Tesis de graduación
FADU|UNL

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES:
BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS.
CASO: SAN CARLOS CENTRO.

Dona Luciano | Ramira Camila



MEMORIA CONCEPTUAL

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES: BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS. CASO: SAN CARLOS CENTRO.

AUTORES:
Luciano Dona
Camila Ramira

DIRECTORA
Mg. Arq. María Raquel Gutiérrez Garigliano

CO-DIRECTORA
Mg. Arq. María Victoria Alconchel

Llegar hasta este momento no habría sido posible sin el acompañamiento de muchas personas que formaron parte de este camino.

A nuestras familias, amigos y mascotas, por acompañarnos, gracias por estar presentes, por comprender las ausencias, por las palabras de aliento, por celebrar cada pequeño avance y por hacer más llevaderas las jornadas.

Muy especialmente, a nuestras familias, por ser el sostén incondicional de cada etapa, por la paciencia, el cariño, el apoyo constante y por creer en nosotros.

Agradecer también a nuestras directoras, Raquel y Pachi, por su paciencia, su compromiso y la generosidad con la que compartieron sus conocimientos. Gracias por guiarnos, acompañarnos y alentarnos durante todo el proceso.

También extendemos nuestro reconocimiento a los profesionales y asesores que nos brindaron su tiempo y colaboración desinteresada en las distintas etapas de la investigación, facilitándonos datos clave para el desarrollo del trabajo, en especial al Dr. Ing. Arq. Jorge Daniel Czajkowski y a la Dr. Arq. María de la Paz Diulio.

Finalmente, gracias a todas las personas que, de alguna manera, dejaron una huella en este recorrido y contribuyeron a que esta hermosa etapa llegara a su fin.

Gracias totales.

ÍNDICE

Agradecimientos 05

01. Introducción 10
1. Resumen ejecutivo 10
2. Fundamentación 10
3. Problema, hipótesis y objetivos proyectuales 12
3.1. Problema 12
3.2. Hipótesis 13
3.3. Objetivos 14
3.4. Síntesis de la metodología del proceso proyectual 15

02. Marco teórico-conceptual 18
C. Arquitectura bioclimática 19
D. Eficiencia energética en viviendas 20
E. Estrategias de diseño pasivas 20
F. Estrategias de diseño activas 21
G. Confort 21
H. Tipología 21
I. Flexibilidad 22
J. Adaptabilidad 22

03. Análisis de antecedentes proyectuales 26
Análisis comparativo de antecedentes 26
Conclusión de antecedentes y criterios transferibles al caso de estudio 30

04. Diagnóstico multidimensional 34
A. Lectura territorial urbana 34
B. Historia de la Colonia San Carlos 37
C. Factores ambientales que condicionan el proyecto 39
Asoleamiento 41
Temperatura: 42
Humedad: 42
Vientos: 43
D. Factores socio–económicos que condicionan el proyecto 45
E. Factores normativos que condicionan el proyecto 46

05. Estrategias y lineamientos proyectuales 50
Acondicionamiento Pasivo 50
Entorno [EN] 50
Emplazamiento 51
Asoleamiento 51
Ventilación 52
Tipologías [T] 52
Envolvente [EV] 52
Sistemas de control y protección [P] 53
Sistemas complementarios [SC] 53
Chimenea solar: 54
Pozo canadiense: 54
Estrategias Activas 55
Artefactos eficientes [AE] 55
Energías Renovables [ER] 56
Gestión del recurso hídrico [RH] 56

06. Conclusiones y aportes disciplinarios 60
Verificación de la hipótesis 60
Potencial de replicabilidad o transferencia. 60
Aprendizajes del proceso y contribuciones al campo arquitectónico/urbanístico. 61

07. Bibliografía y fuentes 64

01

INTRODUCCIÓN

1. Resumen ejecutivo

La presente tesis aborda la producción habitacional en San Carlos Centro (Santa Fe), caracterizada por una expansión urbana mediante nuevos loteos residenciales, donde persisten prácticas constructivas convencionales, las cuales omiten la eficiencia energética y las variables bioclimáticas regionales, agravadas por normativas locales obsoletas y una marcada brecha de transferencia entre el conocimiento académico y la praxis cotidiana.

Se postula que la elaboración de las bases para un Manual de Herramientas de Diseño Sostenible aplicado a un proyecto de vivienda unifamiliar en dicha localidad permitirá orientar el proceso proyectual hacia soluciones arquitectónicas contemporáneas con menor impacto ambiental y mayor nivel de confort, demostrando su utilidad como recurso accesible y replicable para estudiantes, comitentes y profesionales.

Metodológicamente, a partir de un diagnóstico multidimensional del contexto socioeconómico, urbano y climático local, se sistematizan y codifican estrategias de diseño pasivas y activas. Este dispositivo pedagógico traduce la complejidad técnico–normativa en recursos proyectuales concretos, cuya aplicabilidad se valida mediante su implementación en un proyecto arquitectónico (caso testigo) emplazado en los sectores de expansión urbana.

La evaluación energética del caso testigo, realizada mediante simulaciones térmicas dinámicas con el motor EnergyPlus, demostró una reducción del 81,3% en la demanda de energía útil respecto al escenario base convencional. Asimismo, el análisis corrobora la viabilidad de la propuesta bajo un enfoque de triple impacto (ambiental, económico y social), consolidando una alternativa habitacional eficiente y plenamente realizable para la región.

2. Fundamentación

> En un mundo donde las crisis se superponen -climática, energética, sanitaria, alimentaria, habitacional-, la arquitectura y el urbanismo no pueden mantenerse al margen. Nuestra manera de construir, de ocupar el suelo, de organizar las infraestructuras, de habitar, ya no puede desvincularse de las consecuencias que genera. (Vergara, 2025, p. 4)

El proceso actual de la arquitectura, dentro de lo que se ha llamado paradigma de la sostenibilidad (Prieto, 2011), puede interpretarse como una adopción de esta transformación. Esto supone una reflexión sobre el concepto de bienestar dentro de unos parámetros culturales que implican cambios de valores. Las preguntas elementales de toda arquitectura ¿Para quién se construye este espacio? ¿A quiénes afecta? ¿Cómo ha de hacerse? Todas ellas tienen una nueva respuesta acorde con este paradigma.

"Nuestras aceleraciones recientes -en urbanización, uso de energía, materiales y patrones de consumo- han colocado a la humanidad en una

situación crítica frente a los límites ecosistémicos del planeta" (Ward y Dubos, 1972, pp. 39-40)

La crisis del petróleo de 1973 impulsó a los gobiernos a buscar fuentes de energía seguras y a reducir la dependencia de los combustibles importados; a medida que avanzaba la década esas medidas se hicieron menos urgentes. Al producirse la segunda crisis de 1979, la sociedad ya había olvidado una vez más la necesidad de ahorrar energía. En la actualidad, la crisis medioambiental requiere atención inmediata.

Mientras los edificios satisfacen necesidades humanas y generan beneficios, también han tenido impactos negativos sostenidos sobre el medio ambiente (Zuo y Zhao, 2014). En este marco de transformaciones culturales y ambientales del siglo XXI, la sostenibilidad ha emergido como un nuevo paradigma en la arquitectura contemporánea (Prieto, 2011), que lejos de ser solo una respuesta técnica, implica una reflexión profunda sobre el impacto ambiental de la construcción, la relación entre forma y energía y la necesidad de un enfoque más responsable en el diseño del hábitat humano.

Según el Balance Energético Nacional 2024 (Secretaría de Energía, s. f.), el sector residencial en Argentina representa el 28,5% del consumo energético final y más del 58% de ese consumo se destina al acondicionamiento térmico interior.

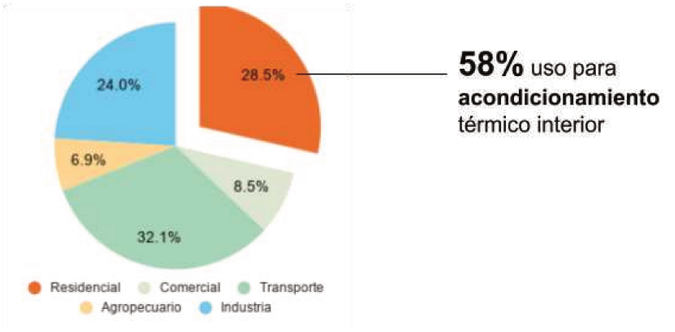


Fig 1: Consumo final de energía. Fuente: Balance energético 2024. Elaboración propia

La forma de producción del entorno construido está directamente relacionada con la emergencia ambiental global (Vergara, 2025). Investigaciones previas han comprobado cómo, a partir de estrategias pasivas, se puede reducir el Índice de Prestaciones Energéticas (IPE) hasta en un 43,9% en una vivienda unifamiliar en San Carlos (Dona, 2024). Por su parte, Puig (2023) afirma que optimizando las envolventes se puede disminuir hasta un 60% dicho indicador, con inversiones iniciales que no superan el 10,5% adicional sobre el costo de la vivienda.

Frente a este escenario, se evidencia la necesidad de un instrumento operativo situado que traduzca el conocimiento académico en estrategias de diseño accesibles para estudiantes, comitentes y profesionales.

3. Problema, hipótesis y objetivos proyectuales

3.1. Problema

La localidad de San Carlos Centro, cuenta con aproximadamente 12.000 habitantes y se ubica en la región centro de Santa Fe. La expansión del tejido urbano mediante loteos de baja densidad está consolidando nuevos barrios con viviendas unifamiliares que, en su mayoría, **evidencian un problema arquitectónico** basado en la escasa incorporación de estrategias de diseño bioclimático, sumado a la limitada integración entre formas contemporáneas de habitar, estrategias espaciales y control ambiental de la vivienda unifamiliar para el contexto específico.

En los nuevos sectores de expansión urbana de San Carlos Centro, actualmente en proceso de urbanización mediante loteos destinados a vivienda individual, no se contemplan criterios proyectuales orientados a la eficiencia energética ni a la adaptación climática, proyectándose la repetición de patrones constructivos convencionales que anticipan condiciones de baja habitabilidad térmica y alto consumo energético en las futuras viviendas y dificultan la incorporación sistemática de estrategias sostenibles desde las etapas iniciales del proyecto.

El objeto proyectual se localiza en los nuevos barrios y loteos que actualmente se desarrollan, y en aquellos previstos para el corto y mediano plazo, caracterizados por parcelas individuales destinadas a la construcción de viviendas unifamiliares. Esta expansión urbana, limitada al sur por la localidad vecina de San Carlos Sud y al este por áreas bajas susceptibles a inundaciones, concentra su mayor potencial de crecimiento en el sector oeste de la ciudad, donde ya se observan múltiples desarrollos de suelo. Este territorio constituye un escenario estratégico para aplicar estrategias proyectuales de sostenibilidad y control energético, integrando dimensiones espaciales, tipológicas y tecnológicas del proyecto.

El sujeto colectivo directamente afectado está conformado por los actuales y futuros propietarios de estas viviendas, en su mayoría adultos jóvenes con poder adquisitivo medio a medio-alto, que se encuentran en procesos de independencia habitacional. Este grupo social, compuesto frecuentemente por parejas jóvenes sin hijos, tiende a resolver su vivienda de manera progresiva, optando por sistemas de construcción por etapas que privilegian la viabilidad económica inmediata por sobre criterios de eficiencia energética y confort ambiental. A pesar de contar con asistencia técnica profesional, se observa la ausencia de asesoramiento acerca de estrategias proyectuales orientadas a la sostenibilidad y su incorporación durante el proceso de diseño.

Entre los factores que profundizan esta problemática se encuentran la falta de normativas locales que establezcan requisitos mínimos de eficiencia energética en la vivienda unifamiliar, la escasa promoción institucional de buenas prácticas proyectuales, la débil articulación entre el conocimiento técnico y el saber popular y la ausencia de una cultura proyectual que incorpore de forma estructural las estrategias pasivas de diseño.

Estas condiciones refuerzan un modelo de producción habitacional ineficiente, con consecuencias directas sobre el confort térmico, el consumo energético y la sostenibilidad ambiental del entorno construido.

3.2. Hipótesis

La elaboración de las bases para un **Manual de Herramientas de Diseño Sostenible** aplicado a un proyecto de vivienda unifamiliar en la localidad de San Carlos Centro permitirá orientar el proceso proyectual hacia soluciones arquitectónicas contemporáneas con **menor impacto ambiental y mayor nivel de confort** para sus habitantes, demostrando su utilidad como recurso accesible y replicable para estudiantes, comitentes y profesionales.

3.3. Objetivos

General

Desarrollar las bases para un manual de herramientas de diseño sostenible de fácil lectura, aplicando sus estrategias en un proyecto de vivienda unifamiliar, que oriente la resolución de proyectos arquitectónicos en la localidad de San Carlos Centro (Santa Fe), con el propósito de mejorar la eficiencia energética y la calidad de vida de los habitantes, constituyéndose como un recurso accesible para estudiantes, comitentes y profesionales.

Particulares

1. Analizar las características climáticas, ambientales, urbanas y socioculturales de la localidad de San Carlos Centro, y su incidencia en el diseño de vivienda.

2. Estudiar los principios del diseño sostenible aplicados a la vivienda unifamiliar y/o colectiva, con énfasis en contextos similares al de la región centro de la provincia de Santa Fe.

3. Identificar y sistematizar herramientas y estrategias de diseño -pasivas y activas- adecuadas al contexto local, considerando aspectos como forma, orientación, asoleamiento, ventilación natural, envolvente edilicia, entre otros.

4. Diseñar y estructurar un manual de fácil comprensión y uso, que permita la incorporación práctica de estrategias de diseño sostenible en proyectos de vivienda del ámbito local.

5. Aplicar algunas de las herramientas en un caso de proyecto de vivienda, como instancia de verificación y ejemplificación de los criterios propuestos en el manual.

3.4. Síntesis de la metodología del proceso proyectual

El proceso proyectual se inicia con el análisis de las variables ambientales, el relevamiento del marco normativo local y el estudio socioeconómico y urbano del sector de expansión. Posteriormente, las variables climáticas se traducen en pautas de diseño concretas -clasificadas en pasivas y activas- que integran las bases del manual. El desarrollo arquitectónico de la vivienda aplica de manera correlativa estas pautas, priorizando los lineamientos pasivos en un proyecto de vivienda unifamiliar situado en su contexto y terreno. A partir de ello, se definen las configuraciones espaciales y técnico-constructivas, concibiendo un prototipo flexible y adaptable a las dinámicas de uso de sus ocupantes. Finalmente, si bien la selección de pautas se sustenta en antecedentes validados, se realiza un modelado energético dinámico (Energy Plus) para la verificación cuantitativa del ahorro, contrastando el desempeño del proyecto propuesto frente a un escenario base convencional. Adicionalmente, se incorporó de forma exploratoria el uso de Inteligencia Artificial (Anexo IV) como herramienta complementaria de diagnóstico rápido, verificando su confiabilidad frente a los métodos de simulación tradicional.

02

MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

A. Calidad Arquitectónica

En términos de Baker y Steemers (1995), la calidad arquitectónica se fundamenta en tres pilares esenciales: la **adecuación al uso, la durabilidad técnica y el deleite.**

En primer lugar, la adecuación al uso implica diseñar espacios que respondan formal y funcionalmente a sus dinámicas específicas, garantizando confort higrotérmico, calidad del aire y flexibilidad temporal, además de un compromiso ecológico con el entorno. Por otra parte, la durabilidad se asocia al correcto desempeño técnico y constructivo del edificio; esto supone resolver patologías comunes como las humedades y optimizar el consumo energético y de mantenimiento a lo largo de su vida útil. Finalmente, el deleite apela a la dimensión estética y sensible: la armonía de las proporciones, el manejo de la luz, la sombra y el color, y una pertinencia cultural que logre dialogar respetuosamente con la identidad regional y el pasado, sin descuidar la contemporaneidad.

Garzón (2007) explica que "la arquitectura de calidad es la respetuosa con el medio ambiente, confortable, bioclimática, con baja emisión de CO_2, con formas y sistemas tecnológicos que favorezcan el confort, con uso de materiales de producción con baja energía, reciclables, etc." (p. 17). De esta manera, consideramos la calidad arquitectónica como un sistema complejo que vincula Formas, Usos y Significados, y que tiene por denominador común la sustentabilidad, porque para que la arquitectura sea buena, lleva implícito el ser sostenible (Souto de Moura, 2007)

B. Desarrollo Sostenible

El Informe Brundtland (1987) define el desarrollo sostenible como aquel "que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades" (p. 23).

Edwards (2004) afirma que, el alcance del desarrollo sostenible, tiene tres dimensiones: **económica, social y ambiental** (p. 7). En el contexto de la vivienda y la construcción, la sustentabilidad económica hace referencia al costo a lo largo del tiempo; se piensa en un ahorro operativo, priorizando una inversión inicial mayor por un ahorro económico durante su uso. Cuando hablamos de sustentabilidad social, hacemos referencia a que la vivienda debe ser pensada para garantizar la salud y confort de cada persona, teniendo en cuenta el confort higrotérmico, flexibilidad espacial y un vínculo con el entorno. La sustentabilidad ambiental, por último, hace referencia al diseño bioclimático, garantizando eficiencia de la envolvente y una adecuada gestión de los recursos.

San Juan (2013) recomienda que para consolidar un criterio sustentable se requiere de un modelo que implique el uso eficiente de los recursos, la disminución de emisiones, la calidad ambiental, el impacto en el contexto y la eficiencia en la operación. El arquitecto e investigador afirma que todos estos criterios deben actuar como "sistemas integrados", lo que resulta en un criterio arquitectónico ambientalmente consciente.



Fig 2: Tres pilares del desarrollo sostenible. Elaboración propia

Cabe aclarar que, mientras que el término "sustentable" se refiere a la forma de creación que pueda perdurar en el tiempo con menor esfuerzo; "sostenible" resalta la conservación del medio ambiente de los cambios introducidos por el hombre. Se podría decir que sostenible, está asociado al ambiente y tiene un sentido dirigido al punto de vista del ecosistema, mientras que sustentable está dirigido al punto de vista de la obra humana ecológicamente respetuosa. Ambos conceptos llevan a una misma conclusión práctica (Czajkowski, 2002).

C. Arquitectura bioclimática

Según Garzon (2007, p. 17) "la arquitectura bioclimática es la fusión de los conocimientos adquiridos por la arquitectura tradicional a lo largo de los siglos, con las técnicas avanzadas en el confort y en el ahorro energético". Es aquella que considera el impacto ambiental de los procesos implicados en la realización y vida útil de un edificio, desde los materiales, las técnicas de construcción, la ubicación y su impacto en el entorno, el consumo energético, etc. Busca generar espacios saludables y confortables con el menor consumo de energía posible.

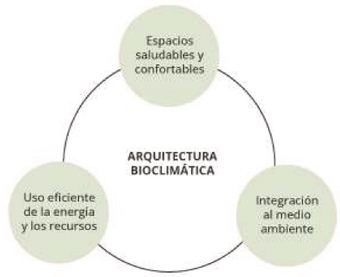


Fig 3: Principios de la arquitectura bioclimática. Elaboración propia

D. Eficiencia energética en viviendas

La eficiencia energética se entiende como la capacidad de una vivienda para alcanzar condiciones de confort térmico y ambiental con el menor consumo posible de energía externa, considerada como el "Cociente entre la potencia calorífica total disipada y la potencia eléctrica total consumida, durante un período dado de utilización" (Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) 11659:2004, p. 9).

Esta cualidad no depende exclusivamente del uso de tecnologías avanzadas, sino que puede lograrse —en buena medida— mediante decisiones proyectuales tomadas durante la etapa de diseño.

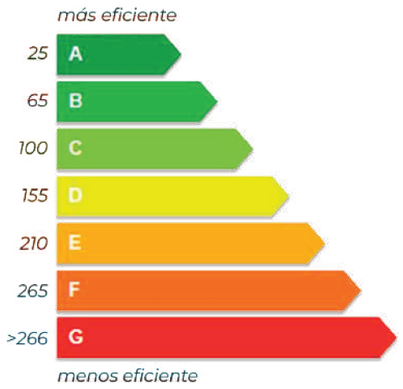


Fig 4: Modelo de etiqueta energética. Fuente: Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (PRONEV). Elaboración propia.

E. Estrategias de diseño pasivas

Buscan obtener unas condiciones de confort sin el uso de elementos mecánicos para la producción de dichas condiciones de manera artificial. Estas estrategias tienden a dominar en arquitectura bioclimática por su bajo consumo energético y simplicidad constructiva (Gutiérrez González, 2023). Refiere a operaciones de diseño que posibilitan generar energía térmica a partir de aprovechar la radiación solar, o producir enfriamiento a partir de la ventilación (San Juan, 2013).

F. Estrategias de diseño activas

Son sistemas complementarios que hacen uso de equipos mecánicos y electrónicos, los cuales consumen energía para operar. Estos equipos pueden abastecerse tanto de fuentes de energía renovable como no renovables. Bardou y Arzoumanian (1981).

G. Confort

El confort térmico puede definirse como una sensación de bienestar en lo que se refiere a la temperatura. Se basa en conseguir el equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y su disipación en el ambiente. Éste equilibrio depende de siete parámetros: tres de ellos —el metabolismo, la ropa y la temperatura de la piel— en relación con el individuo, y los otros cuatro —la temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura superficial de los elementos y la velocidad del aire— tienen que ver con el entorno. La zona de confort, es el punto en el que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno Evans y Schiller (1994).

En la práctica, los proyectistas intentan crear condiciones que resulten aceptables para la mayoría de los usuarios. Para ello la temperatura ambiente debería estar entre 20-24°C y HR 80% máx en invierno, y 23–26°C en verano (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2010).

H. Tipología

La tipología arquitectónica se entiende como una herramienta que permite identificar, analizar y clasificar obras arquitectónicas, según características comunes, como la organización espacial, función, forma o relación con el contexto.

Leer la arquitectura a través del concepto de tipo implica un proceso de abstracción, donde a partir de la comparación de múltiples ejemplos, se logran eliminar las particularidades para aislar los elementos recurrentes y alcanzar una forma base común, resultando en una herramienta para el análisis arquitectónico; a su vez, en su dimensión proyectual, trasciende la mera clasificación para convertirse en un instrumento que orienta el proceso de diseño (Argan, 1973).

Lejos de considerarlo un mecanismo rígido que obligue a la reproducción mecánica o que inmovilice la arquitectura, el concepto de tipología lleva implícita la idea de cambio y transformación (Moneo, 1978). En conjunto, estas perspectivas permiten entender la tipología no sólo como una categoría de clasificación, sino como una herramienta proyectual clave para el desarrollo de propuestas arquitectónicas contemporáneas.

