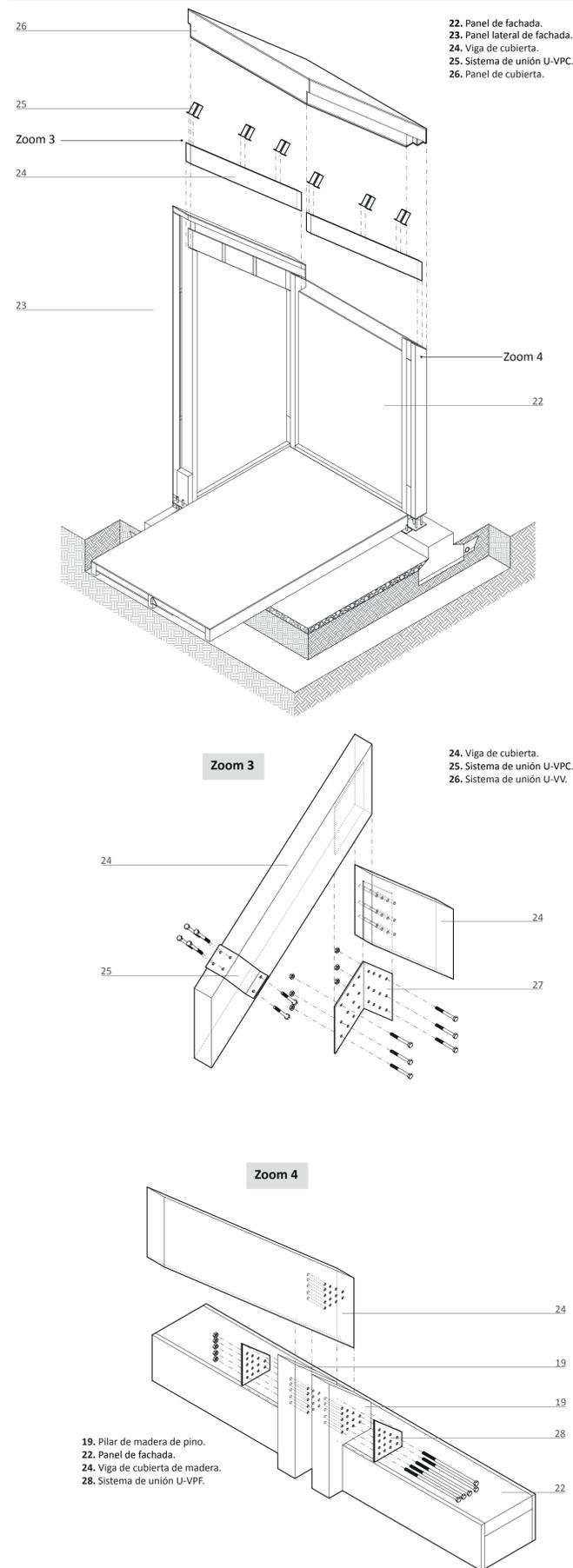
17. Sistema de unión U-CF.  
18. Listón de madera de pino.  
19. Pilar de madera de pino.  
20. Panel de fachada.

4.4. Se colocan los paneles de cierre laterales unidos mecánicamente al forjado y a los paneles de fachada.



17. Sistema de unión U-CF.  
18. Listón de madera de pino.  
21. Panel flexible de aislamiento de cañamo.  
22. Panel de fachada.  
23. Panel lateral de fachada.

4.5. Se colocan las vigas de cubierta fijadas mecánicamente a los paneles de fachada. Se colocan los paneles de cubierta fijados mecánicamente a las vigas y los paneles de fachada.



22. Panel de fachada.  
23. Panel lateral de fachada.  
24. Viga de cubierta.  
25. Sistema de unión U-VPC.  
26. Panel de cubierta.

24. Viga de cubierta.  
25. Sistema de unión U-VPC.  
26. Sistema de unión U-VV.

19. Pilar de madera de pino.  
22. Panel de fachada.  
24. Viga de cubierta de madera.  
28. Sistema de unión U-VPF.

## FASE 5

Sellado de las juntas de las uniones de todos los paneles de forma simultánea a las subfases de la 4.3 a la 4.6. Colocación de lamina impermeabilizante en cubierta.

**Duración:** 2 días.

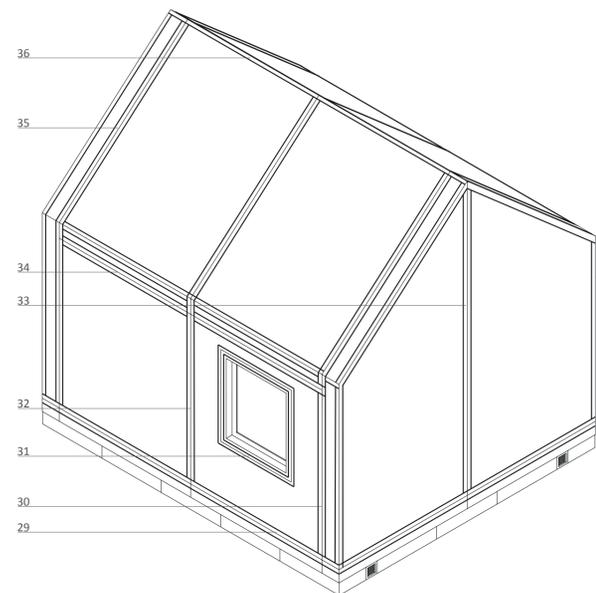
**Tiempo total acumulado:** 9 días.

**Personal cualificado requerido:** No requiere.

**Maquinaria empleada:** No se requiere. Es aconsejable el uso de medidores de estanqueidad y detectores térmicos. Herramienta específica para sellado y solapado de lamina impermeabilizante.

**Coordinación de oficios:** Se debe proceder al sellado de las juntas una vez los paneles estén correctamente colocados y se garanticen que no se van a mover.

**Comparativa con sistema tradicional:** requiere también de un sellado de juntas aunque no suele ser tan exhaustivo. Suele ser simultaneo a la colocación los elementos como puede ser el caso de las carpinterías. La lamina impermeabilizante se debe colocar también en el sistema tradicional, quedando su colocación incluida en la Fase 4.



- 29. Sellado de junta de cimentación con panel de fachada.
- 30. Sellado de junta de panel de fachada con panel lateral de fachada.
- 31. Sellado de junta de panel de fachada con carpintería.
- 32. Sellado de junta entre paneles de fachada.
- 33. Sellado de junta entre paneles laterales de fachada.
- 34. Sellado de junta entre panel de fachada y de cubierta.
- 35. Sellado de junta entre panel de cubierta y panel lateral de fachada.
- 36. Sellado de junta entre paneles de cubierta.

\* A partir de esta fase el tiempo de construcción varia en función de los revestimientos interiores y exteriores escogidos, al igual que las instalaciones y acabados.

En este caso se muestra el proceso constructivo con un revestimiento exterior de listones de madera de pino C18 de 40 x 60 mm de sección constante con aplicación de dos capas por inmersión de protector modelo XYLAZE LASUR INCOLORO.

Un revestimiento interior con un trasdosado de cartón yeso en paredes y techo.

## FASE 6

Colocación de pletinas y montantes de acero sobre la fachada y la cubierta. Colocación de canalones, bajantes y refuerzos de estanqueidad en puntos singulares (canalones y cumbre).

**Duración:** 1 día.

**Tiempo total acumulado:** 10 días.

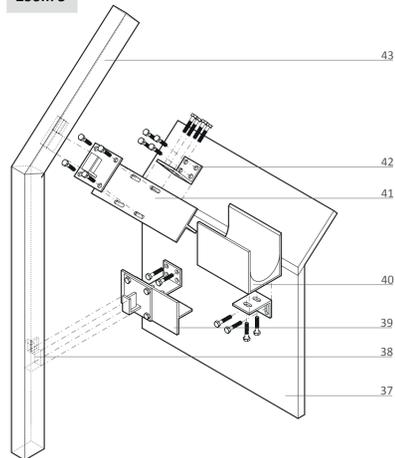
**Personal cualificado requerido:** No requiere.

**Maquinaria empleada:** No requiere.

**Coordinación de oficios:** No requiere

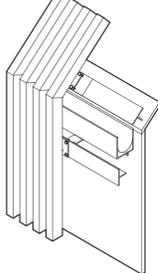
**Comparativa con sistema tradicional:** este proceso queda incluido en la Fase 4.

### Zoom 5



- 37. Panel de fachada.
- 38. Hueco en listón para unión con sistema de fijación U-PFR.
- 39. Sistema de fijación U-PFR.
- 40. Canalón de aluminio con L metálica para unión.
- 41. Perfil de aluminio modelo 300-P de Europrim.
- 42. Fijación metálica.
- 43. Listón de madera de pino.

Resultado de la unión del zoom 5



## FASE 7

Colocación de revestimiento exterior sobre montantes de acero de paneles de fachada y cubierta mediante fijación por geometría y sellado. \*El revestimiento exterior se puede modificar en cada proyecto.

**Duración:** 1 día.

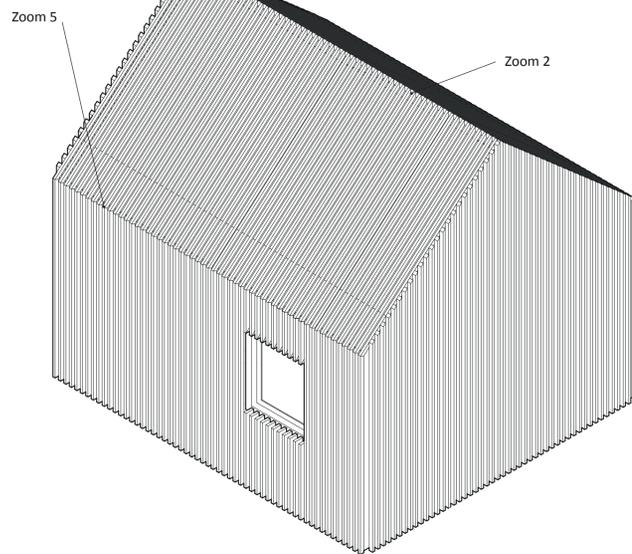
**Tiempo total acumulado:** 11 días.

**Personal cualificado requerido:** No requiere.

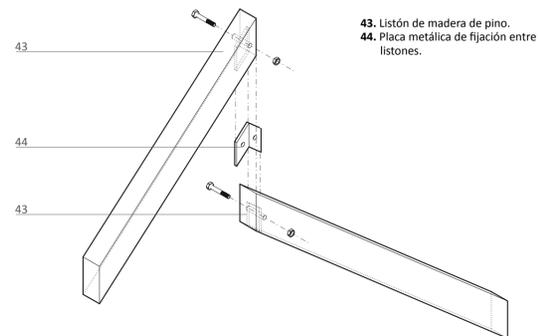
**Maquinaria empleada:** Requiere de andamiaje o escalera.

**Coordinación de oficios:** No requiere

**Comparativa con sistema tradicional:** ejecución del revestimiento exterior. Tiempo estimado entre 1 y 3 días.



### Zoom 6



- 43. Listón de madera de pino.
- 44. Placa metálica de fijación entre listones.

## FASE 8

Se disponen las instalaciones (ACS, calefacción, electricidad, saneamiento,...). Esto se realiza en paralelo con la ejecución de las particiones interiores conformadas por un entramado ligero de madera y placas de cartón-yeso.

**Duración:** 3 días.

**Tiempo total acumulado:** 14 días.

**Personal cualificado requerido:** Electricistas, fontaneros y demás instaladores cualificados.

**Maquinaria empleada:** La considera por el personal cualificado.

**Coordinación de oficios:** Primero se realizará la instalación de saneamiento, después de ACS y calefacción y por último la de electricidad.

**Comparativa con sistema tradicional:** en el sistema tradicional se realiza primero la albañilería de las particiones interiores y después las instalaciones. Si las particiones incluyen obra húmeda requieren de más tiempo. El tiempo estimado es de 7 días.

## FASE 9

Se llevan a cabo los revestimientos interiores. El sistema está ideado para que estos sean a través de un trasdosado lo que facilita la ejecución de las instalaciones. \*El revestimiento interior se puede modificar en cada proyecto.

**Duración:** 1 día.

**Tiempo total acumulado:** 15 días.

**Personal cualificado requerido:** se recomienda el montaje por instaladores cualificados.

**Maquinaria empleada:** No se requiere.

**Coordinación de oficios:** No se requiere.

**Comparativa con sistema tradicional:** el sistema tradicional requerirá igualmente de la ejecución de los revestimientos interiores. También requiere de ejecutar el acabado del suelo. Tiempo estimado de 3 días.

## FASE 10

Se procede la colocación del solado, los rodapiés, pintar, barnizar y rematar los acabados.

**Duración:** 1 día.

**Tiempo total acumulado:** 16 días.

**Personal cualificado requerido:** no se requiere.

**Maquinaria empleada:** No se requiere.

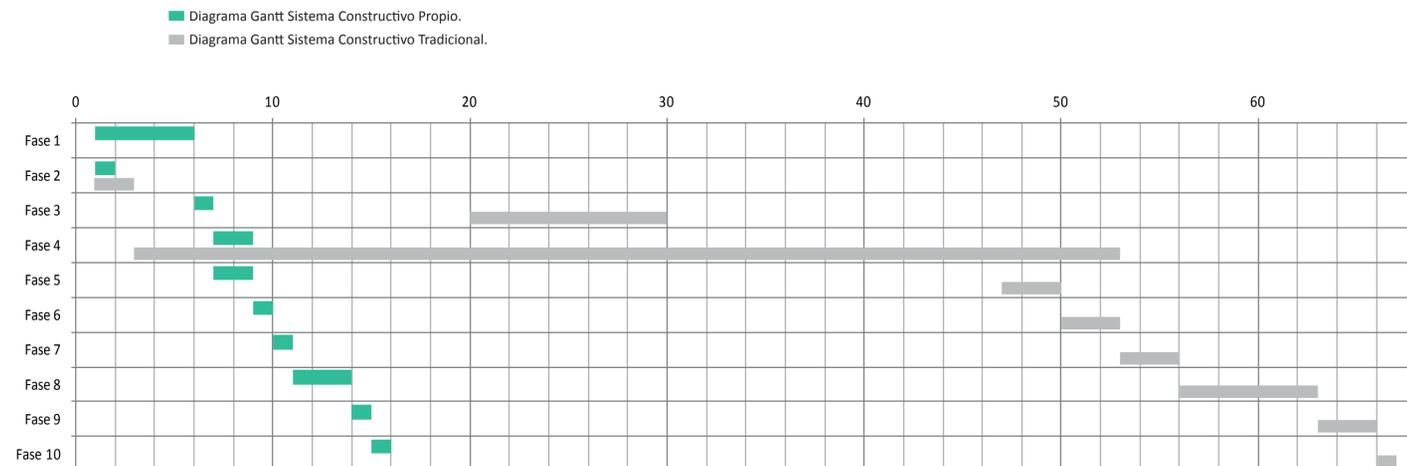
**Coordinación de oficios:** No se requiere.

**Comparativa con sistema tradicional:** el sistema tradicional requerirá igualmente de los procesos mencionados con el mismo tiempo estimado.

TIEMPO TOTAL CON SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPIO: **16 DÍAS.**

TIEMPO TOTAL CON SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL: **67 DÍAS.**

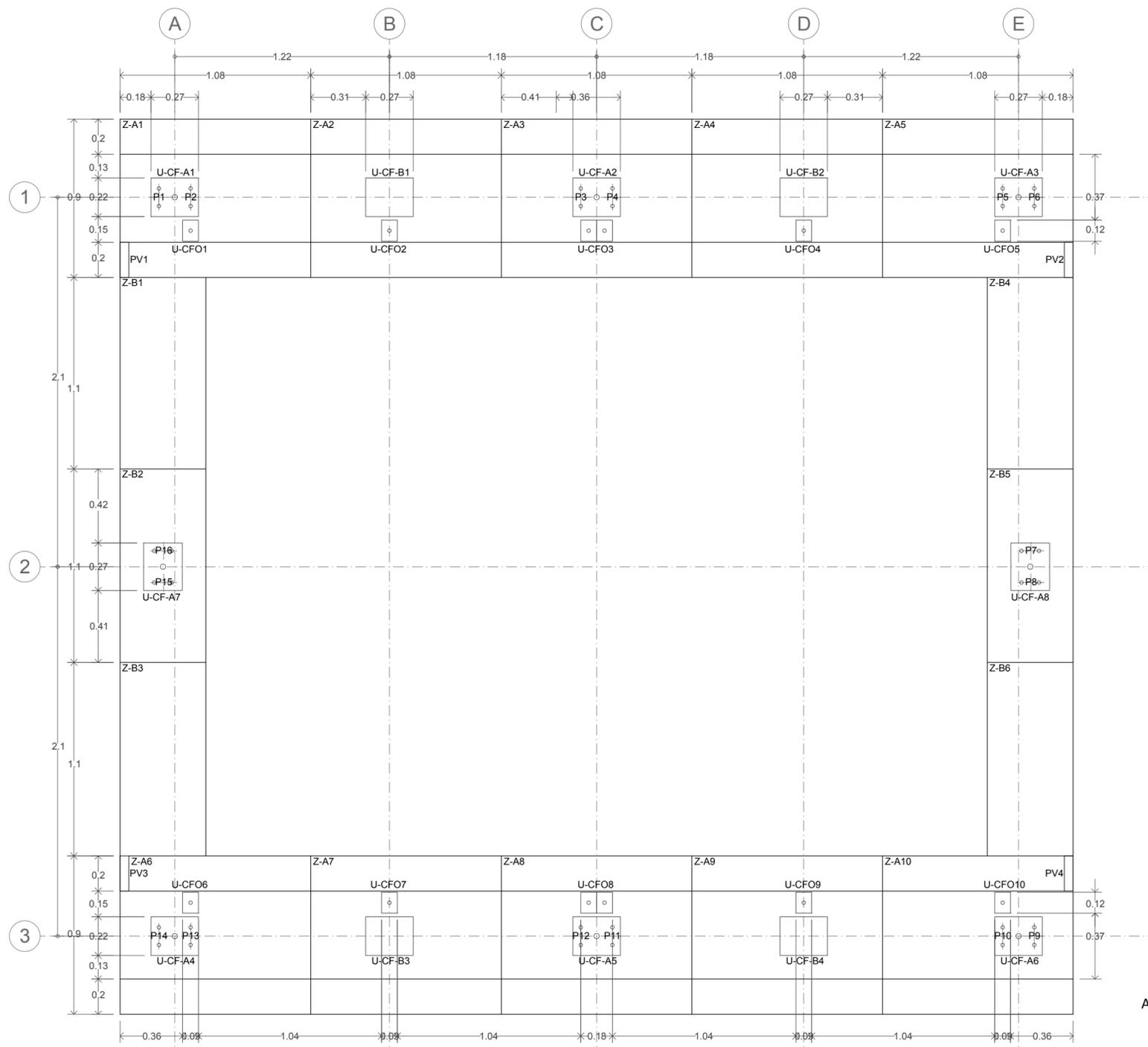
### 2.2.2. DIAGRAMA DE FASES GANTT Y COMPARATIVA CON SISTEMA TRADICIONAL.



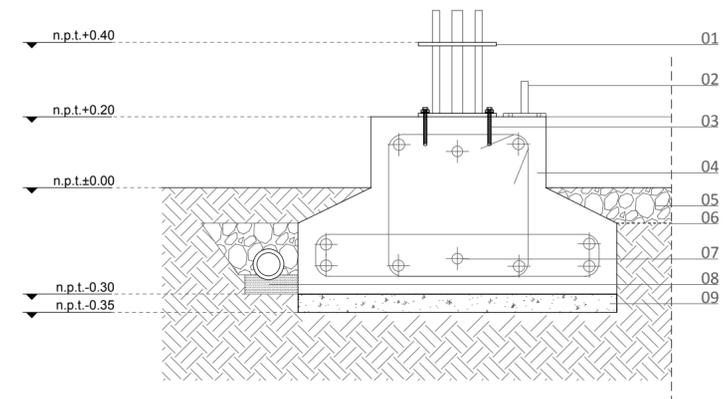
## 2.3. PLANIMETRÍA DE LA UNIÓN DE DOS MÓDULOS. UNIONES DE ELEMENTOS

En el siguiente apartado se muestra la planimetría de la unión de dos módulos haciendo hincapié en aportar el máximo detalle y definición de cada elemento y de las uniones. El apartado incluye los siguientes planos:

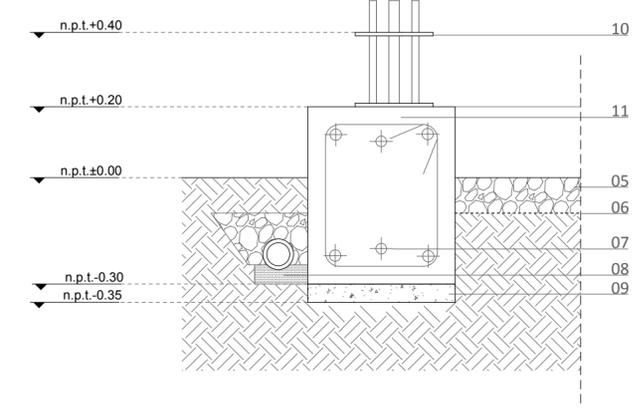
1. Plano cimentación, acompañado de detalles de los dos tipos de zapata existentes y una axonométrica de la unión de las zapatas.
2. Plano forjado planta baja, acompañado de un detalle de la unión con la cimentación y una axonométrica del sistema de unión (U-CFO).
3. Plano planta baja, acompañado de dos zooms de la planta en los que se muestra a escala 1:10 la composición de los paneles de fachada, su encuentro en esquina y la apertura de huecos. También se apoya de una axonométrica de la unión entre la cimentación y los paneles de fachada y otra axonométrica de la colocación del canalón y el revestimiento exterior sobre el panel de fachada.
4. Plano estructura cubierta, acompañado de un planta de un panel de cubierta. También se apoya de una axonométrica que muestra la unión entre paneles de fachada y vigas. y otra que muestra la unión entre los paneles de cubierta y las vigas.
5. Alzado A. Correspondiente a la unión de dos paneles laterales de fachada.
6. Alzado B. Correspondiente a los paneles de fachada y de cubierta.
7. Sección constructiva A-A' a escala 1:10 en la que se puede observar con detalle el sistema constructivo, los elementos y materiales que lo componen así como sus dimensiones.



SECCIÓN ZAPATA A.  
E: 1/15

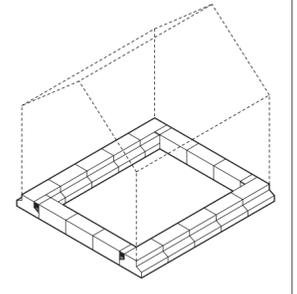
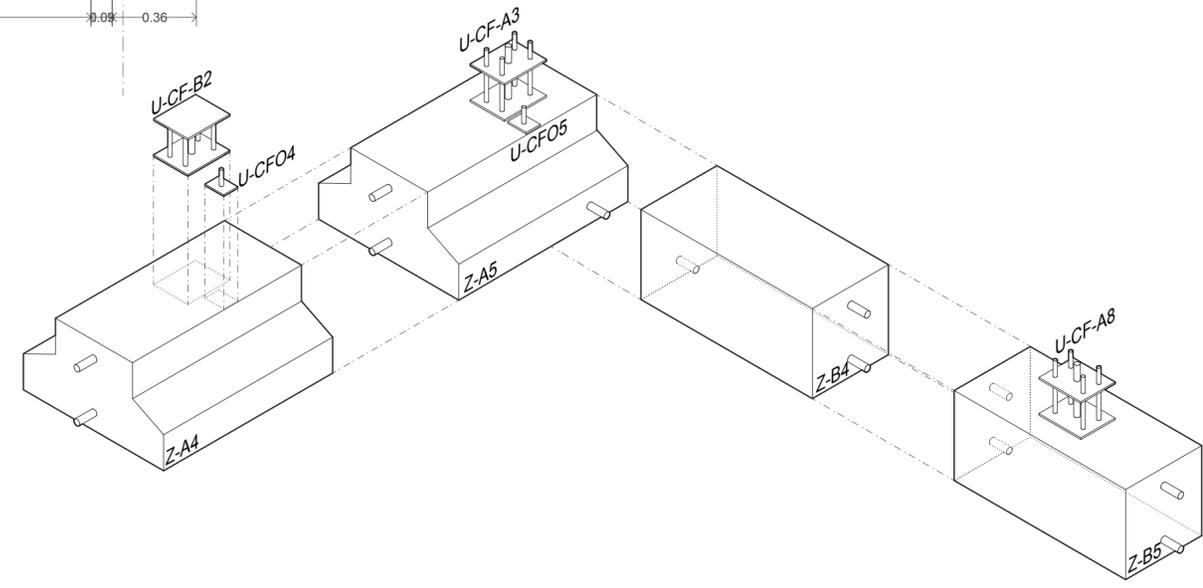


SECCIÓN ZAPATA B.  
E: 1/15



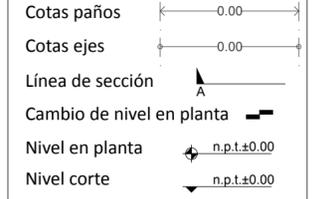
- 01\_ Placa metalica de union U-CF-A zapata-paneles de fachada.
- 02\_ Placa metalica de union zapata-forjado.
- 03\_ Tornillos de anclaje placa U-CF-A en la zapata.
- 04\_ Zapata prefabricada de hormigon armado tipo A.
- 05\_ Encachado.
- 06\_ Lamina geotextil.
- 07\_ Bulon metalico de anclaje zapata-zapata.
- 08\_ Dren lineal sobre cama de arena.
- 09\_ Hormigon de limpieza.
- 10\_ Placa metalica de union U-CF-B zapata-paneles de laterales.
- 11\_ Zapata prefabricada de hormigon armado tipo B.