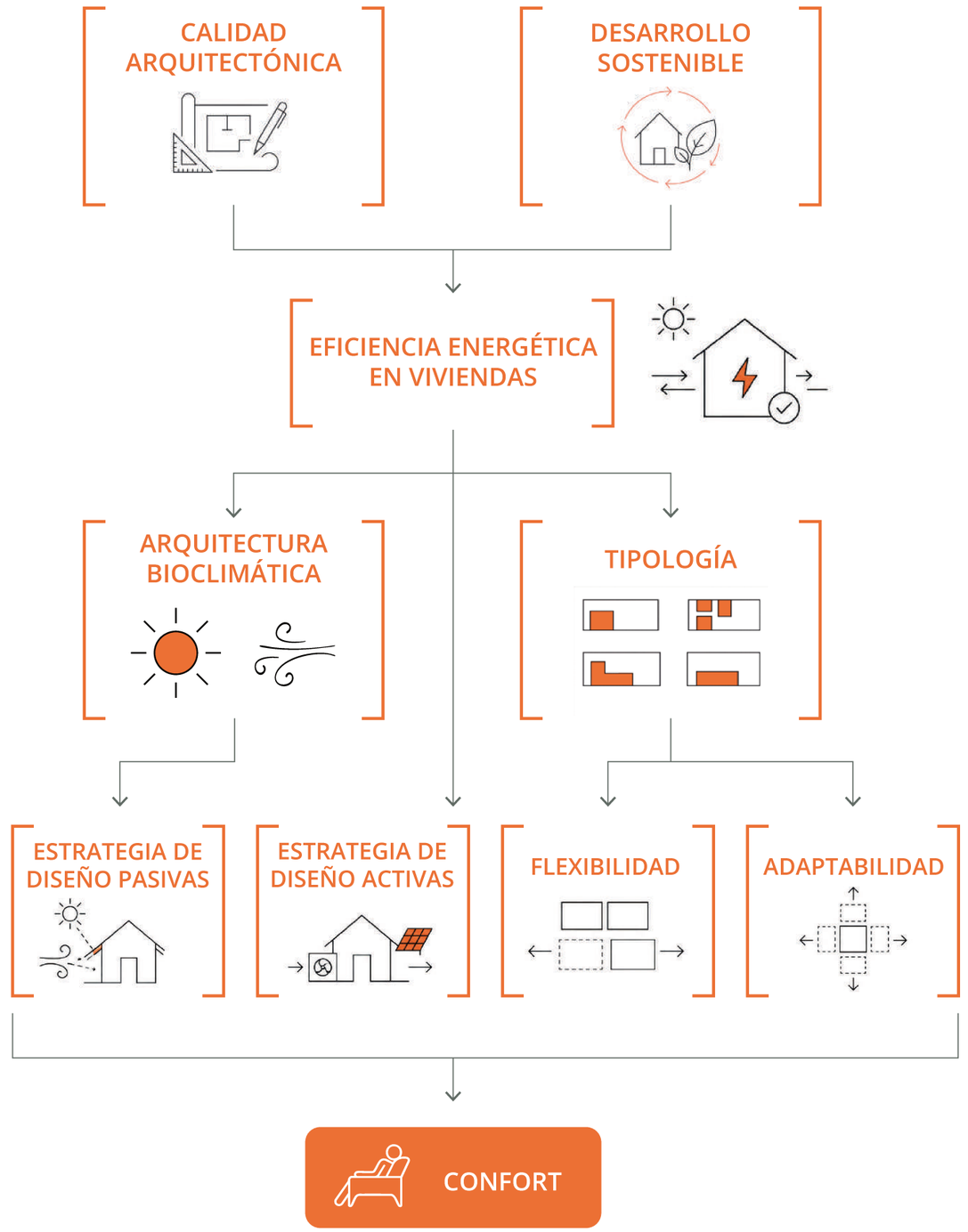
I. Flexibilidad

La flexibilidad, es una condición esencial del espacio habitable (Habraken, 1975). Los espacios flexibles implican definir una adecuada articulación de los diversos sistemas que confluyen en la vivienda, de manera tal que permitan la evolución, de ésta manera se piensa la vivienda no como un producto terminado, sino como un soporte capaz de ser mejorado. La flexibilidad se relaciona con estrategias de transformación del espacio (tabiques móviles- desmontables, mobiliario liviano) (Montaner y Muxí Martínez, 2006). Se relaciona con el concepto de movilidad. La primera regla de la flexibilidad es la existencia de espacios con la misma jerarquía posible, es decir, de tamaños semejantes de manera que cada grupo pueda apropiárselos de manera singular. Otro indicio es que se puedan distribuir los muebles en el espacio de más de una manera (Alconchel 2018. p. 61).

J. Adaptabilidad

Es la facilidad con la que un sistema o componente puede modificarse para mejorar sus condiciones y adaptarse al entorno (Bubner, 1974). Es un factor básico de la sostenibilidad. Se refiere a la capacidad de la vivienda a adaptarse a las condiciones climáticas a través de estrategias de diseño. También refiere a la capacidad de adecuarse a diferentes situaciones familiares en el tiempo y a diferentes agrupaciones personales. La adaptabilidad se relaciona con estrategias que preveen futuros cambios en la vivienda (pisos y cielorrasos continuos, tabiquería liviana) (Montaner; Muxí, 2006). Se relaciona con el concepto de evolución y actividades prolongadas en el tiempo.

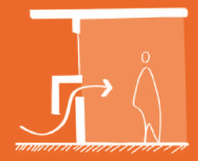
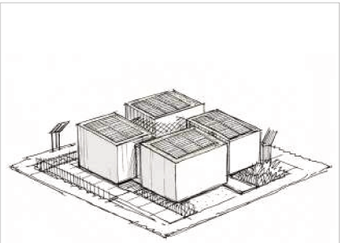
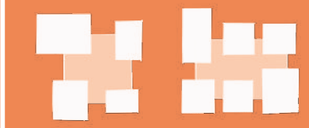
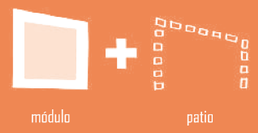
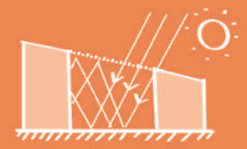
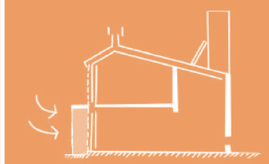
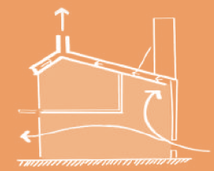
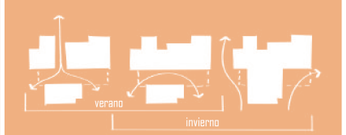
ESQUEMA DE RELACIONES TEÓRICO - CONCEPTUAL

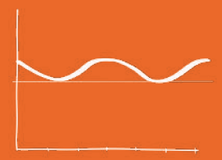
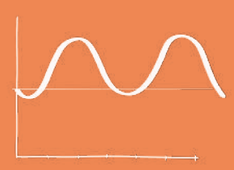
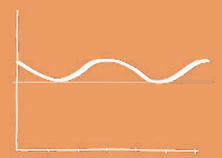
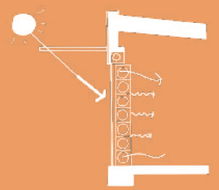
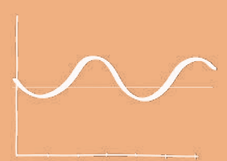


03

ÁNALISIS DE ANTECEDENTES PROYECTUALES

Análisis comparativo de antecedentes

PROYECTO		IMPLANTACIÓN	FORMA / COMPACIDAD	ESPACIOS INTERMEDIOS	VENTILACIÓN NATURAL	CONTROL SOLAR
	**Casa Eficiente** Florianópolis, Brasil 2007 Alexandra Albuquerque Maciel, Suel y Ferraz de Andrade	 Aislada, libre de medianeras. Aprovecha todas las orientaciones para sol y viento.	 Volumen compacto en dos niveles.	 Terrazas, espacios exteriores integrados.	 Ventilación cruzada y diferencia de altura entre aberturas.	 Aleros fijos y protecciones móviles.
	**Patio 2.12** Madrid, España 2012 Andalucía Team, Javier Terrados Cepeda, Universidad de Sevilla	 Pabellones alrededor del patio central, de orientación variable.	 Compacidad variable mediante “piel flexible”.	 Patio central como regulador térmico.	 Ventilación cruzada.	 Piel cerámica + parra tecnológica regulable.
	**Casa Solar** La Plata, Argentina 1984 Elías Rosenfeld, Jorge Luis Guerrero. Olga Ravella	 Conjunto de 30 viviendas que evita sombras entre unidades y prioriza asoleamiento.	 Forma compacta tipo dúplex.	 Invernadero - secadero solar como espacio tapón.	 Ventilación cruzada + chimenea solar.	 Protecciones según orientación (especial E–O).
	**Casa Litoral** Región del Litoral, Argentina. 2002 César Carli	 Implantación dispersa que ocupa el lote completo. “Calle-patio” como eje.	 Partido bi-nuclear.	 Calle patio como corazón de la vivienda.	 Ventilación inducida por tubo Venturi.	 Techo sombra, pérgolas y vegetación.

ENVOLVENTE	INERCIA TÉRMICA	VEGETACIÓN	GESTIÓN DEL AGUA	ESTRATEGIAS ACTIVAS	FLEXIBILIDAD	MODO DE HABITAR
 Muros dobles con aislación + DVH.	 Alta.	 Cubierta verde + trepadoras + especies nativas.	 Recolección de lluvia para usos no potables y tratamiento de aguas grises y negras.	 Solar térmica + fotovoltaica + ventilación mecánica nocturna.	 No contempla crecimiento.	 Experimental / educativo.
 Sist. multicapa de construcción en seco + aislación térmica continua + carpinterías de DVH.	 Baja–media.	 Parra tecnológica motorizada.	 Reciclado de aguas grises.	 Fotovoltaica + solar térmica + bomba de calor + domótica.	 Crecimiento modular por agregación.	 Flexible, mutable, adaptable.
 Muros MAC + ladrillo hueco.	 Muy alta.	 Vegetación caduca/perenne según orientación.	 Sistema de calentamiento solar y Muro Colector Acumulador.	 No posee (bajo costo).	 No contempla crecimiento.	 Vivienda social.
 Sistema tradicional + envolvente móvil.	 Media.	 Vegetación caduca/perenne según orientación.	 Cubiertas cóncavas como captadores de lluvia.	 Hogar-chimenea-asador polivalente.	 Crecimiento libre por agregación binuclear.	 Habitar estacional, interior–exterior continuo.

Conclusión de antecedentes y criterios transferibles al caso de estudio

Se ha detectado que en climas templados - cálidos, las estrategias pasivas más recurrentes y eficaces son aquellas que combinan **espacios intermedios (patios, galerías)** con **control solar y ventilación natural selectiva,** reduciendo la dependencia de sistemas activos.

Del análisis comparado de los antecedentes se concluye que las estrategias de eficiencia energética resultan más efectivas cuando forman parte del planteo proyectual desde las etapas iniciales del diseño, en lugar de incorporarse como soluciones aisladas.

En todos los casos estudiados, la implantación consciente, **priorizando orientación solar y vientos dominantes**, aparece como una condición fundamental para el desempeño energético. Asimismo, la **incorporación de espacios intermedios** (patios, galerías, invernaderos o calles-patio) se consolida como una estrategia recurrente para regular el intercambio térmico entre interior y exterior.

Se observa también que las viviendas más eficientes **no responden a una forma definida**, sino a una lógica de **compacidad variable, capaz de adaptarse** estacionalmente, con una ventilación natural selectiva de acuerdo a los momentos del día y del año.

En términos constructivos, la combinación de envolventes con **elevada aislación,** inercia térmica, **protecciones solares** adecuadas y **ventilación natural controlada** constituye un conjunto de herramientas proyectuales transferibles a distintos contextos climáticos cálidos, templados y con elevada humedad relativa.

Los antecedentes demuestran que las estrategias pasivas, cuando son integradas al partido arquitectónico y al modo de habitar, permiten alcanzar altos niveles de confort higrotérmico con bajo consumo energético, constituyendo parte del fundamento del presente trabajo.

Casa eficiente



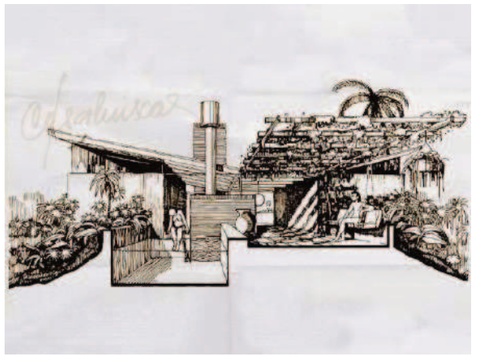
Patio 2.12



Casa Solar



Casa Litoral



Fuentes:
- *Carli (2003).*
- *Conarquitectura (2013).*
- *Lamberts el al (2010).*
- *Rosenfeld et al (2009).*
- *Rosenfeld et al (2004).*
- *Terrados-Cepeda et al (2015).*

04

DIAGNÓSTICO MULTIDIMENSIONAL

El diagnóstico multidimensional del caso de estudio constituye el eje técnico y metodológico de esta tesis, influyendo de manera directa tanto en el desarrollo del manual como en el diseño del anteproyecto de vivienda planteado en los objetivos. Esta propuesta arquitectónica aplica de forma práctica las estrategias sobre un lote testigo, cuyas características representan el lote promedio de la localidad. A continuación, se desarrolla un análisis integral de las dimensiones condicionantes del proyecto.

A. Lectura territorial urbana

La ciudad fue fundada en 1858, se sitúa sobre la Ruta Provincial N.° 6, a unos 45 kilómetros al oeste de la ciudad de Santa Fe, y a 25 km del municipio de Sauce Viejo. San Carlos Centro se ubica geográficamente dentro de la llanura pampeana santafesina, cuenta con una población aproximada de 12.322 habitantes (INDEC, 2023) y una densidad de edificación baja característica de las pequeñas ciudades del interior de nuestra provincia. El crecimiento urbano es sostenido, ya que la ampliación de la trama urbana y apertura de nuevos loteos se da de manera continua y controlada.

La expansión urbana, limitada al sur por la localidad vecina de San Carlos Sud y al este por áreas bajas susceptibles a inundaciones, concentra su mayor potencial de crecimiento en el sector oeste de la ciudad, donde ya se observan múltiples desarrollos de suelo. Este territorio constituye un escenario estratégico para actuar preventivamente sobre los procesos de diseño y construcción residencial, antes de que los patrones ineficientes se consoliden.

En la actualidad, la necesidad de nuevos loteos para la construcción de viviendas es un tema recurrente, motivado por la escasez de terrenos disponibles y los elevados costos del suelo en el tejido urbano consolidado. En consecuencia, esta problemática habitacional ha catalizado un renovado interés, tanto en el órgano ejecutivo y legislativo como en los miembros de la comunidad, por la imperante actualización del Código de Edificación y el Planeamiento Urbano de la ciudad. Este contexto, enmarcado en la visión de la gestión local bajo el lema “construyendo futuro”, posiciona a la ciudad en un punto de inflexión estratégico. Se presenta una oportunidad propicia para repensar las formas de habitar no solo desde la perspectiva urbanística y social, sino integrando rigurosamente criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica.

Esto implica, fundamentalmente, la necesidad de incorporar principios de eficiencia energética en el diseño de nuevos desarrollos y en la revisión de los estándares constructivos, asegurando así la reducción de la demanda y el impacto ambiental del crecimiento urbano.

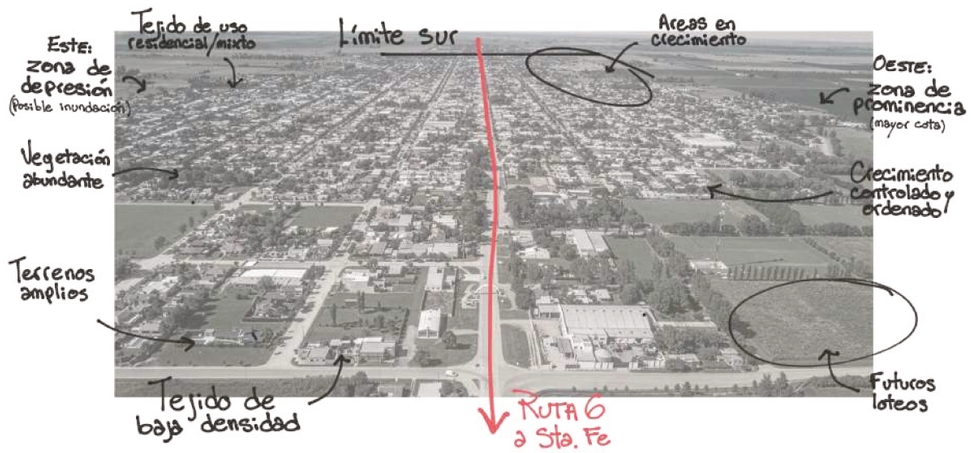
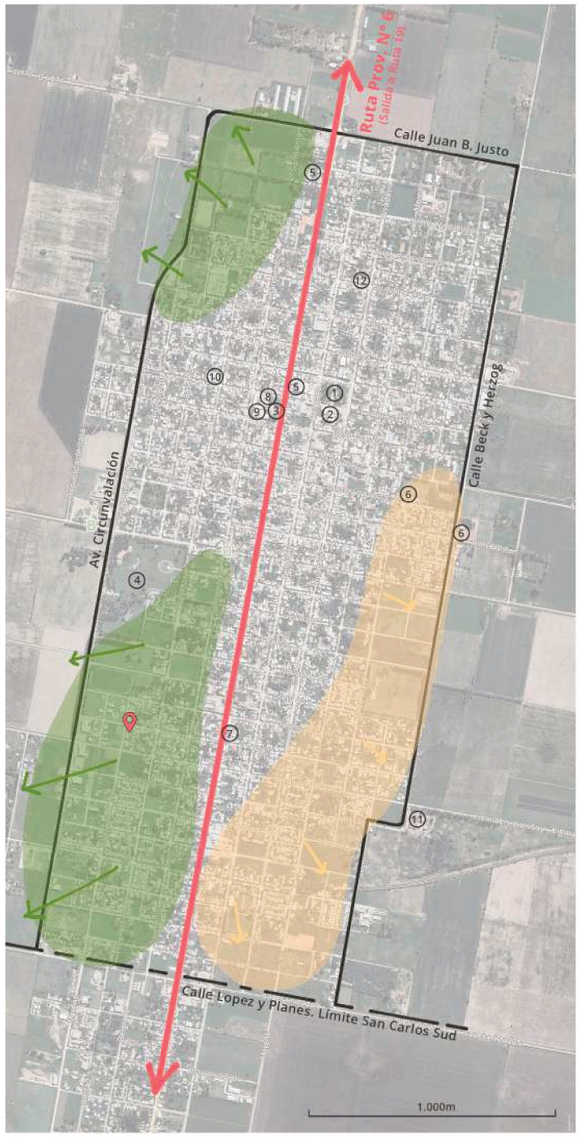


Fig 5: Esquema lectura territorial. Elaboración propia.



REFERENCIAS

Localización del proyecto

1 Plaza San Martin
2 Templo San Carlos Borromeo
3 Museo de la Colonia San Carlos
4 Paseo Parque de la ciudad
5 Club Atlético Argentino
6 Club Central San Carlos
7. Escuela Primaria N° 635
8. Escuela Primaria N° 356
9. Escuela Secundaria N° 213
10. Escuela Secundaria N° 631
11. Hospital Pedro Suchón
12. Clínica Las Colonias

Zona de potencial expansión

Zona de expansión restringida

(La topografía descendente hacia el oeste condiciona el desarrollo urbano, promoviendo una expansión más favorable hacia las cotas más elevadas del este.)

Fig 6: Esquema urbano de San Carlos Centro. Fuente: Google Earth. Elaboración propia.

B. Historia de la Colonia San Carlos

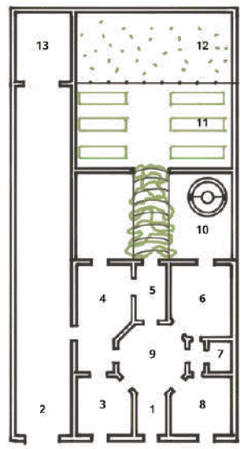
El presente relato histórico se basa en la obra del Dr. Horacio Alfredo Tourn, “Cronología de la inmigración italiana en la Colonia San Carlos”.

La llegada de las primeras familias a la Colonia San Carlos se produjo en 1858, en sincronía con las grandes corrientes migratorias que comenzaron en 1855, cuando ingresaron al país 39.967 inmigrantes. El primer asentamiento se estableció en lo que hoy es San Carlos Sud, pero las diferencias de idioma y origen entre alemanes, franceses e italianos pronto generaron tensiones. En 1861, los católicos levantaron al norte una capilla para realizar sus cultos, sin intención de fundar un nuevo pueblo, aunque de hecho dieron origen a la plaza central. Con el paso del tiempo, la colonia se fue estructurando en tres núcleos: alemanes y suizos en el sur, franceses e italianos en el norte y, en el centro, un espacio más cosmopolita.



Fig 7: Primeros ranchos en la colonia San Carlos (1860-1890). Foto: Dr. Horacio Tourn





1. Entrada principal
2. Entrada carruajes
3. Comedor
4. Cocina
5. Patio de invierno
6. Dormitorio
7. Baño
8. Dormitorio
9. Living
10. Patio social
11. Huerta.
12. Gallinero
13. Establo

Fig 8: Foto y planta de una Casa patio en San Carlos Centro. Fuente: Dr. Horacio Tourn

Quince años después de la fundación ya se observaban viviendas que habían evolucionado mucho respecto a los primeros ranchos. Eran de ladrillo de 30 x 15 x 6 cm, y algunas se techaban con tejas importadas de Marsella. En 1886 llegó el ferrocarril y hacia 1900 todavía se veían casas de adobe y techos de paja, junto con otras más elaboradas que adoptaron la tipología conocida como "casa chorizo", con habitaciones en fila, comunicadas entre sí y con puertas hacia una galería y un patio lateral. Muchas de ellas aún se preservan en la ciudad.

La mayoría de las viviendas poseía dos ingresos, uno para los carruajes y otro principal, y tres patios sucesivos: el primero con glorietas, bancos y aljibe, destinado a reuniones familiares; el segundo con quinta y frutales; y el tercero para la cría de gallinas, patos y conejos.

La mampostería de carga alcanzaba los 45 centímetros de espesor y se asentaba con mezcla de barro o cal, mientras que la tirantería era de maderas duras y la cubierta de chapa de zinc. Los pisos se resolvían con listones machihembrados de pinotea y, en muchos casos, las casas ocupaban casi el largo de una cuadra. Las excavaciones realizadas para extraer la tierra destinada a la producción de ladrillos se reutilizaban como sótanos abovedados para conservar alimentos. Con el tiempo, las viviendas se subdividieron y muchos de esos sótanos fueron tapados; algunos aún se conservan, aunque la altura de las napas freáticas los volvió en gran parte inaccesibles.

Durante estas décadas, la arquitectura sancarlina fue incorporando diferentes estilos, reflejo de la prosperidad de la colonia.

Hoy todavía sobreviven palabras y dialectos heredados de los primeros inmigrantes: en San Carlos Sur se percibe la impronta alemana, mientras que en San Carlos Centro predomina la piamontesa.



Fig 9: Sótano abovedado y reforzado en sus laterales. Foto: Horacio Tourn

C. Factores ambientales que condicionan el proyecto

La ciudad de San Carlos Centro, ubicada en el departamento Las Colonias, se localiza en la Zona bioambiental IIa - cálida (IRAM 11603). En esta zona, es el verano la estación crítica, con valores de temperatura media mayores que 24 °C y temperatura máxima mayor que 30 °C. Las mayores amplitudes térmicas ocurren en esta época del año, con valores de 16 °C como máximo. Asimismo, durante este período se registra la mayor presión de vapor, con valores medios que no superan los 2135 Pa (equivalentes a 16 mm Hg). Esta condición refuerza la necesidad de considerar cuidadosamente la aislación higrotérmica de la envolvente edilicia, con el fin de prevenir el riesgo de condensación intersticial y superficial. El invierno es más seco, con bajas amplitudes térmicas y temperaturas medias comprendidas entre 8 °C y 12 °C. A diferencia de la subzona "IIb" -donde se encuentra la ciudad de Santa Fe-, la subzona "IIa" se caracteriza por amplitudes térmicas mayores a 14°C. La Temperatura de Diseño de Mínima Nocturna (TDMN) es de -2,6°C. De esta manera, se elabora una tabla en base a los valores máximos admisibles de transmitancia térmica (Kadm). Se concluye que para los muros, la mayor exigencia se presenta en el invierno; mientras que para la cubierta la mayor exigencia se presenta en el verano. Se presenta una tabla resumen útil para el momento de dimensionar las aislaciones de cubierta y muro, y se propone una nueva categoría intermedia entre A y B -no incluida en la norma- cuyo objetivo es encontrar un equilibrio entre eficiencia térmica y costo constructivo.

Nivel	CONDICIÓN INVIERNO **MURO**	CONDICIÓN VERANO **CUBIERTA**
	Zona Centro (Ted) -3°C*	Zona II
C	1,59 W/m²K	0,72 W/m²K
B	0,91 W/m²K	0,45 W/m²K
B1	0,62 W/m²K	0,31 W/m²K
A	0,33 W/m²K	0,18 W/m²K

** Si bien la TDMN de Sauce Viejo es -2,6°C se toma el valor inmediato superior.*
B1 no está incluido en la Norma, y se constituye por " B1 = (B + A) / 2 "

Tabla 1: Tabla resumen valores K máximos admisibles para muro y cubierta en las condiciones de invierno y verano. Fuente IRAM 11603. Elaboración: Puig (2023)

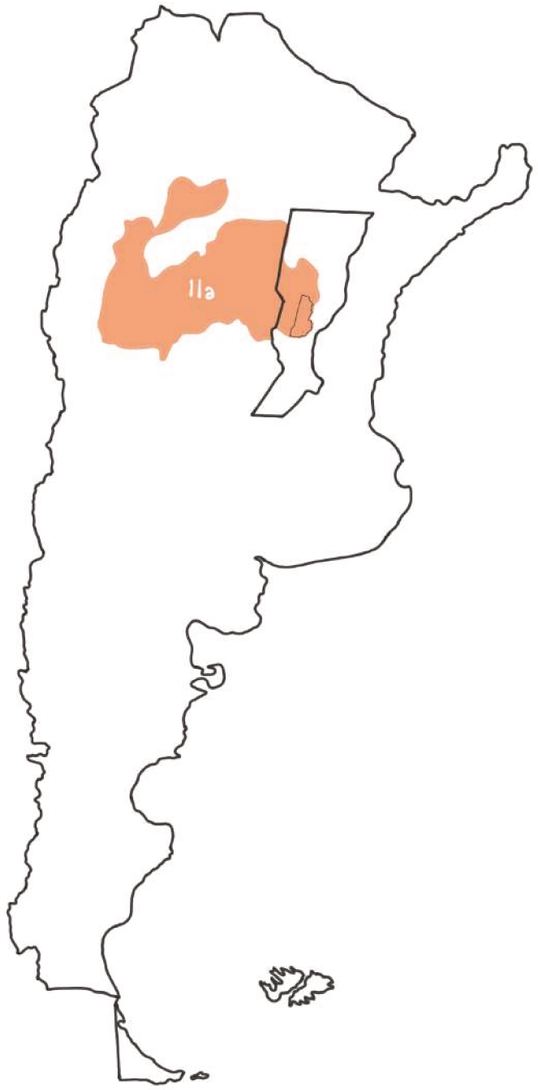


Fig 10: Clasificación Bioambiental. Subzona IIa. Departamento Las Colonias.
Fuente: Elaboración propia a partir de Norma IRAM 11603

Para determinar las condiciones climáticas del sitio se han utilizado datos climáticos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la estación meteorológica más cercana (Sauce AERO). Para el procesamiento de dichos datos, se utilizó la aplicación Center For the Built Environment (CBE) Clima Tool y Green Building Studio (GBS).

Asoleamiento

Los ángulos de azimut y elevación son datos claves que van a condicionar el proyecto arquitectónico y que deben ser analizados particularmente en cada sitio y su respectivo clima. Estos datos pueden observarse en una Carta Solar (fig 11) y permiten diseñar protecciones solares específicas que permitan el ingreso de la radiación en invierno y eviten ganancias innecesarias en periodo verano. (Czajkowski, 2002)

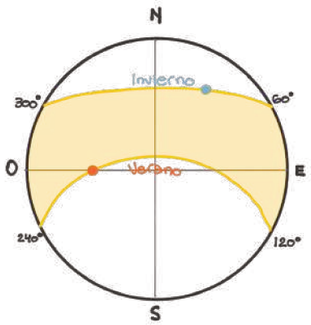


Fig 11: Carta Solar.
Elaboración Propia

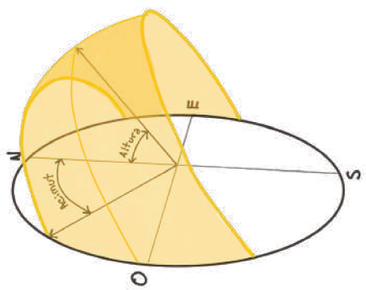


Fig 12: Azimut y altitud.
Elaboración Propia

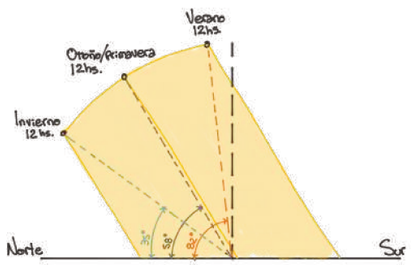


Fig 13: Altitud del sol.
Elaboración Propia

Temperatura:

La temperatura de bulbo seco (Fig 14), oscila entre los 12,5 y 25°C la mayor parte del año (57%). Un 12,3% del año desciende de los 10°C y un 11,9% es superior a los 27,5°. Es importante, tener en cuenta, que en los últimos años, la temperatura ha ido aumentando cada vez más, y ésto se debe, según la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), al Cambio Climático. El SMN afirma que, a partir de 2010 se registraron los 7 años con mayor temperatura en el país, y que las anomalías en las temperaturas, tanto en invierno como en verano son cada vez mayores, siendo los inviernos más fríos y los veranos más calurosos.

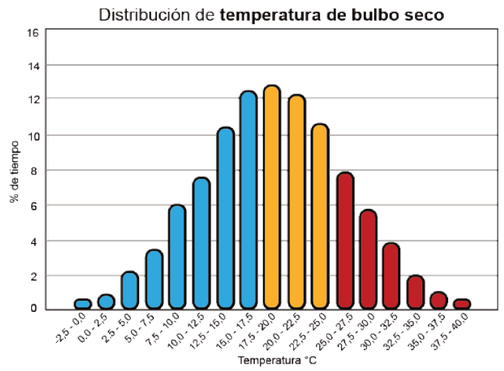


Fig 14: Temperatura de bulbo seco anual. San Carlos Centro
Fuente: Elaboración propia en base a datos del SMN.

Humedad:

La humedad relativa (Fig 15) es alta, la mayor parte del tiempo (18%) se encuentra entre valores de 80-90%. Gran parte de los días del año (69%) la humedad relativa oscila entre el 60-100%, el resto del año, se encuentra mayormente en los rangos de 30-60% y muy rara vez desciende de éstos.

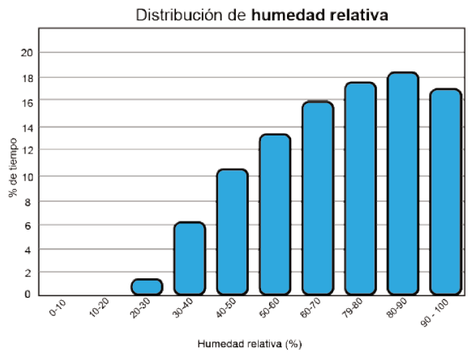


Fig 15: Humedad relativa anual. San Carlos Centro
Fuente: Elaboración propia en base a datos del SMN.

Vientos:

El viento, aire en movimiento, involucra 3 de los 4 parámetros que condicionan la sensación térmica: (1) Temperatura; (2) Contenido de vapor de agua (humedad); (3) Movimiento (velocidad del aire).

En San Carlos Centro, la velocidad promedio de los vientos no es alta, la mayor parte del año (66%) predominan velocidades de entre 1.0m/s y 4.0m/s.

En verano prevalece el viento norte y noroeste y, en invierno, el norte y noroeste. Además de éstos, en la región existen otros vientos como el pampero, la sudestada y el viento norte, que influyen singularmente en los cambios de tiempo.

El viento norte es una de las principales corrientes de aire que afecta al clima de la provincia de Santa Fe, especialmente en la región centro. Este viento predominante proviene de latitudes tropicales y suele ser cálido, seco e intenso, generando un aumento significativo de la temperatura y la sensación térmica durante las estaciones de primavera y verano.

El pampero es un viento fuerte que sopla desde la dirección sudoeste; es un viento frío y seco que provoca bruscos cambios de temperatura y tormentas cortas y eléctricas. Por este motivo, se debe proteger el edificio y aislarlo de posibles infiltraciones en la orientación sur.

La sudestada ocurre cuando vientos del Pacífico, atraviesan la Patagonia secos y se humedecen al llegar al Atlántico dirigiéndose hacia el sudeste. Es un viento frío y húmedo que provoca lloviznas persistentes. Se presenta entre abril y octubre.

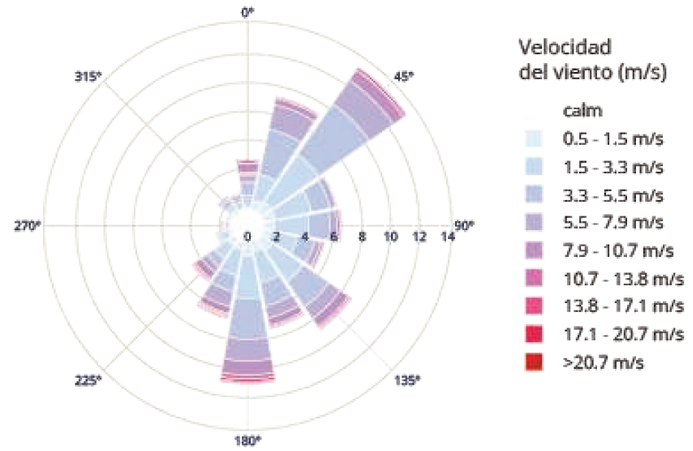


Fig 16: Rosa de los vientos anual. Fuente: Elaboración propia en base a datos del SMN

Diagrama psicrométrico: humedad, temperatura y estrategias recomendadas para San Carlos Centro.

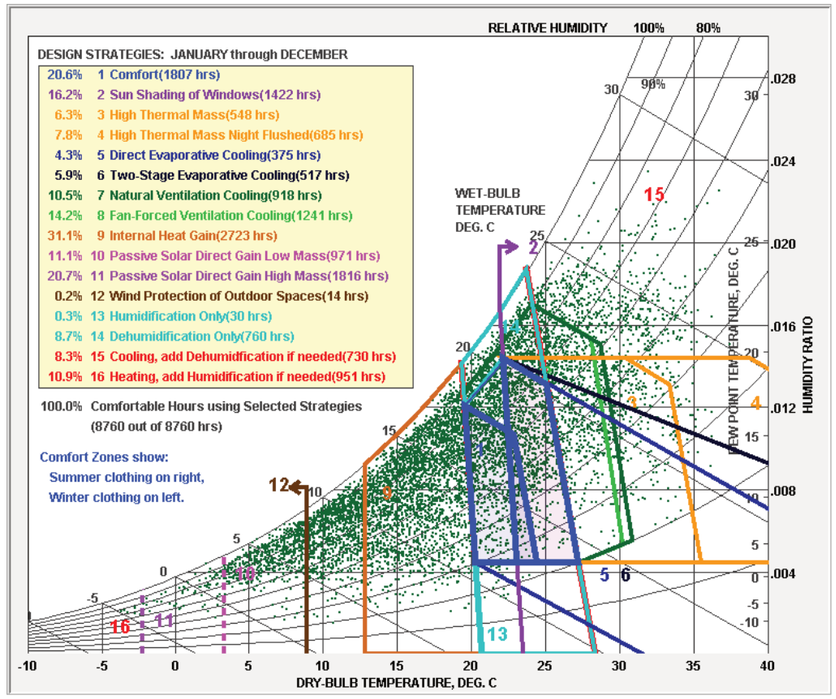


Fig 17. Tabla Psicrométrica. Fuente: Datos SMN estación climática Sauce AERO 2011-2025. Elaboración propia.

El diagrama psicrométrico evidencia el carácter templado húmedo, con temperaturas moderadas y una marcada influencia de la humedad ambiental sobre el confort térmico. Solo el 20,6% de las horas anuales se encuentran naturalmente dentro de la zona de confort, lo que demuestra la necesidad de recurrir a estrategias pasivas y activas para alcanzar condiciones habitables adecuadas durante gran parte del año.

La estrategia más significativa es la ganancia de calor interna (31,1 %), resultado del calor generado por las personas, la iluminación y los electrodomésticos, que contribuye de manera importante al confort en los meses fríos. Le siguen en importancia la ganancia solar directa pasiva de alta masa (20,7 %) y la ganancia solar directa de baja masa (11,1 %), que reflejan el potencial del aprovechamiento solar invernal (ya sea mediante muros y pisos de alta inercia térmica o a través de envolventes más livianas).

Durante los meses cálidos y húmedos, adquiere relevancia la protección solar en ventanas (16,2 %), que reduce la radiación directa y previene el sobrecalentamiento, la ventilación forzada (14,2%), ventilación natural (10,5%) y la deshumidificación (8,7%) .

D. Factores socio–económicos que condicionan el proyecto

Quienes construyen nuevas viviendas en San Carlos Centro es en su mayoría población que busca independizarse de manera tardía de la casa de sus padres. Se trata mayoritariamente de parejas jóvenes, con estudios secundarios completos y, en algunos casos, con título universitario; con un nivel de ingresos medio/alto y acceso a todos los servicios básicos. Este grupo familiar, en principio formado por dos personas, va creciendo con el tiempo, llegando a consolidarse -en promedio- con 4 integrantes. Quienes deciden construir su vivienda en San Carlos Centro lo hacen en búsqueda de comodidad (grandes espacios interiores, áreas de ocio, patio, galería, pileta) y tranquilidad, aprovechando que se trata de una ciudad sin demasiada contaminación auditiva y segura.

Si bien el perfil social es heterogéneo, hay dos factores que se repiten en la mayoría de los casos.

Uno refiere una comunidad que repite prácticas tradicionales que no contemplan la utilización de estrategias bioclimáticas y energéticamente eficientes. Como factor económico condicionante, debido a la crisis económica actual que enfrenta el país, es indispensable pensar en métodos que contemplen la etapabilidad de la construcción, pensando en la vivienda no como un producto terminado, sino como un soporte capaz de ser mejorado.

En ambos casos, estos puntos no son interpretados como un problema, sino como una oportunidad para presentar soluciones “innovadoras” y situadas al contexto local.

E. Factores normativos que condicionan el proyecto

San Carlos Centro cuenta con un Reglamento General de Edificación desarrollado en el año 1989, el cual no se encuentra digitalizado y ha tenido poca difusión entre la comunidad y los profesionales. Esta normativa, que tiene casi 40 años de vigencia, en muchos de sus apartados se encuentra obsoleta.

El proyecto de ordenanza -actualizaciones del reglamento- más importante de destacar es la Ordenanza Municipal N° 944/19 que indica que, en cualquier parte de la ciudad: (1) los lotes deben tener frente de mínimo 12 metros y sup. mínima de 300m²; (2) la altura máxima de la construcción no puede superar los 12 m de altura. Ésta misma ordenanza detalla los usos de suelo permitidos, Factor de Ocupación Total (FOT), Factor de ocupación del Suelo (FOS) y Factor de Superficie Absorbente (FSA), para cada sector de la ciudad.

En el presente proyecto, se considera un lote testigo ubicado en el sector tejido mixto de densidad media (MDM1) cuyas condicionantes son: (1) FOS: 0,8; (2)FOT: 2; (3) FSA: 0,1; (4) Hmax: 12m; (5) Ctro. manzana: 1/5; (6) estacionamiento mínimo: 1 módulo por unidad de vivienda.

Dentro de las normativas actuales de la ciudad, no existe ningún tipo de regulación relacionada a la calidad energética de la vivienda, tampoco se encuentra adherida al etiquetado de eficiencia energética de inmuebles destinados a vivienda (Ley provincial 13.903/19).

05

ESTRATEGIAS Y LINEAMIENTOS PROYECTUALES

Los lineamientos y estrategias proyectuales que se detallan a continuación constituyen la base del trabajo. Estas premisas se desarrollan en el Manual de Herramientas de Diseño Sostenible (MHDS) el cual se incluye en el Anexo I.

Acondicionamiento Pasivo

Incorporar estrategias de diseño pasivas como variables desde el inicio del proyecto es el principio de la arquitectura bioclimática, se propone un orden lógico y secuencial que estructura el proceso de diseño desde las variables macro hasta los componentes técnicos específicos. Esta secuencia propuesta se inicia en la escala del entorno (emplazamiento, asoleamiento y ventilación), para luego abordar la tipología espacial, la envolvente edilicia, los sistemas de control y, finalmente, los sistemas complementarios.

Entorno [EN]

Constituye la primera escala de intervención y define el posicionamiento de la arquitectura frente a las preexistencias de su territorio. Toda edificación se implanta en un contexto geográfico y climático específico que impone un conjunto de fuerzas condicionantes, ante las cuales la forma arquitectónica debe responder para regular el flujo de energía, luz y aire.

Dentro de esta categoría se agrupan las estrategias proyectuales vinculadas a decisiones que tienen en cuenta las condiciones propias del sitio y que influyen en el desempeño energético de la vivienda.

Para ello, el manual desarrolla tres categorías fundamentales para pensar la relación del hombre - vivienda: el **emplazamiento, el asoleamiento y la ventilación,** entendidos como los principales lineamientos para garantizar construcciones que se adecuen bioclimáticamente y conformen un hábitat racional, económico y con el mayor grado de eficiencia.

Emplazamiento

Una de las principales decisiones proyectuales en la etapa de anteproyecto es el análisis de las características del sitio, considerando las condiciones del entorno natural y del entorno antrópico. Entre las variables de mayor incidencia se encuentran la orientación del terreno, ya que no es lo mismo proyectar en lote con frente al norte que en otro con frente al oeste, ni un lote entre medianeras con otro en esquina; además la vegetación existente, las condiciones de medianería, la proximidad y altura de las edificaciones linderas, el ancho de las calles, las dimensiones del lote y los factores climáticos condicionantes.

La evaluación de estas variables permite establecer los criterios de las estrategias proyectuales, para implementar al momento de tomar decisiones de emplazamiento. En este sentido, el emplazamiento articula las operaciones proyectuales fundamentales que definen aspectos como la orientación del edificio, la organización funcional, el aprovechamiento del asoleamiento, la ventilación natural y la relación con el entorno inmediato. La incorporación de estos criterios desde las etapas iniciales del proyecto permite mitigar problemas futuros y desarrollar propuestas arquitectónicas ambientalmente conscientes, adaptadas a las particularidades de cada lote.

Asoleamiento

Según Czajkowsky y Gómez (2002), uno de los principios más importantes de la arquitectura se refiere a la exposición del edificio al sol. La incorporación de estrategias que **permitan el ingreso de radiación solar en invierno, y controlen la radiación en verano** son la base para cualquier proyecto arquitectónico en nuestra región.

En términos proyectuales, la aplicación de estrategias de asoleamiento constituye una herramienta fundamental para la implantación y organización espacial del proyecto, permitiendo definir la orientación de la vivienda, la ubicación de los espacios según sus requerimientos de uso y las relaciones entre interior y exterior que pueden optimizarse a través del uso de estrategias y análisis de las condiciones de asoleamiento.

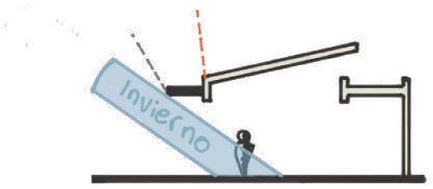


Fig 18: Esquema de aprovechamiento solar en invierno. Elaboración propia.

Ventilación

En climas húmedos como el de San Carlos Centro, resulta conveniente incorporar estrategias que favorezcan la ventilación natural, con el fin de favorecer el confort térmico y reducir la demanda de climatización. En términos proyectuales, resulta primordial incorporar estrategias de ventilación desde las primeras etapas de diseño ya que condicionan a la vivienda en términos de organización funcional y morfológicos.

Las estrategias pasivas de ventilación natural se materializan sin la mediación de dispositivos mecánicos como extractores, ventiladores o sistemas de climatización activa, en cambio se siguen criterios pasivos que tienen en cuenta la disposición de los locales y la incorporación de dispositivos pasivos de apoyo, sin comprometer variables como privacidad, visuales y estanqueidad.

Tipologías [T]

En cuanto a las estrategias proyectuales de carácter tipológico, las mismas constituyen una decisión fundamental que condiciona el comportamiento energético de la vivienda desde la etapa de anteproyecto. Para la elección tipológica adecuada, se tiene en cuenta las condiciones climáticas del sitio y los requerimientos funcionales, y el equilibrio entre eficiencia energética, confort y calidad espacial. El aprovechamiento o no de las variables climáticas del sitio también toma en cuenta variables como la morfología, orientación, constructividad, funcionalidad, flexibilidad y adaptabilidad.

La forma de una vivienda impacta directamente en la eficiencia energética y el gasto. Dos casas del mismo tamaño y materiales no consumen lo mismo. Tipologías compactas tienen menor superficie de envolvente expuesta al exterior lo que significa menores pérdidas térmicas en invierno; por otro lado tipologías alargadas incrementan la exposición solar y, si se orientan correctamente, se aprovechan las ganancias solares necesarias en invierno, tipologías dispersas mejoran la relación con el entorno y con la correcta disposición de aberturas mejoran la circulación de los vientos. El desarrollo de dichas tipologías y las ventajas y desventajas se presentan en el MHDS en el Anexo I.

Envolvente [EV]

La envolvente arquitectónica constituye el sistema de delimitación física entre el ambiente interior y el entorno exterior, conformada por todos los elementos constructivos expuestos directamente al clima: muros, cubiertas, pisos y aberturas.

Para las estrategias proyectuales de carácter tectónico, se presentan soluciones constructivas que tienen en cuenta, no sólo por sus prestaciones térmicas, sino también la viabilidad constructiva y la accesibilidad a escala local. Este criterio promueve la implementación de estrategias proyectuales que

permitan desarrollar construcciones energéticamente eficientes y contribuyan a un menor impacto ambiental.

Czajkowski (2002) recomienda, para cualquier lugar del país la Regla es 5 + 10 x 2 y 10%. Esta regla implica 5 cm de aislamiento térmico liviano (lana de vidrio, EPS, PUR, Celulosa, etc.) en muros, 10 cm de aislamiento en techos, doble vidriado hermético o DVH en ventanas de media prestación y que la relación entre la superficie exterior vidriada sobre la opaca no supere el 10%. Si se desea superar el 10%, habrá que compensar en muros y techos.

Sistemas de control y protección [P]

El criterio proyectual para la incorporación de estos sistemas, responde a las características de la orientación de cada fachada, al recorrido solar y a las necesidades funcionales de los espacios cubiertos o semicubiertos.

Los sistemas de control y protección solar comprenden un conjunto de estrategias y dispositivos diseñados para regular el ingreso de radiación solar en los edificios. La implementación de estas estrategias permite optimizar el comportamiento térmico y lumínico de la vivienda, contribuyendo a la reducción del consumo energético destinado a calefacción y refrigeración, además de favorecer el aprovechamiento de la iluminación natural y mejorar el confort.

Mientras en invierno la radiación solar contribuye en forma natural a la calefacción de los edificios, durante el verano la acción solar puede ser excesiva, aumentando las temperaturas interiores por encima de las condiciones de confort, ésto significa que incorporar sistemas móviles o adaptables son de suma utilidad para nuestra región.

La protección solar en las ventanas o, en general, en los huecos acristalados, podrá colocarse en el exterior o en el interior de los locales correspondientes, siendo sustancialmente diferente el comportamiento en uno y otro caso. En el caso de protecciones verticales (persianas, pantallas, parasol, etc) la protección exterior es más efectiva que la interior, pues en este último caso tenemos como desventajas el efecto invernadero y la disipación del calor de la protección, que en gran parte revierte hacia el interior del local (Czajkowski, 2002).

Sistemas complementarios [SC]

Se denominan sistemas complementarios a aquellos que funcionan de manera autónoma aprovechando las fuentes de energía naturales del entorno inmediato (el suelo, el viento, la radiación solar) para dar un apoyo extra al acondicionamiento térmico de la vivienda, reduciendo la necesidad de encender equipos mecánicos activos.

En cuanto a la implementación proyectual de estos sistemas, se tiene en cuenta que los mismos complementan las estrategias pasivas implementadas desde el diseño, y que su integración requiere prever aspectos como la ubicación de los equipos, los recorridos de las cañerías, el mantenimiento y su compatibilidad con la propuesta arquitectónica, en cuanto procurar que su incorporación se haga de forma funcional, estética y constructivamente eficiente. Además se priorizan

soluciones accesibles localmente y que no requieran mano de obra especializada, favoreciendo la factibilidad de implementación y una mayor eficiencia energética con un menor impacto ambiental.

Si bien existen varios sistemas, los más accesibles y recomendados para nuestra región son:

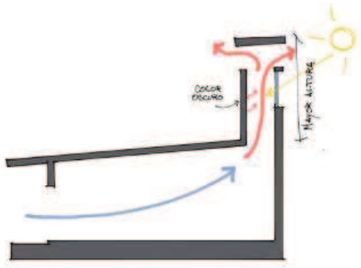


Fig 19: Esquema chimenea solar
Elaboración propia

Chimenea solar:

Eficiente para forzar la ventilación en días calurosos y sin viento. Es un sistema que utiliza la diferencia de presión para succionar el aire caliente y viciado de la casa hacia arriba. El conducto de evacuación se debe encontrar expuesto al sol y con colores oscuros para aumentar la temperatura del aire, utilizando la diferencia de presión para absorber el aire caliente y viciado de la vivienda hacia arriba. A mayor altura de la chimenea, mejor es el rendimiento del sistema.

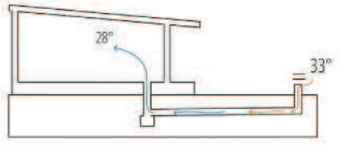


Fig 20: Esquema de pozo canadiense
Elaboración propia

Pozo canadiense:

Utiliza la inercia térmica del suelo que se mantiene a temperatura relativamente constante a partir de los 2 metros de profundidad. Este sistema basado en la geotermia, en invierno el aire exterior frío recorre el tubo y absorbe el calor acumulado en la tierra; mientras que en verano el aire exterior caliente cede calor a la tierra que se encuentra a temperaturas inferiores. Puede ser un complemento ideal (pre–tratamiento) para sistemas de ventilación mecánica con recuperación de calor. Además puede combinarse muy bien con un sistema de chimenea solar en verano que evacue el aire caliente mientras que el pozo canadiense lo inyecta.