AXONOMETRICA UNIÓN DE ZAPATAS

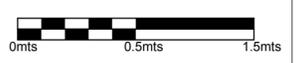


SIMBOLOGÍA

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical	SV-PL-1
Panel lateral	
Subestructura Horizontal	SH-PL-1
Panel lateral	
Subestructura Horizontal	SH-PF-1
Panel de Fachada	
Subestructura Vertical	SV-PF-1
Panel de Fachada	
Subestructura Panel	S-PC-1
de Cubierta	
Viga Cubierta	VC-1

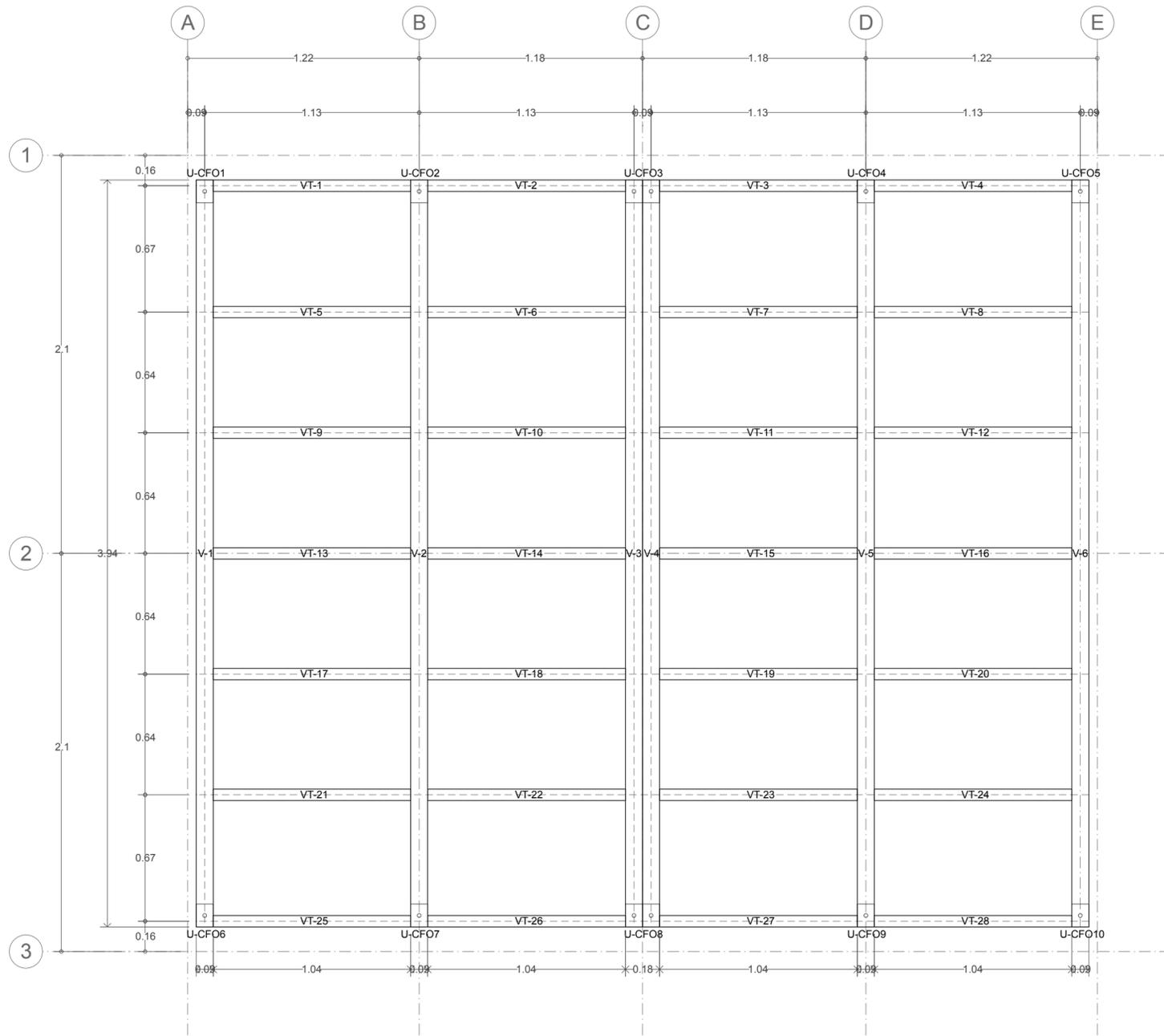


ESCALA: 1/20

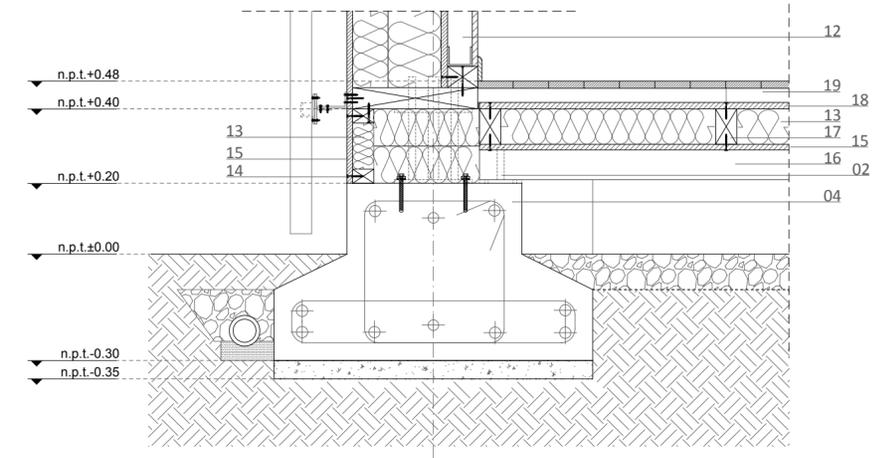


PLANO CIMENTACIÓN

M-01

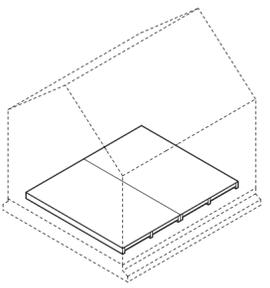
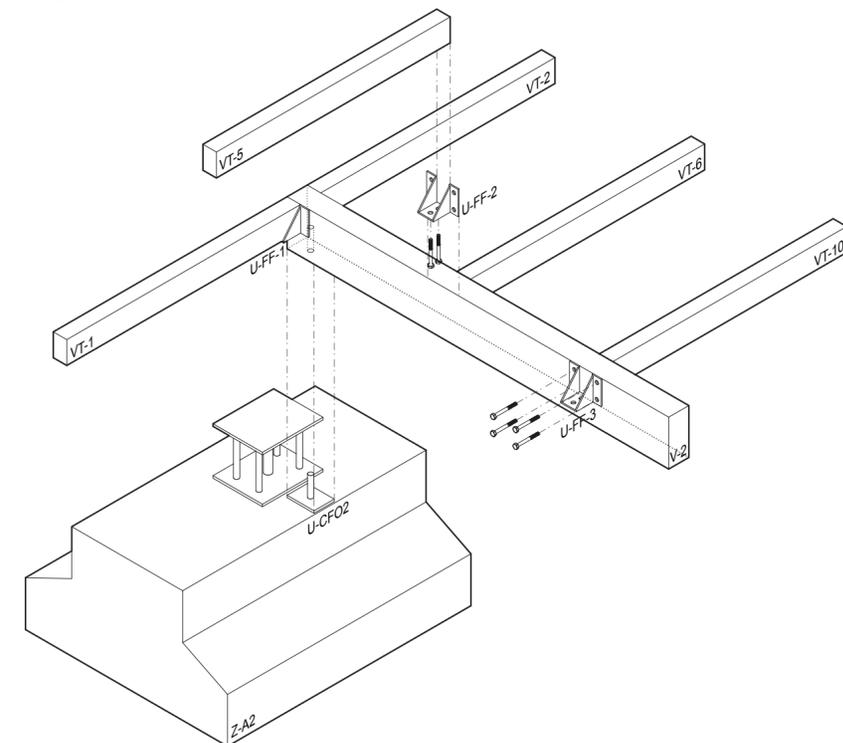


SECCIÓN UNIÓN FORJADO-ZAPATA.  
E: 1/15



- 02\_ Placa metalica de union zapata-forjado.
- 04\_ Zapata prefabricada de hormigon armado tipo A.
- 12\_ Panel de fachada.
- 13\_ Aislamiento de panel flexible de cañamo modelo Aislanat de Canabric.
- 14\_ Liston de madera de pino de 40x60 mm de seccion.
- 15\_ Tablero madera-cemento de 16 mm de espesor.
- 16\_ Viga de madera de pino de 200x90 mm de seccion.
- 17\_ Vigueta de madera de pino de 100x60 mm de seccion.
- 18\_ Tablero OSB de 18 mm de espesor.
- 19\_ Entablonado de madera de pino.

AXONOMETRICA UNIÓN FORJADO

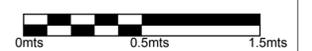


SIMBOLOGÍA

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical	SV-PL-1
Panel lateral	
Subestructura Horizontal	SH-PL-1
Panel lateral	
Subestructura Horizontal	SH-PF-1
Panel de Fachada	
Subestructura Vertical	SV-PF-1
Panel de Fachada	
Subestructura Panel	S-PC-1
de Cubierta	
Viga Cubierta	VC-1

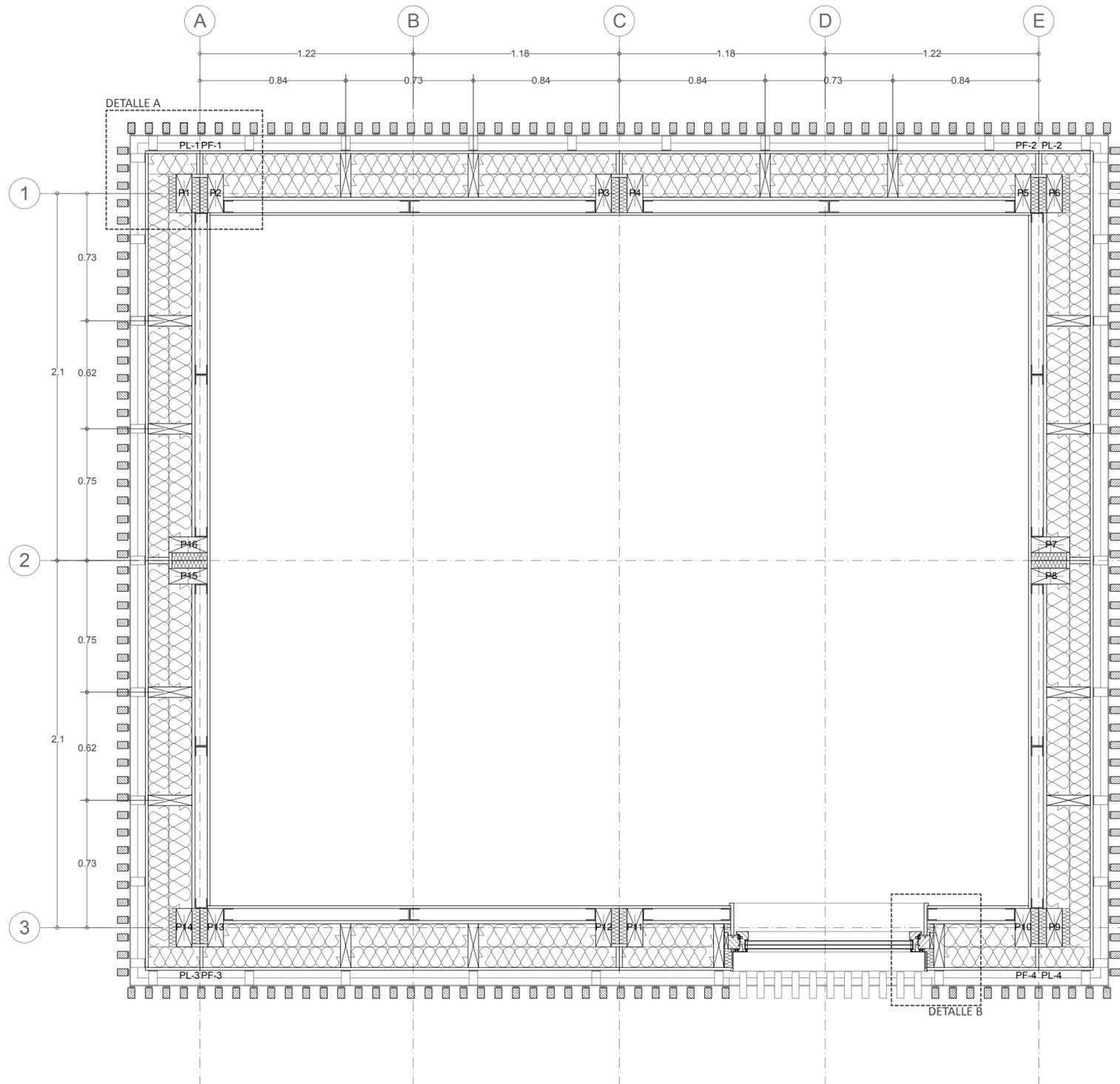
Cotas paños	← 0.00 →
Cotas ejes	← 0.00 →
Línea de sección	↕ A
Cambio de nivel en planta	▬
Nivel en planta	◊ n.p.t.±0.00
Nivel corte	▼ n.p.t.±0.00

ESCALA: 1/20

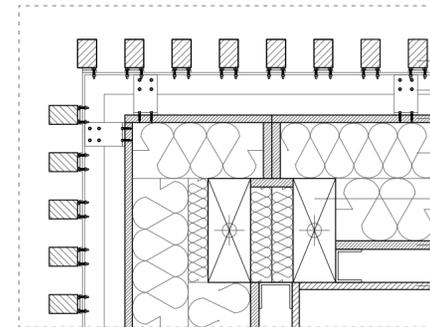


PLANO FORJADO

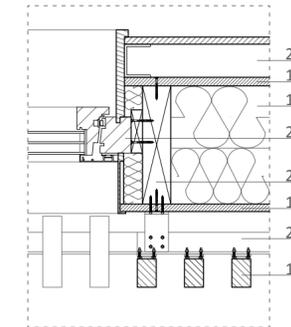
M-02



DETALLE A  
E: 1/10

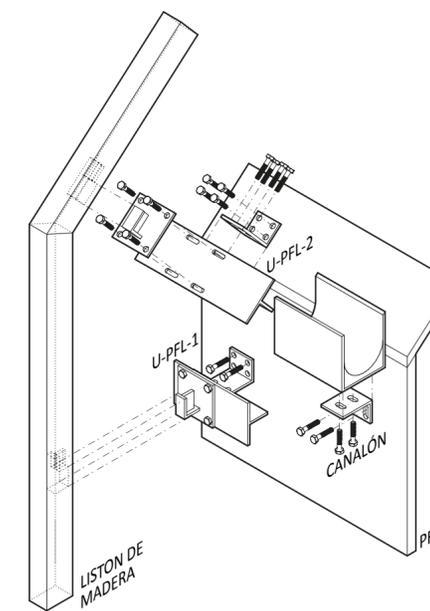


DETALLE B  
E: 1/10

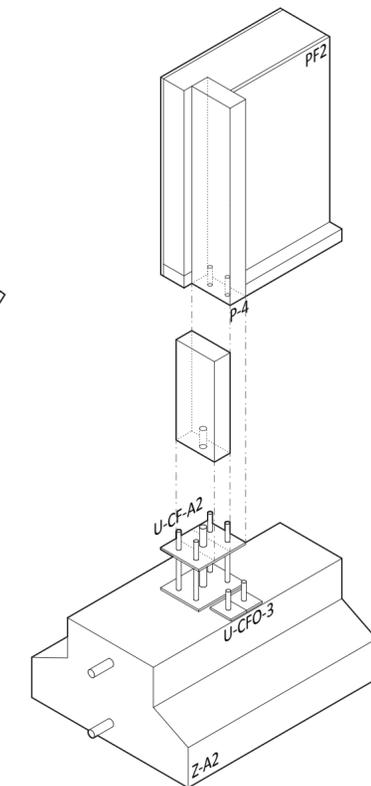


- 13\_ Aislamiento de panel flexible de cañamo modelo Aislanat de Canabric.
- 14\_ Listón de madera de pino de 40x60 mm de sección.
- 15\_ Tablero madera-cemento de 16 mm de espesor.
- 18\_ Tablero OSB de 18 mm de espesor.
- 20\_ Trasdosado con bastidor de aluminio y placa de cartón-yeso.
- 21\_ Pilar de madera de 220x90 mm de sección.
- 22\_ Perfil de aluminio para anclaje de listones de pino modelo 300-P de Europrim.
- 23\_ Bastidor vertical de madera de pino de 250x60 mm de sección.
- 24\_ Carpintería mixta de madera y aluminio. Triple vidrio.

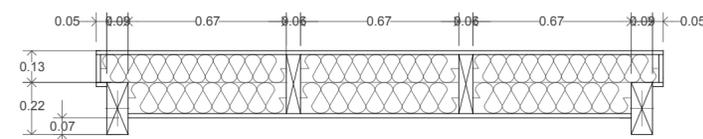
AXONOMETRICA UNIÓN REVESTIMIENTO EXTERIOR Y CANALÓN



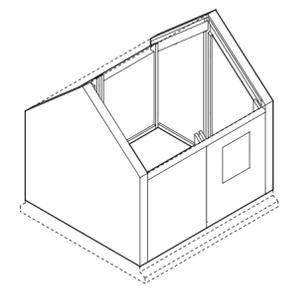
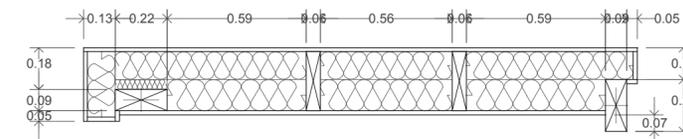
AXONOMETRICA UNIÓN ZAPATA CON PANEL DE FACHADA



PANEL DE FACHADA



PANEL DE CIERRE LATERAL



SIMBOLOGÍA

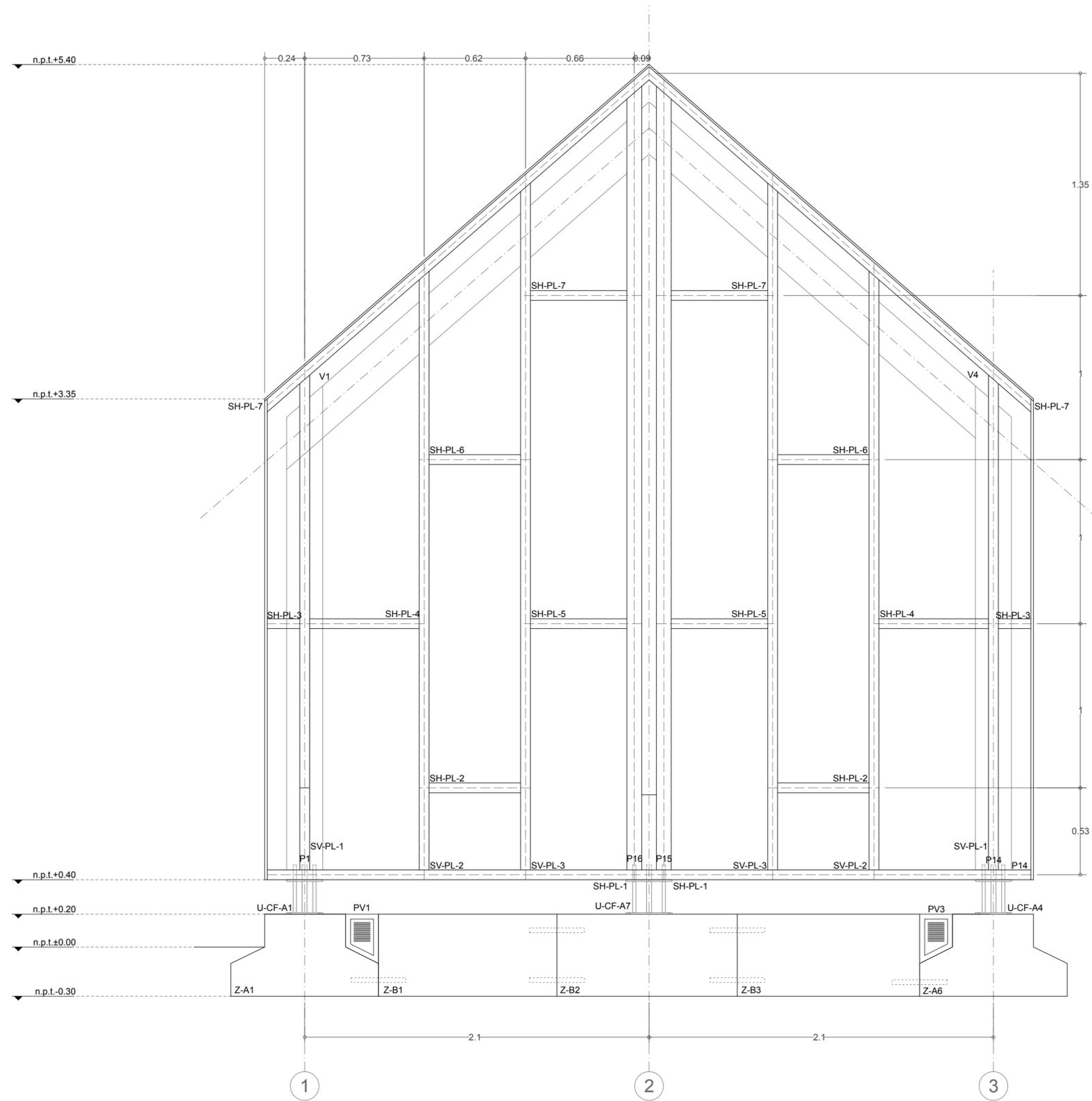
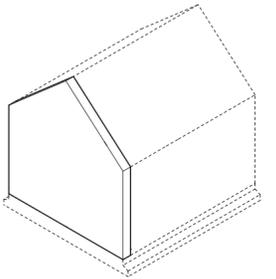
Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	0.00
Cotas ejes	0.00
Línea de sección	A
Cambio de nivel en planta	▬
Nivel en planta	n.p.t.±0.00
Nivel corte	n.p.t.±0.00

ESCALA: 1/20



PLANTA BAJA

M-03



**SIMBOLOGÍA**

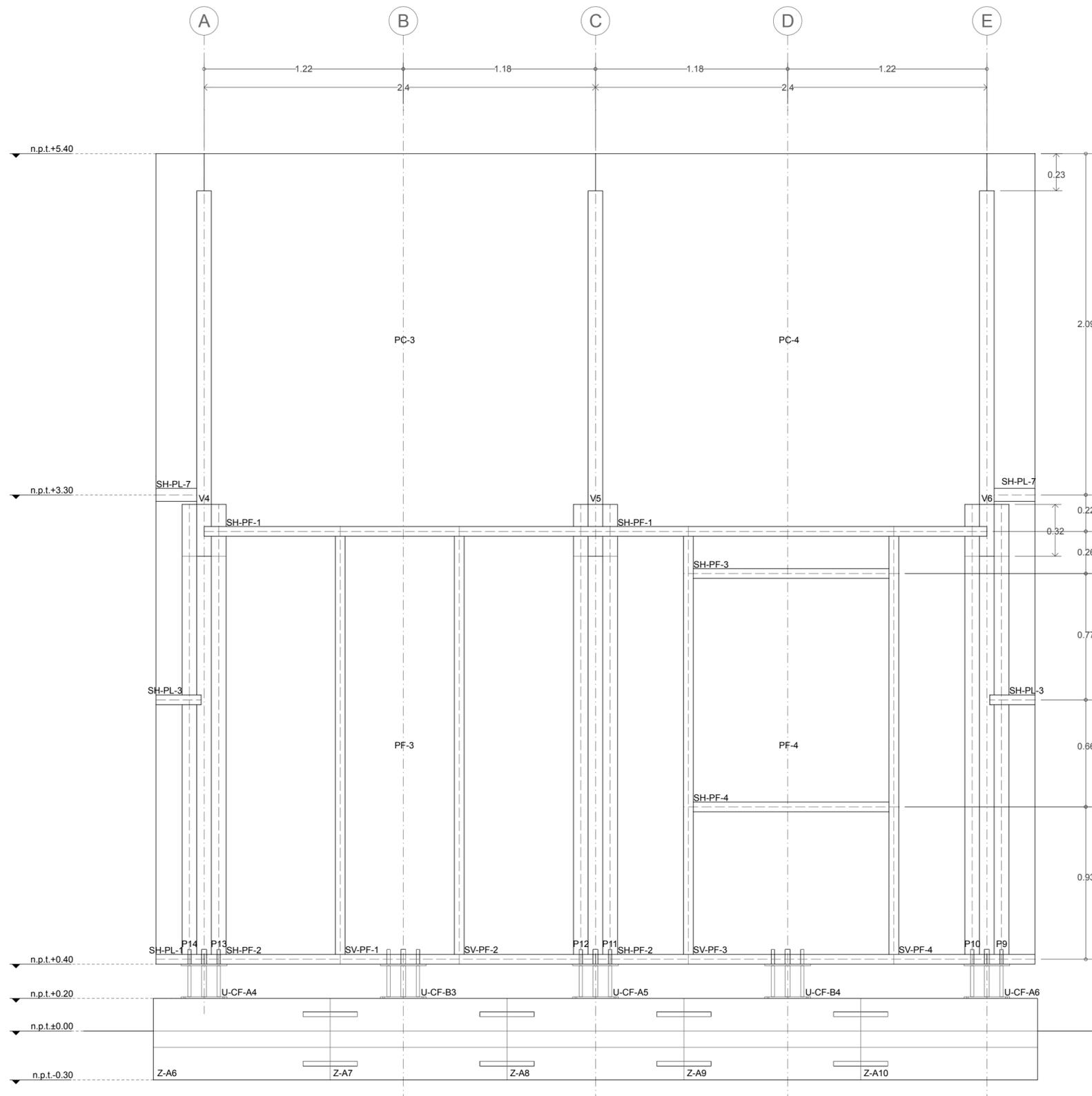
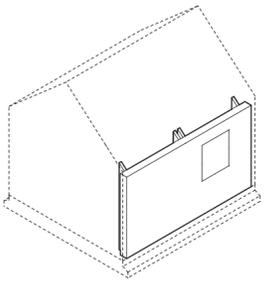
Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical	SV-PL-1
Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal	SH-PL-1
Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal	SH-PF-1
Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical	SV-PF-1
Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel	S-PC-1
de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	0.00
Cotas ejes	0.00
Línea de sección	A
Cambio de nivel en planta	■
Nivel en planta	n.p.t.±0.00
Nivel corte	n.p.t.±0.00