Estrategias Activas

La optimización pasiva de la envolvente arquitectónica reduce drásticamente la demanda externa de la vivienda; sin embargo, la eficiencia global del hábitat se consolida mediante la gestión inteligente de los sistemas activos.

En cuanto al criterio proyectual para la elección de las estrategias activas del MHDS, las mismas se conciben como un complemento a las estrategias pasivas, y no como un recurso destinado a compensar deficiencias de la propuesta arquitectónica.

Su incorporación puede preverse desde el anteproyecto para una implementación en etapas posteriores según las necesidades o posibilidades del usuario. Además se priorizan estrategias viables técnicamente, de acceso local y adaptables a diferentes presupuestos, permitiendo que puedan incorporarse progresivamente sin comprometer el desempeño energético de la vivienda.

Artefactos eficientes [AE]

La inversión en tecnologías de alta eficiencia mitiga el impacto ambiental y amortiza los costos operativos a largo plazo, transformando el gasto en inversión.

La utilización de **griferías con aireadores,** inodoros con doble descarga, duchas de caudal limitado y artefactos eficientes, puede lograr la **disminución de un 58% del consumo de agua**[1].

Para el acondicionamiento de aire, la **tecnología Inverter** representa una ventaja técnica significativa sobre los sistemas convencionales (On/Off) eliminando los picos de consumo eléctrico producidos durante los arranques y manteniendo una estabilidad térmica constante, reduciendo el **consumo eléctrico entre un 35-50%.**

La **aerotermia**, es una de las soluciones energéticamente más eficientes en la actualidad para el acondicionamiento térmico. Extrae energía del aire exterior (incluso a bajas temperaturas) para calentar o enfriar agua o aire. Son muy eficientes, porque por cada 1 kW de electricidad consumida, pueden generar 4 kW de energía térmica, es decir una eficiencia del 400%.

La **caldera de condensación** puede ser utilizada para calefacción y producción de agua caliente sanitaria (ACS), se caracteriza por su capacidad de aprovechar no solo el calor sensible de la combustión, sino también la recuperación del calor latente contenido en el vapor de agua de los gases de escape, energía que en los sistemas convencionales se disipa hacia la atmósfera. Alcanzan rendimientos superiores (entre 105% y 109%) al 100% sobre el Poder Calorífico Inferior (PCI) del combustible, lo que representa aproximadamente un ahorro entre 30 y 40% de gas en comparación con un calefactor de tiro balanceado (rendimiento 65-70%).

[1] *Ver Tabla 6 del Anexo II.*

Energías Renovables [ER]

Atendiendo a los niveles de radiación global de la región centro de Santa Fe (Grossi, Righini 2007), se determina la viabilidad técnica para la implementación de **sistemas solares** como estrategia activa clave en el complejo residencial. Específicamente, se proyecta la utilización de **sistemas solares térmicos** para el abastecimiento de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y sistemas solares fotovoltaicos para la generación eléctrica. La integración de ambas tecnologías tiene como propósito mitigar paulatinamente la dependencia de fuentes energéticas fósiles y reducir la huella de carbono operativa de las unidades habitacionales.

Gestión del recurso hídrico [RH]

El agua es un recurso preciado, finito y esencial; cuya gestión responsable constituye una responsabilidad ineludible para la arquitectura. Se propone un plan básico de uso eficiente del agua compuesto por: (1) Reducción y consumo responsable; (2) Captación de agua de lluvia y (3) Reutilización de aguas grises. Estas aguas previamente tratadas, pueden ser almacenadas en un tanque y posteriormente utilizadas para riego, limpieza e inodoros. Si se quisiera completar el sistema, podría complementarse con la reutilización de aguas negras con un tratamiento más complejo, y la reutilización de estas aguas únicamente para riego.

06

CONCLUSIONES Y APORTES DISCIPLINARIOS

Verificación de la hipótesis

A través del modelado energético y la simulación dinámica expuestos en el **Anexo II**, se comparó el proyecto de vivienda propuesto que contempla las estrategias del manual con un caso base tradicional que no las contempla. Los resultados permiten verificar y validar de forma concluyente la hipótesis planteada en esta tesis, demostrando que la utilización de este manual contribuye a un menor impacto ambiental y a un mayor nivel de confort:

> • **Menor impacto ambiental (eficiencia y mitigación):** En términos energéticos, el proyecto propuesto consolidó una **reducción del 81,3% en la demanda de energía útil** respecto al escenario base convencional, disminuyendo los requerimientos globales de 7607 kWh/año a apenas 1420 kWh/año. En la escala operativa de la vivienda, esto se traduce en una reducción de la huella de carbono de **2,15 Tn de CO^2 anuales,** equivalente a la fijación neta de un bosque de **107 árboles** en un año.

> • **Mayor nivel de confort para sus habitantes:** El análisis de habitabilidad bajo el Modelo de Confort Adaptativo (Norma ASHRAE 55) demuestra que las decisiones tomadas orientadas por el manual incrementan **1376 horas de confort** anuales para el usuario sin necesidad de recurrir a sistemas activos de climatización.

El mismo anexo demuestra cómo en consecuencia directa de la reducción de energía para calefaccionar y refrigerar se verificó un teórico potencial **ahorro económico directo de $682.792** en la factura de la luz durante el primer año de ocupación.

Potencial de replicabilidad o transferencia.

El **Anexo III** convalida la viabilidad económica de las estrategias planteadas, comparando el caso propuesto en el proyecto de tesis (construcción en seco con altas prestaciones energéticas) con un caso base de vivienda promedio (construcción húmeda) que no contempla estrategias bioclimáticas. Se demostró que:

> • La inversión en aberturas de PVC de alta eficiencia representa una inversión de aproximadamente el doble frente a aberturas de aluminio estándar.

> • El costo del caso propuesto es de US$1.142 por metro cuadrado, frente a los US$1.578 del caso base.

Los resultados cuantitativos fundamentan y convalidan el Manual de Herramientas de Diseño Sostenible (MHDS) como un recurso accesible de democratización del conocimiento.

Se concluye que el MHDS y las conclusiones de éste trabajo tienen alto potencial de transferencia debido a que con la aplicación de sus estrategias se verificó un **triple impacto:**

> • **Ambiental:** Disminución de la energía útil proveniente de fuentes no renovables, y en consecuencia disminución de la huella de carbono.

> • **Económico:** Reducción en el costo inicial de construcción y ahorro durante la utilización de la vivienda.

> • **Social:** Mejores condiciones de habitabilidad, derivado de la cantidad de horas de confort ganadas.

Aprendizajes del proceso y contribuciones al campo arquitectónico/urbanístico.

En primer lugar, se constata que la integración de los pilares de la sostenibilidad —ambiental, económica y social— en la arquitectura residencial no debe entenderse como un agregado posterior, sino como una variable proyectual desde el inicio del proyecto. Además, la revisión bibliográfica, el análisis de antecedentes, cursos de especialización técnica y participación de congresos constituyeron herramientas esenciales para otorgar competencias necesarias que ayudaron a transferir indicadores energéticos complejos en estrategias proyectuales accesibles.

Este proceso formativo también demostró que el rigor metodológico actual debe dialogar con la innovación tecnológica. La experiencia desarrollada en torno al uso de Inteligencia Artificial (Anexo IV) como método complementario de validación energética subraya un aprendizaje clave: las herramientas contemporáneas son aliadas potentes para la democratización y aceleración del diseño sostenible, siempre y cuando estén guiadas por el criterio técnico, ético y crítico del arquitecto.

La contribución disciplinar al campo arquitectónico radica en demostrar que el diseño eficiente constituye la respuesta técnica y ética más adecuada frente a los desafíos climáticos en la producción de la vivienda. Desde una perspectiva urbana, la investigación aporta datos duros que invitan a repensar las normativas locales y los estándares constructivos promedio. Evidencia que pequeñas optimizaciones pasivas aplicadas de manera sistemática en la escala de la vivienda individual poseen el potencial de consolidar un cambio de paradigma colectivo, construyendo resiliencia urbana, aliviando la presión sobre la infraestructura macroenergética y disminuyendo sustancialmente los vectores locales de contaminación en el territorio regional.

07

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

Alconchel, M. V. (2018). *El hábitat social colectivo. Estrategias para su rehabilitación.* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo]. Biblioteca Virtual UNL. http://hdl.handle.net/11185/1208

Argan, G. C. (1973). *El concepto del espacio arquitectónico: desde el Barroco a nuestros días.* Nueva Visión.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) (2010). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE Standard 55-2010.*

Bardou, P. y Arzoumanian, V. (1981). *Sol y Arquitectura.* Editorial Gustavo Gili.

Baker, N. V. y Steemers, K. (1995). *The LT method 2.0: An energy design tool for non-domestic buildings*. Cambridge Architectural Research. Betti, G., Tartarini, F., Nguyen, C, Schiavon, S. (2023). *CBE Clima Tool: A free and open-source web application for climate analysis tailored to sustainable building design.* Building Simulation. Universidad de Cornell.

Barreneche, R. O. (2017). *Instalaciones Sanitarias Sostenibles*. Diseño Editorial.

Benet, J. A. (Dir.). (2026, mayo). CIFRAS. *La Revista de la Construcción* (Año 37, N.º 362). Estudio Tres Arquitectos y Asociados. https://www.cifrasonline.com.ar

Bosi, M.; Fontanetto, L. y Tate M.V. (2022). *Rehabilitación edilicia bioclimática: Análisis de los niveles de confort bajo las condiciones de eficiencia energética. El caso del edificio el Cubo en la ciudad universitaria de Santa Fe*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo]. Biblioteca Virtual UNL. http://hdl.handle.net/11185/2046

Brundtland, G. H. (1987). *Nuestro futuro común: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.* Documento de las Naciones Unidas A/42/427.

Casañas, S. F.; Perez, B.S. y Villaraza, S.G (2024) *Habitabilidad, rehabilitación energética y arquitectónica en conjuntos habitacionales FONAVI de Santa Fe. Caso: Barrio el Pozo*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo].

Carli, C (2003). *8° al Sur del Trópico de Capricornio*. Editorial Kliczkowski

Ching, F. D. K. y Shapiro, I. M. (2015). *Arquitectura ecológica un manual ilustrado.* Editorial GG.

Concejo Municipal San Carlos Centro. (2018). Ordenanza N° 944/19.

Conarquitectura. (2013). *Conarquitectura (N.º 48, Eficiencia energética).* Conarquitectura Ediciones. https://issuu.com/conarquitectura/docs/ca48_issuu

Czajkowski J.D. y Gómez, A. F. (2002). *Diseño bioclimático y economía energética edilicia.* Universidad Nacional de La Plata.

Czajkowski J.D. y Gómez, A. F. (2009). *Arquitectura sustentable.* Colección: Herramientas para

Arquitectos. AGEA.

Czajkowski, J.D. y Gómez, A. F. (2023). *Ciudades sustentables, una forma de amigarnos con el ambiente.* Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. Universidad Nacional de la Plata.

Czajkowski, J. D. (2025, 24 abril). *Determinación de la demanda de energía de una vivienda prefabricada con Inteligencia Artificial y su mejoramiento.* SEDICI, UNLP. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/178492

Dacunda, M. (2024). *Evaluación de la eficiencia energética de edificios residenciales : recomendaciones y propuestas de mejoras.* [Proyecto Final de Carrera, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe]. Repositorio Institucional Abierto (RIA-UTN). https://hdl.handle.net/20.500.12272/11854

De Garrido, L. (2017). *Manual de Arquitectura Ecológica Avanzada. Metodología de diseño para realizar una arquitectura con el máximo nivel ecológico posible.* Diseño Editorial.

Dona, L. (2024). *Análisis energético de vivienda social. San Carlos Sud. Santa Fe. Argentina.* DOI: 10.13140/RG.2.2.33103.91042

Edwards, B. y Hyett, P. (2004). *Guía Básica de la Sostenibilidad.* Editorial Gustavo Gilli.

Evans, J. M. y Schiller, S. (1994). *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar.* Editorial UBA.

Ferrando, R. V. y Gutiérrez Garigliano, M. R. (2008). *Edificación Energéticamente Sustentable en la Ciudad de Santa Fe.* [Tesis de Grado no publicada, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo].

Filippín, C., y Larsen, S. F. (2012). *Summer thermal behaviour of compact single family housing in a temperate climate in Argentina.* Renewable And Sustainable Energy Reviews. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.060

Frei, A. (2023). Thermal properties of green, white, and other roofing materials, and solar insolation: A case study in New York City. *Building and Environment, 244,* 110842. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110842

Garganta, M.L. (2015). *Proyecto de vivienda unifamiliar bioclimático en la ciudad de la plata, buenos aires. Pautas de diseño, eficiencia y evaluación energética.* [Tesis de Maestría en Arquitectura y Hábitat Sustentable, Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de La Plata]. SEDICI, UNLP. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62826

Garzón, B. (2007). *Arquitectura Bioclimática.* Nobuko.

González Calderón, J. (2019). *Manual de vivienda sustentable.* Ministerio de Interior, Obras Públicas y Vivienda. Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable. Secretaría de Energía. Presidencia de la Nación Argentina.

Gonzalo, G. E. (2003). *Manual de Arquitectura Bioclimática y Sustentable.* 5ta Edición. Nobuko.

Gutiérrez González, S. (2023). *Estrategias bioclimáticas en la arquitectura de Ruiz-Larrea.* Universidad Politécnica de Madrid.

Grossi Gallegos, H. y Righini R. (2007). *Atlas de Energía Solar de la República Argentina.* Secretaría de ciencia, tecnología e innovación productiva. Universidad Nacional de Luján.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) (2023). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022: Resultados definitivos*. https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-165

Lara, E. (2019). Oasis urbano: Una propuesta de acondicionamiento térmico para el metro de Santiago. *Revista Hábitat Sustentable*, 9(2), 16-29. https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.02

Lamberts, R., Ghisi, E., Pereira, C. D. y Batista, J. O. (Eds.). (2010). *Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico* (Vol. 1). UFSC/LabEEE.

(2010). *Casa eficiente: Consumo e geração de energia* (Vol. 2). UFSC/LabEEE.

(2010). *Casa eficiente: Uso racional da água* (Vol. 3). UFSC/LabEEE.

(2010). *Casa eficiente: Simulação Computacional do Desempenho Termo-Energético* (Vol. 4). UFSC/LabEEE.

Municipalidad de San Carlos Centro. (1982). *Reglamento General de Edificación.*

Montaner, J. M. y Muxí Martínez, Z. (2006) *Habitar el presente. Vivienda en España: sociedad, ciudad, tecnología y recursos*. Ministerio de Vivienda.

Neila, F. J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible.* Ed. Munilla-Lería

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) (1996). *Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios.* (IRAM 11605:1996). IRAM.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) (2011). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.* (IRAM 11603:2011). IRAM.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) (2004). *Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración* (IRAM 11659:2004). IRAM.

Objetivos de desarrollo sostenible. (s. f.-b). UNDP. https://www.undp.org/es/

Olgyay, V. (2019) *Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili.

Habraken, N. J. (1975). *Soportes: una alternativa al alojamiento de masas.* Alberto Corazón.

Hernández Pezzi, C. (2007). *Un Vitruvio ecológico: bases para un nuevo paradigma en la arquitectura.* Editorial Gustavo Gili.

Prieto, E. (2011). *La Arquitectura de la ciudad global. Redes, no-lugares, naturaleza.* Editorial Biblioteca Nueva.

Provincia de Santa Fe (2019). *Ley N.º 13.903. Etiquetado de eficiencia energética de inmuebles destinados a vivienda.* Boletín Oficial de la Provincia de Santa Fe.

Provincia de Santa Fe (s. f.). Prosumidores. Somos Energía. https://www.santafe.gob.ar/ms/prosumidores/

Puig, S. E. y San Juan, G. (2020). Intervención tecnológica en la vivienda social para maximizar la eficiencia energética, aplicando el índice de prestaciones energéticas (IPE). Caso de estudio: vivienda universal, Santa Fe, Argentina. *Energías Renovables y Medio Ambiente,* 46, 1-13. http://hdl.handle.net/11336/154665

Puig, S. E., Alberini, R. S. y Eggel, A. (2021). Viviendas sociales de la Ciudad de Santa Fe. Cómo mejorar su Etiqueta de Eficiencia Energética. Caso de estudio: Vivienda Universal. *Arquitecno*, (18), 115–123. https://doi.org/10.30972/arq.0185675

Puig, S. E. (2023) *Estrategias de intervención tecnológica. Evaluación del desempeño energético en viviendas sociales de la Provincia de Santa Fe.* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo]. Biblioteca Virtual UNL. https://hdl.handle.net/11185/7642

Moneo, R. (1978). On Typology. *Oppositions*, no. 13 (Summer 1978): 22-45.

Lindsey, L. (2024). La evidencia del cambio climático. NASA Science. https://ciencia.nasa.gov/cambio-climatico/evidencia/

Raya, M.O. y Salinas, M.E (2021). *Parámetros sustentables que complementan el "etiquetado de eficiencia energética en inmuebles destinados a viviendas" para proyectos de obra nueva en edificios de renta de media densidad en la ciudad de Santa Fe.* [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo].

Rosenfeld, E., Czajkowski, J. y San Juan, G. (2004). Arquitectura Bioclimática. En: Liernur, J. F. y Aliata, F. (Comps.). *Diccionario de Arquitectura en la Argentina.* Tomo a-b. AGEA.

Rosenfeld, E., Guerrero, J. L. y Ravella, O. R. (2009). *La casa solar de La Plata.* Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP. https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/57307

San Juan, G. (2013) *Diseño bioclimático, como aporte al proyecto arquitectónico.* Libros de Cátedra Universidad Nacional de La Plata. Editorial Edulp.

Secretaría de Energía. (s. f.). *Transición y Planeamiento Energético*. Gobierno de Argentina. Recuperado el 13 de febrero de 2026, de https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/transicion-planeamiento-energetico

Secretaría de Energía. (2023, 6 de enero). *Resolución 5/2023. Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (PRONEV).* Boletín Oficial de la República Argentina.

Souto de Moura, E (2007). La buena arquitectura lleva implícito el ser sostenible / Entrevistado por A. Zabalbeascoa. *Revista Babelia.*

Stagnitta R, comunicación personal, mayo 2025

Terrados-Cepeda, F. J., Baco-Castro, L. y Moreno-Rangel, D. (2015). Patio 2.12: Vivienda prefabricada, sostenible, autosuficiente y energéticamente eficiente. Participación en la competición Solar Decathlon Europe 2012. *Informes De La Construcción,* 67(538), e088. https://doi.org/10.3989/ic.13.138

Tourn, H. A. (2022). *Cronología de la inmigración italiana en la Colonia San Carlos.* 1850–1950. Tourn.

Vergara, E. (2025). Construir en tiempos de crisis: repensar las políticas públicas hacia ciudades regenerativas. En *Ciudades Regenerativas*. CAPBA N° 21.

Ward, B. y Dubos, R. (1972). *Una Sola Tierra. El cuidado y conservación de un pequeño planeta.* Fondo de Cultura Económica.

Zuo, J. y Zhao, Z. (2014). *Green Building Research-Current Status and Future Agenda. Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 30, 271-281. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.021

Tesis de graduación
FADU|UNL

Tesis de graduación
FADU|UNL

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES: BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS. CASO: SAN CARLOS CENTRO.

Dona Luciano | Ramira Camila



ANEXO I: MANUAL DE HERRAMIENTAS SOSTENIBLES

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN

El Manual de herramientas de diseño sostenible (MHDS) es un conjunto ordenado de herramientas proyectuales combinables que permiten configurar viviendas unifamiliares accesibles, eficientes y evolutivas en un contexto situado.

No se busca establecer un estándar único, sino ofrecer un conjunto de herramientas que acompañen la toma de decisiones proyectuales desde el inicio del proyecto, con una perspectiva situada, crítica y técnicamente fundamentada.

¿POR QUÉ?

Problema que aborda:

Surge como una herramienta destinada a abordar el elevado consumo energético en las viviendas para el acondicionamiento, junto con las consecuencias que esto genera en términos de disconfort, sobrecostos y uso ineficiente de la energía.

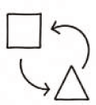
¿PARA QUIÉN?

Destinatarios:

Es una herramienta compartida, que puede utilizarse en las primeras instancias del proyecto para ilustrar, explicar y visibilizar los beneficios de una vivienda energéticamente eficiente, por lo que está dirigido a un doble público: profesionales de la arquitectura y la construcción y clientes/usuarios para que puedan comprender y participar de manera más informada en el proceso de diseño y obra.

CONCEPTOS CENTRALES QUE LO SUSTENTAN

Para orientar la lectura, el manual introduce conceptos rectores que funcionan como ejes estructurantes de las herramientas proyectuales.
Estos principios de **flexibilidad, habitabilidad y eficiencia energética,** se articulan bajo el paradigma de la sostenibilidad, integrándose de manera recíproca con el contexto local y el programa de usos.
Desde esta perspectiva, el manual propone una arquitectura sensible a las condiciones del lugar y a la vida cotidiana de sus habitantes.



Flexibilidad:

capacidad del espacio para adaptarse a cambios de uso y condiciones climáticas sin grandes intervenciones.



Habitabilidad:

calidad del ambiente construido en relación con el confort, ventilación, asoleamiento, privacidad y la relación con los espacios exteriores.



Eficiencia energética:

optimización de recursos para reducir el consumo sin detrimento de la calidad ambiental.

DIFUSIÓN Y CONCIENTIZACIÓN: INCORPORACIÓN DE OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)



Resulta fundamental fomentar la concientización para que tanto profesionales como usuarios reconozcan el impacto de las decisiones proyectuales en el confort, el consumo y la calidad de vida. En este marco, la difusión de buenas prácticas actúa como un motor para alcanzar una **educación de calidad (ODS 4),** permitiendo que el conocimiento técnico se transforme en una herramienta de empoderamiento social a través del acceso a información clara, actualizada y aplicable.

La libre circulación de saberes contribuye directamente a **reducir las desigualdades (ODS 10)** en el acceso a criterios de diseño sostenible, favoreciendo la toma de decisiones informadas y fortaleciendo una cultura proyectual responsable. Este enfoque democratizador es esencial para garantizar el acceso a una **energía asequible y no contaminante (ODS 7)**, ya que la eficiencia energética en la vivienda comienza con una comprensión profunda de las estrategias pasivas y el desempeño del hábitat.

Asimismo, la difusión sostenida impulsa transformaciones colectivas que impactan en la **industria, innovación e infraestructura (ODS 9)**, instalando nuevos estándares de calidad y promoviendo el desarrollo de tecnologías locales eficientes. Al incentivar la demanda de soluciones que respeten la **producción y el consumo responsables (ODS 12)**, se potencia la capacidad de los proyectos para generar bienestar sin comprometer los recursos futuros. En última instancia, comunicar y visibilizar estas experiencias no solo transmite información técnica, sino que construye comunidad y sienta las bases de **ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11)**, promoviendo un cambio cultural duradero y resiliente.

CONCEPTOS CLAVES PARA ENTENDER EL MANUAL

Estrategias de acondicionamiento

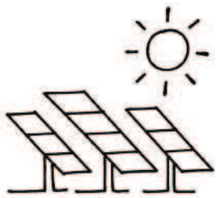
PASIVAS:



Refiere a aquellas que buscan obtener condiciones de confort adecuadas **sin la incorporación de equipos que requieran el aporte de energía exterior para su funcionamiento, que es autónomo.** Este tipo de estrategias de diseño son el pilar fundamental de la arquitectura bioclimática. (Bardou y Arzoumanian, 1981)[1]

Estrategias de acondicionamiento

ACTIVAS:



Incorporan dispositivos electro–mecánicos para optimizar el acondicionamiento y optimizar el rendimiento de los sistemas pasivos. Estas estrategias, **implican mayor desarrollo tecnológico y mayores costos de inversión y funcionamiento,** elegir el sistema más eficiente resultará en un menor costo energético.[2]

[1] *Bardou y Arzoumanian (1981)*
[2] *Czajkowski y Gómez (2009)*

PRINCIPIO BÁSICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
EN LA VIVIENDA

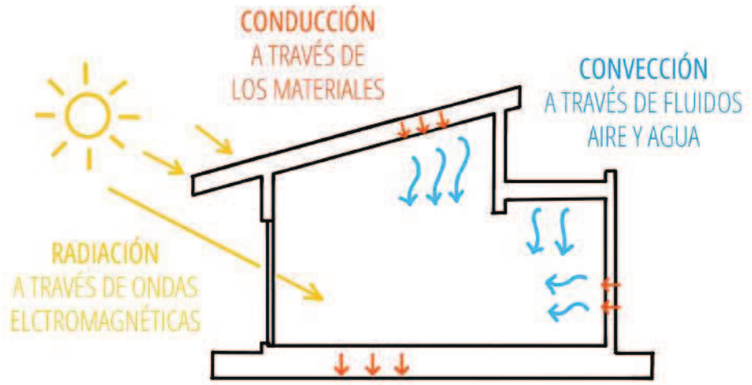


La vivienda es como un balde de agua. Para que el balde cumpla su función, debe estar en buen estado: si presenta agujeros, el agua inevitablemente se pierde. Por más que abramos la canilla para rellenarlo, vamos a estar desperdiciando agua y nunca lograremos llenarlo si los agujeros son demasiado grandes. En esta comparación, la vivienda representa el balde, las pérdidas térmicas equivalen a los agujeros, y la energía aportada (por fuentes renovables o sistemas activos) es el agua que fluye desde la canilla.



En esta metáfora, lo que queremos decir es que no alcanza con incorporar energías renovables si la envolvente edilicia no está bien resuelta.
Antes de “abrir la canilla“, es indispensable “tapar los agujeros“: mejorar la orientación, la ventilación, el aislamiento y los materiales, reduciendo al máximo la demanda energética. Solo una vez optimizada la eficiencia pasiva, resulta pertinente evaluar estrategias activas o sistemas complementarios.

MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR
EN LA VIVIENDA



TRANSMITANCIA TÉRMICA (K)

Se define transmitancia térmica “K” (en W/m²K) como la cantidad de energía calórica medida en Watts, que transmite en estado de régimen un muro o techo por metro cuadrado y por grado Kelvin de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. [4]

Los valores máximos de transmitancia establecidos en la Norma IRAM 11603 se presentan en la siguiente tabla simplificada[5] introducen exigencias relativas a la protección que debe ser lograda a fin de garantizar ciertas condiciones ambientales de confort, así como también evitar la aparición de fenómenos de condensación de vapor de agua sobre las superficies interiores de la envolvente en todo el recinto habitable.

Nivel	CONDICIÓN INVIERNO **MURO**	CONDICIÓN VERANO **CUBIERTA**
A	0,33 W/m²K	0,18 W/m²K
B1	0,62 W/m²K	0,31 W/m²K
B	0,91 W/m²K	0,45 W/m²K
C	1,59 W/m²K	0,72 W/m²K

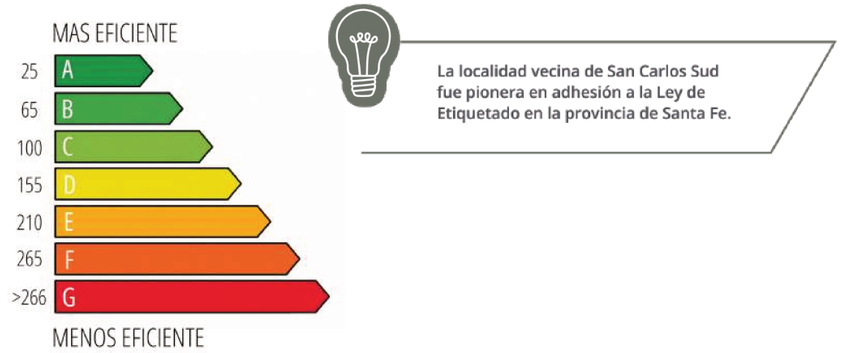
Tabla 1: Niveles de transmitancia térmica admitidos para la región centro de Santa Fe.

[4] *IRAM 11601:2002*
[5] *Puig (2023)*

ETIQUETADO DE VIVIENDAS

En Argentina, existe el **Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (PRONEV)**[6], un sistema que propone una escala comparativa —similar al que tienen los electrodomésticos— del desempeño energético de las viviendas.
La norma IRAM 11.900 define el método de cálculo, y la Ley 13903/19 de la Provincia de Santa Fe “Etiquetado de Eficiencia Energética de inmuebles destinados a vivienda” promueve e impulsa la adhesión de cada municipio a la ley de etiquetado.

El PRONEV tiene por objeto implementar un sistema unificado de etiquetado de eficiencia energética residencial para todo el territorio nacional, permitiendo clasificar las viviendas según su grado de optimización en el requerimiento global de energía primaria. Dicha certificación se materializa en un documento que indica la calificación del inmueble mediante una escala alfabética que va desde la “A“ (máximo rendimiento) hasta la “G“ (mínimo desempeño), vinculada directamente a los rangos establecidos por el Índice de Prestaciones Energéticas (IPE).



[6] *Resolución N°5/2023 de la Secretaría de Energía del Ministerio de Economía.*

ESTRATEGIAS PASIVAS

01 | ENTORNO [EN]

Emplazamiento e implantación

- EN01 Relación con linderos
- EN02 Consideración de las medidas del lote
- EN03 Espacios intermedios
- EN04 Retiros urbanos

Asoleamiento

- EN05 Orientación norte
- EN06 Orientación este
- EN07 Eje longitudinal este-oeste
- EN08 Control oeste
- EN09 Control sur

Ventilación

- EN10 Ventilación cruzada
- EN11 Ventilación selectiva
- EN12 Efecto chimenea
- EN13 Deflectores de viento

02 | TIPOLOGÍAS [T]

Consideraciones generales

- T01 Locales servidos al norte
- T02 Núcleos amortiguadores
- T03 Servicios agrupados
- T04 Flexibilidad de usos
- T05 Posibilidad de crecimiento

Configuraciones tipológicas

- T06 Compacta
- T07 Lineal
- T08 En L
- T09 Fragmentada

03 | ENVOLVENTES [EV]

Consideraciones generales

Muro

- EV01 Prefabricado de hormigón
- EV02 Ladrillo común (12)
- EV03 Ladrillo hueco (12)
- EV04 Ladrillo hueco (18)
- EV05 Doble ladrillo común (30)
- EV06 Doble Ladrillo Común + Camara De Aire 3cm
- EV07 Ladrillo Hueco (18) + EIFS
- EV08 Steel Framing

Cubierta

- EV09 Losa de hormigón armado (S/Aislación)
- EV10 Chapa (S/Aislación)
- EV11 Chapa + 5 Cm lana de vidrio
- EV12 Chapa + (10+5) Cm lana de vidrio
- EV13 Plana Steel Deck + aislación interior
- EV14 Chapa + 10 Cm lana de vidrio

Aventanamientos - consideraciones generales

- EV15 Control de superficie vidriada
- EV16 Control de infiltraciones
- EV17 Aberturas operables
- EV18 Capas

Aventanamientos - vidriado

- EV19 Vidriado simple
- EV20 Doble vidriado hermético (DVH) 4+12+4
- EV21 Doble vidriado hermético (DVH) LOW-E 4+12+4
- EV22 Aluminio sin RPT

Aventanamientos - marco

- EV23 Aluminio RPT
- EV24 PVC

ESTRATEGIAS ACTIVAS

04 | SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN [P]

Horizontal

- P01 Alero
- P02 Pérgola
- P03 Operable

Vertical

- P04 Parasol
- P05 Persianas
- P06 Celosía fija
- P07 Esclusa
- P08 Operable

Vegetación

- P09 Suelos vegetados
- P10 Vegetación caduca
- P11 Vegetación perenne
- P12 Jardines verticales
- P13 Cubiertas verdes

05 | SISTEMAS COMPLEMENTARIOS [SC]

- SC01 Chimenea solar
- SC02 Geotermia

06 | ARTEFACTOS EFICIENTES [AE]

- AE01 Agua
- AE02 Tecnología inverter
- AE03 Aerotermia
- AE04 Caldera de condensación

07 | ENERGÍAS RENOVABLES [ER]

- ER01 Sistemas on grid
- ER02 Sistemas off grid
- ER03 Termotanque solar

08 | GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO [RH]

- RH01 Reutilización de aguas grises
- RH02 Tratamiento de aguas negras
- RH03 Aprovechamiento de agua de lluvia

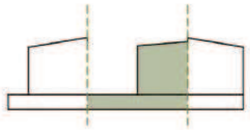
ESTRATEGIAS
PROYECTUALES

ESTRATEGIAS
PASIVAS

ENTORNO [E]
Emplazamiento e implantación

EN01

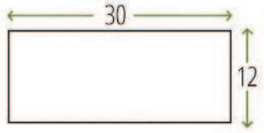
RELACIÓN CON LINDEROS



Considerar escala, preexistencias y el impacto de posibles construcciones vecinas sobre el asoleamiento, ventilación.

EN02

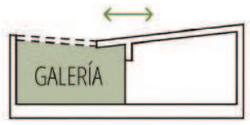
CONSIDERACIÓN DE LAS MEDIDAS DEL LOTE



Evaluar cuáles son los lugares más adecuados para aprovechar ganancias solares según las dimensiones del lote.

EN03

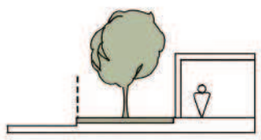
ESPACIOS INTERMEDIOS



Incorporar galerías, patios y semicubiertos como espacios intermedios, reguladores climáticos entre interior y exterior.

EN04

RETIROS URBANOS

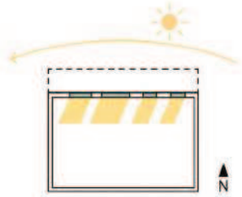


Incorporar retiros que amplíen la relación entre vivienda y la calle, favoreciendo una mejor calidad ambiental en el espacio público.

ENTORNO [E]
Asoleamiento

EN05

ORIENTACIÓN NORTE



Orientar aventanamientos y superficies al norte permitiendo tener mejor control del asoleamiento en diferentes estaciones.

EN06

ORIENTACIÓN ESTE



Orientar las aberturas hacia el este en ambientes de uso diurno, favoreciendo el ingreso de luz natural y el asoleamiento durante las mañanas.

EN07

EJE LONGITUDINAL ESTE-OESTE



Disponer siempre que sea posible el volumen sobre su eje mayor este-oeste para obtener ganancias solares pasivas sobre la fachada norte.

EN08

CONTROL OESTE



Minimizar superficies expuestas al oeste para disminuir la incidencia de radiación solar y controlar el asoleamiento.

EN09

CONTROL SUR

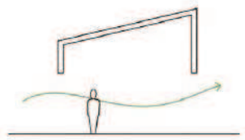


Garantizar una correcta aislación, continuidad de la envolvente, reduciendo las superficies vidriadas en función de los fuertes vientos y la incidencia solar.

ENTORNO [E]
Ventilación

EN10

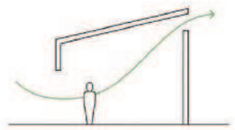
VENTILACIÓN CRUZADA



Disponer aberturas enfrentadas en orientaciones opuestas que favorezcan la circulación continua.

EN11

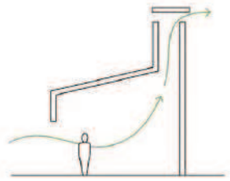
VENTILACIÓN SELECTIVA



Ubicar aberturas a distintas alturas para favorecer la extracción del aire caliente por convección natural.

EN12

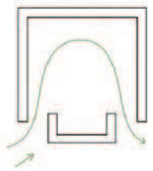
EFECTO CHIMENEA



Incorporar conductos verticales para la extracción del aire caliente mediante diferencia térmica y presión ascendente.

EN13

DEFLECTORES DE VIENTO



Cuando la ventilación cruzada no sea posible, integrar elementos salientes laterales en aberturas para aumentar la velocidad del viento por diferencia de presión.

Estrategias de ventilación unilateral (**EN13**) que según la disposición de ventanas y elementos logran **incrementar la velocidad interior (Vi) del aire hasta un 35%.**

TIPOLOGÍAS [T]
Consideraciones generales

T01

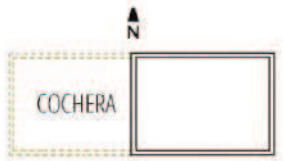
LOCALES SERVIDOS AL NORTE



Priorizar espacios principales hacia el norte para aprovechar ganancias solares y controles solares.

T02

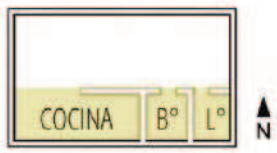
NÚCLEOS AMORTIGUADORES



Utilizar núcleos húmedos, circulaciones y espacios de servicio como franjas de amortiguación hacia el sur y el oeste.

T03

SERVICIOS AGRUPADOS



Concentrar núcleos húmedos y técnicos para optimizar instalaciones y reducir recorridos de cañerías.

T04

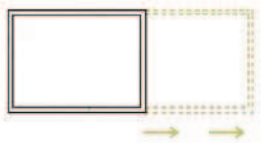
FLEXIBILIDAD DE USOS



Pensar espacios flexibles que admitan distintas configuraciones y cambios de uso según necesidades futuras, sin requerir modificaciones significativas de la estructura.

T05

POSIBILIDAD DE CRECIMIENTO

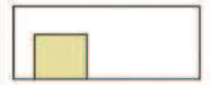


Prever áreas de expansión que permitan futuras ampliaciones de manera ordenada, garantizando la continuidad funcional y constructiva del proyecto.

TIPOLOGÍAS [T]
Configuraciones tipológicas

T06

COMPACTA



Ventajas
- Alta compacidad.
- Mínima superficie de envolvente.
- Menores pérdidas de calor.
- Menor costo constructivo.
- Circulaciones mínimas.

Desventajas
- Menor iluminación en zonas centrales.
- Restricciones en crecimiento (se limita solo a crecimiento vertical).

T07

LINEAL

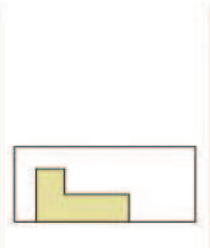


Ventajas
- Óptima cuando el eje longitudinal se dispone en sentido Este-Oeste.
- Buen aprovechamiento de ganancias solares e iluminación natural.
- Mejora la relación con el exterior.
- Optimiza la sectorización y organización de los espacios.

Desventajas
- En lotes con eje norte-sur, procurar que el eje mayor del volumen no se exponga a la orientación oeste, debido a la complejidad del control solar.
- Mayor superficie de envolvente exterior, aumentando las pérdidas y ganancias de calor.
- Favorece recorridos longitudinales prolongados, con un consecuente incremento en los costos de construcción.

T08

EN L



Ventajas
- Adaptable a diferentes lotes y orientaciones.
- Favorece la ventilación e iluminación de los espacios.
- Optimiza la sectorización y organización de los espacios.
- Capacidad de crecimiento manteniendo lógica del sistema lineal en alas.
- Favorece la integración con los espacios exteriores.

Desventajas
- Ganancias y pérdidas térmicas medio/alto si no se aprovecha la construcción lindera.
- Incrementa la superficie de envolvente exterior, aumentando las pérdidas y ganancias térmicas.
- Requiere una adecuada orientación de cada ala para optimizar el aprovechamiento solar y la ventilación natural.
- Puede aumentar los recorridos entre espacios.

T09

FRAGMENTADA



Ventajas
- Favorece una implantación más adaptable al sitio, integrando los espacios construidos con el entorno.
- Favorece la ventilación e iluminación de los espacios.
- Favorece una organización funcional flexible, mediante una clara zonificación de los espacios.
- Promueve la generación de espacios intermedios que fortalecen la relación entre el interior y el exterior.
- Promueve configuraciones modulares innovadoras, con alta adaptabilidad y posibilidades de crecimiento.

Desventajas
- Requiere una cuidadosa articulación entre los distintos volúmenes para garantizar una adecuada funcionalidad.
- Puede aumentar la superficie de circulación y de conexión entre los distintos sectores.
- Incrementa la complejidad constructiva en las uniones y encuentros entre volúmenes.
- Puede aumentar la superficie de envolvente expuesta cuando los volúmenes se encuentran muy separados y sin una conexión mediante un espacio central.

ENVOLVENTES [EV]
Consideraciones generales

El **color** en las envolventes (techos, muros) tiene una influencia importante en el comportamiento térmico de una vivienda, ya que determina cuánta radiación solar absorben o reflejan las superficies.

Colores oscuros (negro, gris oscuro, marrón oscuro)	• Absorben una mayor proporción de la radiación solar. • Alcanzan temperaturas superficiales más elevadas. • Incrementan la transferencia de calor hacia el interior. • Pueden ser beneficiosos en climas fríos donde se busca aprovechar la ganancia solar.
Colores claros (blanco, beige, gris claro)	• Reflejan gran parte de la radiación solar. • Mantienen temperaturas superficiales más bajas. • Reducen las ganancias térmicas hacia el interior. • Son especialmente útiles en climas cálidos.

Estudios han demostrado que las cubiertas claras pueden presentar temperaturas superficiales entre 20 y 30°C inferiores que cubiertas oscuras expuestas a las mismas condiciones de radiación solar.[7]

En la cubierta es donde el color tiene mayor impacto, porque reciben la mayor cantidad de radiación, aunque los muros también se ven altamente afectados. En ambos casos, para nuestra región es siempre recomendable utilizar colores claros.

ENVOLVENTES [EV]
Muro

	Solución	Esp. total	K (W/m²K)	IRAM 11603
EV01	**Prefabricado de hormigón** • Pintura látex • Panel prefabricado de hormigón hueco • Pintura látex	10cm	4	No cumple
EV02	**Ladrillo común (12)** • Pintura látex • Revoque interior • Ladrillo ceramico macizo • Azotado hidrófugo • Revoque exterior	17cm	2,8	No cumple
EV03	**Ladrillo hueco (12)** • Revoque fino • Revoque grueso • Ladrillo cerámico hueco 12cm • Azotado hidrófugo • Revoque grueso • Texturado	17cm	1,74	No cumple
EV04	**Ladrillo hueco (18)** • Revoque fino • Revoque grueso • Ladrillo cerámico hueco 18 cm • Azotado hidrófugo • Revoque grueso • Texturado	23cm	1,60	No cumple

[7] *Frei. (2023)*

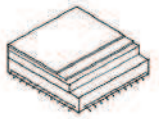
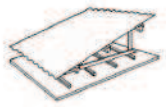
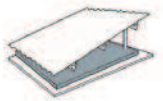
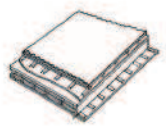
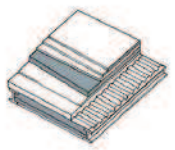
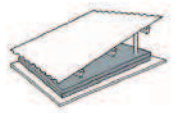
ENVOLVENTES [EV]
Muro

	Solución	Esp. total	K (W/m²K)	IRAM 11603
EV05	**Doble ladrillo común (30)** • Rev. Exterior completo • Ladrillo ceramico macizo (27cm) • Rev. interior completo	30cm	1,81	No cumple
EV06	**Doble ladrillo común + cámara de aire 3cm** • Ladrillo cerámico macizo • Azotado hidrófugo • Cámara de aire 3cm • Ladrillo cerámico macizo • Revoque grueso • Revoque fino	33cm	1,47	C Tipo C
EV07	**Ladrillo hueco (18) + EIFS** • Revoque fino • Revoque grueso • Ladrillo hueco 18 cm • Azotado hidrófugo • Base coat • Placa EPS 25mm • Base coat y finish	25cm	0,8	B Tipo B
EV08	**Steel Framing** • Placa de yeso • Montante PGC 100 • Lana de vidrio 100mm • Placa OSB • Barrera de agua y viento • Placa EPS 20mm • Base coat y finish	15cm	0,3	A Tipo A

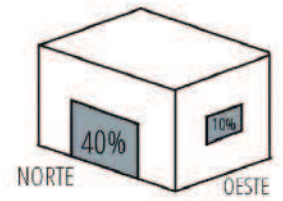
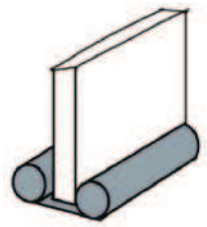
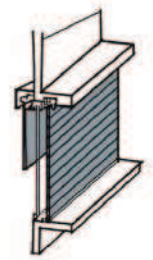
Una pared de **Steel Framing aisla 9 veces más** que una de ladrillo común de similar espesor.[8]

[8] *Considerando los valores de transmitancia térmica (K) mencionados anteriormente.*

ENVOLVENTES [EV]
Cubierta

		Solución	Esp. total	K (W/m²K)	IRAM 11603
EV09		**Losa de hormigón armado (s/ aislación)** • Losa de hormigón armado 0,10 m • Film de polietileno • Contrapiso • Carpeta niveladora impermeable • Membrana hidrófuga	20cm	2,69	✕ No cumple
EV10		**Chapa (s/aislación)** • Placa de roca de yeso • Cámara de aire (30 cm) • Chapa sinusoidal	31cm	2,43	✕ No cumple
EV11		**Chapa + 5 cm lana de vidrio** • Placa de roca de yeso • Lana de vidrio 5 cm + barrera de vapor • Cámara de aire (30 cm) • Chapa sinusoidal	36cm	0,6	B Tipo B
EV12		**Chapa + (10+5) cm lana de vidrio** • Placa roca de yeso • Lana de vidrio 10 cm + barrera de vapor • Placa rigidizadora OSB • Barrera de viento y agua Tyvek • Lana de vidrio (5 cm) • Chapa sinusoidal	18cm	0,34	B Tipo B
EV13		**Plana steel deck + Aislación interior** • Placa roca de yeso • Lana de vidrio 5 cm + barrera de vapor • Chapa encofrado perdido • Capa de compresión • Contrapiso alivianado perlas EPS (5 cm) • Carpeta hidrófuga • Piso cerámico	48cm	0,34	B Tipo B
EV14		**Chapa + 10 cm lana de vidrio** • Placa de roca de yeso • Lana de vidrio 10 cm • Cámara de aire (30 cm) • Chapa	41cm	0,34	B Tipo B

ENVOLVENTES [EV]
Aventanamientos - Consideraciones generales

EV15 **CONTROL DE SUPERFICIE VIDRIADA**		Regular la proporción entre vidrio y muro según orientación. Se debe disminuir la superficie vidriada evitando pérdidas térmicas.
EV16 **CONTROL DE INFILTRACIONES**		Incorporar ruptores de puente térmico (RPT) en carpinterías y burletes para reducir pérdidas energéticas.
EV17 **ABERTURAS OPERABLES**		Utilizar aberturas operables que permitan no solo la iluminación, sino también ventilación.
EV18 **CAPAS**		Utilizar "capas" (cortinas, vidrio, persianas, postigos) mejoran sustancialmente la eficiencia del aventanamiento tanto en invierno como en verano.

ENVOLVENTES [EV]
Aventanamientos - Vidriado

EV19

VIDRIADO SIMPLE



Evitar colocar vidriado simple en locales de permanencia por la facilidad con que se producen ganancias y pérdidas calóricas.

K= 5,8 (W/m²K)

EV20

DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO (DVH) 4+12+4

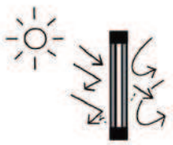


Incorporar vidrios con cámara de aire hermética para mejorar la aislación térmica y evitar pérdidas del calor interior.

K= 2,9 (W/m²K)

EV21

DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO (DVH) LOW-E 4+12+4



Incorporar vidrios con tratamiento de baja emisividad (Low-E) para máxima protección frente a la radiación reflejando el calor y mejorando la aislación.

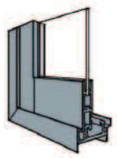
K=1,7 (W/m²K)

La relación área ventana/muro óptima es de **40% de superficie vidriada hacia la orientación norte**[9], mientras que para el resto de las orientaciones es recomendable **no superar el 10%.**

ENVOLVENTES [EV]
Aventanamientos - Marco

EV22

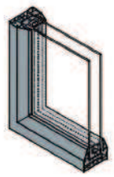
ALUMINIO SIN RPT



Evitar su uso en espacios habitables por ser un metal altamente conductor y carecer de barreras térmicas, transmitiendo directamente el frío exterior y puede producir condensación.

EV23

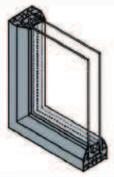
ALUMINIO RPT



Incorporar RPT en espacios comunes o de presupuesto intermedio, para cortar la transmisión de temperatura, eliminando la condensación superficial y mejorando el confort higrotérmico.

EV24

PVC



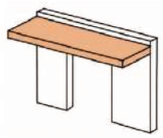
Incorporar marco de PVC, para el máximo rendimiento térmico y acústico. Priorizar su uso en dormitorios y orientaciones desfavorables.

La utilización de DVH y persianas exteriores de PVC pueden **mejorar un 600%**[10] el rendimiento de una ventana con vidriado simple.