ESCALA: 1/20



ESTRUCTURA ALZADO A

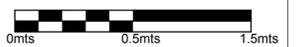
**M-04**



**SIMBOLOGÍA**

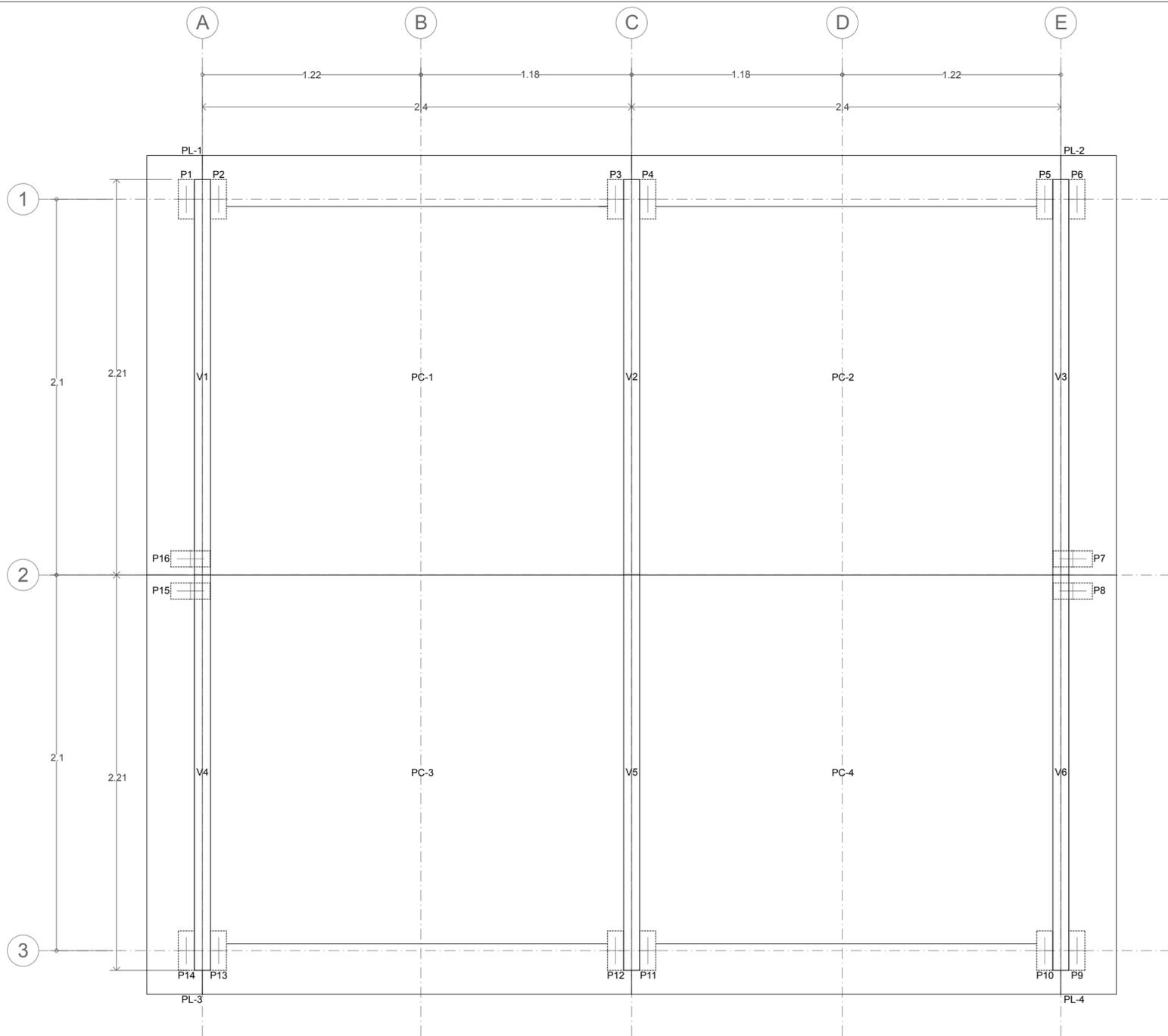
Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	← 0.00 →
Cotas ejes	← 0.00 →
Línea de sección	A
Cambio de nivel en planta	▬
Nivel en planta	n.p.t.±0.00
Nivel corte	n.p.t.±0.00

ESCALA: 1/20

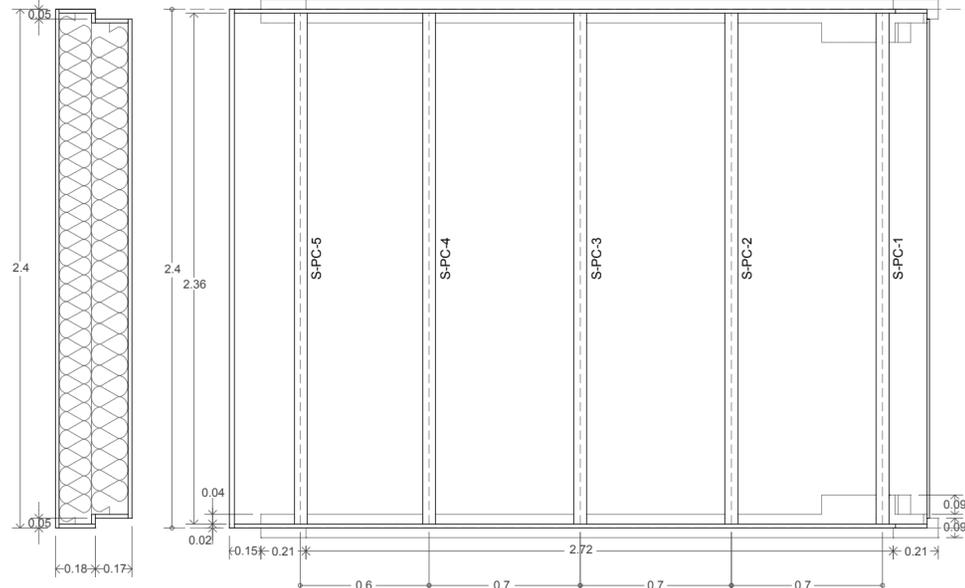


ESTRUCTURA ALZADO B

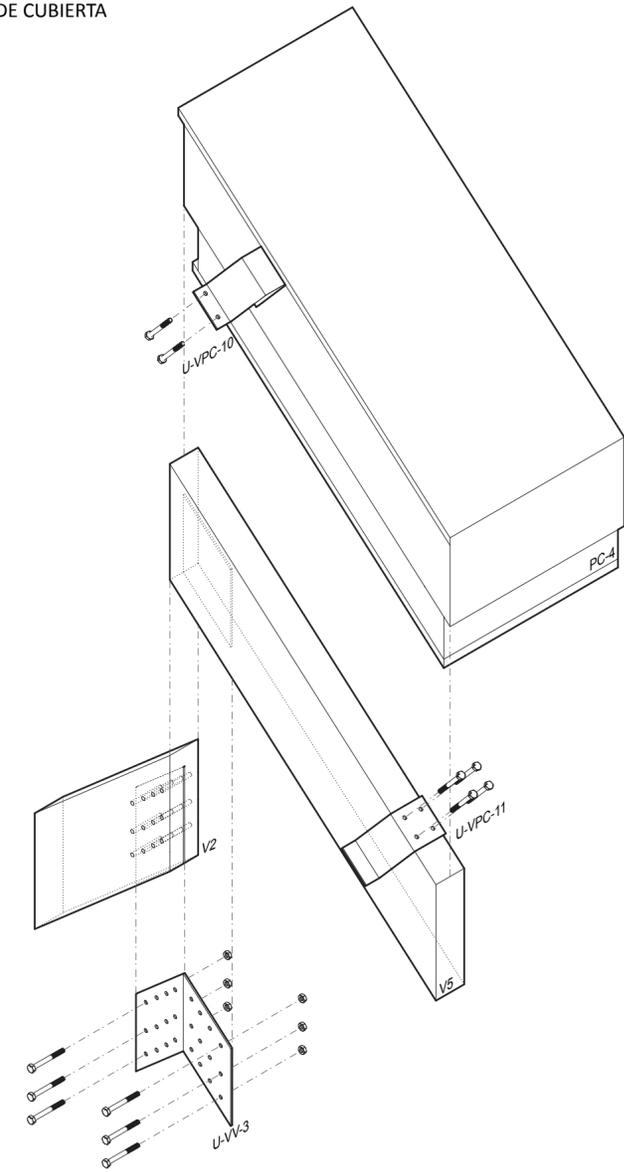
**M-05**



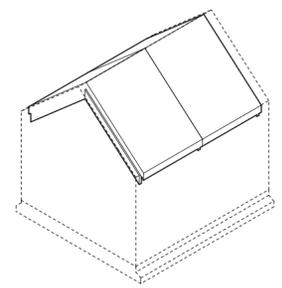
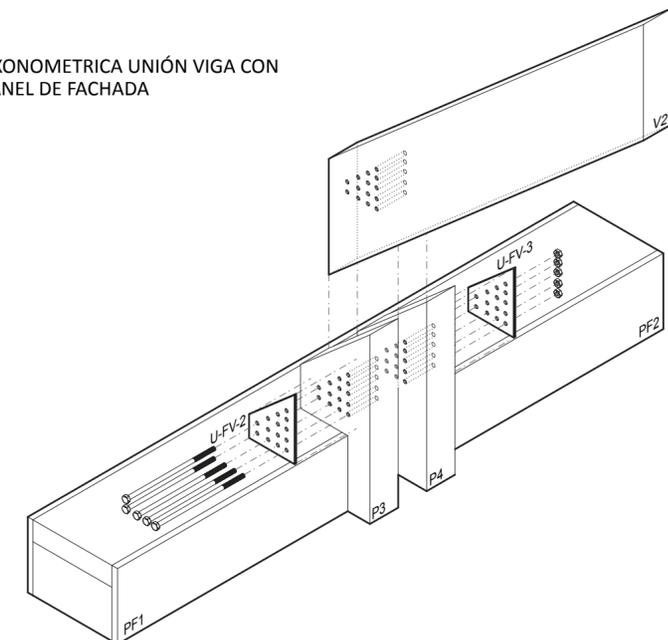
PLANTA Y SECCION  
PANEL DE CUBIERTA  
E: 1/20



AXONOMETRICA UNIÓN VIGA CON  
PANEL DE CUBIERTA



AXONOMETRICA UNIÓN VIGA CON  
PANEL DE FACHADA



SIMBOLOGÍA

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1

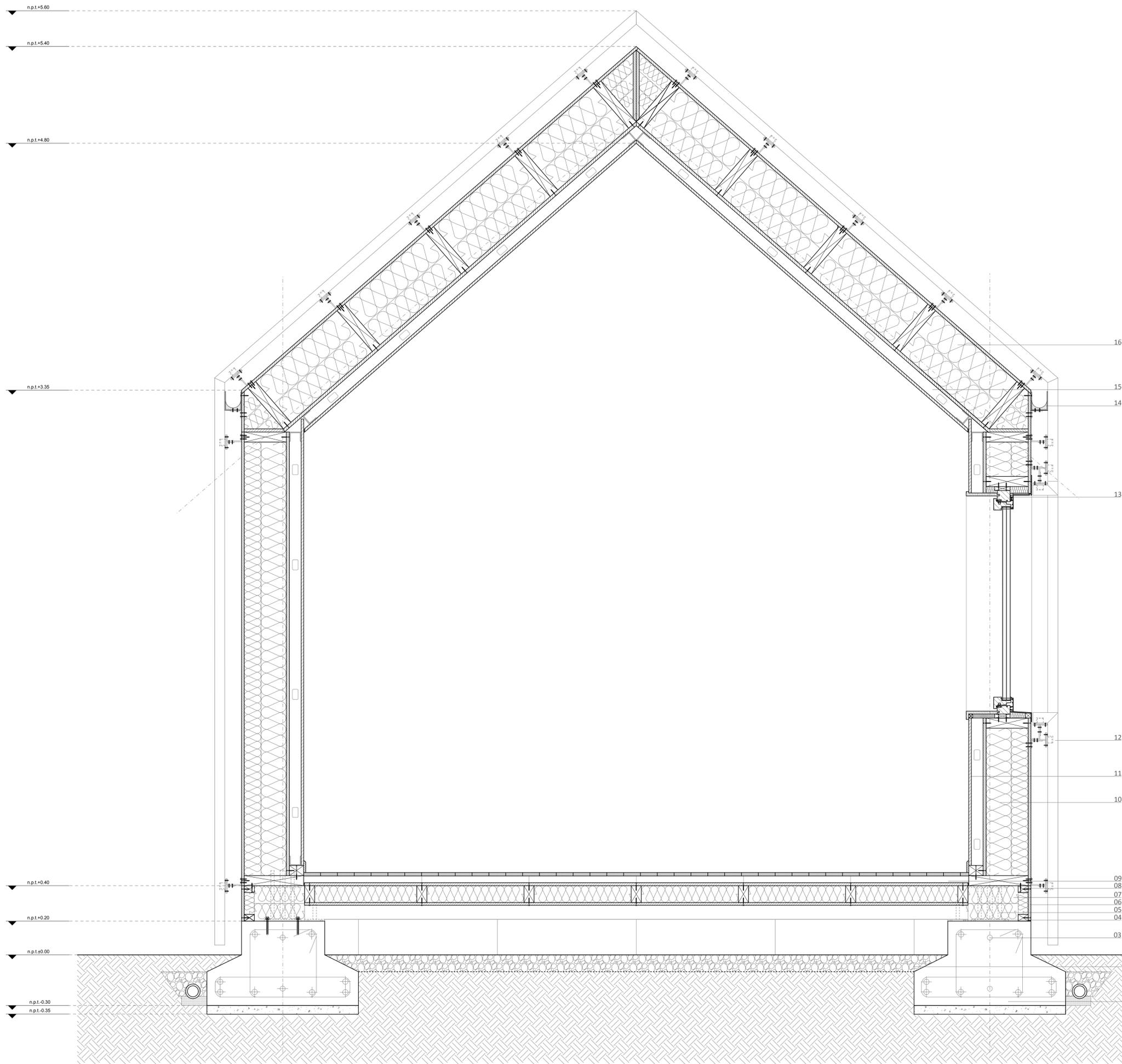
Cotas paños	← 0.00 →
Cotas ejes	← 0.00 →
Línea de sección	A
Cambio de nivel en planta	▬
Nivel en planta	n.p.t.±0.00
Nivel corte	n.p.t.±0.00

ESCALA: 1/20



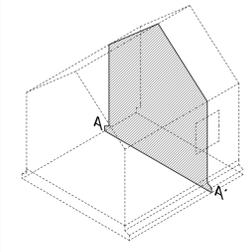
PLANTA ESTRUCTURA  
CUBIERTA

**M-06**



**LEYENDA**

- 01.** Zapata prefabrica de hormigón armado (modelo A) sobre hormigón de limpieza. Dren lineal adosado a la zapata sobre cama de arena y con enchachado encima y lámina geotextil.
- 02.** Encachado de diferentes granulometrías sobre lámina geotextil para evitar crecimiento de vegetación en la cámara sanitaria.
- 03.** Bulón metálico 30 mm de diámetro para anclaje zapata-zapata.
- 04.** Sistema de unión metálico (U-CFO) para unir el forjado a las zapatas. La unión es a las vigas del forjado.
- 05.** Sistema de unión metálico (U-CF-A) para elevación de los paneles de fachada y su unión con la zapata.
- 06.** Tablero de madera-cemento Viroc de color negro lijado de 16 mm de espesor. Para ambiente exterior según UNE-EN 634-2, reacción al fuego B-s2, d0, acabado liso, colocado con fijación oculta sobre bastidores de madera.
- 07.** Panel aislante flexible de cáñamo modelo AISLANAT de CANNABRIC, con un espesor de 50 mm. Termosoldado, 85% cáñamo.
- 08.** Listón de madera de pino silvestre de 40x60 mm de sección anclado mecánicamente a panel de fachada.
- 09.** Forjado de madera:  
Vigas de madera de pino silvestre clase resistente C-18, de 90x200 mm de sección y longitud de 4,2 m. Trabajada en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP 2.  
Viguetas de madera de pino silvestre clase resistente C-18, de 60x100 mm de sección y longitud de 1,1m. Fijadas mecánicamente a las vigas mediante la placa metálica de unión U-FF.  
En la parte inferior de las viguetas se fijan mecánicamente tableros de madera-cemento Viroc, sobre los cuales se coloca el panel aislante flexible de cáñamo modelo AISLANAT de CANNABRIC.  
Sobre las viguetas y vigas se fija mecánicamente un tablero de virutas orientadas OSB, de 18 mm de espesor. Sobre el cual se coloca el acabado deseado, en este caso una tarima de madera.
- 10.** Panel de Fachada:  
Pilar de madera de pino silvestre clase resistente C-24, de 90x220 mm de sección y longitud de 2,95 m. Trabajada en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP 2.  
Una subestructura de bastidores de madera de pino aserrada de 60x250 mm de sección y 2,2 m de longitud, calidad estructural MEG según UNE 56544, clase resistente C-18 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912 y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2. Trabajada en taller. Unida mecánicamente a los pilares.  
En la cara exterior del panel se fija con uniones ocultas tableros de madera-cemento Viroc de color negro lijado de 16 mm de espesor. En la cara interior se fija mecánicamente un tablero de virutas orientadas OSB, de 18 mm de espesor. En el interior del panel se coloca el panel aislante flexible de cáñamo modelo AISLANAT de CANNABRIC.
- 11.** Trasdosado con bastidores de aluminio y placas de cartón yeso.
- 12.** Revestimiento exterior de listones de madera de pino silvestre de 40x60 de sección constante y 3 m de longitud, con aplicación de 2 capas por inmersión de protector modelo XYLAZE LASUR INCOLORO. Los listones van colocados sobre un perfil de aluminio modelo 300-P de Europrim.
- 13.** Ventana modelo GLASSLINE 86 PURE EN MADERA Y ALUMINIO con tecnología THERMOSTOP de la marca GAULHOFER. Carpintería mixta de madera y aluminio. Doble acristalamiento de baja emisividad térmica, 8/12/8, con calzos y sellado continuo.
- 14.** Canalón de acero galvanizado y pintado con POLYLITE 160-DTM de color negro para mejorar sus prestaciones en ambiente exterior. Fijado mecánicamente con una placa en "L" de aluminio.
- 15.** Viga de madera de pino silvestre C24 aserrada, de 90x240 mm de sección y longitud de 3,1 m. Trabajada en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP 2.
- 16.** Panel de cubierta:  
Una estructura de bastidores de madera de pino aserrada de 60x320 mm de sección y 2,3 m de longitud, calidad estructural MEG según UNE 56544, clase resistente C-18 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912 y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2. Trabajada en taller. Unida mecánicamente a los pilares.  
En la cara exterior del panel se fija con uniones ocultas tableros de madera-cemento Viroc de color negro lijado de 16 mm de espesor. En la cara interior se fija mecánicamente un tablero de virutas orientadas OSB, de 18 mm de espesor. En el interior del panel se coloca el panel aislante flexible de cáñamo modelo AISLANAT de CANNABRIC. El panel de cubierta se fija mecánicamente mediante la placa U-VC a la viga de madera de pino.



**SIMBOLOGÍA**

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	0.00
Cotas ejes	0.00
Línea de sección	A
Cambio de nivel en planta	—
Nivel en planta	n.pt.+0.00
Nivel corte	n.pt.+0.00



**SECCION A-A'**

**M-07**

## 2.4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO. HUELLA DE CARBONO. COMPARATIVA CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

### 2.4.1. MEDICIONES, PRESUPUESTO Y HUELLA DE CARBONO.

En este apartado se procede en primer lugar a llevar a cabo las mediciones de cada elemento que compone el sistema y posteriormente a calcular el presupuesto y la huella de carbono resultante de construir el doble módulo.

El apartado consta de 6 presupuestos parciales correspondientes a las distintas partidas y/o elementos del sistema y un último apartado en el que se lleva a cabo el presupuesto total del doble módulo. Obteniendo de esta forma el valor del m<sup>2</sup> construido.

#### Presupuesto Parcial nº1: MOVIMIENTO DE TIERRAS.

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
MT01	Desbroce y limpieza de terreno, realizado por medios mecanicos. Incluso carga sobre camión (no incluye transporte a vertedero).	m <sup>2</sup>	27,6	1,95	4,4
MT02	Excavación en zanjas, en terreno compacto, realizado con retroexcavadora, para una profundidad menor o igual de 1,5 m. Incluso carga sobre camión (no incluye transporte a vertedero) y parte proporcional de medios auxiliares para la realización de los trabajos.	m <sup>3</sup>	9,74	7,15	16,14
MT03	Excavación en zanjas de saneamiento, en terrenos duros, por medios mecanicos, con extracción de tierras a los bordes y posterior relleno y apisonado de las tierras procedentes de la excavación.	m <sup>3</sup>	2,25	8,05	18,06
MT04	Relleno, extendido y compactado por medios mecanicos, realizado por tongadas de 30 cm. De espesor, con tierras propias, hasta conseguir un grado de compactación del 95% del proctor normal, incluso regado de las mismas y refino de taludes a mano.	m <sup>3</sup>	4,22	5,56	14
MT05	Transporte a vertedero de tierras procedentes de la excavación, realizado con camión tipo dumper, a una distancia de 5 a 10 km. Las mediciones definitivas de esta partida quedan condicionadas al proyecto de ejecución.	m <sup>3</sup>	11,99	1,88	7,92
<b>TOTAL</b>				<b>187,58</b>	<b>431,52</b>

**Presupuesto Parcial nº2: CIMENTACIÓN.**

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
CI01	Zapata (tipo A) de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m <sup>3</sup> . Zapata llevada a cabo en nave industrial.	unidad	10	58,31	64,92
CI02	Zapata (tipo B) de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m <sup>3</sup> . Zapata llevada a cabo en nave industrial.	unidad	6	33,22	38,12
CI03	Base de zahorras natural, con extendido y compactado del material al 95 % del PM.	m <sup>3</sup>	4	27	31,28
CI04	Bulón metálico 30 mm diametro de anclaje zapata-zapata.	unidad	24		
CI05	Sistema de unión metálico (U-CFO) para unir el forjado a las zapatas. La unión es a las vigas del forjado.	unidad	10		
CI06	Sistema de unión metálico (U-CF-A) para elevación de los paneles de fachada y su unión con la zapata.	unidad	8		
CI07	Sistema de unión metálico (U-CF-B) para elevación de los paneles de fachada.	unidad	8		
<b>TOTAL</b>				<b>890,42</b>	<b>1003,04</b>

**Presupuesto Parcial nº3: PANEL DE FORJADO**

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
PFO01	Viga de madera de pino silvestre clase resistente C-18 acabado aserrada, de 90x200 mm de sección y longitud de 4,2 m. Trabajada en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP 2 (UNE-EN 351-1).	Unidad	3	36,39	2,56
PFO02	Viguetas de madera de pino silvestre clase resistente C-18, de 60x100 mm de sección y longitud de 1,1m. Trabajada en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP 2 (UNE-EN 351-1).	Unidad	14	21,65	1,25
PFO03	Sistema de unión metálico (U-FF).	unidad	28		
PFO04	Viroc® Cement Bonded Particle Board de 2600 x 1250 mm. de color negro lijado de 16 mm. de espesor. Para ambiente exterior según UNE-EN 634-2, reacción al fuego B-s2, d0, acabado liso, de color estándar.	m <sup>2</sup>	9,28	68,67	30,15
PFO05	Panel aislante flexible de cáñamo modelo AISLANAT de CANNABRIC de 1200 x 600 mm, con un espesor de 100 mm. Termosoldado, 85% cáñamo.	m <sup>2</sup>	9,28	15,3	3,34
PFO06	Tablero de virutas orientadas OSB, de 18 mm de espesor, para ambiente seco según UNE-EN 300, reacción al fuego D-s2, d0, trabajado en el taller, colocado con fijaciones mecánicas viguetas.	m <sup>2</sup>	9,28	13,41	20,21
<b>TOTAL</b>				<b>1315,96</b>	<b>884,34</b>

**Presupuesto Parcial nº4: PANEL DE FACHADA**

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
PF01	Pilar de madera de pino silvestre C24 aserrada, de 90x220 mm de sección y longitud de 2,95 m, trabajado en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP 2 (UNE-EN 351-1)	Unidad	2	28,15	2,1
PF02	Bastidores de madera de pino aserrada de 60x250 mm de sección y 2,2 m de longitud, calidad estructural MEG según UNE 56544, clase resistente C-18 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912 y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 . Trabajada en taller. Unida mecánicamente a los pilares.	Unidad	4	21,95	1,53
PF03	Panel aislante flexible de cáñamo modelo AISLANAT de CANNABRIC de 1200 x 600 mm, con un espesor de 250 mm. Termosoldado, 85% cáñamo.	m <sup>2</sup>	6,28	38,25	8,35
PF04	Viroc® Cement Bonded Particle Board de 2600 x 1250 mm. de color negro lijado de 16 mm. de espesor. Para ambiente exterior según UNE-EN 634-2, reacción al fuego B-s2, d0, acabado liso, de color estándar, colocado con fijación oculta sobre bastidores de madera.	m <sup>2</sup>	6,28	68,67	30,15
PF05	Revestimiento vertical con tablero de virutas orientadas OSB, de 18 mm de espesor, para ambiente seco según UNE-EN 300, reacción al fuego D-s2, d0, trabajado en el taller.	m <sup>2</sup>	6,28	13,41	20,21
<b>TOTAL</b>				<b>899,77</b>	<b>379,02</b>

**Presupuesto Parcial nº5: PANEL DE FACHADA**

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
PLF01	Pilar de madera de pino silvestre C24 aserrada, de 90x220 mm de sección y longitud de 3,80 m, trabajado en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP 2 (UNE-EN 351-1)	Unidad	2	36,45	2,86
PLF02	Bastidores de madera de pino aserrada de 60x250 mm de sección y 3,8 m de longitud, calidad estructural MEG según UNE 56544, clase resistente C-18 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912 y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 . Trabajada en taller. Unida mecánicamente a los pilares.	Unidad	5	28,95	2,13
PLF03	Bastidores de madera de pino aserrada de 60x250 mm de sección y 0,5 m de longitud, calidad estructural MEG según UNE 56544, clase resistente C-18 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912 y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 . Trabajada en taller. Unida	Unidad	6	8,15	0,53
PLF04	Panel aislante flexible de cáñamo modelo AISLANAT de CANNABRIC de 1200 x 600 mm, con un espesor de 250 mm. Termosoldado, 85% cáñamo.	m <sup>2</sup>	9,16	38,25	8,35
PLF05	Viroc® Cement Bonded Particle Board de 2600 x 1250 mm. de color negro lijado de 16 mm. de espesor. Para ambiente exterior según UNE-EN 634-2, reacción al fuego B-s2, d0, acabado liso, de color estándar, colocado con fijación oculta sobre	m <sup>2</sup>	9,16	68,67	30,15
PLF06	Revestimiento vertical con tablero de virutas orientadas OSB, de 18 mm de espesor, para ambiente seco según UNE-EN 300, reacción al fuego D-s2, d0, trabajado en el taller.	m <sup>2</sup>	9,16	13,41	20,21
<b>TOTAL</b>				<b>1368,77</b>	<b>557,33</b>

**Presupuesto Parcial nº6: PANEL DE CUBIERTA.**

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
CU01	Viga de madera de pino silvestre C24 aserrada, de 90x240 mm de sección y longitud de 3,1 m. Trabajado en el taller y con tratamiento insecticida-fungicida con un nivel de penetración NP 2.	Unidad	1	395,4	39,42
CU02	Madera aserrada de pino silvestre con acabado cepillado, para bastidor de 60x320 mm de sección y 2,3 m de longitud, calidad estructural MEG según UNE 56544, clase resistente C-18 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912 y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 (3 mm en las caras laterales de la albura) según UNE-EN 351-1, trabajada en taller.	Unidad	5	33,45	14,74
CU03	Panel aislante flexible de cáñamo modelo AISLANAT de CANNABRIC de 1200 x 600 mm, con un espesor de 320 mm. Termosoldado, 85% cáñamo.	m <sup>2</sup>	7,74	45,9	10,02
CU04	Viroc® Cement Bonded Particle Board de 2600 x 1250 mm. de color negro lijado de 16 mm. de espesor. Para ambiente exterior según UNE-EN 634-2, reacción al fuego B-s2, d0, acabado liso, de color estándar, colocado con fijación oculta sobre bastidores de madera.	m <sup>2</sup>	7,74	68,67	30,15
CU05	Tablero de virutas orientadas OSB, de 18 mm de espesor, para ambiente seco según UNE-EN 300, reacción al fuego D-s2, d0, trabajado en el taller.	m <sup>2</sup>	7,74	13,41	20,21
<b>TOTAL</b>				<b>1553,22</b>	<b>580,46</b>

**Presupuesto Parcial nº7: REVESTIMIENTOS Y TRASDOSADOS**

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
RTIF	<u>TRASDOSADO INTERIOR PANEL DE FACHADA</u>				
RTIF01	Trasdosado de placas de yeso laminado formado por estructura autoportante arriostrada normal con perfilera de plancha de acero galvanizado, con un espesor total del trasdosado de 63 mm, montantes cada 600 mm de 48 mm de ancho y canales de 48 mm de ancho, con 1 placa tipo estándar (A) de 15 mm de espesor, fijada mecánicamente.	m <sup>2</sup>	6,28	21,22	15,52
	<b>TOTAL</b>			<b>133,26</b>	<b>97,47</b>
RTIL	<u>TRASDOSADO INTERIOR PANEL LATERAL</u>				
RTIL01	Trasdosado de placas de yeso laminado formado por estructura autoportante arriostrada normal con perfilera de plancha de acero galvanizado, con un espesor total del trasdosado de 63 mm, montantes cada 600 mm de 48 mm de ancho y canales de 48 mm de ancho, con 1 placa tipo estándar (A) de 15 mm de espesor.	m <sup>2</sup>	9,16	21,22	15,52
	<b>TOTAL</b>			<b>194,38</b>	<b>142,16</b>
RTIC	<u>TRASDOSADO INTERIOR PANEL DE CUBIERTA</u>				
RTIC01	Trasdosado de placas de yeso laminado formado por estructura autoportante arriostrada normal con perfilera de plancha de acero galvanizado, con un espesor total del trasdosado de 63 mm, montantes cada 600 mm de 48 mm de ancho y canales de 48 mm de ancho, con 1 placa tipo estándar (A) de 15 mm de espesor, fijada mecánicamente.	m <sup>2</sup>	7,74	21,22	15,52
	<b>TOTAL</b>			<b>164,24</b>	<b>120,12</b>

**Presupuesto Parcial nº7: REVESTIMIENTOS Y TRASDOSADOS**

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
RTEF	<u>REVESTIMIENTO EXTERIOR PANEL DE FACHADA</u>				
RTEF01	Perfil de aluminio para anclaje de listones de pino modelo 300-P de Europrim. Con sistema de unión metálica oculta y fijación mecánica y por geometría. Pintado con POLYLITE 160-DTM de color negro para mejorar sus prestaciones en ambiente exterior.	m <sup>2</sup>	0,48	37,54	23,63
	<b>SUBTOTAL 1</b>			<b>18,02</b>	<b>11,34</b>
RTEF03	Listones de madera de pino C18 de 40x60 mm de sección constante, de 3,36 m de longitud. Con aplicación de 2 capas por inmersión de protector modelo XYLAZE LASUR INCOLORO. Colocados sobre soportes de acero galvanizado en omega por fijación mecánica.	Unidad	24	12,35	1,06
	<b>SUBTOTAL 2</b>			<b>296,40</b>	<b>25,44</b>
	<b>TOTAL</b>			<b>314,42</b>	<b>36,78</b>
RTEL	<u>REVESTIMIENTO EXTERIOR PANEL LATERAL</u>				
RTEF01	Perfil de aluminio para anclaje de listones de pino modelo 300-P de Europrim. Con sistema de unión metálica oculta y fijación mecánica y por geometría. Pintado con POLYLITE 160-DTM de color negro para mejorar sus prestaciones en ambiente exterior.	m <sup>2</sup>	0,61	37,54	23,63
	<b>SUBTOTAL 1</b>			<b>22,90</b>	<b>14,41</b>
RTEF03	Listones de madera de pino C18 de 40x60 mm de sección constante, de 3,32 m de longitud. Con aplicación de 2 capas por inmersión de protector modelo XYLAZE LASUR INCOLORO. Colocados sobre soportes de acero galvanizado en omega por fijación mecánica.	Unidad	28	12,35	1,06
	<b>SUBTOTAL 2</b>			<b>345,80</b>	<b>29,68</b>
	<b>TOTAL</b>			<b>368,70</b>	<b>44,09</b>
RTEC	<u>REVESTIMIENTO EXTERIOR PANEL DE CUBIERTA</u>				
RTEF01	Perfil de aluminio para anclaje de listones de pino modelo 300-P de Europrim. Con sistema de unión metálica oculta y fijación mecánica y por geometría. Pintado con POLYLITE 160-DTM de color negro para mejorar sus prestaciones en ambiente exterior.	m <sup>2</sup>	0,55	37,54	23,63
	<b>SUBTOTAL 1</b>			<b>20,65</b>	<b>13,00</b>
RTEF03	Listones de madera de pino C18 de 40x60x3000 mm de sección constante. Con aplicación de 2 capas por inmersión de protector modelo XYLAZE LASUR INCOLORO. Colocados sobre soportes de acero galvanizado en omega por fijación mecánica.	Unidad	24	12,35	1,06
	<b>SUBTOTAL 2</b>			<b>296,40</b>	<b>25,44</b>
	<b>TOTAL</b>			<b>317,05</b>	<b>38,44</b>

**Presupuesto TOTAL de UNIÓN DE DOS MÓDULOS:**

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
MT	Movimiento de Tierras.	1	187,58	431,52
CI	Cimentación.	1	890,42	1003,04
PFO	Panel de Forjado	2	1315,96	884,54
PF	Panel de Fachada	4	899,77	379,02
PLF	Panel Lateral de Fachada	4	1368,77	557,33
CU	Panel de Cubierta	4	1553,22	580,46
RTIF	Revestimiento Interior Panel de Fachada	4	133,26	97,47
RTIL	Revestimiento Interior Panel Lateral de Fachada	4	194,38	142,16
RTIC	Revestimiento Interior Panel de Cubierta	4	164,24	120,12
RTEF	Revestimiento Exterior Panel de Fachada	4	314,42	36,78
RTEL	Revestimiento Exterior Panel Lateral de Fachada	4	368,7	44,09
RTEC	Revestimiento Exterior Panel de Cubierta	4	317,05	38,44
<b>TOTAL</b>			<b>20965,16</b>	<b>7187,12</b>
<b>PRECIO m<sup>2</sup></b> (25,4 m <sup>2</sup> )			<b>825,40</b>	<b>282,96</b>

## 2.4.2. COMPARATIVA CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

Partiendo del valor del m<sup>2</sup> construido con el sistema observamos que su precio es en torno a un 15% más caro que un sistema constructivo tradicional.

Este coste viene justificado de una mayor cantidad de aislamiento térmico, de elementos más caros para evitar puentes térmicos y de un proceso de prefabricación que permite una calidad muy superior a sistemas tradicionales.

Se debe destacar que como hemos visto en el apartado 2.2 el tiempo de construcción se reduce en casi un 75%, lo cual es un factor económico muy importante en retornos de inversión y en la disponibilidad de la vivienda en un menor tiempo.

Como último aspecto destacar el consumo energético de la vivienda. Una vivienda pasiva ahorra hasta el 80% del consumo energético respecto a una vivienda construida con sistemas tradicionales, lo que supone que en un periodo de entre 8 y 10 años se habrá amortizado ese mayor coste de construcción de la vivienda pasiva y el cliente tendrá grandes ahorros en sus facturas y un confort muy superior a una construida con sistemas tradicionales.

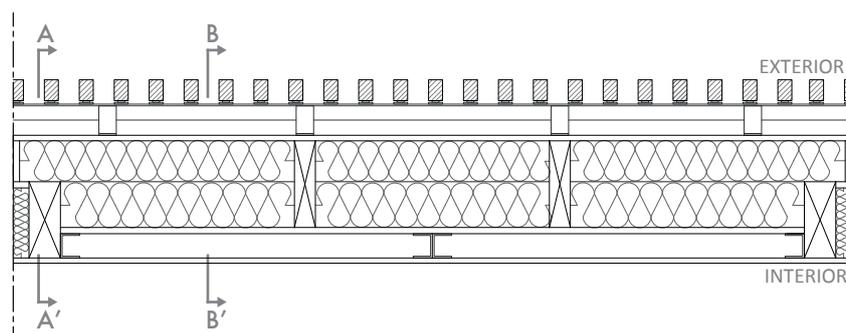
## 2.5. CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS. ANÁLISIS DEL SISTEMA SEGÚN ESTÁNDARES PASSIVE HOUSE Y SEGÚN NORMATIVA CTE.

En primer lugar hacer referencia a la sección constructiva de la página XXX de este trabajo en el que se tiene una visión completa del cerramiento y sus características:

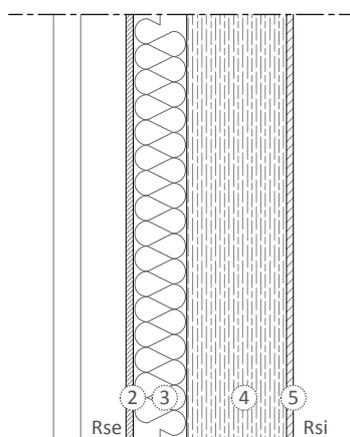
El aislamiento es continuo en todo el cerramiento del edificio, debido a que se ubica en la cara exterior del forjado y a que va dentro de los bastidores que conforman las fachadas.

No hay puentes térmicos en el cerramiento. Observando con detenimiento los detalles, vemos como los posibles puentes térmicos entre el encuentro de la fachada con la cubierta y el encuentro de la fachada con los forjados están resueltos de forma correcta y no presentan puentes térmicos.

### 2.5.1. CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS EN FACHADA.



A-A' \_ TRANSMITANCIA POR PILAR DEL PANEL DE FACHADA.



1.  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ .
2. Tablero madera-cemento.  
 $e = 0,016 \text{ } (\lambda = 0,23)$
3. Aislamiento de cáñamo.  
 $e = 0,12 \text{ m } (\lambda = 0,039)$
4. Pilar madera pino.  
 $e = 0,22 \text{ m } (\lambda = 0,163)$
5. Cartón yeso.  
 $e = 0,015 \text{ m } (\lambda = 0,25)$
6.  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ .

**Cálculo resistencia térmica:**

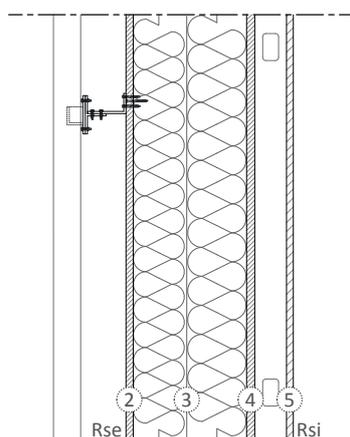
$$\begin{aligned} R_1 &= R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_2 &= 0,016/0,23 = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_3 &= 0,12/0,039 = 3,07 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_4 &= 0,22/0,163 = 1,35 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_5 &= 0,015/0,25 = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_6 &= R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \end{aligned}$$

$$R_t = 4,71 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

**Cálculo transmitancia térmica:**

$$U = 1/R_t = 1/4,71 = 0,21 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

B-B' \_ TRANSMITANCIA POR CENTRO DEL PANEL DE FACHADA.



1.  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ .
2. Tablero madera-cemento.  
 $e = 0,016 \text{ } (\lambda = 0,23)$
3. Aislamiento de cáñamo.  
 $e = 0,25 \text{ m } (\lambda = 0,039)$
4. Tablero OSB.  
 $e = 0,018 \text{ m } (\lambda = 0,13)$
5. Cartón yeso.  
 $e = 0,015 \text{ m } (\lambda = 0,25)$
6.  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ .

**Cálculo resistencia térmica:**

$$R = e/\lambda \text{ (m}^2 \cdot \text{K}/\text{W)}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_2 &= 0,016/0,23 = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_3 &= 0,25/0,039 = 6,41 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_4 &= 0,018/0,13 = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_5 &= 0,015/0,25 = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \\ R_6 &= R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}. \end{aligned}$$

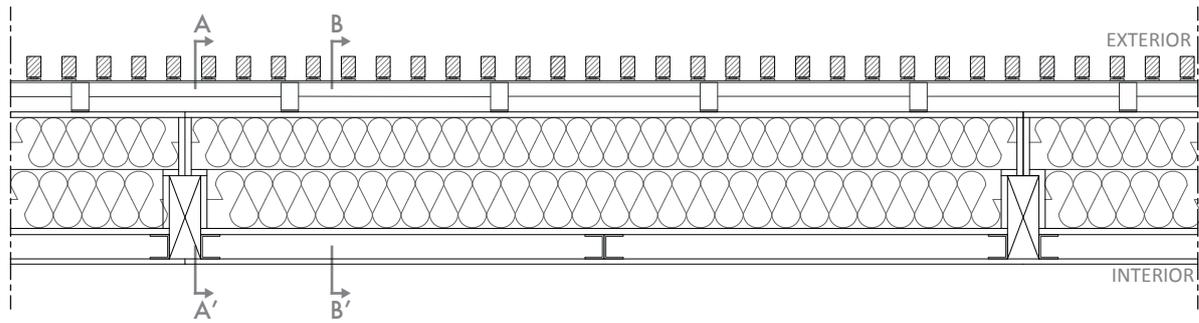
$$\begin{aligned} R_t &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 = \\ R_t &= 6,84 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W} \end{aligned}$$

**Cálculo transmitancia térmica:**

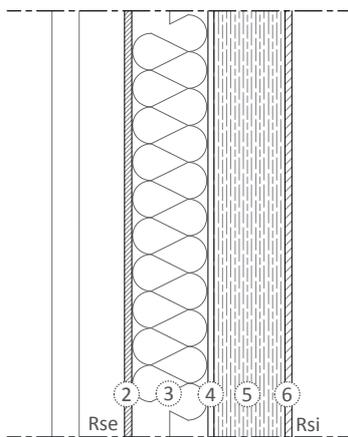
$$U = 1/R_t \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U = 1/R_t = 1/6,84 = 0,146 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

## 2.5.2. CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS EN CUBIERTA.



### A-A' \_ TRANSMITANCIA POR VIGA DEL PANEL DE CUBIERTA.



1.  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .
2. Tablero madera-cemento.  
 $e = 0,016 \text{ m} \text{ } (\lambda = 0,23)$
3. Aislamiento de cáñamo.  
 $e = 0,13 \text{ m} \text{ } (\lambda = 0,039)$
4. Tablero OSB.  
 $e = 0,018 \text{ m} \text{ } (\lambda = 0,13)$
5. Viga madera de pino.  
 $e = 0,24 \text{ m} \text{ } (\lambda = 0,163)$
6. Cartón yeso.  
 $e = 0,015 \text{ m} \text{ } (\lambda = 0,25)$
7.  $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

#### Cálculo resistencia térmica:

$$R = e/\lambda \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$$

$$R_1 = R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_2 = 0,016/0,23 = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_3 = 0,13/0,039 = 3,33 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_4 = 0,018/0,13 = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_5 = 0,24/0,163 = 1,47 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_6 = 0,015/0,25 = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_7 = R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$$

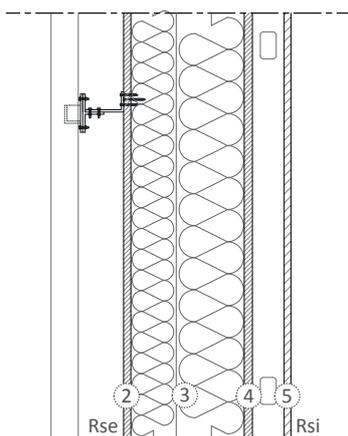
$$R_t = 5,21 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

#### Cálculo transmitancia térmica:

$$U = 1/R_t \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U = 1/R_t = 1/5,21 = 0,191 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

### B-B' \_ TRANSMITANCIA POR CENTRO DEL PANEL DE CUBIERTA.



1.  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .
2. Tablero madera-cemento  
 $e = 0,016 \text{ m} \text{ } (\lambda = 0,23)$
3. Aislamiento de cáñamo  
 $e = 0,32 \text{ m} \text{ } (\lambda = 0,039)$
4. Tablero OSB.  
 $e = 0,018 \text{ m} \text{ } (\lambda = 0,13)$
5. Cartón yeso.  
 $e = 0,015 \text{ m} \text{ } (\lambda = 0,25)$
6.  $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

#### Cálculo resistencia térmica:

$$R = e/\lambda \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$$

$$R_1 = R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_2 = 0,016/0,23 = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_3 = 0,32/0,039 = 8,20 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_4 = 0,018/0,13 = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_5 = 0,015/0,25 = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_6 = R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$$

$$R_t = 8,60 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

#### Cálculo transmitancia térmica:

$$U = 1/R_t \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U = 1/R_t = 1/8,60 = 0,116 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

## 2.5.3. CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS EN HUECOS.

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{HV} + FM \cdot U_{HM}$$

$U_{HM}$  [carpintería de madera con acabado exterior de aluminio y rotura puente termico] =  $1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$U_{HV}$  [vidrio de doble cámara 6-8-6-12-6] =  $0,79 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

$FM$  = fracción del hueco ocupada por el marco =  $0,098$

$$U_H = 0,832 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Factor solar modificado:

$$F = F_s (1 - FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot UM \cdot \alpha$$

$$FS = \text{factor de sombra del hueco} = \begin{matrix} 0.39 \text{ (Sur)} \\ 0.47 \text{ (SurEste/SurOeste)} \\ 0.61 \text{ (Este/Oeste)} \end{matrix}$$

$$FM = \text{fracción del hueco ocupada por el marco} = 0,098$$

$$g = \text{factor solar de la parte semitransparente del hueco [vidrio de doble cámara 6-8-6-12-6} = 0,63$$

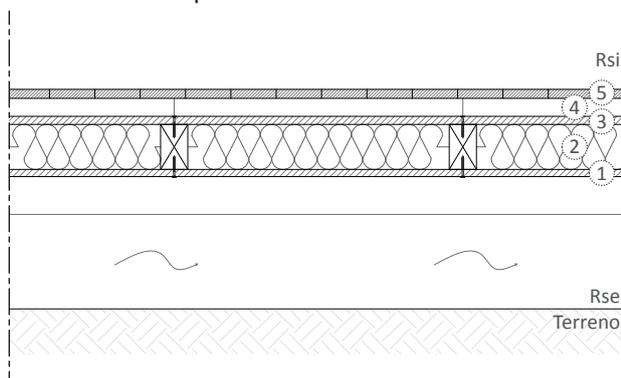
$$UHM \text{ [carpintería de madera con acabado exterior de aluminio]} = 2,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

$$\alpha = \text{absortividad del marco color negro} = 0,96$$

$$F = \begin{matrix} \text{Sur} = 0.225 \\ \text{SurEste/SurOeste} = 0.66 \\ \text{Este/Oeste} = 0.76 \end{matrix}$$

## 2.5.4. CÁLCULO DE TRANSMITANCIA FORJADO EN CONTACTO CON CAMARAS SANITARIAS.

La transmitancia térmica del suelo  $U_s$  viene dada por la tabla 9 del CTE-DB-HE, en función de la longitud característica  $B'$  del suelo en contacto con la cámara y su resistencia térmica  $R_f$ , calculada despreciando las resistencias superficiales.



1. Tablero madera-cemento.  
 $e = 0,016 \text{ m } (\lambda = 0,23)$
2. Aislamiento de cáñamo.  
 $e = 0,10 \text{ m } (\lambda = 0,039)$
3. Tablero OSB.  
 $e = 0,018 \text{ m } (\lambda = 0,13)$
4. Enrastrelado madera pino.  
 $e = 0,06 \text{ m } (\lambda = 0,163)$
5. Parquet de madera de roble.  
 $e = 0,025 \text{ m } (\lambda = 0,26)$

**Cálculo  $R_f$ :**

$$R_1 = 0,016/0,23 = 0,07 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W.}$$

$$R_2 = 0,10/0,039 = 2,56 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W.}$$

$$R_3 = 0,018/0,13 = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W.}$$

$$R_4 = 0,06/0,163 = 0,37 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W.}$$

$$R_5 = 0,025/0,26 = 0,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W.}$$

$$R_f = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_f = 3,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W.}$$

Siendo  $B' = 24$  y entrando en la tabla 9 con una  $R_f$  de  $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  que es el máximo admitido, obtenemos:

$$U = 0,23 \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$$

## 2.5.5. COMPARATIVA CON ESTANDARES PASSIVE HOUSE Y CTE.

Los estándares de Passive House han sido obtenidos de la guía "The PassivHaus Standard in European Warm Climates".