[9] Dacunda (2024).
[10] Considerando un vidrio simple de K= 5,8 W/m2k y un paquete de Ventana, DVH y persiana de 15 mm con poliuretano de alta densidad, K= 0,97 W/m2K

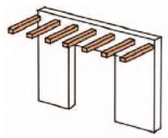
SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN [P]
Horizontal

P01
ALERO



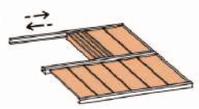
Incorporar elementos fijos adosados (extensión de cubierta, alero independiente, etc.) opacos que permiten el sombreamiento controlado de la superficie. Recomendables en orientación norte.

P02
PÉRGOLA



Disponer elementos horizontales de carácter permeables que permitan el ingreso de luz filtrada que produzcan condiciones de luz variables en los espacios, pudiendo también incorporar vegetación.

P03
OPERABLE



Incorporar sistemas regulables (toldos, cubiertas pretensadas o elementos móviles) que permitan adaptarse según estación, clima o uso.

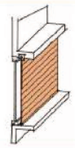
SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN [P]
Vertical

P04
PARASOL



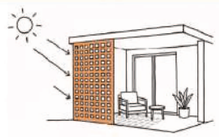
Incorporar elementos verticales fijos o móviles en fachada para controlar la incidencia solar rasante. Recomendables principalmente en orientación Este-Oeste para reducir la incidencia solar de baja altitud.

P05
PERSIANAS



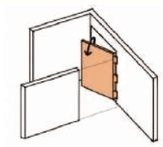
Disponer elementos verticales enrollables, para evitar pérdidas térmicas en invierno a través de los aventanamientos.

P06
CELOSÍA FIJA



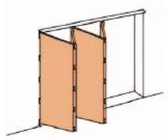
Configurar planos permeables (cribado de ladrillos, mallas u otros sistemas) que regulen el ingreso de luz filtrada, viento y visuales según su grado de permeabilidad.

P07
ESCLUSA



Incorporar dispositivo móvil para permitir transformar la relación espacial entre locales, interior y exterior según condiciones de usos y temperaturas.

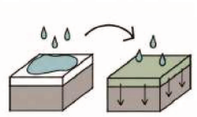
P08
OPERABLE



Incorporar sistemas regulables que permitan ajustar la apertura y el nivel de protección según condiciones de uso y clima.

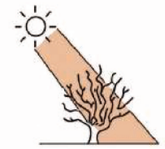
SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN [P]
Vegetación

P09
SUELOS VEGETADOS



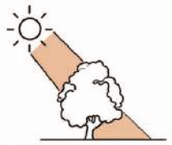
Sustituir superficies inertes por suelos vegetados para reducir la reflexión térmica, mejorar la infiltración de agua en el terreno y mejorar las condiciones ambientales.

P10
VEGETACIÓN CADUCA



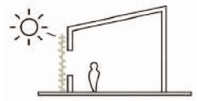
Incorporar especies de este tipo para generar sombra en verano e ingreso de radiación solar en invierno.

P11
VEGETACIÓN PERENNE



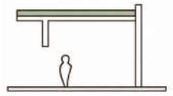
Incorporar especies de follaje permanente para protección solar sobre orientación Oeste, control de visuales y de ventilación.

P12
JARDINES VERTICALES



Ubicar capas vegetales sobre las envolventes o protecciones solares para regular la radiación solar, la temperatura, el viento, el ruido y la permeabilidad visual.

P13
CUBIERTAS VERDES



Disponer una capa vegetal para reducir la temperatura de la cubierta, retener el agua de lluvia y crear espacios verdes que sirvan como hábitat de especies.

La incorporación estratégica de vegetación en el proyecto y su entorno inmediato aporta ventajas claves para el hábitat:

- **Enfriamiento evaporativo:** Baja la temperatura del aire circundante por evapotranspiración, optimizando el microclima.
- **Control lumínico:** Filtra la radiación solar directa y disminuye el deslumbramiento, mejorando el confort visual.
- **Barrera acústica y ambiental:** Amortigua ruidos urbanos y colabora en la purificación del aire al retener material particulado.
- **Privacidad visual:** Configura límites virtuales y protección de vistas sin obstruir las corrientes de ventilación natural.
- **Confort psicológico:** Estimula el bienestar psicofísico de los usuarios a través de la integración biofílica con el paisaje.

El uso prioritario de especies nativas actúa como un vector ecológico y cultural que preserva la biodiversidad local, restaura el paisaje original y demanda un menor mantenimiento hídrico en el territorio.

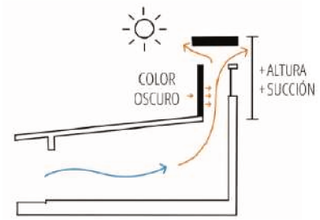
Algunas especies recomendadas[11] para viviendas en nuestra ecorregión son el Ñangapirí, Palo Jabón, Tala, Sangre de Drago, Espinillo, Jacarandá, Lapacho Amarillo y Curupi.

[11] Colaboración personal del ingeniero agrónomo Ruben Broda.

SISTEMAS COMPLEMENTARIOS [SC]

SC01

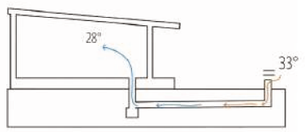
CHIMENEA SOLAR



Implementar este sistema para favorecer la extracción del aire caliente y viciado de los espacios, utilizando la diferencia de presión para succionarlo hacia arriba

SC02

GEOTERMIA



Implementar este sistema para reducir la demanda de climatización, utilizando la inercia térmica del suelo, que se mantiene a temperatura relativamente constante, para calentar/enfriar aire según la estación.

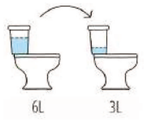
ESTRATEGIAS

ACTIVAS

ARTEFACTOS EFICIENTES [AE]

AE01

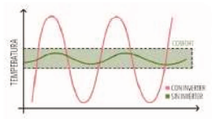
AGUA



Utilizar griferías con aireadores, inodoros de doble descarga, duchas de caudal limitado pudiendo disminuir un 58% el consumo de agua.

AE02

TECNOLOGÍA INVERTER



Priorizar la utilización de estos equipos para eliminar los picos de consumo eléctrico producidos durante los arranque del motor y mantener una estabilidad térmica constante. Reduciendo el consumo energético entre un 35-50%, aumentan el confort y la vida útil.

	Cant.	Artefacto	Tiempo/Frecuencia	Consumo por unidad (L)	Día Entero (L)
TRADICIONALES		Ducha	6m (uso diario)	10 L/min	60
		Griferías baño	3m / 5m	7 L/min	35
		Griferías cocina	4m / 8m	8 L/min	64
		Inodoros	3v / 5v	8 L/descarga	40
		Lavarropas	0,4v / 0,4v	100 L/carga	100
TOTAL					299

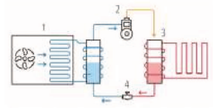
	Cant.	Artefacto	Tiempo/Frecuencia	Consumo por unidad (L)	Día Entero (L)
EFICIENTES		Ducha	6m (uso diario)	6 L/min	36
		Griferías baño	3m / 5m	3 L/min	15
		Griferías cocina	4m / 8m	6 L/min	48
		Inodoro (N°1)	2v / 4v	3 L/descarga	12
		Inodoro (N°2)	1v / 1v	6 L/descarga	6
		Lavarropas	0,4v / 0,4v	20 L/carga	20
TOTAL		Ducha	Tiempo/Frecuencia	Consumo por unidad (L)	137

Tabla 1: Consumo de artefactos, tradicionales vs eficientes.
Fuente: Barreneche R. (2017). Elaboración: Propia

ARTEFACTOS EFICIENTES [AE]

AE03

AEROTERMIA



Aprovechar la energía térmica del exterior mediante una bomba de calor para proporcionar calefacción, refrigeración y agua caliente.

Ventajas

Alta compacidad.
Mínima superficie de envolvente.
Por cada 1 kW de electricidad consumida, pueden generar 4 kW de energía térmica, es decir una eficiencia del 400%
Menor costo constructivo.
Circulaciones mínimas.

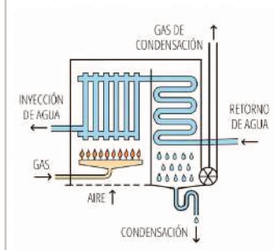
Desventajas

Inversión inicial elevada en comparación a los sistemas más utilizados de calefacción como los calefactores a gas o los aires acondicionados.
Unidad exterior voluminosa: Se debe contemplar un espacio exterior que permita el flujo del aire, teniendo en cuenta que el equipo emite ruidos y vibraciones.
Necesidad de una sala técnica de aproximadamente 2 a 4 m² con ventilación.

Funciona mediante un ciclo termodinámico de 4 pasos con un gas refrigerante:
(1). Evaporación (Captación): El aire exterior pasa por el evaporador. El refrigerante, que entra muy frío, roba calor del aire y se evapora (se convierte en gas).
(2). Compresión (Consumo): El compresor eléctrico aplasta ese gas. Al aumentar la presión, su temperatura se dispara. Aquí es donde "gastamos" electricidad.
(3). Condensación (Cesión): Ese gas caliente cede su calor al agua del circuito de calefacción de la casa. Al enfriarse, vuelve a estado líquido.
(4). Expansión: El líquido pasa por una válvula que libera la presión bruscamente, enfriándolo (como un spray desodorante al salir), quedando listo para volver a robar calor afuera.

AE04

CALDERA DE CONDENSACIÓN



Aprovechar la energía térmica del exterior incorporando una bomba de calor para proporcionar calefacción, refrigeración y agua caliente.

Ventajas

Ahorro entre 25 y 35% de gas en comparación con un calefactor de tiro balanceado.

Desventajas

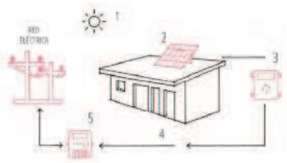
Se debe prever un sistema de desagüe: Puede generar entre 1 y 2 litros de agua por hora de funcionamiento.
Costo inicial más elevado que un sistema de calefacción de tiro balanceado, pero mucho más barato que el de la Geotermia y la Aerotermia.

Funciona mediante un ciclo termodinámico de 4 pasos con un gas refrigerante:
(1). Mezcla y combustión: El gas y el aire ingresan a la cámara para alimentar el quemador y generar la llama directa.
(2). Ingreso del retorno frío: El agua del circuito de calefacción regresa fría a la caldera por la tubería de Retorno de agua.
(3). Recuperación de calor latente: Al pasar por el serpentín secundario, el agua fría enfría los humos de la combustión. El vapor de agua que estos contienen se condensa, liberando energía térmica que precalienta el circuito.
(4). Evacuación de condensados: El agua líquida resultante del proceso de condensación se drena por la salida inferior de Condensación.
(5). Calentamiento final e inyección: El agua precalentada avanza hacia el intercambiador principal sobre la llama directa, alcanza la temperatura de diseño y sale impulsada a la red por la Inyección de agua.
(6). Escape de humos limpios: Los gases de combustión, ya despojados de la mayor parte de su calor y humedad, son expulsados a baja temperatura como Gas de condensación (humos residuales).

ENERGÍAS RENOVABLES [ER]
Energía Fotovoltaica y solar

ER01

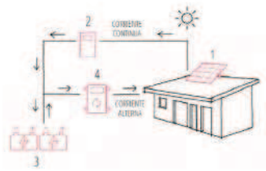
SISTEMAS ON GRID



Implementar sistema conectado a la red para que la vivienda consuma la energía que genere e inyecte los excedentes a la red pública, sin requerir baterías (menor costo y mantenimiento).

ER02

SISTEMAS OFF GRID



Disponer sistema aislado de la red eléctrica para alcanzar autonomía energética, mediante un banco de baterías que implica un mayor costo y mantenimiento, recomendado para zonas rurales o donde no exista acceso a la red.

ER03

TERMOTANQUE SOLAR



Aprovechar la energía solar para el calentamiento de agua de uso sanitario, calefacción y acondicionamiento térmico de piscinas.

En la provincia de Santa Fe existe un programa llamado **"Prosumidores"** que permite generar energía renovable para auto consumo y vender la producción de energía excedente a la Empresa Provincial de la Energía (EPE). Además ofrecen reconocimientos económicos y créditos de inversión para la transición energética de energías renovables

Los **paneles solares** buscan aprovechar la mayor cantidad de radiación durante todo el año. Se recomienda orientación norte, y una **inclinación de 32°** (próxima a la latitud local).

Los **termotanques** buscan garantizar el suministro en la época desfavorable (invierno) y prevenir riesgos operativos por sobretemperatura en verano. Se recomienda orientación norte, y una **inclinación de 45°.**

GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO [RH]

Según la subsecretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la nación, en Argentina, el consumo doméstico de agua es en promedio de 318 litros por habitante por día. Esto significa un 83% más que la media latinoamericana y 6,3 veces más que los estándares fijados por la OMS.

Las siguientes estrategias contribuyen a disminuir considerablemente el consumo

RH01

REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES



Reutilizar aguas de duchas, bañeras y lavamanos, posterior al tratamiento, para la descarga de inodoros, lavado y riego.

RH02

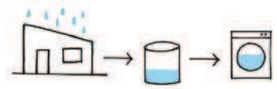
TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS



Reutilizar aguas negras (inodoro), posterior a un tratamiento complejo, para uso de riego.

RH03

APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA



Almacenar agua de las cubiertas y utilizarla para lavar ropa, descargar inodoros, limpieza de pisos o regar.

Reutilizando agua de lluvia, en una cubierta de 100 m2 podemos captar **90.000 litros de agua** anuales, ésto equivale a 41 descargas de inodoro diarias durante todo un año.[13]

[12] *Gonzalez Calderon (2019)*
[13] *Considerando un régimen pluviométrico aproximado de 1000 mm anuales, precipitación media anual de los últimos diez años (2016-2025). Datos meteorológicos del CIM FICH UNL. Recuperado de http://wfich1.unl.edu.ar/cim/datos-meteorologicos el 12 de enero de 2026*

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

Bardou, P. y Arzoumanian V. (1981). *Sol y Arquitectura.* Gustavo Gili.

Czajkowski J.D. y Gómez, A. F. (2009). *Arquitectura sustentable.* Colección: Herramientas para Arquitectos. AGEA.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) (2002). *Acondicionamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.* (IRAM 11601:2002).. IRAM.

Puig, S. E. (2023) Estrategias de intervención tecnológica. *Evaluación del desempeño energético en viviendas sociales de la Provincia de Santa Fe.* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo]. Biblioteca Virtual UNL. https://hdl.handle.net/11185/7642

Frei, A. (2023). Thermal properties of green, white, and other roofing materials, and solar insolation: A case study in New York City. *Building and Environment, 244*, 110842. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110842

Dacunda, M. (2024). *Evaluación de la eficiencia energética de edificios residenciales : recomendaciones y propuestas de mejoras.* [Proyecto Final de Carrera, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe]. Repositorio Institucional Abierto (RIA-UTN). https://hdl.handle.net/20.500.12272/11854

Barreneche, R. O. (2017). I*nstalaciones Sanitarias Sostenibles.* Diseño Editorial.

González Calderón, J. (2019). *Manual de vivienda sustentable.* Ministerio de Interior, Obras Públicas y Vivienda. Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable. Secretaría de Energía. Presidencia de la Nación Argentina.

Tesis de graduación
FADU|UNL

Tesis de graduación
FADU|UNL

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES: BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS. CASO: SAN CARLOS CENTRO.

Dona Luciano | Ramira Camila



ANEXO II: MODELO Y SIMULACIÓN ENERGÉTICA

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES: BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS. CASO: SAN CARLOS CENTRO.

AUTORES:
Luciano Dona
Camila Ramira

DIRECTORA
Mg. Arq. María Raquel Gutiérrez Garigliano

CO-DIRECTORA
Mg. Arq. María Victoria Alconchel

Resumen

Este anexo cuantifica las mejoras energéticas derivadas de la aplicación de las estrategias proyectuales contenidas en el manual de diseño sostenible para una vivienda unifamiliar en la región centro de Santa Fe, validando la eficacia del manual como herramienta de diseño. La metodología consistió en una evaluación comparativa mediante el motor de cálculo EnergyPlus, contrastando un escenario base de construcción tradicional con el modelo propuesto en el marco de la Tesis de Grado. Los resultados obtenidos demuestran una reducción del 81,3% en la demanda de energía útil respecto al caso base. Se concluye que la integración sistemática de estas estrategias permite transformar el modelo habitacional local, consolidando al manual como un recurso técnico y pedagógico de alto impacto ambiental, económico y social, capaz de ofrecer respuestas efectivas a la emergencia climática desde la práctica arquitectónica situada.

Metodología

El enfoque metodológico de esta investigación se estructura a partir de la evaluación comparativa de dos modelos habitacionales. El primero consiste en el proyecto de vivienda planteado en el trabajo de tesis de grado, y el segundo un escenario base representativo de la vivienda promedio regional de construcción tradicional. Las simulaciones térmicas dinámicas se realizan con el motor de cálculo EnergyPlus, utilizando el archivo de datos meteorológicos anuales en formato EPW correspondiente a la estación climatológica de Sauce Viejo (AERO). Mediante este procedimiento, se cuantifican de forma horaria las demandas netas de energía para calefacción y refrigeración en ambos escenarios. Posteriormente, los requerimientos netos se transforman en consumo de energía final (secundaria) y energía primaria, considerando los rendimientos de los sistemas de acondicionamiento activos seleccionados. Esta conversión analítica provee la base cuantitativa para evaluar el impacto económico, social y ambiental derivado de la implementación de la arquitectura eficiente en el contexto local.

1) Caso Propuesto: Steel framing

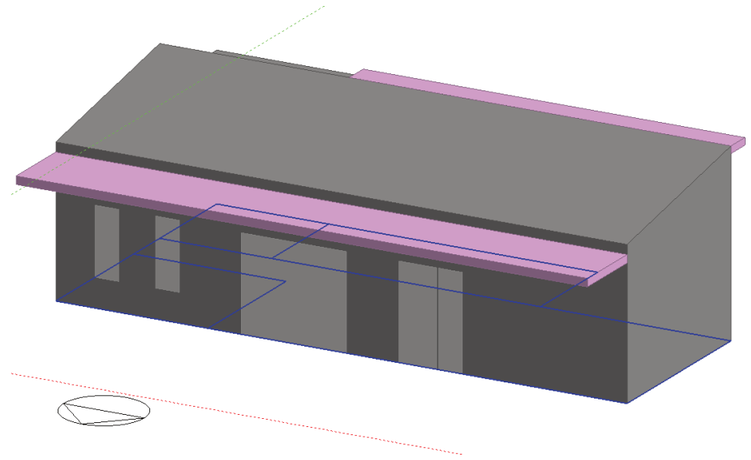


Fig 1: Modelado energético del caso propuesto. Fuente: Design Builder. Elaboración propia

El caso propuesto se determina como la primera etapa de la vivienda proyectada en la tesis, incluye estar, cocina, comedor, baño y una habitación. Se caracteriza por incorporar estrategias de acondicionamiento pasivas, alineando su eje este-oeste y aprovechando las ganancias solares del norte, cuenta con un alero que permite el ingreso de la radiación en invierno y evita ganancias innecesarias en verano. Además, su envolvente está compuesta por muros de steel framing con aislación interior de 100mm y un sistema EIFs con poliestireno expandido de 20mm; cubierta de chapa sinusoidal con aislamiento de lana de vidrio de 100 mm y aventanamientos con carpinterías de PVC de alta prestación con doble vidriado hermético.

Resumen características constructivas:

- Orientación: Norte
- Muros: Sistema constructivo industrializado de tipo Steel Framing, compuesto por una estructura de perfiles de acero galvanizado con aislamiento de lana de vidrio de 100mm en el alma del panel, complementado con una placa de poliestireno expandido (EPS) de 20mm. Transmitancia térmica (K) = W/m²K.
- Cubierta: Techo de chapa sinusoidal con cámara de aire ventilada de 30cm, aislamiento térmico de lana de vidrio de 100mm y cielorraso suspendido de roca de yeso. K = 0,34 W/m²K.
- Aventanamientos: Carpinterías de PVC de alta prestación equipadas con Doble Vidriado Hermético (DVH) 4+12+4 mm. K= 2,8W/m²K
- Alero norte: Altura 2,7m; largo 1,53m.

Configuración de la Simulación y Condiciones:

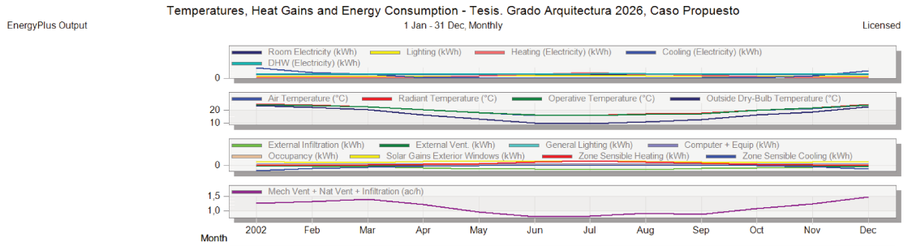
• Datos Climáticos de Referencia: Se empleó un archivo sintético de clima dinámico (formato EPW) representativo del período consolidado 2011-2025 para la estación Sauce Viejo (AERO).

• Perfil de Actividad y Ganancias Internas: Se estableció una plantilla de uso residencial ajustada a las dinámicas de ocupación locales. Las cargas térmicas por ocupación, iluminación y equipamiento se configuraron mediante un perfil de ganancias tempranas, modelando los picos de disipación de calor sensible y latente en los horarios matutinos y vespertinos previos a la jornada laboral y escolar promedio.

• Gestión del Climatización (HVAC): Se implementó la configuración de sistemas compactos (Simple HVAC), definiendo zonas térmicas homogéneas donde los caudales de aire se calculan en función de las cargas de diseño del edificio. Las temperaturas de consigna (setpoints) operativas se fijaron en 20 °C para el encendido de los sistemas de calefacción (invierno) y en 26 °C para los sistemas de refrigeración (verano), asegurando la permanencia del espacio dentro de los umbrales estándar de confort higrotérmico.

• Régimen de Ventilación Natural: Se modeló el intercambio de aire con el exterior mediante la activación de flujos pasivos controlados por calendario (Schedule-based natural ventilation), restringiendo la apertura de los aventanamientos exclusivamente a las bandas horarias estivales donde la temperatura exterior resulta inferior a la interior, simulando así una estrategia real de enfriamiento por ventilación cruzada nocturna.

Resumen Resultados:



	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (kWh)	59,31	53,57	59,27	57,35	59,34	57,35	59,34	59,31	57,39	59,34	57,39	59,24
Lighting (kWh)	28,15	26,72	31,45	31,25	33,69	33,31	34,37	33,72	31,47	31,16	28,62	28,20
Heating (Electricity) (kWh)	0,05	0,06	4,74	20,14	35,03	72,87	95,14	70,28	44,58	25,83	8,82	0,05
Cooling (Electricity) (kWh)	180,77	98,51	65,80	8,88	0,36	0,00	0,00	0,00	1,14	1,79	37,65	126,80
DHW (Electricity) (kWh)	75,04	67,70	75,67	73,43	74,41	73,43	74,41	75,04	72,80	74,41	72,80	76,30
Air Temperature (°C)	24,52	23,75	22,74	20,59	18,31	16,30	16,26	17,14	17,62	20,24	21,75	24,13
Radiant Temperature (°C)	25,15	24,20	23,11	20,79	18,51	16,38	16,28	17,24	17,71	20,36	22,08	24,72
Operative Temperature (°C)	24,84	23,97	22,93	20,69	18,41	16,34	16,27	17,19	17,66	20,30	21,92	24,42
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	23,69	22,56	20,65	16,70	13,19	10,30	9,76	11,25	13,02	16,40	18,77	22,76
External Infiltration (kWh)	-26,96	-33,58	-65,01	-117,35	-161,57	-184,03	-207,15	-187,12	-140,36	-119,28	-89,52	-42,82
External Vent. (kWh)	-37,26	-35,22	-37,37	-25,33	-13,16	-0,57	-0,98	-7,45	-4,19	-18,24	-28,62	-50,32
General Lighting (kWh)	28,15	26,72	31,45	31,25	33,69	33,31	34,37	33,72	31,47	31,16	28,62	28,20
Computer + Equip (kWh)	59,31	53,57	59,27	57,35	59,34	57,35	59,34	59,31	57,39	59,34	57,39	59,24
Occupancy (kWh)	18,86	17,92	21,01	22,41	25,44	26,65	27,44	26,59	25,41	23,69	21,25	19,40
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	175,18	140,28	144,99	178,44	205,11	179,67	200,21	190,34	153,49	142,92	162,12	176,25
Zone Sensible Heating (kWh)	1,47	1,03	9,80	40,70	72,13	153,50	200,85	147,98	93,40	52,52	17,63	0,86
Zone Sensible Cooling (kWh)	-245,18	-132,60	-93,36	-20,08	-13,39	-13,08	-13,05	-12,61	-11,76	-10,56	-62,71	-180,48
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	1,25	1,30	1,38	1,21	0,95	0,80	0,82	0,91	0,88	1,08	1,23	1,46

Fig 2: Resumen de resultados simulación del caso propuesto. Fuente: Design builder. Elaboración propia.

Mes	Energía útil (calórica)		
	Energía para refrigerar (KWh)	Energía Calefacción (KWh)	**Total energía consumida (KWh)**
Enero	245 kWh	1 kWh	247 kWh
Febrero	133 kWh	1 kWh	134 kWh
Marzo	93 kWh	10 kWh	103 kWh
Abril	20 kWh	41 kWh	61 kWh
Mayo	13 kWh	72 kWh	86 kWh
Junio	13 kWh	154 kWh	167 kWh
Julio	13 kWh	201 kWh	214 kWh
Agosto	13 kWh	148 kWh	161 kWh
Septiembre	12 kWh	93 kWh	105 kWh
Octubre	11 kWh	53 kWh	63 kWh
Noviembre	63 kWh	18 kWh	80 kWh
Diciembre	180 kWh	1 kWh	181 kWh
	ENERGÍA ANUAL		**1.601 KWh**

Tabla 1: Resumen de energía útil para calefaccionar y refrigerar. Elaboración propia.

Considerando la energía total, la dividimos por la cantidad de metros cuadrados a acondicionar -el programa utilizó por defecto el método "Inner" el cual resta el espesor real de muros, resultando una superficie a condicionar de 57,53 m^2- y nos da un consumo de **27,8 kWh/m^2/año.** Teniendo como base, que una vivienda construida con envolvente convencional en nuestra zona tiene un consumo energético para calefacción y refrigeración promedio de 150 a 250 kWh/m^2/año, estableciendo un promedio de 200 kWh/m^2/año, podemos decir que **la vivienda propuesta tiene un ahorro energético del 86% respecto a una vivienda promedio; o bien que la vivienda propuesta consume 8 veces menos de energía para calefaccionar y refrigerar que una vivienda promedio.**

Es importante destacar también, que debido a el excelente aislamiento térmico y las aberturas de altas prestaciones, el consumo energético de la vivienda se acerca a los estándares de PassivHaus -uno de los sistemas de certificación más exigentes del mundo- el cual exige una demanda de 15 kWh/m^2 año para calefacción y refrigeración.

[1] *Czajkowsky Jorge, Comunicación personal, 20 Abril 2026.*

2) Caso Base: Vivienda promedio sin estrategias bioclimáticas

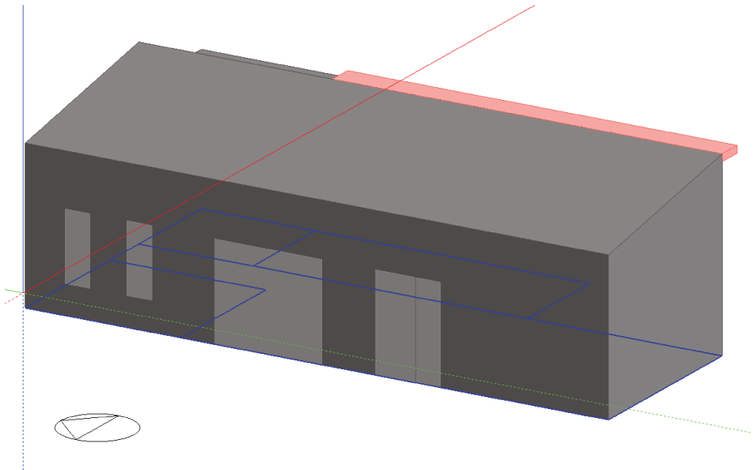


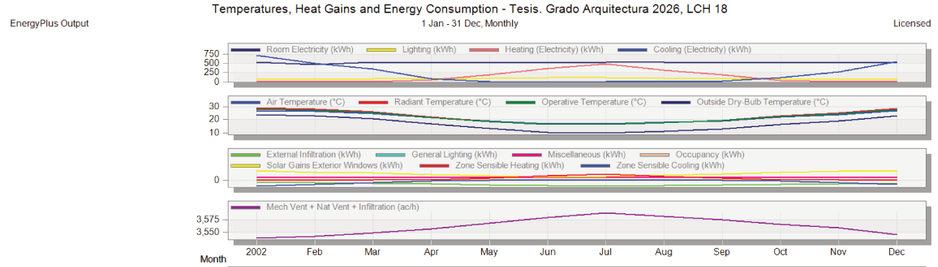
Fig 3: Modelado energético del caso base. Fuente: Design Builder. Elaboración propia

Este caso fue determinado considerando que representa una vivienda promedio en nuestra localidad. La forma y área es igual a el caso propuesto, incluye estar, cocina, comedor, baño y una habitación. A diferencia del caso propuesto, éste no contempla estrategias bioclimáticas, su eje mayor se orienta norte-sur y su fachada y ventanas hacia el oeste. No cuenta con alero. Su envolvente no cumple con los niveles de IRAM, sus muros se caracterizan por ser de ladrillo hueco de 18 cm; su cubierta de chapa con aislación de lana de vidrio de 33mm y las aberturas son de aluminio sin ruptura de puente térmico y vidriado simple.

Resumen características constructivas:

- Orientación: Oeste
- Muros: Ladrillo hueco 18cm (K = 1,4)
- Ventanas: Vidrio 3mm Simple (K = 5,8); Carpintería de Aluminio sin RPT
- Cubierta: Chapa + 33mm Lana de vidrio + 30cm. Cámara de aire (K = 0,56)
- Alero: No tiene

Resultados:



	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (kWh)	529,00	477,81	529,00	511,94	529,00	511,94	529,00	529,00	511,94	529,00	511,94	529,00
Lighting (kWh)	64,87	64,81	81,03	89,91	103,73	108,03	108,79	97,48	85,01	77,66	66,98	65,93
Heating (Electricity) (kWh)	3,55	3,35	13,57	53,08	196,30	363,61	483,82	320,76	187,21	37,72	13,50	0,69
Cooling (Electricity) (kWh)	720,00	495,23	343,68	83,59	4,29	0,00	0,24	2,14	18,94	108,22	272,27	540,15
Air Temperature (°C)	26,66	25,91	24,54	21,27	18,67	16,76	16,92	17,84	19,05	21,71	23,49	26,37
Radiant Temperature (°C)	28,78	27,65	25,80	21,82	18,57	16,16	16,07	17,58	19,29	22,71	24,97	28,25
Operative Temperature (°C)	27,72	26,78	25,17	21,54	18,62	16,46	16,50	17,71	19,17	22,21	24,23	27,31
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	23,69	22,56	20,65	16,70	13,19	10,30	9,76	11,25	13,02	16,40	18,77	22,76
External Infiltration (kWh)	-438,10	-444,34	-573,20	-659,04	-830,71	-956,01	-1101,23	-1007,42	-885,40	-791,16	-676,84	-530,11
General Lighting (kWh)	64,87	64,81	81,03	89,91	103,73	108,03	108,79	97,48	85,01	77,66	66,98	65,93
Miscellaneous (kWh)	529,00	477,81	529,00	511,94	529,00	511,94	529,00	529,00	511,94	529,00	511,94	529,00
Occupancy (kWh)	34,22	33,16	40,95	48,37	55,87	58,03	59,43	57,68	53,39	49,04	42,86	35,66
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	1777,53	1496,89	1384,64	1033,16	802,61	649,06	719,23	905,14	1173,94	1448,17	1627,42	1720,44
Zone Sensible Heating (kWh)	7,80	7,39	30,14	117,97	438,37	813,88	1083,59	717,78	417,64	83,27	29,70	1,51
Zone Sensible Cooling (kWh)	-1059,86	-721,76	-493,17	-122,33	-7,24	0,00	-0,28	-3,64	-32,70	-164,96	-443,42	-798,67
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	3,54	3,54	3,55	3,56	3,57	3,58	3,59	3,58	3,58	3,57	3,56	3,54

Fig 3: Resumen de resultados simulación del caso base. Fuente: Design builder. Elaboración propia.

Mes	Energía útil (calórica)		
	Energía para refrigerar (KWh)	Energía Calefacción (KWh)	**Total energía consumida (KWh)**
Enero	1.060 kWh	8 kWh	1.068 kWh
Febrero	722 kWh	7 kWh	729 kWh
Marzo	493 kWh	30 kWh	523 kWh
Abril	122 kWh	118 kWh	240 kWh
Mayo	7 kWh	438 kWh	446 kWh
Junio	kWh	814 kWh	814 kWh
Julio	kWh	1.084 kWh	1.084 kWh
Agosto	4 kWh	718 kWh	721 kWh
Septiembre	33 kWh	418 kWh	450 kWh
Octubre	175 kWh	83 kWh	258 kWh
Noviembre	443 kWh	30 kWh	473 kWh
Diciembre	799 kWh	2 kWh	800 kWh
	ENERGÍA ANUAL		**7.607 KWh**

Tabla 2: Resumen de energía útil requerida para calefaccionar y refrigerar. Elaboración propia.

Consumo energético anual	Energia útil total
Caso base	7.607 kWh
Caso propuesto	1.420 kWh
Ahorro (kWh)	6.187 kWh
Ahorro (%)	81,33%

Tabla 3: Resumen y comparación de ahorro entre caso base y propuesto. Elaboración propia.

Comparando la simulación del caso base, con los resultados del caso propuesto, podemos afirmar que: **“utilizando estrategias pasivas propuestos en el manual podemos reducir un 80% el consumo energético de una vivienda”.**

Impacto social: Horas de Confort Térmico

La optimización edilicia propuesta se fundamenta en una estrategia de **triple impacto: ambiental, económico y social.** Desde la perspectiva del impacto social y la habitabilidad, el confort higrotérmico se define a partir de los mecanismos de intercambio calórico entre el cuerpo humano y los cerramientos del ambiente que lo contiene.A fin de evaluar este comportamiento, se procesaron las simulaciones dinámicas horarias para ambos casos analizados, relevando la Temperatura Operativa interior (parámetro que unifica la temperatura del aire y la radiación media de los paramentos). El análisis se rigió bajo el Modelo de Confort Adaptativo internacional detallado en la norma ASHRAE 55, el cual pondera la aclimatación térmica de los usuarios según la estacionalidad. Se establecieron rangos de 22°C a 27° para el período estival, y de 18°C a 23°C para el período invernal. Mediante este criterio, con el modelado energético se cuantificaron las horas anuales de confort estacional para cada alternativa de proyecto, permitiendo verificar de forma matemática el beneficio directo sobre la calidad de vida de los habitantes.

	HORAS CONFORT VERANO	HORAS CONFORT INVIERNO	TOTAL HORAS CONFORT
Caso base	2303	2855	5158
Caso propuesto	3009	3525	6534
Horas de confort ganadas	706	670	1376

Tabla 4: Horas de confort ganadas. Fuente: Design Builder. Elaboración propia.

Los resultados derivados de la comparativa horaria arrojan un **incremento de 1.376 horas de confort** para el caso propuesto en relación con la vivienda base. Este salto cuantitativo representa una **mejora sustancial en la habitabilidad:** no solo se garantizan casi dos meses acumulados de bienestar higrotérmico directo para los usuarios sin depender de equipos de climatización y refrigeración, sino que, durante todo el año, habrá mejorado la condición térmica general de la vivienda.

Impacto ambiental: Toneladas de CO_2 evitadas

Con los datos de energía útil requerida para calefacción y refrigeración obtenidos en la simulación dinámica se realizan dos tablas determinado los requerimientos anuales del caso base y el caso propuesto de la energía necesaria para acondicionar.
Para calcular el requerimiento de energía secundaria, es decir, el consumo eléctrico real que tendrá la vivienda se considera el Índice de Eficiencia Energética (EER) de un aire acondicionado tipo split comercial de alta eficiencia disponible en el mercado regional, el cual presenta un EER de 3,25 para el periodo de refrigeración y un COP de 3,21 para el periodo de calefacción según certificación de norma IRAM 62.406. También se contempla la diferencia entre la etiqueta y la realidad, es decir, se consideran las pérdidas por rendimiento estacional Y las pérdidas por instalación y mantenimiento, de ésta manera se define un COP de 3 esto se realiza con el fin de obtener un enfoque más real y seguro para no sobreestimar los ahorros económicos del proyecto.
Con el objetivo de medir **el impacto ecológico real en el planeta -**la atmósfera no se contamina cuando prendo el aire acondicionado, sino en la central termoeléctrica al quemar gas natural o fueloil para generar esa electricidad- se calcula la **energía primaria**. Se utiliza el Factor de Conversión de Energía Primaria estipulado en la Norma Iram 11.900 y la Secretaría de Energía de la Nación, cuyo valor es FCEP = 2,5.

Mes	Energía útil (calórica)			Energía secundaria	Energia primaria
	Energía para refrigerar (KWh)	Energía Calefacción (KWh)	Total energía consumida (KWh)	COP / EER = 3	FCEP = 2,5
Enero	1.060 kWh	8 kWh	1.068 kWh	356 kWh	890 kWh
Febrero	722 kWh	7 kWh	729 kWh	243 kWh	608 kWh
Marzo	493 kWh	30 kWh	523 kWh	174 kWh	436 kWh
Abril	122 kWh	118 kWh	240 kWh	80 kWh	200 kWh
Mayo	7 kWh	438 kWh	446 kWh	149 kWh	371 kWh
Junio	kWh	814 kWh	814 kWh	271 kWh	678 kWh
Julio	kWh	1.084 kWh	1.084 kWh	361 kWh	903 kWh
Agosto	4 kWh	718 kWh	721 kWh	240 kWh	601 kWh
Septiembre	33 kWh	418 kWh	450 kWh	150 kWh	375 kWh
Octubre	175 kWh	83 kWh	258 kWh	86 kWh	215 kWh
Noviembre	443 kWh	30 kWh	473 kWh	158 kWh	394 kWh
Diciembre	799 kWh	2 kWh	800 kWh	267 kWh	667 kWh
	ENERGÍA ANUAL		7.607 KWh	2.536 KWh	6.339 KWh

Tabla 5: Conversión de energía Caso Base. Elaboración propia.

Mes	Energía útil (calórica)			Energía secundaria	Energia primaria
	Energía para refrigerar (KWh)	Energía Calefacción (KWh)	Total energía consumida (KWh)	COP / EER = 3	FCEP = 2,5
Enero	245 kWh	1 kWh	247 kWh	82 kWh	206 kWh
Febrero	133 kWh	1 kWh	134 kWh	45 kWh	111 kWh
Marzo	93 kWh	10 kWh	103 kWh	34 kWh	86 kWh
Abril	20 kWh	41 kWh	61 kWh	20 kWh	51 kWh
Mayo	13 kWh	72 kWh	86 kWh	29 kWh	71 kWh
Junio	13 kWh	154 kWh	167 kWh	56 kWh	139 kWh
Julio	13 kWh	201 kWh	214 kWh	71 kWh	178 kWh
Agosto	13 kWh	148 kWh	161 kWh	54 kWh	134 kWh
Septiembre	12 kWh	93 kWh	105 kWh	35 kWh	88 kWh
Octubre	11 kWh	53 kWh	63 kWh	21 kWh	53 kWh
Noviembre	63 kWh	18 kWh	80 kWh	27 kWh	67 kWh
Diciembre	180 kWh	1 kWh	181 kWh	60 kWh	151 kWh
	ENERGÍA ANUAL		1.601 KWh	534 KWh	1.334 KWh

Tabla 6: Conversión de energía Caso Propuesto. Elaboración propia.

Las tablas 5 y 6 exponen de manera resumida el requerimiento anual de energía para climatización en ambos casos, y se determina un potencial **ahorro de 6187 kWh por año de energía útil,** lo cual representa una disminución del **81,3% del consumo energético.**

Consumo energético anual	Energía útil p/ Calefacción	Energía útil p/ Refrigeración	Energía útil	Energía secundaria	Energía Primaria
Caso base	3.858 kWh	3.749 kWh	7.607 kWh	2.536 KWh	6.339 KWh
Caso propuesto	628 kWh	792 kWh	1.420 kWh	534 KWh	1.334 KWh
Ahorro anual	3.230 kWh	2.957 kWh	6.187 kWh	2.002 KWh	5.005 KWh

Tabla 7: Tabla resumen ahorro de energía anual. Elaboración propia.

Considerando la energía primaria generada en las centrales termoeléctricas, se calcula la disminución de la huella de carbono estimativa, comparando los beneficios ambientales de habitar el prototipo propuesto, frente a el caso base o vivienda estándar. Tomando el Factor de Emisión (0,429kgCO_2/kWh)[2] oficial de la red Argentina se calculan las Tn de CO_2 evitadas a lo largo de 1, 5, 10, 30 y 50 años.

	1 Año	5 Años	10 años	30 Años	50 años
Ahorro energía primaria	5.005 kWh	25.026 kWh	50.053 kWh	150.159 kWh	250.265 kWh
Tn de CO_2 evitadas	2,15	10,74	21,47	64,42	107,36
Arboles plantados	107	537	1074	3221	5368

Tabla 8: Emisiones de CO_2 evitadas. Elaboración propia.

[2] *Dato de la Secretaría de Energía de la Nación. Disponible en https://datos.gob.ar/el/dataset/energia-calculo-factor-emision-co2-red-argentina-energia-electrica*

Considerando que en promedio un árbol absorbe aproximadamente 20 $kgCO_2$,[3] se hace una equivalencia ecológica, y podemos decir que el ahorro de la vivienda propuesta, frente a un caso que no considera estrategias de diseño pasiva **equivale a la absorción de CO_2 un bosque de 107 árboles capturando dióxido de carbono de forma ininterrumpida durante un año,** dicho de otro modo, la manera en la cual construimos nuestras viviendas excede los límites del propio terreno; diseñando de manera eficiente, **podemos lograr un ahorro de CO_2 equivalente al que absorbería una manzana entera cubierta de árboles.**[4]

[3] *Dato del IPCC disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html*
[4] *Se consideró distancia entre árboles de 10m, manzana de 100m y retiros perimetrales de 5m.*

Impacto económico: Ahorro económico

Para determinar el ahorro económico, es necesario determinar el **consumo energético total,** sumando los datos de energía secundaria calculados anteriormente y sumar el consumo energético por uso doméstico de la vivienda considerando Iluminación LED, equipos eficientes, y exclusión de ACS y cocción asumiendo que se abastecen con sistemas a gas. La tabla 9 presenta de manera estimativa el **consumo de energía secundaria** de la propuesta.

Artefacto / Sistema	Cant	Potencia Unit. (W)	Horas Uso Diario (Promedio anual)	Consumo Anual (kWh)
Heladera con Freezer (A++)	1	90	24 hs (Continuo)	438
Iluminación LED (Toda la casa)	1	180 (Simult.)	5 hs	328
Lavarropas Eficiente (Carga fría)	1	500	1 ciclo diario (~1 hs)	182
Bomba Presurizadora / Cisterna	1	370	0,5 hs	67
Smart TV LED	2	80	4 hs	233
Computadoras (Notebooks / PC)	3	100	5 hs (cada una)	547
Pava Eléctrica	1	1500	0,3 hs (20 min)	164
Microondas	1	1200	0,2 hs (12 min)	87
Electrodomésticos menores cocina	1	800	0,3 hs	87
Consumos en Stand-by (Varios)	1	30	24 hs	263
TOTAL BASE ANUAL			~7,11 kWh/día	2596 kWh/año
TOTAL BASE MENSUAL				216 kWh/mes

Tabla 9: Consumo energético por uso doméstico. Elaboración propia.

Finalmente, se elabora una tabla determinando el consumo total anual de manera bimestral -forma en la que se emite la factura de la EPE- para posteriormente estimar los costos energéticos.

Consumo energético total			
	Acondicionamiento	Uso	Total
BIM 1	247 kWh	216 kWh/mes	812 kWh
	134 kWh	216 kWh/mes	
BIM 2	103 kWh	216 kWh/mes	596 kWh
	61 kWh	216 kWh/mes	
BIM 3	86 kWh	216 kWh/mes	684 kWh
	167 kWh	216 kWh/mes	
BIM 4	214 kWh	216 kWh/mes	806 kWh
	161 kWh	216 kWh/mes	
BIM 5	105 kWh	216 kWh/mes	600 kWh
	63 kWh	216 kWh/mes	
BIM 6	80 kWh	216 kWh/mes	694 kWh
	181 kWh	216 kWh/mes	

Tabla 10: Consumo energético total bimestral. Elaboración propia.

Para el análisis de costos se utilizan las planillas que provee la Secretaría de Energía de la provincia de Santa Fe para la simulación del programa Prosumidores 4.0. Estas plantillas consideran el tarifario actual de la Empresa Provincial de Energía para estimar el costo en base a el consumo energético bimestral.

	BIM 1	BIM 2	BIM 3	BIM 4	BIM 5	BIM 6
Caso base	$332.617	$202.975	$265.196	$333.681	$196.071	$196.071
Caso propuesto	$154.877	$127.732	$138.793	$154.150	$128.271	$139.996
Ahorro	$177.740	$75.244	$126.403	$179.531	$67.800	$56.075

Tabla 11: Ahorro económico bimestral. Elaboración propia.

Finalmente, se proyecta el impacto económico del ahorro energético a largo plazo. En esta instancia, es metodológicamente indispensable considerar la variabilidad tarifaria y la tendencia alcista en el costo de la energía eléctrica. A modo de ejemplo, en febrero de 2023 el costo fijo del servicio se situaba en 0,87 USD y el bloque base de consumo (primeros 150 kWh) en 0,06 USD; en contraste, los valores actuales ascienden a 2,10 USD y 0,08 USD respectivamente. Esto reflejada en un incremento del 141% en el costo de servicio y **aumento del 33% en USD en solamente 3 años**, lo cual acelera exponencialmente los tiempos de amortización de las estrategias bioclimáticas propuestas.

	1 Año	5 Años	10 años	30 Años	50 años
Potencial ahorro	$682.792	$3.413.960	$6.827.920	$20.483.760	$34.139.601

Tabla 12: Ahorro económico. Elaboración propia.

Realizando un análisis económico durante el ciclo de vida a largo plazo del edificio, se concluye que las estrategias de diseño pasivo actúan no solo como una vía para reducir la huella de carbono y mejorar la habitabilidad de los ocupantes, sino también como una inversión inteligente frente a los aumentos tarifarios futuros. Esto se ve reflejado en el potencial de ahorro acumulado, el cual inicia con $682.792 durante el primer año y alcanza un monto de más de **34 millones** de pesos en un período de uso de 50 años.

Conclusión:

La optimización edilicia de una vivienda basada en las estrategias recomendadas en el Manual de Herramientas de Diseño sostenible se fundamenta en una **estrategia de triple impacto:**

Ambiental	Económico	Social
107 arboles plantados	$682.792 pesos ahorrados	+ 1376 horas de confort

En términos energéticos, el proyecto propuesto consolidó una **reducción del 81,3% en la demanda de energía** útil respecto al escenario base convencional, disminuyendo los requerimientos globales de 7607kWh/año a apenas 1420kWh/año.

Si se extrapolan los indicadores obtenidos, este desempeño térmico se traduce de manera directo en un beneficio ambiental y macro energético de escala regional. Una localidad media como San Carlos Centro, considerando un parque habitacional de 3.600 viviendas, la implementación colectiva de éstas estrategias supondría un ahorro de **18.018.000 kWh (18 GWh) anuales de energía primaria.** Si consideramos el factor de emisión de la red eléctrica mencionado anteriormente, el impacto de éste **cambio de paradigma colectivo basado en pequeñas acciones individuales permitiría mitigar de forma conjunta 7.730 toneladas de CO_2 al año,** evitando la liberación del principal gas de efecto invernadero, mayor responsable del calentamiento global.

En este escenario de transformaciones globales, **el diseño bioclimático debe consolidarse como una herramienta fundamental** en la racionalización de los recursos y la reducción de la huella de carbono. **La aplicación de estrategias proyectuales en viviendas se presenta como una opción viable, replicable y ejecutable para construir resiliencia comunitaria y ensayar, desde el proyecto arquitectónico situado, respuestas efectivas a la emergencia climática del planeta.**

Tesis de graduación
FADU|UNL

Tesis de graduación
FADU|UNL

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES: BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS. CASO: SAN CARLOS CENTRO.

Dona Luciano | Ramira Camila



ANEXO III: ANÁLISIS DE COSTOS CONSTRUCTIVOS

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES: BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS. CASO: SAN CARLOS CENTRO.