Los valores requeridos por el CTE están obtenidos en la Sección E2 del Documento Básico HE, concretamente de las tablas E1 y E2 de parámetros característicos de la envolvente térmica. Para los valores del CTE tomamos los datos para una zona climática de invierno E y una captación solar baja que es lo más restrictivo.

Elementos	Transmitancias	Valores Obtenidos (W/m <sup>2</sup> ·K)	Valores requeridos (W/m <sup>2</sup> ·K)		Verificación		Observaciones
			CTE	PassivHaus	CTE	PassivHaus	
U Muros	A-A' _por pilar	0,21	≤ 0,25	≤ 0,15	Cumple	No cumple	El % de A-A' del total de la fachada es inferior al 8,5%.
	B-B' _por centro	0,146			Cumple	Cumple	
U Cubierta	A-A' _por viga	0,191	≤ 0,19	≤ 0,13	Cumple	No cumple	El % de A-A' del total de la cubierta es inferior al 8,5%.
	B-B' _por centro	0,116			Cumple	Cumple	
U Suelo		0,832	≤ 1,9	≤ 0,85	Cumple	Cumple	
U Suelo		0,23	≤ 0,31	≤ 0,25	Cumple	Cumple	

### 3 APLICACIÓN DEL SISTEMA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR EN MEDINA DE POMAR

La Casa Medina es el resultado de la utilización del sistema constructivo desarrollado, en una vivienda unifamiliar en Medina de Pomar (Burgos). El volumen del edificio resulta de la repetición y organización del módulo base. Dicha organización es en base a criterios de funcionalidad, superficie, relaciones entre espacios, normativa, ubicación, orientación y sostenibilidad.

El encargo de la vivienda unifamiliar es en un solar ubicado en la calle Cervantes de Medina de Pomar, un pueblo al norte de la provincia de Burgos. Los requisitos por parte del cliente serían: una vivienda unifamiliar donde se pueda independizar, en la actualidad es soltero, pero la vivienda debe ser acorde a una posible vida en pareja. La construcción se va a llevar a cabo en la medida de lo posible por el cliente. La vivienda ha de construirse en el menor tiempo posible. El cliente dispone de una parcela de 977 m<sup>2</sup>.

El programa requerido para la vivienda consta de: cocina, salón, aseo, dos habitaciones con baño, una terraza cubierta, piscina y garaje. El garaje se solicita que sea en sótano, lo que llevo al diseño a adaptarse y modificar la solución constructiva estándar para este elemento, de forma que el edificio presenta dos tipologías constructivas: hormigón armado in situ y prefabricados de madera.

En los siguientes apartados se desarrollara por un lado la información técnica necesaria para la construcción de la vivienda. En segundo lugar se desglosará el presupuesto, la huella de carbono, el tiempo de puesta en obra y un análisis de la coordinación de oficios, todo ello con comparativa con un sistema tradicional. Por último se hará hincapié en las estrategias bioclimáticas llevadas a cabo, el cálculo de las demandas energéticas, análisis de la vivienda según estándares "Passive House" y un diseño de las instalaciones en busca de un balance positivo de energía.

## 3.1. EMPLAZAMIENTO Y ENTORNO FÍSICO. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO DE APLICACIÓN.

### 3.1.1. EMPLAZAMIENTO Y ENTORNO FÍSICO.

#### 3.1.1.1. Emplazamiento.

Dirección: C/ Cervantes, 22. Parcela nº 56 UR-11-INT. Localidad: Medina de Pomar C.P.: 09500

#### 3.1.1.2. Entorno físico.

El terreno / solar sobre el que se proyecta construir la vivienda de referencia se encuentra situado en la Urbanización UR-11-INT de la localidad. Tiene una forma poligonal casi regular y una topografía en ligera pendiente en sentido noroeste – sureste. Tiene dos accesos, uno desde la calle Medinabella, y otro desde la calle Cervantes Sus dimensiones y características físicas son las siguientes:

Referencia catastral: 0144331VN6504S0001KR

Superficie del terreno catastral: 977,00m<sup>2</sup>

Superficie del terreno según medición: 977,00 m<sup>2</sup>

#### 3.1.1.3. Servicios urbanos existentes:

- 3.3.3.1. Acceso: el acceso previsto a la parcela o solar se realiza desde una vía pública, y se encuentra pavimentado en su totalidad, y cuenta con encintado de aceras.
- 3.3.3.2. Abastecimiento de agua: el agua potable procede de la red municipal abastecimiento, y cuenta con canalización para la acometida prevista situada en el frente del solar.
- 3.3.3.3. Saneamiento: existe red municipal de saneamiento en el frente de la parcela, a la cual se conectará la red interior de la edificación mediante la correspondiente acometida.
- 3.3.3.4. Suministro de energía eléctrica: el suministro de electricidad se realiza a partir de la línea de distribución en baja tensión que discurre por la vía pública a que da frente el solar.

### 3.1.2. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO DE APLICACIÓN.

#### 3.2.1. Normativa Municipal.

La localidad de Medina de Pomar, se rige para el planeamiento y para la edificación por la Normas Subsidiarias Municipales.

El suelo donde se pretende ubicar la vivienda está catalogado para vivienda unifamiliar aislada dentro del PLAN PARCIAL DE ORDENACIÓN DEL SECTOR UR-11-INT de las mencionadas NN.SS. de Medina de Pomar. Los requisitos que se han de cumplir nos lo marca el mencionado Plan Parcial en la ORDENANZA 1 –VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA.

#### 3.2.2. Ordenanza nº1 Unifamiliar Aislada.

3.2.2.1. Tipología: la tipología edificatoria es de edificaciones aisladas para los cuatro paquetes definidos, con espacios libres de uso y dominio privado.

3.2.2.2. Usos:

3.2.2.2.1. Uso Característico: Vivienda unifamiliar.

3.2.2.2.2. Usos compatibles: Hotelero, Talleres artesanales y almacenes, Comercial(con superficie construida no mayor de 150 m<sup>2</sup>.), Oficinas, Educativo, Sanitario, Deportivo, Socio-cultural y recreativo en categorías I (sup. 12 m<sup>2</sup>) y II (sup. 150 m<sup>2</sup>.), Espacios libres, Infraestructuras.

3.2.2.2.3. Usos prohibidos. Todos los no señalados en las relaciones anteriores de característicos y compatibles.

3.2.2.2.4. Superficie de parcela. La parcela mínima es la delimitada gráficamente en cada zona del plano de clasificación del Suelo y Ordenanzas de la edificación, correspondiente una vivienda por parcela.

## 3.2.2.2.5. Posición de la edificación en la parcela.

1. Retranqueos a linderos frontal mayor o igual a 5 m.
2. Retranqueo a linderos laterales: mayor o igual a 3 m.

## 3.2.2.2.6. Ocupación de la parcela. La ocupación máxima de parcela neta que afecta tanto a la ocupación sobre rasante como a la bajo rasante o placa sótano será un máximo del 35%.

3.2.2.2.7. Edificabilidad. El índice de edificabilidad neta por parcela viene definido por el parámetro 0,372678 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.

## 3.2.2.2.8. Altura de la edificación:

1. La altura máxima de la edificación será de dos plantas con 6,80 metros medidos en vertical a partir de la rasante natural del terreno en contacto con la edificación hasta la cara inferior del forjado que forma el techo de la última planta, excluida la planta ático o bajo cubierta.
2. La altura máxima de la planta baja será de 3,70 metros y en las demás plantas de 3,00 metros.
3. Se permite la construcción de una planta sótano. Si el uso de dicha planta está adscrito a garaje o almacén de la vivienda no computará como edificabilidad.
4. Se autoriza la construcción de planta ático bajo cubierta con las condiciones siguientes:
  - a) No dispongan de acceso directo desde el exterior, estando vinculada a vivienda de planta inferior.
  - b) Satisfacer las condiciones generales de volumen e higiénicas que se establecen en este Plan Parcial.
  - c) Los locales situados bajo la cubierta inclinada, no podrán rebasar el espacio definido por el plano a 45% de pendiente máxima, trazado desde el borde del alero que puede situarse 1,50 metros por encima de la altura máxima definida en el artículo anterior.

El terreno tiene la condición de suelo urbano consolidado conforme al artículo 67.2. del Decreto 22/2004 del Reglamento de Urbanismo de Castilla y León, por formar parte de un núcleo urbano y por contar con los siguientes servicios:

- 1º. Acceso por vía abierta al uso público, integrado en la malla urbana y transitable por vehículos automóviles hasta una distancia máxima de 50 m.
- 2º. Abastecimiento de agua mediante red municipal de distribución disponible a una distancia máxima de 50 m.
- 3º. Saneamiento mediante red municipal de evacuación de aguas residuales disponible a una distancia máxima de 50 m.
- 4º. Suministro de energía eléctrica mediante red de baja o media tensión disponible a una distancia máxima de 50 m. de la parcela.

El terreno tiene la condición de solar y de parcela apta para la edificación conforme al artículo 68 del Decreto 22/2004 del Reglamento de Urbanismo de Castilla y León, por ser una parcela de suelo urbano legalmente conformada y contar con:

- a) Acceso por vía pública que esté integrada en la malla urbana y transitable por vehículos automóviles.
- b) Los siguientes servicios, disponibles a pie de parcela en condiciones de caudal, potencia, intensidad y accesibilidad adecuadas para servir a las construcciones e instalaciones existentes:
  - 1º. Abastecimiento de agua potable mediante red municipal de distribución, con una dotación mínima de 200 litros por habitante y día.
  - 2º. Saneamiento mediante red municipal de evacuación de aguas residuales capaz de evacuar los caudales citados en el punto anterior.
  - 3º. Suministro de energía eléctrica mediante red de baja tensión, con una dotación de 3 kw por vivienda.

## 3.2. GÉNESIS DEL PROYECTO

El proyecto surge cuando Carlos García me expone su necesidad de una vivienda que sea construida en poco tiempo y en la cual él debía de tener una alta participación en la construcción. Por otro lado mi intereses por conocer más acerca de construcción modular y sistemas sostenibles de diseño hizo que decidiera enfocar el trabajo en esa dirección.

De este modo se pretende generar un sistema constructivo modular que permitiese una normalización del proceso de diseño de una edificación de planta baja y así trabajar en el concepto de modularidad y prefabricación antes mencionado.

Mis ideas acerca de la modularidad y prefabricación de edificios se alejan de lo que está siendo la práctica habitual en la actualidad, en la que se oferta un catálogo de viviendas ya diseñadas con anterioridad y en las que supuestamente cada cliente puede realizar pequeñas modificaciones.

Mis intenciones coinciden más con las de N.J. Habraken quien habla en sus libros de un método que consiste en adoptar un sistema de "soportes" y "unidades separables". Un soporte se refiere a un producto arquitectónico dotado de una calidad espacial definida y construido en un lugar específico y no a un simple almacén neutral y vacío. Las unidades separables se definen como componentes físicos no estructurales, que el individuo elige según sus gustos y necesidades; una vez agrupadas, se le añaden al soporte, generando una vivienda que refleja la vida y la personalidad del usuario.

Además de estas ideas creo que el trabajo en fabrica de los elementos nos aporta un control del que no se puede disponer en obra y que por tanto debemos aprovechar, es por ello, que lo considero la manera más efectiva de garantizar la ausencia de puentes térmicos, infiltraciones de aire y problemas constructivos. Del mismo modo nos permite un ajuste del material limitando los residuos generados, un trabajo más eficiente por parte de los operarios que disponen de un lugar acondicionado y con la herramienta necesaria y por tanto un mejor resultado en el edificio proyectado.

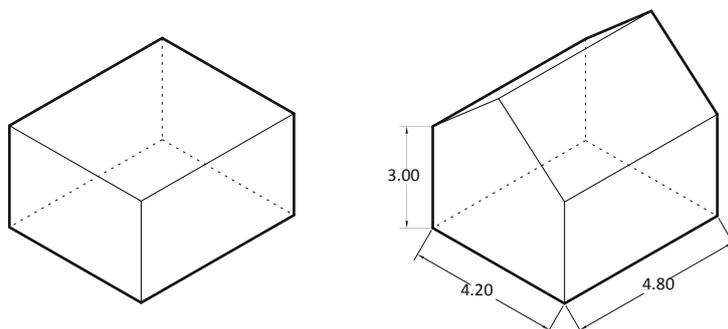
Por otro lado soy partidario del sistema de viviendas pasivas y de un fomento de las practicas de diseño sostenible por parte de los arquitectos. De este modo coincido de nuevo con las ideas de Habraken, en las que un sistema de "soportes" y "unidades separables" nos permiten múltiples configuraciones, adaptando el diseño de la vivienda al lugar y a los requisitos del mismo y del usuario.

Con estas ideas sobre la mesa comienza el diseño del sistema constructivo:

En primer lugar se busca generar un espacio habitable que se desarrolle en planta baja por lo que la forma más simple de obtenerlo es un paralelepípedo, el cual es fácil de conectar con otros elementos similares y tiene una buena relación volumen/superficie de envolvente.

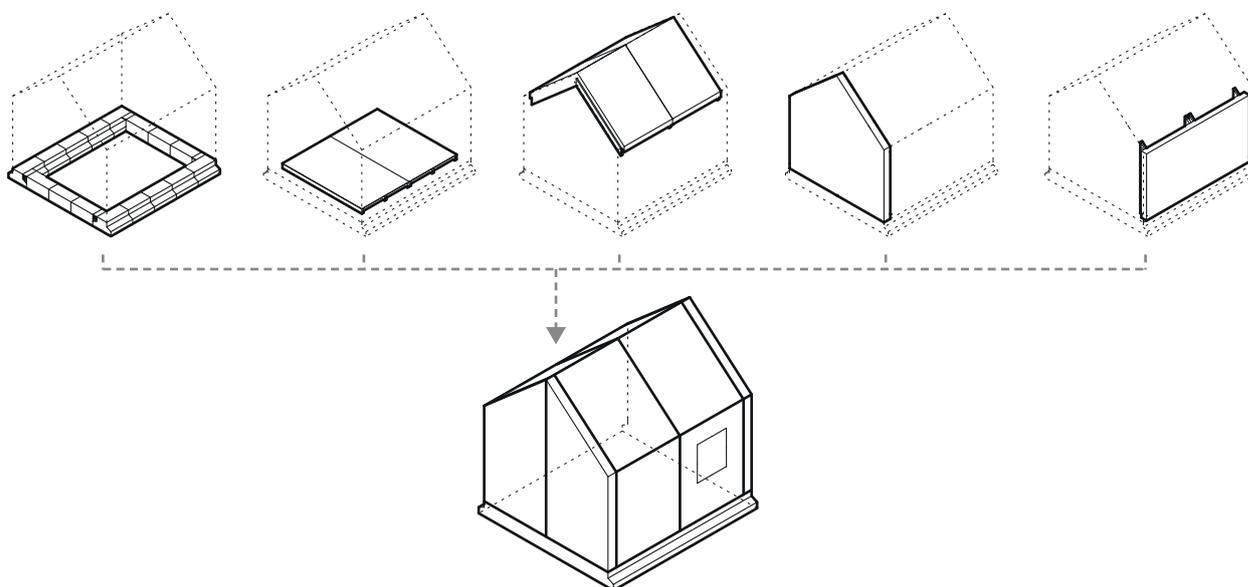
A continuación se deforma el paralelepípedo para adaptarlo a los condicionantes de una ubicación lluviosa. Del mismo modo la cubierta inclinada puede variar su ángulo para responder a distintos parámetros como puede ser caída del agua o nieve y la optimización del rendimiento de sistemas de captación de energía solar.

Se dota al módulo de unas dimensiones adecuadas para el transporte de sus elementos, para facilitar el montaje por sus operarios y buscando el máximo aprovechamiento de los materiales empleados.



Se procede a diseñar el módulo de manera detallada, sus ensambles y sus dimensiones ideales. El módulo se separa en distintos elementos, lo cual nos permite por un lado continuar con la idea de "soportes" y "unidades separables", por otro lado nos facilita el transporte de los mismos y poder diseñar proyectos que no quepan en un camión y por último nos facilita la versatilidad y variabilidad que ofrece el sistema constructivo a la hora de diseño.

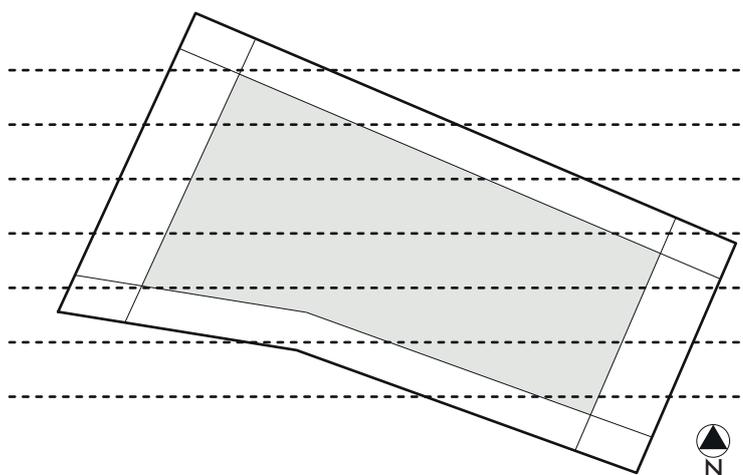
Por último se tienen en cuenta los factores climáticos del lugar en el que se construirá el proyecto y se detallan los espesores de los elementos en función de la necesidad de aislamiento.



Tras la explicación de la génesis del sistema constructivo pasamos a ver cómo fueron las decisiones de proyecto y la aplicación del sistema constructivo para el diseño de la Casa Carlos.

En primer lugar necesitamos conocer por un lado la parcela, su orientación, los edificios colindantes, accesos; y por otro los requisitos del cliente.

De este modo generamos sobre la parcela los retranqueos requeridos por la normativa urbanística del municipio. A continuación trazamos unas líneas guía en dirección Este-Oeste y con una separación correspondiente a la medida del módulo del sistema constructivo.

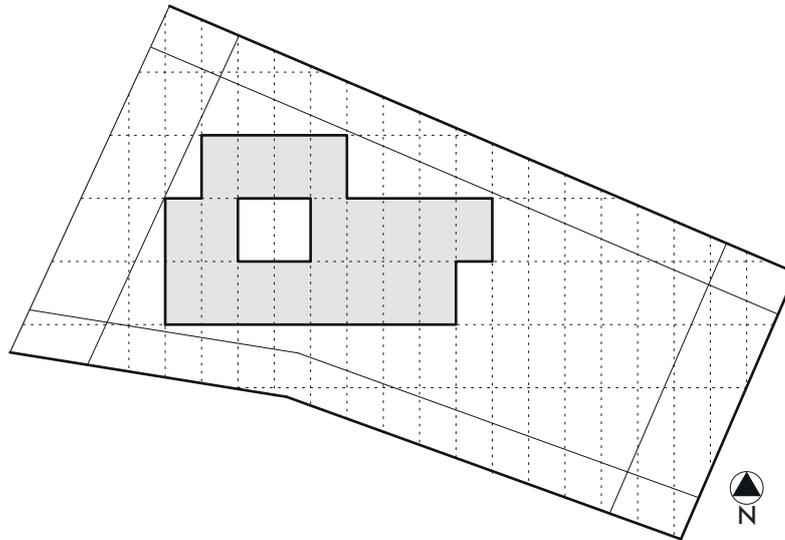


En función del programa que requiere el cliente se diseñan las relaciones entre los espacios.

En este caso las relaciones tienen dos factores determinantes: en primer lugar el patio central que sirve de núcleo de comunicación y remarca la relación interior-exterior de la vivienda y en segundo lugar ubicar las habitaciones y salón al sur, ya que se pretende generar el espacio exterior más grande de la parcela en esa orientación y se considera muy importante la comunicación de estos espacios con el exterior, además de participar de un diseño climático más sostenible abriendo los huecos más grande en la fachada sur.

Se decide ubicar la vivienda en la parte norte de la parcela de modo que podamos aprovechar al máximo el sur en un clima que es bastante frío.

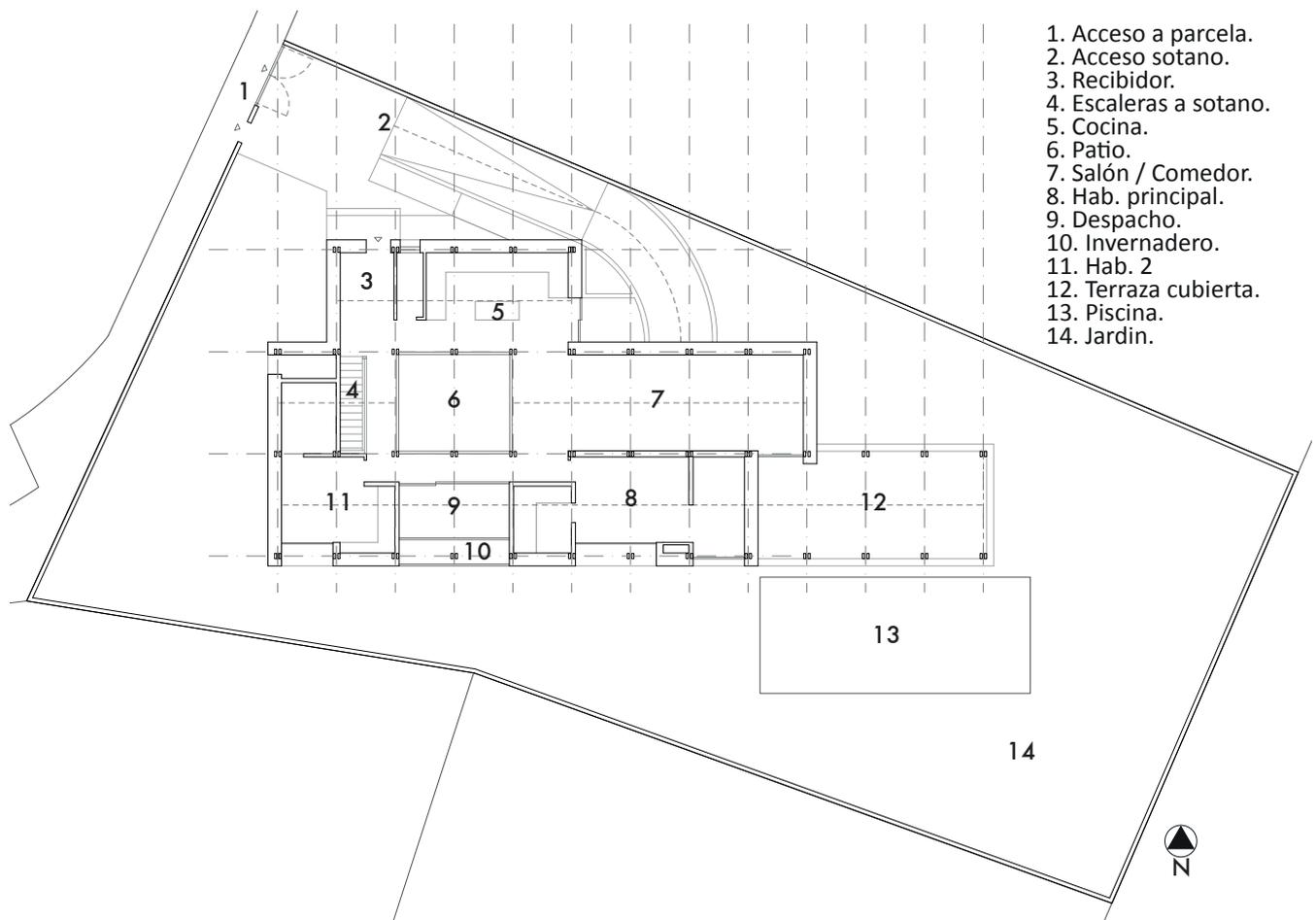
Se hace una primera aproximación mediante una retícula con las dimensiones del módulo de forma que reflejemos el programa y relaciones espaciales diseñadas en dicha cuadrícula, adaptándola al sistema constructivo.



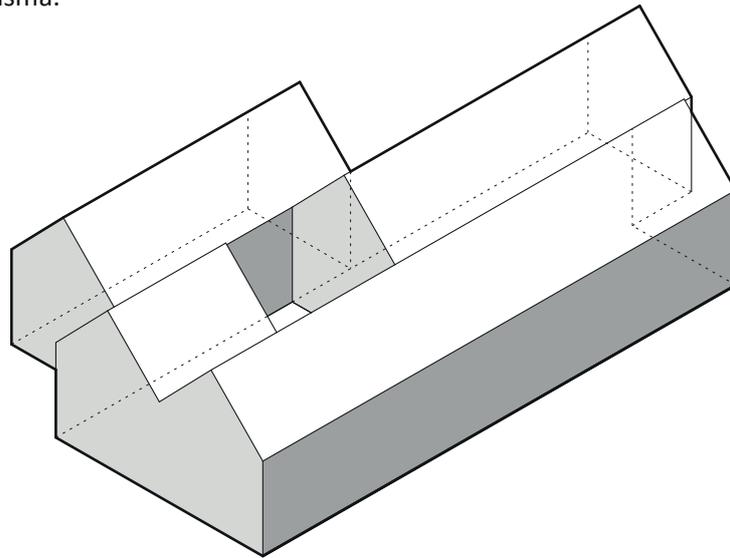
Se procede a diseñar y dimensionar los espacios, la apertura de huecos en las fachadas, etc.. Todos estos aspectos teniendo muy en cuenta la normalización que genera el sistema constructivo en cuanto a luces entre pilares y disposición de elementos estructurales.

Se diseñan otros elementos que terminarán de dar la configuración exacta de la vivienda como son el sótano y su acceso para vehículos, además de las escaleras de comunicación con el mismo. También se ubican distintas terrazas, cuartos de instalaciones, entrada a la parcela, etc...

En este momento se ha de tener muy en cuenta realizar un buen diseño bioclimático. En mi caso mediante retranqueo de huecos a sur, generación de un invernadero y minimizando la apertura de huecos en norte y oeste.



Una vez generada la planta se procede a trabajar con el volumen de la vivienda y terminar de configurar el diseño de la misma.

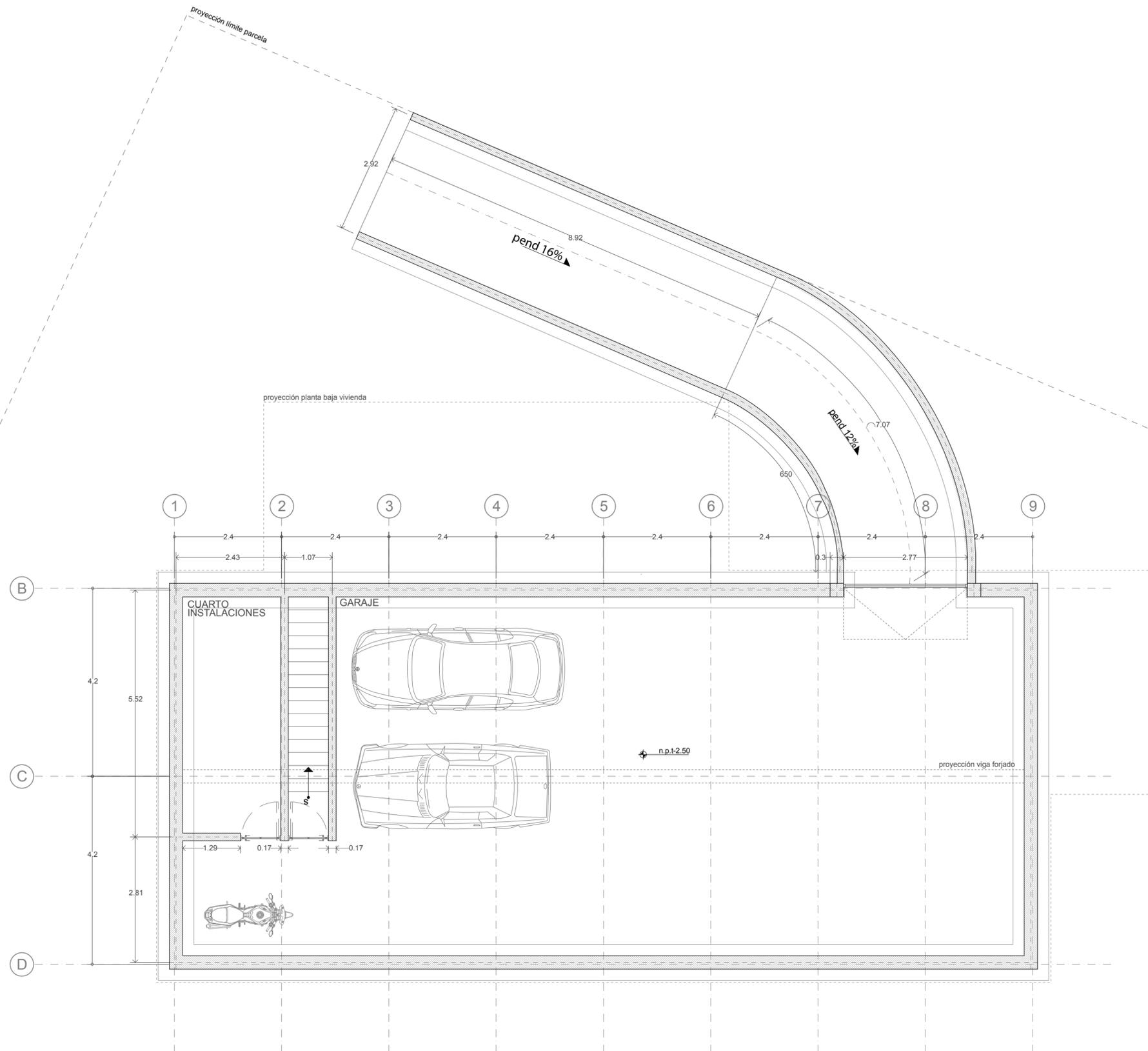
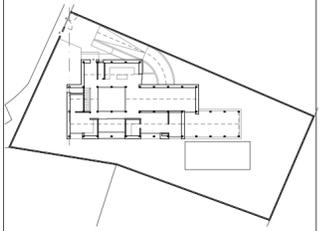


### 3.3. PLANIMETRÍA Y DETALLES CONSTRUCTIVOS.

En este apartado se procede a desarrollar la documentación técnica de la vivienda. Se muestran los planos, detalles, secciones y alzados necesarios para junto con lo desarrollado en el punto 2 de este trabajo poder construir la Casa Carlos.

Este apartado se compone de:

1. Planta sótano.
2. Planta baja.
3. Planta cubierta.
4. Sección A-A´.
5. Sección B-B´.
6. Alzado Norte, Sur, Este y Oeste.



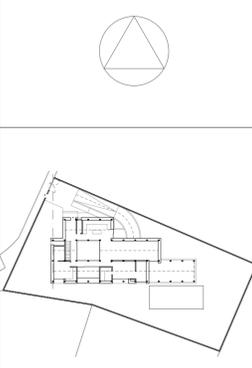
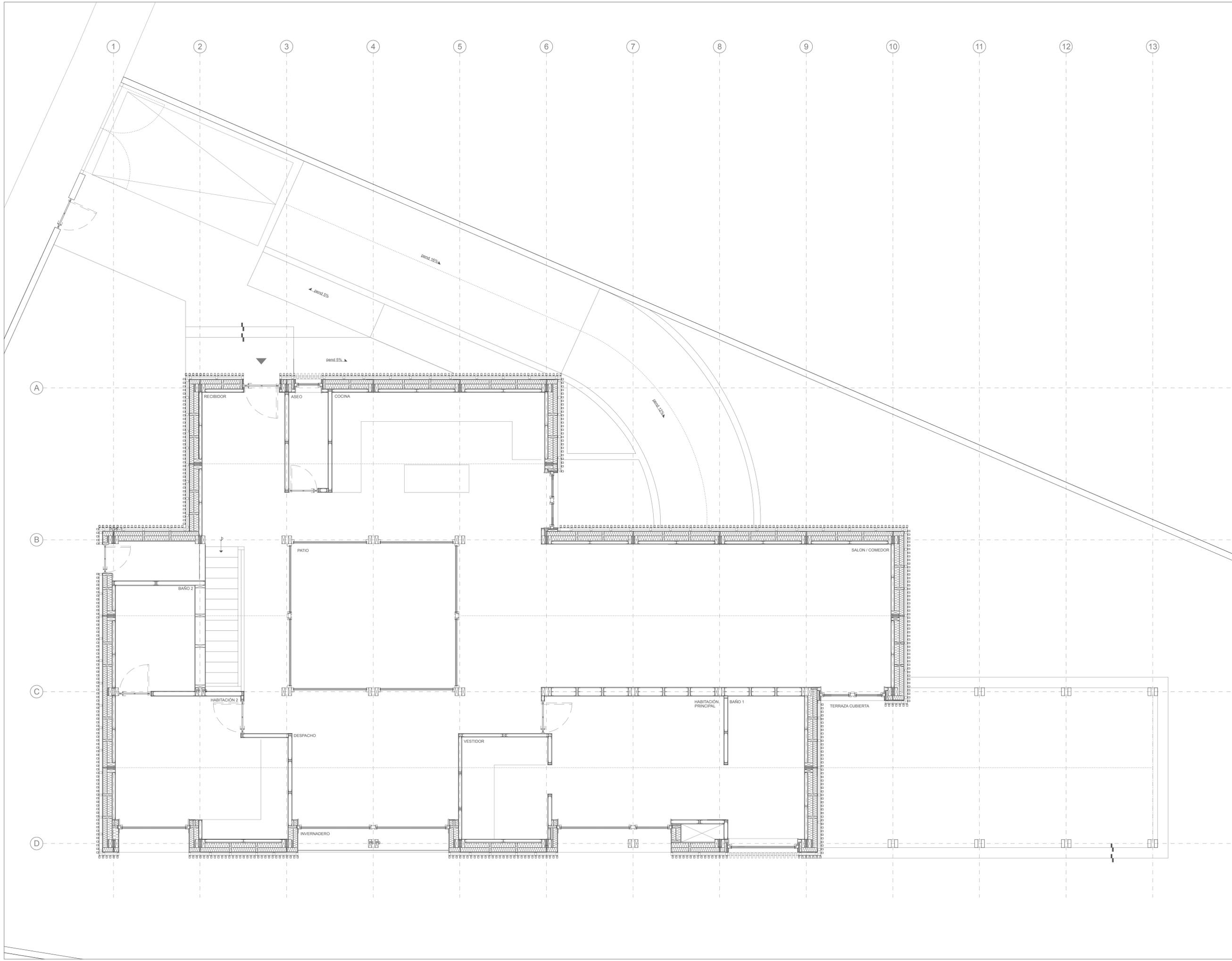
**SIMBOLOGÍA**

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	0.00
Cotas ejes	0.00
Línea de sección	A
Cambio de nivel en planta	■
Nivel en planta	n.p.t.±0.00
Nivel corte	n.p.t.±0.00

ESCALA: 1/75

PLANTA SOTANO

**P-01**



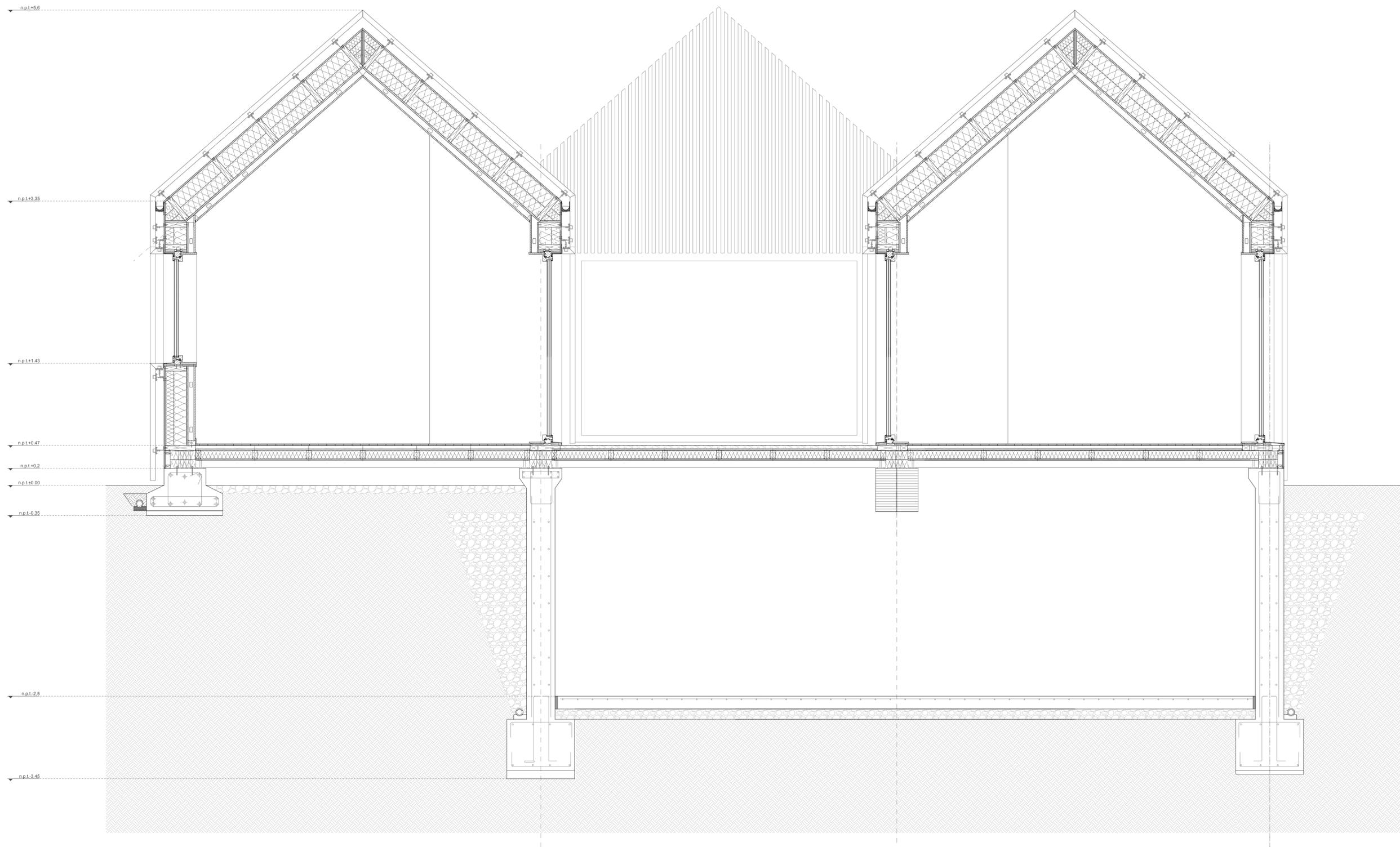
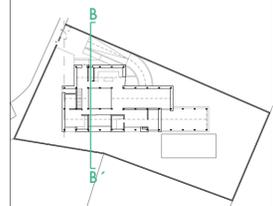
**SIMBOLOGÍA**

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigueta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	0.00
Cotas ejes	0.00
Línea de sección	▲
Cambio de nivel en planta	▬
Nivel en planta	n.p.l. ±0.00
Nivel corte	n.p.l. ±0.00

ESCALA: 1/50

PLANTA BAJA

**P-02**



**SIMBOLOGÍA**

Zapata A	Z-A1
Zapata-B	Z-B1
Unión CF-A	U-CF-A1
Unión CF-B	U-CF-B1
Unión CFO	U-CFO1
Pilar	P1
Placa de Ventilación	PV1
Viga Forjado	V-1
Vigüeta Forjado	VT-1
Panel de Fachada	PF-1
Panel Lateral	PL-1
Subestructura Vertical Panel lateral	SV-PL-1
Subestructura Horizontal Panel lateral	SH-PL-1
Subestructura Horizontal Panel de Fachada	SH-PF-1
Subestructura Vertical Panel de Fachada	SV-PF-1
Subestructura Panel de Cubierta	S-PC-1
Viga Cubierta	VC-1
Cotas paños	0.00
Cotas ejes	0.00
Línea de sección	
Cambio de nivel en planta	
Nivel en planta	n.p.t.+0.00
Nivel corte	n.p.t.+0.00

ESCALA: 1/25

SECCION B-B'

**P-03**

### 3.4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO. HUELLA DE CARBONO. COMPARATIVA CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

#### 3.4.1. MEDICIONES, PRESUPUESTO Y HUELLA DE CARBONO.

En este apartado se va a calcular el presupuesto total de la Casa Carlos, obteniendo como valor último el valor del m<sup>2</sup> construido.

Los presupuestos parciales que hemos de calcular son tres: en primer lugar movimiento de tierras y cimentación debido a que son diferentes a lo desarrollado de forma ideal para el sistema constructivo pero que como ya hemos explicado con anterioridad son requisitos del cliente. Por el último el presupuesto de los huecos específicos de esta vivienda.

Finalmente calcularemos el valor total de la vivienda tomando los datos de estos tres presupuestos parciales que acabamos de mencionar y los presupuestos parciales calculados en el apartado 2.4 y que corresponden a los distintos elementos del sistema, solo teniendo que ser multiplicados por el número de elementos que componen el diseño de esta vivienda.

#### Presupuesto Parcial nº1: MOVIMIENTO DE TIERRAS.

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
MT01	Desbroce y limpieza de terreno, realizado por medios mecanicos. Incluso carga sobre camión (no incluye transporte a vertedero).	m <sup>2</sup>	940,46	1,95	4,4
MT02	Excavación de tierras a cielo abierto, en vaciado de sótano realizada por medios mecanicos, en terreno compacto, hasta una profundidad de 3,5 m. Incluso carga sobre camión (no incluye transporte a vertedero) y parte proporcional de medios auxiliares para la realización de los trabajos. Medido en volumen teórico del mismo.	m <sup>3</sup>	452,09	1,58	4,08
MT03	Excavación en zanjas, en terreno compacto, realizado con retroexcavadora, para una profundidad menor o igual de 1,5 m. Incluso carga sobre camión (no incluye transporte a vertedero) y parte proporcional de medios auxiliares para la realización de los trabajos.	m <sup>3</sup>	32,48	7,15	16,14
MT04	Excavación en zanjas de saneamiento, en terrenos duros, por medios mecanicos, con extracción de tierras a los bordes y posterior relleno y apisonado de las tierras procedentes de la excavación.	m <sup>3</sup>	13,25	8,05	18,06
MT05	Relleno, extendido y compactado por medios mecanicos, realizado por tongadas de 30 cm. De espesor, con tierras propias, hasta conseguir un grado de compactación del 95% del proctor normal, incluso regado de las mismas y refino de taludes a mano.	m <sup>3</sup>	84,1	5,56	14
MT06	Transporte a vertedero de tierras procedentes de la excavación, realizado con camión tipo dumper, a una distancia de 5 a 10 km. Las mediciones definitivas de esta partida quedan condicionadas al proyecto de ejecución.	m <sup>3</sup>	452,09	1,88	7,92
<b>TOTAL</b>				<b>4204,62</b>	<b>9665,95</b>

**Presupuesto Parcial nº2: CIMENTACIÓN.**

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
CI01	Muro de contención de hormigón armado de 3 m de altura como máximo y hasta 30 cm de espesor, de hormigón HA-25/B/20/IIa, vertido con bomba, armadura AP500 S de acero en barras corrugadas con una cuantía de 50 kg/m3 y encofrado industrializado para muros vistos.	m <sup>3</sup>	78,14	317,27	281,99
CI02	Drenaje exterior de muro de contención de altura <= 3 m, con excavación de zanja hasta 1 m de anchura, lecho de hormigón de 10 cm de espesor, para apoyo de tubo de PVC para drenajes ranurado de diámetro 160 mm, impermeabilización con barrera de vapor/estanquidad de una lámina bituminosa autoadherida LBA(SBS)-20-FV , capa drenante de lámina de polietileno con nódulos, capa filtrante con geotextil, relleno de la zanja con gravas para drenaje, y carga de tierras. D1+D3 según CTE/DB-HS	m	54,5	312,22	246,1
CI03	Solera de hormigon de HA-25 de 15cm de espesor aramada con malla electrosoldada de 15x15x8, incluido vibrado, curado, aportacion de arena de cuarzo, corte de juntas de dilatacion cada 20 m2, o distancias superiores a 5ml y con fratasado del hormigón.	m <sup>3</sup>	150,9	51,63	253,56
CI04	Impermeabilización de muros por drenaje, con lámina de polietileno de alta densidad, de 0,6mm de espesor, con nódulos de 8mm de altura, claveteada en el extremo superior con puntas de acero galvanizado equipadas con arandela, a distancias inferiores a 25cm, colocada con juntas solapadas incluso limpieza previa del soporte, mermas y solapos	m <sup>2</sup>	145,56	19,46	30,01
<b>TOTAL</b>				<b>52431,03</b>	<b>78077,61</b>

**Presupuesto Parcial nº3: HUECOS**

Código	Descripción	U.Medida	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
H01	Ventanas modelo GLASSLINE 86 PURE EN MADERA Y ALUMINIO con tecnología THERMOSTOP de la marca GAULHOFER. Carpintería mixta de madera y aluminio y con premarco. Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica y seguridad (laminar), 8/12/8, con calzos y sellado continuo.	m <sup>2</sup>	0,81	374,56	41,56
H02	Ventanas modelo GLASSLINE 86 PURE EN MADERA Y ALUMINIO con tecnología THERMOSTOP de la marca GAULHOFER. Carpintería mixta de madera y aluminio y con premarco. Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica y seguridad (laminar), 8/12/8, con calzos y sellado continuo.	m <sup>2</sup>	4,62	374,56	41,56
H03	Ventanas modelo GLASSLINE 86 PURE EN MADERA Y ALUMINIO con tecnología THERMOSTOP de la marca GAULHOFER. Carpintería mixta de madera y aluminio y con premarco. Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica y seguridad (laminar), 8/12/8, con calzos y sellado continuo.	m <sup>2</sup>	9,9	374,56	41,56
H04	Ventanas modelo GLASSLINE 86 PURE EN MADERA Y ALUMINIO con tecnología THERMOSTOP de la marca GAULHOFER. Carpintería mixta de madera y aluminio y con premarco. Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica y seguridad (laminar), 8/12/8, con calzos y sellado continuo.	m <sup>2</sup>	7,26	374,56	41,56
H05	Ventanas modelo GLASSLINE 86 PURE EN MADERA Y ALUMINIO con tecnología THERMOSTOP de la marca GAULHOFER. Carpintería mixta de madera y aluminio y con premarco. Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica y seguridad (laminar), 8/12/8, con calzos y sellado continuo.	m <sup>2</sup>	3,36	374,56	41,56
H06	Ventanas modelo GLASSLINE 86 PURE EN MADERA Y ALUMINIO con tecnología THERMOSTOP de la marca GAULHOFER. Carpintería mixta de madera y aluminio y con premarco. Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica y seguridad (laminar), 8/12/8, con calzos y sellado continuo.	m <sup>2</sup>	4,25	374,56	41,56
H07	Ventanas modelo GLASSLINE 86 PURE EN MADERA Y ALUMINIO con tecnología THERMOSTOP de la marca GAULHOFER. Carpintería mixta de madera y aluminio y con premarco. Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica y seguridad (laminar), 8/12/8, con calzos y sellado continuo.	m <sup>2</sup>	4,16	374,56	41,56
<b>TOTAL</b>				<b>12869,88</b>	<b>1202,33</b>

**Presupuesto TOTAL de CASA CARLOS**

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	H. Carbono (Kg)
MT	Movimiento de Tierras.	1	4204,62	9665,95
CI	Cimentación.	1	52431,03	78077,61
PFO	Panel de Forjado	21	1315,96	884,54
PF	Panel de Fachada	21	899,77	379,02
P	Pilares exentos	22	28,15	2,1
H	Huecos	1	12869,88	1202,33
PLF	Panel Lateral de Fachada	12	1368,77	557,33
CU	Panel de Cubierta	42	1553,22	580,46
RTIF	Revestimiento Interior Panel de Fachada	21	133,26	97,47
RTIL	Revestimiento Interior Panel Lateral de Fachada	12	194,38	142,16
RTIC	Revestimiento Interior Panel de Cubierta	42	164,24	120,12
RTEF	Revestimiento Exterior Panel de Fachada	21	314,42	36,78
RTEL	Revestimiento Exterior Panel Lateral de Fachada	12	368,7	44,09
RTEC	Revestimiento Exterior Panel de Cubierta	42	317,05	38,44
<b>TOTAL</b>			<b>234688,06</b>	<b>7187,12</b>
<b>PRECIO m<sup>2</sup> (202 m<sup>2</sup>)</b>			<b>1161,82</b>	<b>282,96</b>

### 3.4.2. COMPARATIVA CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

Al igual que en el apartado 2.4, el valor del m<sup>2</sup> construido con el sistema propio es en torno a un 15% más caro que un sistema constructivo tradicional.

Este 15% se debe a la mayor cantidad de aislamiento térmico, de elementos más caros para evitar puentes térmicos y de un proceso de prefabricación que permite una calidad muy superior a sistemas tradicionales. Como hemos mencionado anteriormente una vivienda pasiva ahorra hasta el 80% del consumo energético respecto a una vivienda construida con sistemas tradicionales, lo que supone que en un periodo de entre 8 y 10 años se habrá amortizado ese mayor coste de construcción de la vivienda pasiva y el cliente tendrá grandes ahorros en sus facturas y un confort muy superior a una construida con sistemas tradicionales.

Debemos destacar que en esta vivienda el tiempo de construcción como veremos con más detalle en el apartado 3.5 se reduce en torno a un 50%. Esto es un factor económico muy importante en retornos de inversión. También es clave en un caso como el de este cliente que requería de la vivienda en un periodo de tiempo muy corto.

Si comparamos los valores obtenidos en el apartado 2.4 y con obtenidos en este apartado:

- precio m<sup>2</sup> sistema constructivo ideal: 825,40 euros.
- precio m<sup>2</sup> Casa Carlos: 1161,82 euros.

El incremento de precio del m<sup>2</sup> es debido a la cimentación, que en el caso de la Casa Carlos es aproximadamente el 25% del presupuesto total, mientras que en el sistema ideal es del 5%. El elevado coste de la excavación y cimentación con muro de sótano eleva el coste de la vivienda por encima de los 1100 euros/m<sup>2</sup>.

### 3.5. TIEMPO DE PUESTA EN OBRA. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE OFICIOS. DIAGRAMA FASES GANTT. COMPARATIVA CON LA MISMA VIVIENDA CON OTRO SISTEMA CONSTRUCTIVO.

#### 3.5.1. TIEMPO DE PUESTA EN OBRA Y FASES. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE OFICIOS.

El proceso constructivo del edificio en sus primeras etapas se lleva a cabo en dos sitios de forma simultánea. Por un lado mientras en el solar se realiza la preparación del terreno y la cimentación del edificio (a) en un taller se realizan todos los elementos prefabricados (b) que después se montarán en obra.

1.a. En la ubicación del edificio se lleva a cabo la limpieza del terreno, el replanteo de la excavación, la excavación, el movimiento de tierras y el replanteo de la cimentación y el saneamiento.

2.a. Posteriormente se realiza el muro de contención y la solera. Todo ello en hormigón armado.

1.b. En paralelo a estas actividades en un taller lleva a cabo la prefabricación de los paneles de fachada, de los paneles laterales de fachada, de los paneles de forjado, de los paneles de cubierta y el trabajo en taller de las vigas de cubierta.

3. Una vez concluidas todas las actividades anteriores se transportan los elementos prefabricados a obra.

Con todo el material en obra y organizado se procede a:

4. Colocación y fijación de los paneles de forjado a la cimentación.

5. Colocación y fijación de los paneles de fachada y paneles laterales de fachada sobre el muro de contención. Utilización de elementos auxiliares para garantizar la estabilidad de la obra en esta fase.

6. Colocación de las vigas y de los paneles de cubierta fijados a estas.

7. Sellado de juntas de las uniones de todos los paneles. Este proceso se lleva a cabo de manera simultánea a la colocación de los paneles.

A continuación y una vez finalizadas las actividades anteriores:

8. Colocación de pletinas y montantes de acero sobre la fachada y la cubierta. Colocación de canalones, bajantes y refuerzos de estanqueidad en puntos singulares (canalones y cumbrera).

9. Colocación de revestimiento exterior sobre montantes de acero de paneles de fachada y cubierta mediante fijación por geometría y sellado.

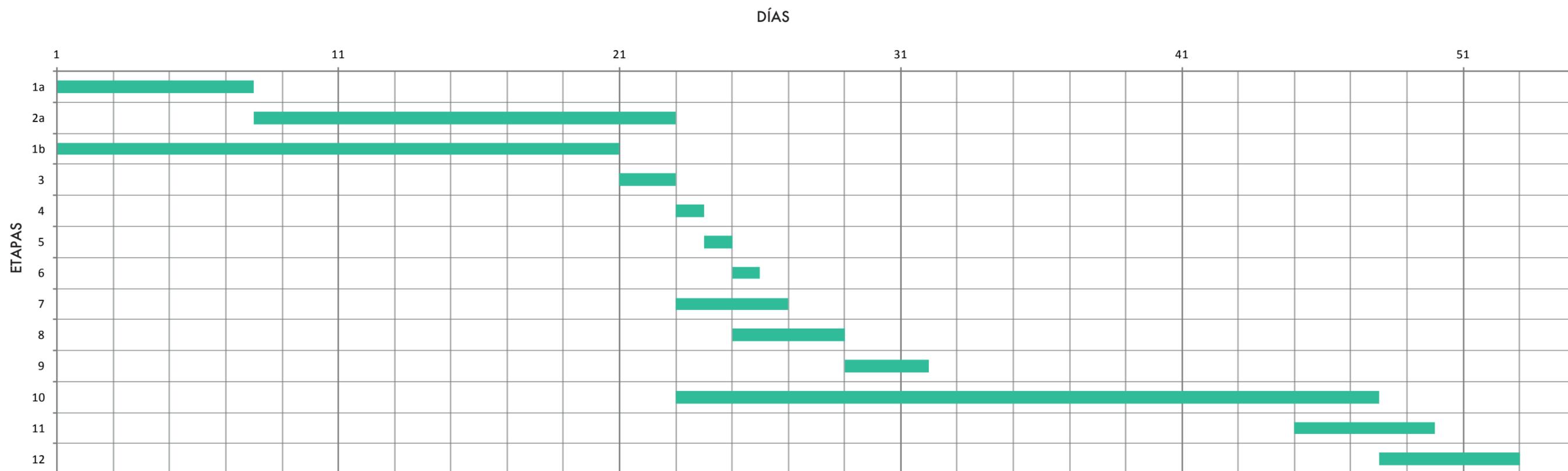
10. Se disponen las instalaciones (ACS, calefacción, electricidad, saneamiento,..). Esto se realiza en paralelo con la ejecución de las particiones interiores conformadas por un entramado ligero de madera y placas de cartón-yeso.

11. Se llevan a cabo los revestimientos interiores. El sistema está ideado para que estos sean a través de un trasdosado lo que facilita la ejecución de las instalaciones.

12. Se procede la colocación del solado, los rodapiés, pintar, barnizar y rematar los acabados.

### 3.5.2. DIAGRAMA GANTT.

Nº	ACTIVIDAD	DÍA DE INICIO	DURACIÓN	DÍA DE TERMINACION
1a	Limpieza del terreno, el replanteo de la excavación, la excavación, el movimiento de tierras y el replanteo de la cimentación y el saneamiento.	1	7	8
2a	Ejecución del muro de contención y la solera.	8	15	23
1b	Prefabricación de los paneles de fachada, de los paneles laterales de fachada, de los paneles de forjado, de los paneles de cubierta y el trabajo en taller de las vigas de cubierta.	1	20	21
3	Transporte de los elementos prefabricados a obra y acopio de los mismos.	21	2	23
4	Colocación y fijación de los paneles de forjado a la cimentación.	23	1	24
5	Colocación y fijación de los paneles de fachada y paneles laterales de fachada sobre el muro de contención.	24	1	25
6	Colocación de las vigas y de los paneles de cubierta fijados a estas.	25	1	26
7	Sellado de juntas de las uniones de todos los paneles.	23	4	27
8	Colocación de pletinas y montantes de acero sobre la fachada y la cubierta. Colocación de canalones, bajantes y refuerzos de estanqueidad en puntos singulares (canalones y cumbrera).	25	4	29
9	Colocación de revestimiento exterior sobre montantes de acero de paneles de fachada y cubierta mediante fijación por geometría y sellado.	29	3	32
10	Se disponen las instalaciones (ACS, calefacción, electricidad, saneamiento,..). Esto se realiza en paralelo con la ejecución de las particiones interiores conformadas por un entramado ligero de madera y placas de cartón-yeso.	23	25	48
11	Se llevan a cabo los revestimientos interiores. El sistema está ideado para que estos sean a través de un trasdosado lo que facilita la ejecución de las instalaciones.	45	5	50
12	Se procede la colocación del solado, los rodapiés, pintar, barnizar y rematar los acabados.	48	5	53



### 3.5.3. COMPARATIVA CON OTRO SISTEMA CONSTRUCTIVO.

Como se puede observar en el diagrama de Gantt la Casa Carlos puede ser construida en un periodo de tiempo inferior a dos meses. Este es posible gracias al alto grado de prefabricación con el que está diseñado el sistema constructivo y a una optimización en el diseño del proceso constructivo del mismo.

De este modo podemos reducir el tiempo de obra en torno a un 60% respecto a sistemas tradicionales.

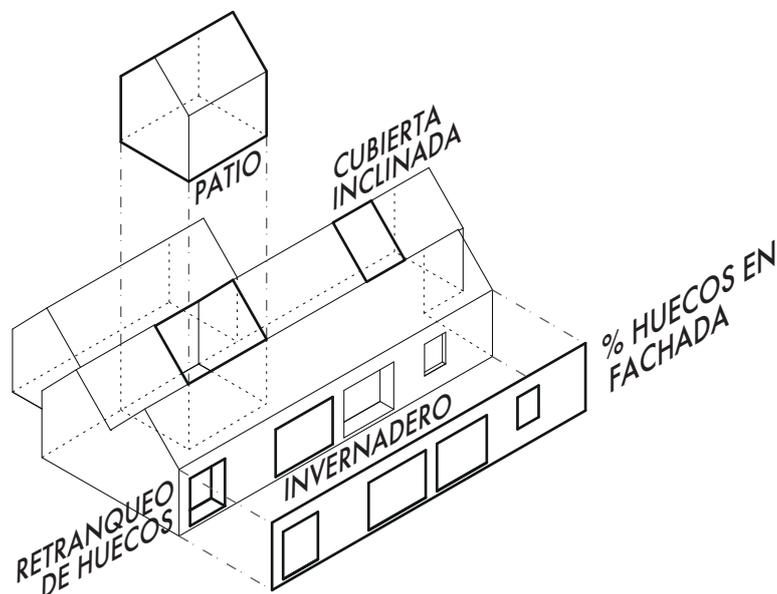
Si recordamos los valores obtenidos en el apartado 2.2 en referencia el tiempo de puesta en obra de un espacio de 25 m<sup>2</sup> llevado a cabo con el sistema constructivo propio ideal y un sistema tradicional veíamos como la reducción del tiempo era de un 75%, lo cual se debe a que se empleo la cimentación propia del sistema constructivo y no muros de contención y solera para la creación del sótano como se da en la Casa Carlos.

Las posibilidades que ofrece este sistema de cara a la reducción de tiempos de obra , uso de maquinaria, personal cualificado es muy significativa. También cabe destacar la coordinación de oficios que permite disminuir los plazos como se observa en el diagrama de Gantt.

### 3.6. ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS Y SOSTENIBLES. REPERCUSIÓN EN EL DISEÑO Y SUS BENEFICIOS

En primer lugar destacar que como se pudo observar en el apartado 2.5.5 ya se emplearon criterios de diseño sostenible en el desarrollo del sistema constructivo, con un resultado muy satisfactorio, obteniendo unas transmitancias que cumplían los requisitos más estrictos planteados.

Específicamente en este apartado se van a mostrar y detallar las principales estrategias bioclimáticas llevadas a cabo en el diseño de la Casa Carlos.

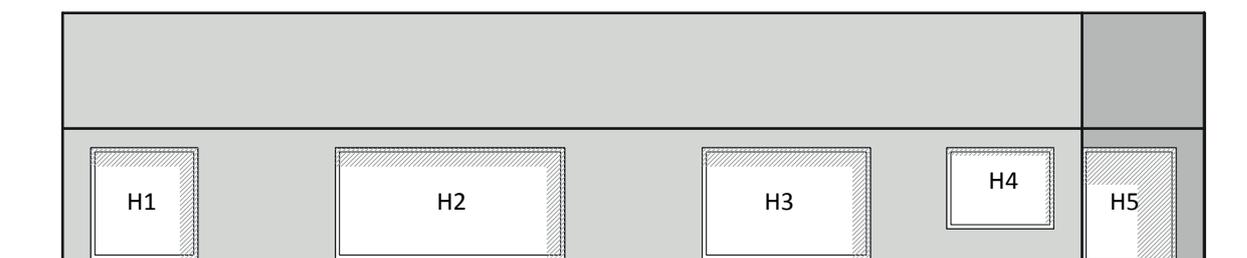


#### 1. DISEÑO DE ALZADOS.

En este apartado podemos observar el cuidado diseño de la apertura de huecos en los alzados de la vivienda. Para ello se tienen en cuenta parámetros de iluminación, relación con el espacio exterior y se da gran importancia a los aspectos bioclimáticos.

De este modo y como se puede observar las aperturas de huecos a norte y oeste se reducen al mínimo.

#### Fachada Sur



#### Hueco 1:

Área total: 4,62 m<sup>2</sup>.  
Área de marco: 0,64 m<sup>2</sup>.  
Porcentaje de marco: 13,9 %

#### Hueco 2:

Área total: 9,91 m<sup>2</sup>.  
Área de marco: 1,05 m<sup>2</sup>.  
Porcentaje de marco: 10,6 %

#### Hueco 3:

Área total: 7,26 m<sup>2</sup>.  
Área de marco: 0,86 m<sup>2</sup>.  
Porcentaje de marco: 11,85 %

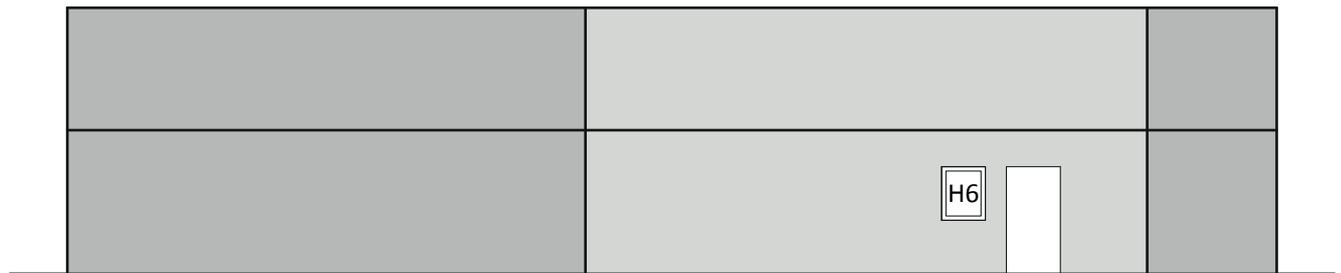
#### Hueco 4:

Área total: 3,36 m<sup>2</sup>.  
Área de marco: 0,57 m<sup>2</sup>.  
Porcentaje de marco: 16,96 %

#### Hueco 5:

Área total: 4,25 m<sup>2</sup>.  
Área de marco: 0,65 m<sup>2</sup>.  
Porcentaje de marco: 15,3 %

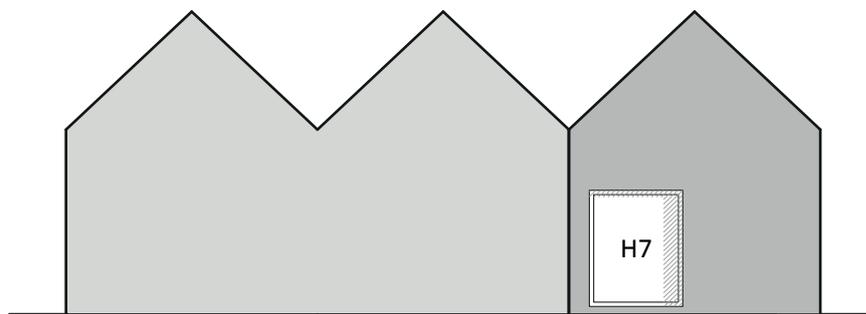
**% Huecos = 51,1**

**Fachada Norte**

Hueco 6:

Área total: 0,81 m<sup>2</sup>.Área de marco: 0,26 m<sup>2</sup>.

Porcentaje de marco: 32,5 %

**% Huecos = 1,3****Fachada Este**

Hueco 7:

Área total: 3,67 m<sup>2</sup>.Área de marco: 0,61 m<sup>2</sup>.

Porcentaje de marco: 16,3 %

**% Huecos = 5,9****Fachada Oeste**

La fachada oeste no tiene huecos.

**2. INVERNADERO.**

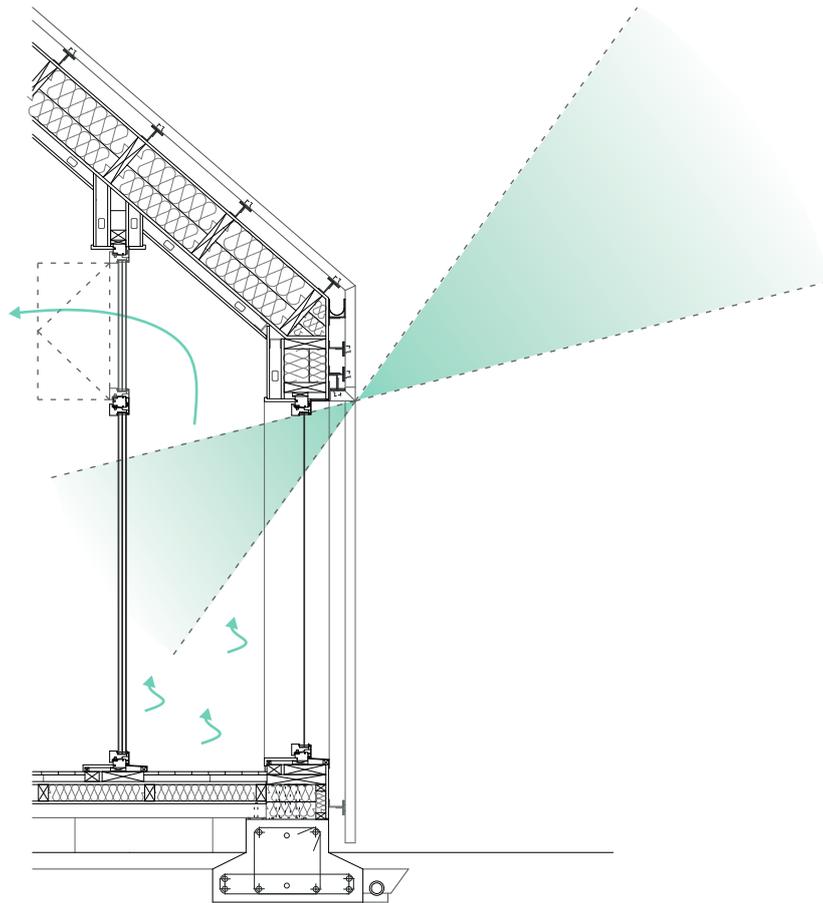
En el espacio sur del despacho proyectado en la vivienda se coloca una doble carpintería con una separación de 90 cm. La carpintería en contacto con el exterior está compuesta por un vidrio simple mientras que la que está en contacto con el despacho es una carpintería mixta de madera y aluminio con rotura de puente térmico y doble acristalamiento de baja emisividad térmica.

De esto modo conseguimos dos comportamos diferentes según la estación del año:

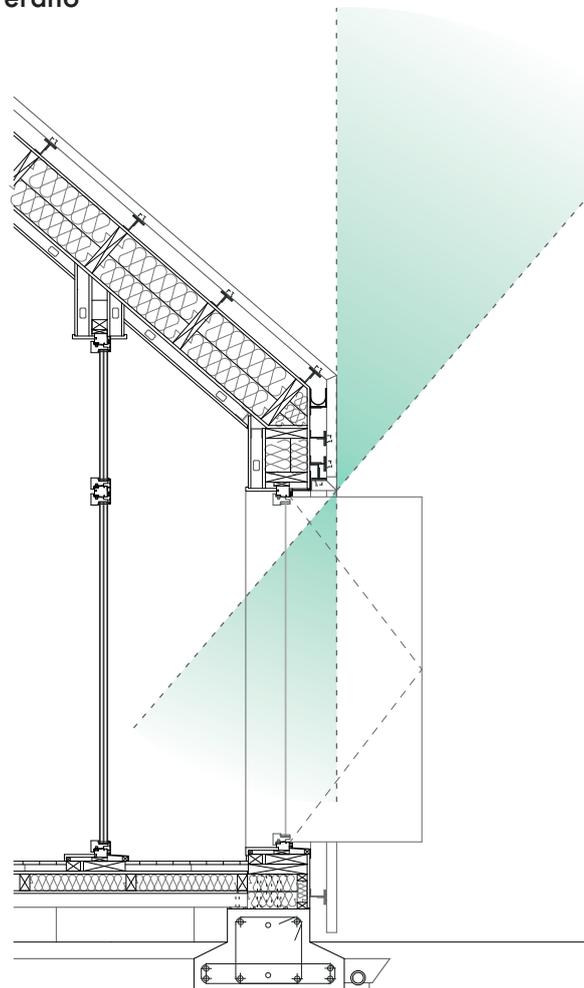
En invierno la carpintería exterior se mantiene cerrada y de la carpintería interior se abren las particiones superiores de la misma permitiendo el paso del calor generado entre ambas carpinterías. Si el suelo del despacho tiene un color oscuro está concentración de calor se verá aumentada.

En verano se mantiene cerrada la carpintería interior y se abre totalmente la carpintería exterior, de forma que el calor no se concentra entre ambas. El sol no incide en la carpintería interior por el retranqueo de esta respecto a la línea de fachada.

### Invierno



### Verano



### 3. INCLINACIÓN DE LAS CUBIERTAS.

Las cubierta inclinada tiene una doble función:

Por un lado es diseñada para la evacuación de agua en un lugar como Burgos en el cual son frecuentes las lluvias y la nieve. Esto nos obliga a una cubierta con una pendiente mínima del 15% para obtener un buen funcionamiento de la misma.

Por otro lado el ángulo exacto de su pendiente responde a la posición ideal que debe tener un panel fotovoltaico ubicado en las coordenadas de la parcela. En este caso la inclinación respecto a la horizontal es de  $41^\circ$  que corresponde con la latitud de Medina de Pomar.

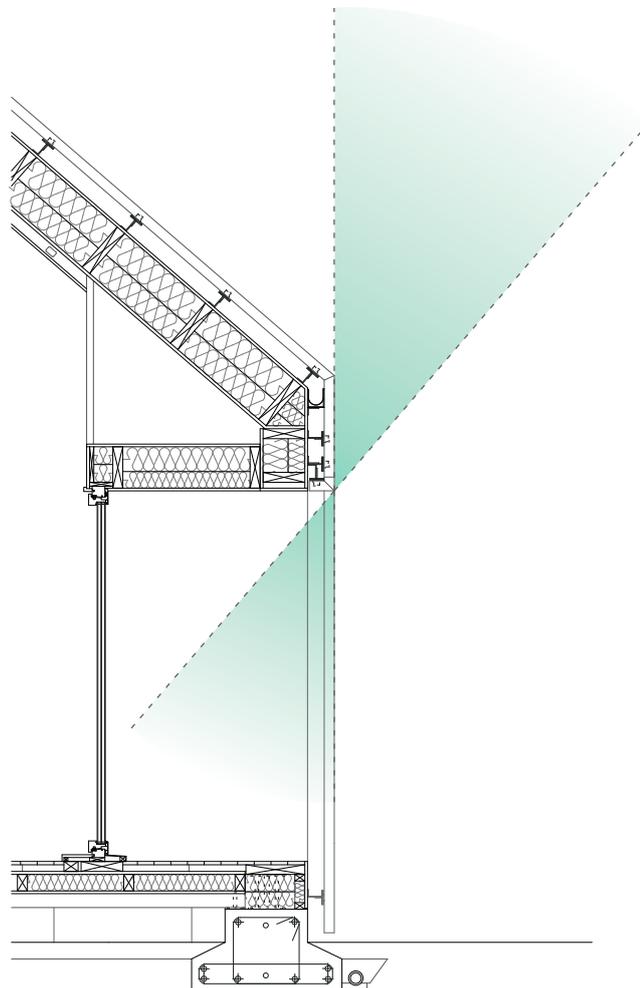
Con la orientación norte-sur que posee la vivienda también se optimiza esta posición ideal de los paneles fotovoltaicos que irán situados en la cubierta.

### 2. RETRANQUEO DE HUECOS.

En los espacios de la vivienda con ventanas a sur, estas se retranquen un mínimo de 0,9 metros de la línea de fachada de modo que se evite el sol directo en dichos espacios. De este modo se consigue que el sol incida en los espacios en invierno, calefactandolos, y se evita que incide en verano.

Únicamente hay dos ventanas que no cumplen estos parámetros, uno es la del invernadero, que ya hemos explicado su funcionamiento en el punto anterior y otra es la del baño de la habitación principal que se ha mantenido la ventana alineada por cuestiones de diseño y cuestiones perceptivas del espacio interior.

En la siguiente sección se explica el funcionamiento de dicho retranqueo en función de los datos calculados en una proyección estereográfica del lugar.



### 3.7. CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En este apartado se procede a elaborar el Certificado de Eficiencia Energética de la Casa Carlos. Este certificado es una prueba de la alta eficiencia energética del sistema constructivo diseñado pero se han de hacer algunos comentarios al mismo:

1. Todos los datos que se han utilizado para realizar el certificado pueden ser corroborados en este mismo trabajo (dimensiones, transmitancias, materiales, puentes térmicos, etc.)
2. Para realizar un certificado optimo se debería haber empleado otro software informático que permita incluir mayor detalle de encuentros, materiales e instalaciones. En este caso me refiero a software como PHPP, los cuales, su adquisición tienen una alta cuantía económica y que por tanto no he podido utilizar.
3. En referencia al punto anterior, el certificado no tiene en cuenta algunos de los diseños bioclimáticos llevados a cabo en el diseño de la vivienda como pueden ser el invernadero o el patio. Estos aspectos mejorarían notablemente la calificación energética de la vivienda.  
Hay otros aspectos que tampoco contempla el software empleado como es la instalación de recuperador de calor en la ventilación mecánica de la vivienda, lo cual disminuiría las pérdidas energéticas de la misma.

Con estos comentarios quiero expresar que el Certificado Energético es una buena manera de demostrar el buen comportamiento energético de la vivienda y por tanto del sistema constructivo, pero también de hacer referencia a que no todos los aspectos de diseño bioclimático que componen la vivienda han podido ser tenidos en cuenta.

# CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS EXISTENTES

## IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	CASA CARLOS		
Dirección	C/ Cervantes, 22. Parcela nº 56		
Municipio	Medina de Pomar	Código Postal	09500
Provincia	Burgos	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	E1	Año construcción	2015
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	C.T.E.		
Referencia/s catastral/es	0144331VN6504S0001KR		

## Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vivienda             <ul style="list-style-type: none"> <li>● Unifamiliar</li> <li>○ Bloque                 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque completo</li> <li>○ Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Terciario             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Edificio completo</li> <li>○ Local</li> </ul> </li> </ul>
---	---

## DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Saúl Ajuria Fernández	NIF	71293223P
Razón social	-	CIF	-
Domicilio	C/ Embajadores, 300		
Municipio	Madrid	Código Postal	28045
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad de Madrid
e-mail	-		
Titulación habilitante según normativa vigente	Graduado en Fundamentos de la Arquitectura y Urbanismo		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CE <sup>3</sup> X v1.3		

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico certificador abajo firmante certifica que ha realizado la calificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 30/6/2015

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

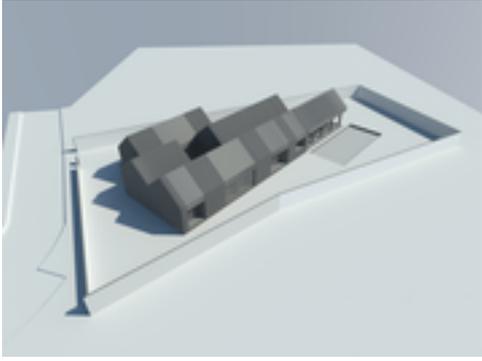
Registro del Órgano Territorial Competente:

# ANEXO I

## DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	202
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Cubierta con aire	Cubierta	314.0	0.12	Conocido
Muro de fachada NORTE	Fachada	58.42	0.15	Conocido
Muro de fachada SUR	Fachada	58.27	0.15	Conocido
Muro de fachada ESTE	Fachada	49.14	0.15	Conocido
Muro de fachada OESTE	Fachada	49.14	0.15	Conocido
Suelo	Suelo	314.0	0.34	Estimado

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco 1 NORTE	Hueco	0.81	2.70	0.65	Estimado	Estimado
Hueco 2 SUR	Hueco	4.62	2.70	0.65	Estimado	Estimado
Hueco 3 SUR	Hueco	9.9	1.82	0.53	Estimado	Estimado
Hueco 4 SUR	Hueco	7.26	2.70	0.65	Estimado	Estimado
Hueco 5 SUR	Hueco	3.36	2.70	0.65	Estimado	Estimado
Hueco 6 SUR	Hueco	4.25	2.70	0.65	Estimado	Estimado
Hueco 7 ESTE	Hueco	4.16	2.70	0.65	Estimado	Estimado

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

**Generadores de calefacción**

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		82.20	Biomasa / Renovable	Estimado

**Generadores de refrigeración**

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		110.00	Biomasa / Renovable	Estimado

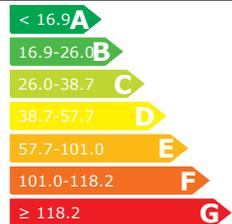
**Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria**

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		82.20	Biomasa / Renovable	Estimado

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	E1	Uso	Unifamiliar
----------------	----	-----	-------------

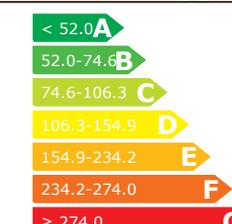
### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	<b>4.63 A</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		A		A	
		<i>Emisiones calefacción [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>		<i>Emisiones ACS [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	
		4.63		0.00	
			<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>
		-		-	
<i>Emisiones globales [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>		<i>Emisiones refrigeración [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>		<i>Emisiones iluminación [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	
4.63		0.00		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

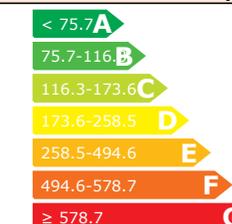
### 2. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
	<b>72.47 B</b>	<b>No calificable</b>	
		<i>Demanda global de calefacción [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	
		72.475	
		<i>Demanda global de refrigeración [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	
		0.0	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA

Por energía primaria se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	<b>119.68 C</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		B		E	
		<i>Energía primaria calefacción [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>		<i>Energía primaria ACS [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	
		90.87		28.81	
			<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>
		-		-	
<i>Consumo global de energía primaria [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>		<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>		<i>Energía primaria iluminación [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	
119.68		0.00		-	

**ANEXO III**  
**RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**ANEXO IV  
PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO  
CERTIFICADOR**

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR
--------------------------------------

## 4 FOTOGRAFÍAS MAQUETA

Se toma la decisión de realizar una maqueta de trabajo del sistema constructivo para continuar desarrollando el mismo, pudiendo de este modo ver el diseño desde otra perspectiva e introducir mejoras. La construcción de la maqueta permite también solventar posibles deficiencias en el proceso constructivo del sistema y terminar de ajustar las dimensiones de los elementos, además de ser una manera muy practica mostrar a otras personas el funcionamiento del sistema constructivo desarrollado.

Para el desarrollo de la maqueta se realizo en primer lugar una planimetría muy detallada de un espacio constituido por dos módulos del sistema. Esta planimetría debía contar con las dimensiones exactas de todos los elementos y de las uniones de los mismos.

En segundo lugar se paso a modelar un 3D digital de cada elemento del sistema constructivo y montar con ellos una primera maqueta virtual. En este proceso se realizaron ajustes y cambios que revirtieron en cambios de la planimetría del sistema constructivo. Es por esto que fue un trabajo muy laborioso pero también de gran utilidad, al conseguir un modelo digital en 3D perfecto del sistema constructivo.

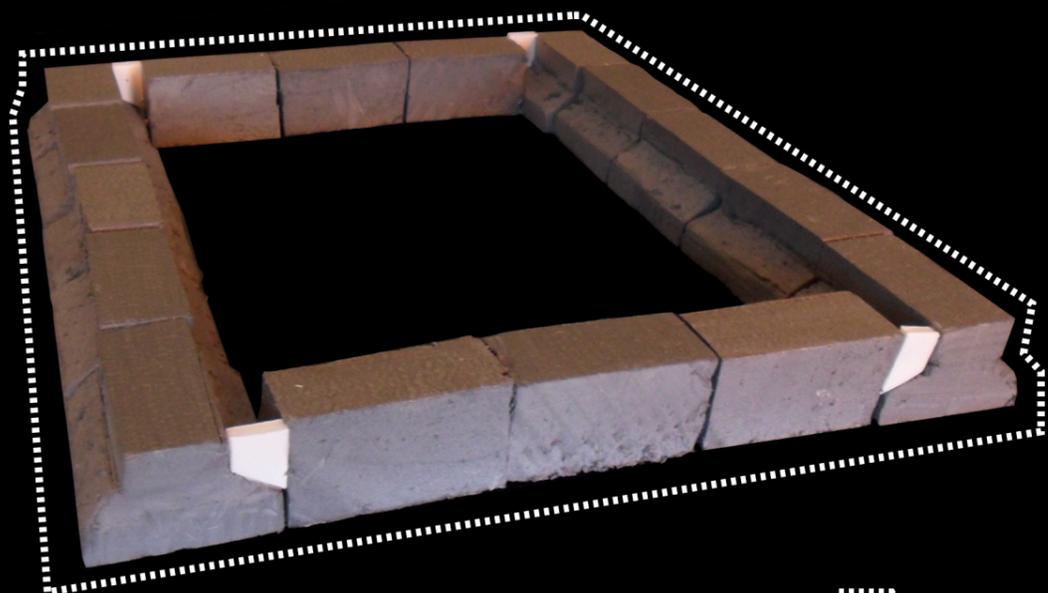
En tercer lugar se desarmo digitalmente el modelo 3D de manera que se pudieran obtener unas plantillas en 2D de cada elemento para la posterior manufactura de los mismos en madera. Durante este proceso se tuvieron que modificar numerosos elementos pues la disponibilidad de espesores comerciales en madera para la escala de 1:20 que fue la escogida para la maqueta no se ajustaba a las dimensiones ideales del sistema constructivo.

En cuarto lugar y una vez realizados los ajustes anteriores se imprimieron las plantillas y se corto la madera en las dimensiones deseadas. Se fueron uniendo las piezas hasta conformar los distintos elementos que componen el sistema.

Por último se llevo a cabo el proceso que tendría lugar en obra y se colocaron y fijaron los elementos del sistema como se muestra en las siguientes fotografías.

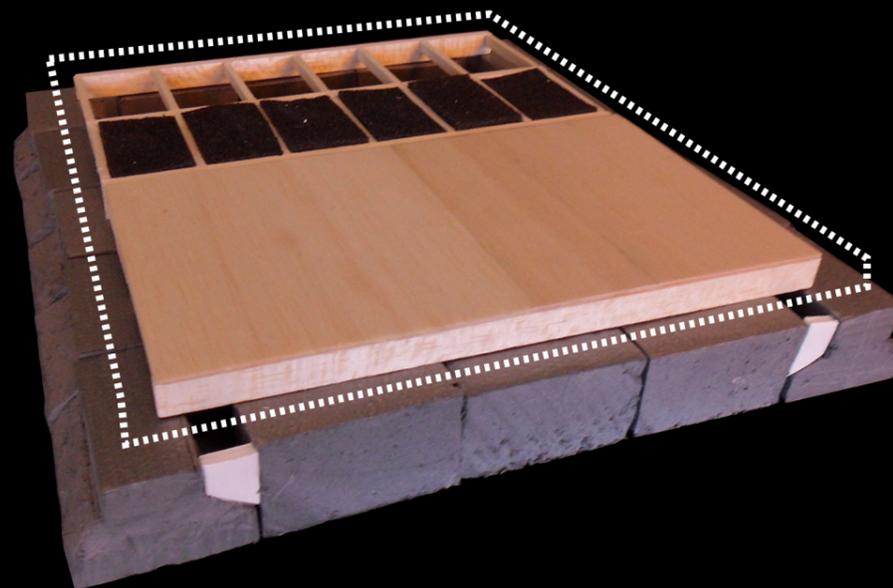
### A. CIMENTACIÓN.

Se disponen las zapatas prefabricadas, unidas entre ellas mediante los bulones. Se fijan las placas para la ventilación de la cámara sanitaria.



### B. PANEL DE FORJADO.

Se colocan y fijan los paneles de forjado mediante el sistema de unión (U-CFO) a la cimentación.



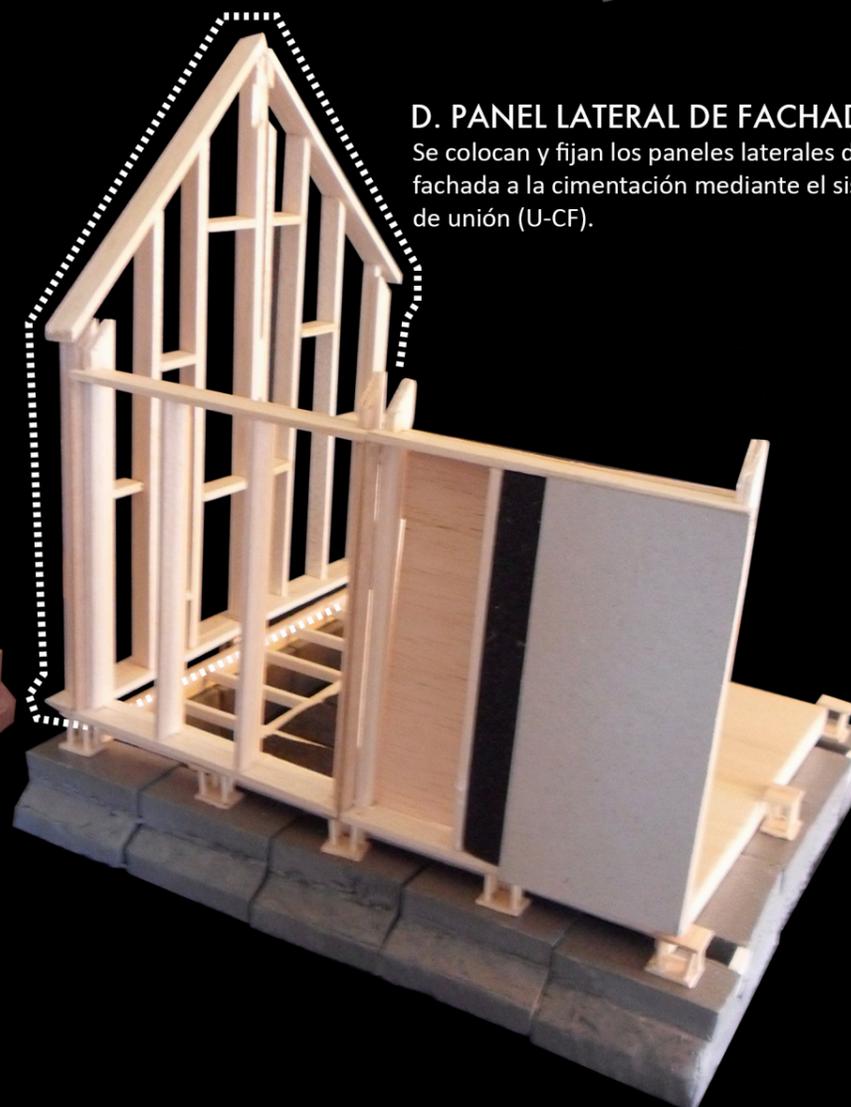
### C. PANEL DE FACHADA.

Se colocan y fijan los paneles de fachada a la cimentación mediante el sistema de unión (U-CF).

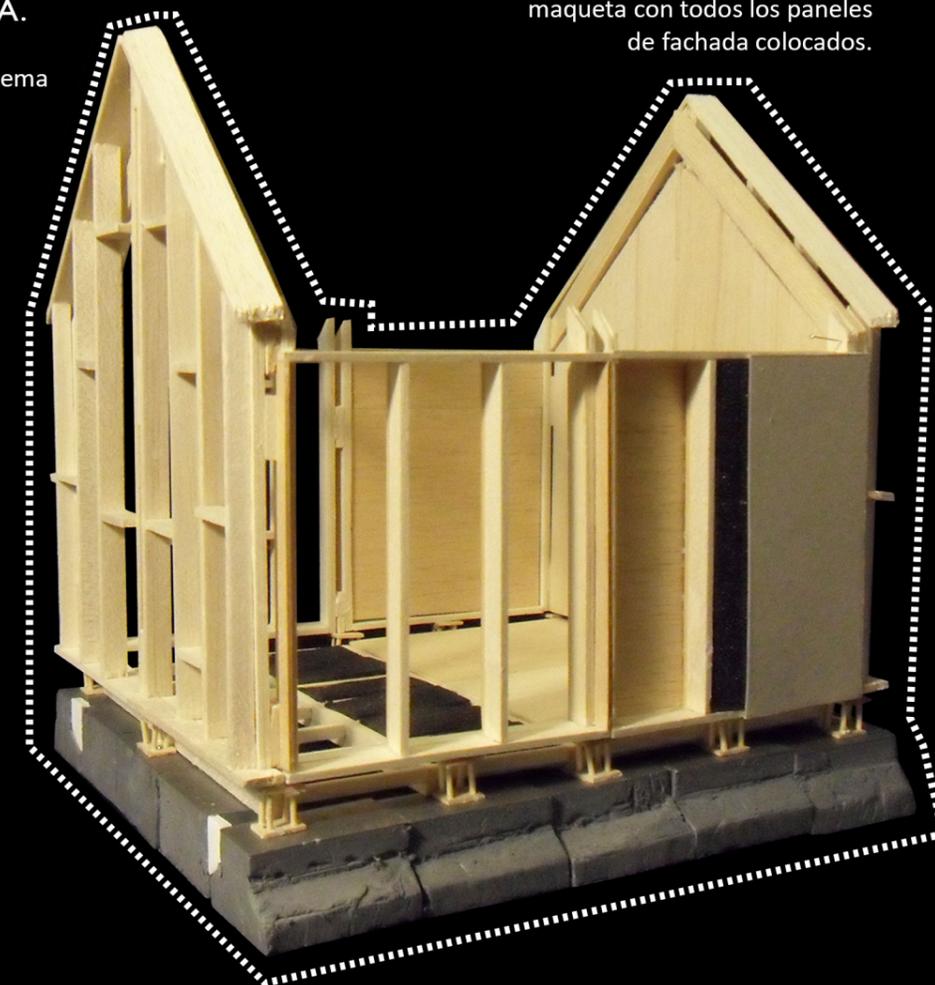


### D. PANEL LATERAL DE FACHADA.

Se colocan y fijan los paneles laterales de fachada a la cimentación mediante el sistema de unión (U-CF).

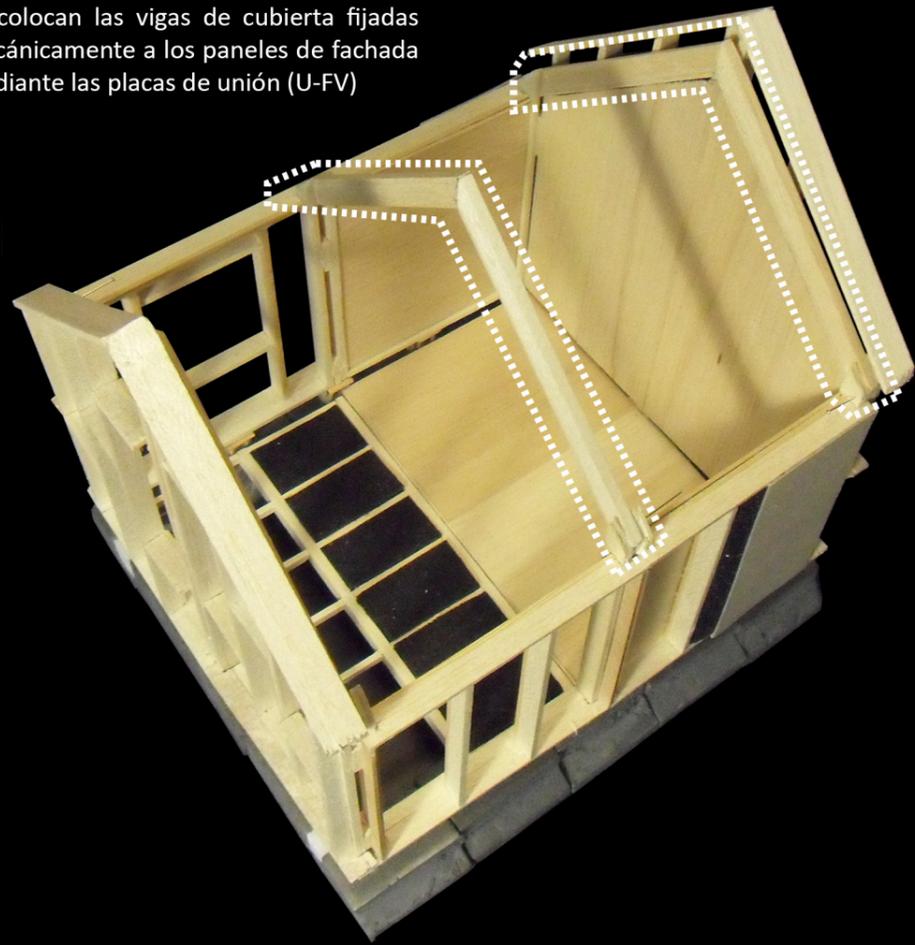


Vemos en esta fotografía la maqueta con todos los paneles de fachada colocados.



### E. VIGAS.

Se colocan las vigas de cubierta fijadas mecánicamente a los paneles de fachada mediante las placas de unión (U-FV)



### PLANTA



### E. PANEL DE CUBIERTA.

Se colocan los paneles de cubierta fijados mecánicamente a las vigas mediante el sistema de unión (U-VPC).





## 5 CONCLUSIONES

La conclusión principal responde a:

*¿Por qué la construcción industrializada es una idea de futuro y no de presente?*

Numerosos procesos productivos han derivado en la prefabricación e industrialización en la historia reciente y se llevan décadas tratando de incorporar estos dos aspectos en la arquitectura.

Bajo mi punto de vista cuando la arquitectura consiga dominar estos procesos se producirá una nueva revolución industrial. Yo entiendo el control de estos procesos en la posibilidad de diseñar vivienda industrializada que sea capaz de acoger diferencias, son estas diferencias las que responden al lugar, al usuario y porque no al deseo puntual, pudiendo cambiar al cabo de unos años.

Desde hace décadas se producen grandes avances en prefabricación de arquitectura, en diseño de catálogos de casas, en impresión 3D, los cuales creo que contribuyen a que esta idea de la construcción industrializada cada vez sea una idea más de presente.

La conclusión más objetiva que se puede sacar de este Trabajo Final de Grado es que la construcción industrializada presenta numerosas ventajas y está en nuestras manos como arquitectos aprovecharlas y ponerlas en valor. Podemos destacar las siguientes:

Hay un mayor control del proceso.

Hay una mayor exactitud lo que conlleva una mayor calidad de detalle.

Se requiere de un menor tiempo.

Hay una mejor gestión de los residuos, habiendo también un menor consumo de los mismos.

Hay un menor impacto en el lugar.

Para mi gusto lo único que queda por hacer es enfocar de forma correcta todas estas ventajas. Y creo que una de las mejores formas de hacerlo es hacia una arquitectura sostenible. Como ha quedado demostrado si se combinan las ventajas de la industrialización con parámetros de diseño sostenibles los resultados pueden ser muy satisfactorios.

Con este Trabajo Final de Grado se ha querido aportar un granito de arena hacia el furo de la industrialización de la construcción, aportar nuevas ideas y plantear el enfoque personal que se le ha de dar a la misma.

Quisiera agradecer en primer lugar su esfuerzo y colaboración a mi tutora Mónica Martínez Martínez.

En segundo lugar agradecer el interés de Roca Madrid Gallery por la difusión del conocimiento con la organización de ciclos de conferencias a los que pude asistir como "Como construir casas en 80 días" o "La ciudad como ecosistema", los cuales han sido de gran ayuda en el desarrollo de este trabajo por la posibilidad de conocer y debatir con numerosas personas que están trabajando en temas de industrialización.

En tercer lugar quisiera agradecer su colaboración a Iniciativa Sostenible, que es una organización madrileña para el fomento de una vida sostenible. Agradecer su interés por la difusión de su trabajo, lo cual ha sido de nuevo de gran ayuda en mi aprendizaje sobre la construcción industrializada y los parámetros sostenibles.

## 6 BIBLIOGRAFIA

### 6.1. LIBROS, REVISTAS O PUBLICACIONES.

#### 1.1. Arquitectura ligera y prefabricada:

ESCRIG, FELIX. "Modular, ligero, transformable un paseo por la arquitectura ligera móvil. Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, 2012.

JODIDIO, PHILIP. "Temporary architecture now!. Editorial Taschen, 2011.

GAUSA, MANUEL. "Housing nuevas alternativas, nuevos sistemas". Editorial Actar, 1998.

CALAVERA RUIZ, J. "Prefabricación de edificios y naves industriales". Editorial Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, 2001.

#### 1.2. Arquitectura sostenible:

"Arquitectura sostenible la vivienda del futuro". Ayuntamiento de Madrid, Área Delegada de Vivienda.

"Ecological prefab housing". Editorial Instituto Monsa Ediciones, 2013.

DE LA IGLESIA ARRANZ, M<sup>ª</sup> ROSA y ROMERO MEDINA, CRISTINA. "Introducción al estandar Passive House". Editorial Plataforma Edificación PassiveHaus, 2013.

GARRIDO, LUIS. "Arquitectura energía cero". Editorial Instituto Monsa, 2014.

"The PassivHaus Standard in European Warm Climates". Editado por: Brian Ford, Rosa Schiano-Phan and Duan Zhongcheng, School of the Built Environment, University of Nottingham, 2007.

#### 1.3. Detalles constructivos, predimensionado de elementos y procesos. Arquitectura en madera:

EDWARD ALLEN. "Fundamentals of building construction materials and methods". Editorial Willy, 2014.

SCHMITT, HEINRICH. "Tratado de Construcción". Editorial Gustavo Gili, 2009.

Revista Tectonica nº13, "Madera (II) Estructuras".

ALLEN, EDWARD. "Architectural detailing function, constructibility, aesthetics. Editorial John Wiley & Sons, 2007.

BELL, VICTORIA BALLARD. "Materials for architectural design". Editorial Lurence King, 2010.

JODIDIO, PHILIP. "Temporary architecture now Madera. Editorial Taschen, 2013.

### 6.2. SITIOS WEB.

#### 2.1. Herramientas para el diseño bioclimático:

<http://www.miliarium.com>

#### 2.2. Cómo calcular la potencia, las necesidades de combustible y el ahorro que obtienes con una instalación de biomasa.

<http://www.clickrenovables.com>

#### 2.3. Documentos de orientación técnica en edificación.

<http://www.fundacionmusaat.musaat.es>

#### 2.4. Parámetros de precios en España de soluciones constructivas.

<http://itec.es>