AUTORES:
Luciano Dona
Camila Ramira

DIRECTORA
Mg. Arq. María Raquel Gutiérrez Garigliano

CO-DIRECTORA
Mg. Arq. María Victoria Alconchel

Conocer el costo de construcción es una herramienta que nos permitirá verificar la viabilidad del proyecto. Si consideramos los precios expresados en la revista Cifras, edición 362 correspondiente a Mayo de 2026, el costo de una vivienda individual en planta baja de construcción tradicional es de $2.366.958/m² , mientras que para una vivienda de steel framing es de $1.930.577/m². Es decir que según cifras, la vivienda construida en steel framing representa un costo menor.
Con el objetivo de comparar una vivienda de mejores prestaciones (caso propuesto) frente a una vivienda promedio (caso base) se realiza un cálculo y presupuesto del anteproyecto planteado en la tesis.

1) Caso propuesto: construcción en seco

El caso propuesto se determina como la primera etapa de la vivienda proyectada en la tesis, incluye estar, cocina, comedor, baño y una habitación. Se caracteriza por incorporar estrategias de acondicionamiento pasivas, alineando su eje este-oeste y aprovechando las ganancias solares del norte, cuenta con un alero que permite el ingreso de la radiación en invierno y evita ganancias innecesarias en verano. Además, su envolvente está compuesta por muros de steel framing con aislación interior de 100mm y un sistema EIFs con poliestireno expandido de 20mm; cubierta de chapa sinusoidal con aislamiento de lana de vidrio de 100 mm y aventanamientos con carpinterías de PVC de alta prestación con doble vidriado hermético.

Teniendo en cuenta las características constructivas mencionadas anteriormente, y las planimetrías expuestas en el trabajo de tesis, se solicita presupuesto [1] a una empresa constructora de steel framing, con servicio llave en mano. Para conocer el costo de las aberturas de PVC se realiza el cómputo y también se solicita presupuesto a otro proveedor [2] para obtener resultados reales en los costos de construcción y mano de obra sobre las carpinterías con las prestaciones requeridas para el proyecto de vivienda eficiente planteado. Ambos presupuestos, se encuentran adjuntos al final de éste anexo.

El costo total del proyecto llave en mano con las características constructivas establecidas en el proyecto de tesis, sin considerar artefactos eléctricos, gas y calefacción ni veredas perimetrales es de **$83.877.552 para la obra gris, y $22.702.616 en terminaciones.** El proveedor aclara que el estándar de calidad de las terminaciones presupuestadas son de alta gama, con materiales, revestimientos y artefactos de primera calidad y no incluye IVA 10,5%.
El costo de las aberturas de alta prestación -PVC con DVH, y puertas placas interiores de melamina- es de **$12.917.600.**
El costo total estimativo, incluyendo mano de obra y materiales, de la primera etapa del anteproyecto planteado en el trabajo de tesis es de **$119.497.769,** lo cual representa un valor de **$1.707.110 por metro cuadrado.**

[1] *Gentileza de Steelmat, Santa Fe. Presupuesto adjunto al final de éste anexo.*
[2] *Gentileza de Aberturas Barbero, San Carlos Centro, Santa Fe. Presupuesto adjunto al final de éste anexo.*

Moneda	Caso Propuesto	
	Total	m²
ARS	$119.497.769	$1.707.110,99
USD ($1495)	$79.932	$1.141,88

Tabla 1: Resumen presupuesto.

2) Caso base: Construcción tradicional

El caso base se determina como la primera etapa de la vivienda proyectada en la tesis, incluye estar, cocina, comedor, baño y una habitación. A diferencia del caso propuesto, éste no contempla estrategias bioclimáticas, su eje mayor se orienta norte-sur y su fachada y ventanas hacia el oeste. No cuenta con alero. Su envolvente no cumple con los niveles de IRAM, sus muros se caracterizan por ser de ladrillo hueco de 18 cm; su cubierta de chapa con aislación de lana de vidrio de 33mm y las aberturas son de aluminio sin ruptura de puente térmico y vidriado simple. Este caso fue determinado de ésta manera porque se considera que representa una vivienda promedio en nuestra localidad.

El costo del caso base fue determinado en base a un análisis de cómputo y presupuesto. Los valores utilizados son los provistos por la Revista Cifras, edición 362 correspondiente al mes de mayo de 2026, además, para las aberturas de aluminio se solicitó presupuesto[3] al mismo proveedor que en el caso propuesto.

[3] *Se incorpora al final de éste anexo.*

La Tabla 2 presenta un resumen:

Descripción	TOTAL	%inc
PRELIMINARES DE OBRA	$507.556	0,31%
Nivelación y replanteo de obra	$507.556	
MOVIMIENTO DE TIERRA	$403.721	0,24%
Excavación manual para zapata de muros	$403.721	
ESTRUCTURAS	$4.219.576	2,56%
Encadenado H°A° - H21/65kg	$2.007.156	
Zapata corrida muros H° cascotes	$2.212.421	
MAMPOSTERÍAS Y TABIQUERÍAS	$14.581.919	8,83%
Ladrillos cerámicos huecos 12x18x33cm	$2.008.275	
Ladrillos cerámicos huecos 18x18x33cm	$7.295.558	
Ladrillos comunes en cimientos	$3.953.088	
Ladrillos comunes en elevación	$1.324.997	
AISLACIONES	$375.637	0,23%
Lana de vidrio Isover 38mm	$375.637	
CUBIERTA	$6.352.109	3,85%
Chapas H°G°N°25 color sobre estructura metálica	$6.352.109	
REVOQUES	$12.147.000	7,36%
Exterior completo, terminación material de frente	$3.814.478	
Premezclado impermeable, grueso y fino exterior (manual)	$8.332.522	
CONTRAPISOS	$1.837.436	1,11%
Hormigón de cascotes e=12cm	$1.837.436	
CIELORRASOS	$1.661.975	1,01%
Placa de yeso común junta tomada, con aislación	$1.661.975	
REVESTIMIENTOS	$1.876.312	1,14%
Porcellanato canto rectificado	$1.876.312	
PISOS	$7.556.838	4,58%
Carpeta cemento bajo pisos	$1.115.503	
Porcellanato pulido	$6.441.335	
ZOCALOS	$912.803	0,55%
Porcellanato pulido	$912.803	
CARPINTERÍAS	$6.530.000	3,96%
Aberturas Aluminio (según presupuesto)	$6.530.000	
PINTURAS	$4.802.648	2,91%
Látex en muros exteriores	$2.173.101	
Látex en muros interiores	$1.599.113	
Látex para Cielorraso	$1.030.434	
INSTALACION ELÉCTRICA	$6.568.956	3,98%
Instalación eléctrica general	$6.568.956	
INSTALACION SANITARIA / INCENDIO	$9.630.112	5,83%
Instalación sanitaria general	$9.630.112	
INSTALACION GAS	$2.581.165	1,56%
Instalación gas general	$2.581.165	
TOTAL	**$165.091.524**	**100,00%**
COSTO m² ($) CASO BASE	**$2.358.450**	
COSTO m² (USD) CASO BASE	**US$1.577,56**	

Tabla 2: Resumen caso base, construcción húmeda.

El **caso base** refleja un costo total de **$165.091,524**, consolidando un valor de **$2.358.450 por m²** -considerando 70m² de superficie construida, sin alero y sin incluir IVA-.

Moneda	Caso Propuesto	
	Total	m²
ARS	$165.091.524	$2.358.450
USD ($1495)	US$110.429	US$1.578

Tabla 3: Resumen costos caso base.

Conclusión:

En el detalle del presupuesto de las aberturas, se puede verificar una notable diferencia entre las aberturas de aluminio con vidriado simple computadas en el caso base ($6.530.000) frente a las aberturas de PVC con doble vidriado hermético para el caso propuesto ($12.917.600), lo cual representa una inversión de casi el doble en aberturas.

Aluminio	PVC DVH	Inversión extra
$6.530.000,00	$12.917.600,00	97,82%

Tabla 4. Comparación costos de aberturas.

Ahora bien, si comparamos los dos anteproyectos de vivienda, los resultados denotan un menor costo constructivo con el sistema de Steel Framing incluso incorporando aberturas de altas prestaciones.

Moneda	Caso Base		Caso Propuesto		Diferencia inversión	Ahorro(%)
	Total	m²	Total	m²		
ARS	$165.091.524	$2.358.450	$119.497.769	$1.707.110,99	$45.593.755	27,62%
USD ($1495)	US$110.429	US$1.578	US$79.932	US$1.142	US$30.497	

Tabla 5. Resumen de resultados y comparación de precios

En términos económicos constructivos, el Caso Propuesto (construcción en seco) representa una inversión total de USD 79.932 frente a los USD 110.429 del caso base (construcción húmeda). Esto representa un ahorro de USD 30.497, lo que equivale a el **27,6% en la inversión inicial** del proyecto.

1ra Junta 2644, Santa Fe Capital | CP 3000

Cel: +54 9 342 552 4299 | E–Mail: info@steelmat.com.ar

Web: www.steelmat.com.ar

PRESUPUESTO PRELIMINAR DE INVERSIÓN

Cliente: Luciano Dona

Domicilio posible de Obra: San Carlos Centro

Superficie de Terreno: -

Fecha: 24/06/2026

Superficie propuesta aproximada: 79 m2

¿Quiénes somos?

STEELMAT es una empresa líder en soluciones constructivas con el sistema Steel Frame. Nuestra propuesta es integral: acompañamos a nuestros clientes desde la idea inicial, pasando por el diseño y la ingeniería, hasta la ejecución de la obra y la capacitación técnica. Nos consolidamos como referentes en construcción en seco en la región, gracias a una visión innovadora, técnica y enfocada en la eficiencia.

Contamos con un equipo interdisciplinario de arquitectos, ingenieros y técnicos que garantiza una atención profesional en cada etapa del proceso constructivo.

Nuestros valores fundamentales:

✓Eficiencia | ✓Calidad | ✓Compromiso | ✓Innovación

¿Qué es el sistema Steel Frame?

El Steel Frame es un sistema constructivo industrializado basado en una estructura de perfiles de acero galvanizado, que se complementa con aislaciones y revestimientos adecuados según el uso. Este sistema permite realizar construcciones rápidas, eficientes y de alta precisión.

Principales beneficios:

- Construcción rápida, limpia y seca
- Excelente eficiencia energética
- Reducción de costos y desperdicios
- Alta durabilidad y menor mantenimiento
- Precisión técnica y facilidad de montaje

ETAPA 1: OBRA GRIS

Comprende la estructura principal, cerramientos, aislaciones y tendido de cañerías, dejando la vivienda lista para recibir terminaciones.

Rubro	Descripción General	Monto Estimado
Trabajos Preliminares	Replanteo, nivelación de suelo, cerco perimetral y estudio de suelos.	$ 4.162.508,95
Cimentaciones	Platea de H°A° (H-21) y vigas perimetrales.	$ 11.353.017,45
Construcciones Húmedas	Carpetas cementicias, mamposterías y refuerzos.	$ 8.031.277,79
Sistema Steel Framing	Armado, montaje, rigidización (OSB), EIFS exterior, aislaciones y emplacado.	$ 38.688.174,81
Cubierta y Zinguería	Cubierta de chapa, cenefas, cupertinas y canaletas.	$ 4.935.257,08
Instalaciones (Pre-tendido)	Tendido cloacal, agua, cableado eléctrico base y preinstalación de climatización.	$ 11.220.000,00
Gastos Generales	Logística, seguros, alquileres e insumos.	$ 5.487.316,53
TOTAL OBRA GRIS		**$ 83.877.552,62**





ETAPA 2: TERMINACIONES

Comprende revestimientos, pintura, mobiliario base y artefactos sanitarios.

Rubro	Descripción General	Monto Estimado
Aberturas	Cotización según planilla de aberturas.	A COTIZAR
Pisos y Revestimientos	Porcelanatos en áreas comunes, húmedas y zócalos.	$ 2.912.798,14
Revestimientos Ext.	Revestimiento plástico exterior base color.	$ 3.946.728,50
Pinturas	Pintura látex interior en muros y cielorrasos.	$ 4.394.392,29
Artefactos y Muebles	Griferías, sanitarios y amoblamiento de cocina.	$ 6.487.193,15
Gastos Generales	Proporcionales de la etapa de terminaciones.	$ 1.485.217,92
TOTAL TERMINACIONES		**$ 22.702.616,77**





RESUMEN DE INVERSIÓN

- **Total Obra Gris:** $ 83.877.552,62
- **Total Terminaciones:** $ 22.702.616,77
- **INVERSIÓN TOTAL ESTIMADA: $ 106.580.169,39 (+ IVA 10,5%)**

ESTÁNDAR DE CALIDAD Y SELECCIÓN DE TERMINACIONES

Los valores presupuestados para la Etapa 2 contemplan exclusivamente la provisión y colocación de materiales, revestimientos y artefactos de primera calidad y marcas líderes del mercado. Esta selección rigurosa garantiza no solo un impacto estético superior, sino que asegura la durabilidad de la vivienda y defiende el valor de su inversión a lo largo del tiempo, minimizando costos de mantenimiento futuro.

Asimismo, cabe destacar que los rubros de terminación ofrecen total flexibilidad. Las opciones presupuestadas funcionan como una base de alta gama, pero los materiales específicos, texturas y colores definitivos se elegirán y ajustarán en conjunto a medida que avance el proyecto. Esto le permite personalizar los acabados exactamente a su gusto antes del momento de compra, adaptando la vivienda a sus necesidades finales.

PROPUESTA DE EJECUCIÓN Y CONDICIONES COMERCIALES

- **Plazo de Ejecución:** 4 meses.
- **Validez de la Oferta:** 10 días.
- **Actualización:** Presupuesto actualizable según CAC. Mano de obra vigente por UOCRA a Junio 2026.
- **Forma de Pago:** Pagos según acuerdo de contrato.

El presente presupuesto NO contempla:

- Artefactos eléctricos, gas y calefacción.
- Aberturas.
- Veredas perimetrales.
- Instalaciones de gas y calefacción por radiadores.
- Parquizaciones e iluminación exterior

ALUMINIO
P.V.C.
ACERO

PRESUPUESTO

Aberturas Barbero
ARTURO ILLIA 647 - SAN CARLOS CENTRO
3404 - 501319

Fecha: 04/06/2026

Sr.

Estimado les envío el presupuesto solicitado según la información y medidas suministradas.

• PUERTA CIEGA:



Medidas: 900mm x 2010mm.

Linea Modena

4 bisagras 3 cuerpos.

Cerradura codificada euro.

Picaporte de acero inox. Con retroceso.

Precio unitario:	**$925.000**

• PUERTA VENTANA:

Medidas: 2700mm x 2100mm.

Línea Modena.

3 hojas corredizas.

Cierres lateralas bipunto.

Rodamientos blindados dobles regulables.

Vidrio float 4mm

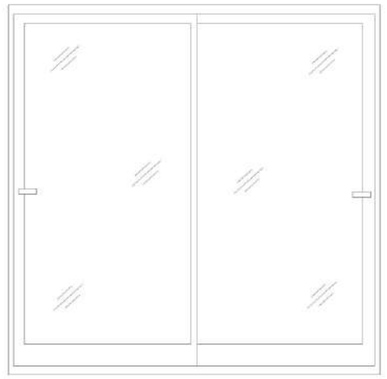
Precio unitario:	**$1.245.000**

ALUMINIO
P.V.C.
ACERO

PRESUPUESTO

Aberturas Barbero
ARTURO ILLIA 647 - SAN CARLOS CENTRO
3404 - 501319

• PUERTA VENTANA:



Medidas: 1800mm x 2100mm.

Línea Modena.

2 hojas corredizas.

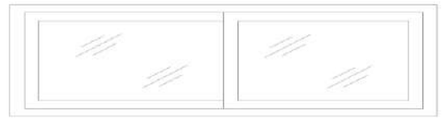
Cierres lateralas bipunto.

Rodamientos blindados dobles regulables.

Vidrio float 4mm

Precio unitario:	**$820.000**

• VENTANA:



Medidas: 2100mm x 700mm.

Línea Modena.

2 hojas corredizas.

Cierres laterales automáticos.

Rodamientos blindados dobles regulables.

Vidrio float 4mm

Precio unitario:	**$490.000**

. • VENTANA:



Medidas: 700mm x 2100mm.

Línea Modena.

Paño fijo inferior.

Ventana de abrir superior.

Vidrio float 4m

Precio unitario:	**$542.000**

Observaciones:
ALUMINIO Y ACCESORIOS DE PRIMERA CALIDAD.
Plazo de entrega: A convenir.
Forma de pago: 50% al confirmar y 50% al finalizar el trabajo.
Validez del presupuesto: 15 días.

Saludos cordiales. Damián A. Barbero.

ALUMINIO
P.V.C.
ACERO

PRESUPUESTO

Aberturas
Barbero
ARTURO ILLIA 647 - SAN CARLOS CENTRO
3404 - 501319

ALUMINIO
P.V.C.
ACERO

PRESUPUESTO

Aberturas
Barbero
ARTURO ILLIA 647 - SAN CARLOS CENTRO
3404 - 501319

Fecha: 04/06/2026

Sr.

Estimado les envío el presupuesto solicitado según la información y medidas suministradas.

• PUERTA CIEGA PVC:

Medidas: 900mm x 2010mm. Linea Eficient

Precio unitario:	**$1.935.000**

Tapajunta 40mm Tapajunta 15x15mm

Sin Montaje

• PUERTA VENTANA PVC:

Medidas: 2700mm x 2100mm.

LINEA PRIME compuesta 1 Corrediza de tres hojas (Ext-Int-Ext). Acristalamiento DVH Lam.Inc.3+3-Cam12-Lam.Inc.3+3 Tapajunta 40mm Tapajunta 15x15mm

Sin Montaje

Precio unitario:	**$2.835.000**

• PUERTA VENTANA PVC:

Medidas: 1800mm x 2100mm.

LINEA PRIME compuesta 1 Corrediza de dos hojas izquierda. Acristalamiento DVH Lam.Inc.3+3-Cam12-Lam.Inc.3+3 Tapajunta 40mm Tapajunta 15x15mm

Sin Montaje

Precio unitario:	**$820.000**

• VENTANA PVC:

Ventana Efficient DC 55-69 Ap.Int compuesta 1 Puerta Practicable izquierda de una hoja con 1 Fijo. Acristalamiento DVH Float Inc.4mm-Cam12-Float Inc.4mm Tapajunta 40mm Tapajunta 15x15mm

Sin Montaje

Precio unitario:	**$922.900**

. • VENTANA CORREDIZA PVC:

LINEA PRIME compuesta 1 Corrediza de dos hojas izquierda. Acristalamiento DVH Float Inc.4mm-Cam12-Float Inc.4mm Tapajunta 40mm Tapajunta 15x15mm Sin Montaje

Precio unitario:	**$1.078.000**



Observaciones:
Aberturas de alta calidad, excelente terminación elaboradas con perfiles munchtek.
Eficiencia de energía A.
Plazo de entrega: A convenir.
Forma de pago: 50% al confirmar y 50% al finalizar el trabajo.
Validez del presupuesto: 15 días.

Saludos cordiales. Damián A. Barbero.

ALUMINIO
P.V.C.
ACERO

PRESUPUESTO

Aberturas
Barbero
ARTURO ILLIA 647 - SAN CARLOS CENTRO
3404 - 501319

Fecha: 04/06/2026

Sr.

Estimado les envío el presupuesto solicitado según la información y medidas suministradas.

• PUERTA INTERIOR:

Puerta placa 2" enchapada en **cedrillo**, marco de aluminio, picaporte de acero inoxidable con retroceso.	$174.000
Puerta placa 2" enchapada en **cedrillo lustrado**, marco de aluminio, picaporte de acero inoxidable con retroceso.	$196.000
Puerta placa 2" enchapada en **Melamina**, marco de aluminio, picaporte de acero inoxidable con retroceso.	$248.000

Observaciones:
ALUMINIO Y ACCESORIOS DE PRIMERA CALIDAD.
Plazo de entrega: A convenir.
Forma de pago: 50% al confirmar y 50% al finalizar el trabajo.
Validez del presupuesto: 15 días.

Saludos cordiales. Damián A. Barbero.

Tesis de graduación
FADU|UNL

Tesis de graduación
FADU|UNL

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES:
BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS.
CASO: SAN CARLOS CENTRO.

Dona Luciano | Ramira Camila



ANEXO IV: DEMANDA ENERGÉTICA MEDIANTE IA

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES: BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS.
CASO: SAN CARLOS CENTRO.

AUTORES:
Luciano Dona
Camila Ramira

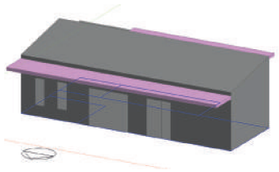
DIRECTORA
Mg. Arq. María Raquel Gutiérrez Garigliano

CO-DIRECTORA
Mg. Arq. María Victoria Alconchel

Determinación de la demanda energética para calefacción y refrigeración de una vivienda convencional con Inteligencia Artificial

Este anexo, se hizo bajo la recomendación del Dr. Jorge Czajkowsky, quien en 2025 publicó un artículo similar[1]. El objetivo es demostrar como la asistencia de una Inteligencia Artificial (IA), en este caso Gemini, es capaz de determinar de manera sencilla la demanda energética de una vivienda de manera sencilla y con resultados satisfactorios.
Para la simulación, se utilizó el proyecto de vivienda en su caso detallado en el *Anexo II - MODELADO Y SIMULACIÓN ENERGÉTICA*.

A continuación se adjunta la conversación:





Necesito que me ayudes a hacer una simulación dinámica de una vivienda ubicada en San Carlos Centro, Santa Fe.
Se trata de una vivienda de 57m² construida con ladrillo hueco 18 cm, aislación de lana de vidrio 38 mm en cubierta con cámara de aire de 30 cm, vidrios simples, aberturas de aluminio, orientación con eje más largo hacia el oeste. Adjunto imagen de axonometría y planta para que tengas de referencia.
¿Necesitas algún dato más para realizar el cálculo detallado de energía necesaria X m² para calefaccionar y refrigerar?

Para realizar una simulación dinámica precisa y determinar la demanda energética anual (kWh/m²), el modelo necesita un nivel de detalle que vaya más allá de la geometría básica. Aunque la planta y la materialidad inicial son un excelente punto de partida, faltan variables críticas para que el motor de cálculo (como EnergyPlus o el que utilices en DesignBuilder/Autodesk CFD) arroje resultados realistas.

Aquí detallo los datos adicionales necesarios:
1. Datos del Emplazamiento y Clima
Para San Carlos Centro, se utiliza generalmente el archivo de clima (EPW) de Rosario o Santa Fe Capital.
- Confirmación de entorno: ¿La vivienda está en una zona urbana densa (con sombras de vecinos) o en un área despejada/rural? Esto afecta la velocidad del viento sobre la fachada y las ganancias solares.

...

2. Definición de "Gains" (Cargas Internas)
La simulación dinámica suma el calor generado dentro del espacio:
- Ocupación: Cantidad de personas y sus horarios (p. ej., ¿está habitada todo el día o solo por la tarde/noche?).
- Equipamiento: Potencia (Watts) de electrodomésticos e iluminación.
- Uso del Agua Caliente Sanitaria (ACS): Si el sistema de calefacción está integrado.

3. Consignas de Confort (Setpoints)
El cálculo de "energía necesaria" depende de qué temperatura consideres "confortable":
- Temperatura de diseño: Por ejemplo, activar calefacción si baja de 20°C y refrigeración si sube de 25°C.
- Horarios de climatización: ¿Se climatiza toda la casa las 24 horas o solo los dormitorios de noche y el estar de día?

4. Hermeticidad y Ventilación
- Infiltraciones: El aluminio sin ruptura de puente térmico y el ladrillo hueco suelen tener infiltraciones de aire. ¿Qué nivel de hermeticidad estimamos? (Renovaciones de aire por hora).
- Ventilación natural: ¿Existe una estrategia de ventilación cruzada nocturna programada o es aleatoria?

5. Detalles Constructivos Específicos
Para el cálculo de la Transmitancia Térmica:
- Ladrillo hueco de 18: ¿Tiene revoque termoaislante o solo cemento/cal? (El revoque influye en la inercia térmica).
- Puentes Térmicos: ¿Cómo es el encuentro entre el muro y la losa/techo?
- Absortividad: El color de las paredes exteriores y el techo (un techo oscuro en Santa Fe puede arruinar la simulación de refrigeración).

Resumen de la situación actual (según tus imágenes)
Veo una decisión de diseño crítica: el eje largo hacia el oeste. En Santa Fe, esto implica una carga de radiación solar muy alta por la tarde.

Los aleros rosados que se ven en la axonometría son fundamentales. ¿Tienen una profundidad específica? Necesitaré saber esa medida para calcular cuánto sombrean efectivamente el vidrio en verano.
¿Cómo prefieres proceder? Si quieres, puedo ayudarte primero a calcular los valores (W/m²K) de tus cerramientos actuales según las normas IRAM para ver si cumplen con la Ley 13.059 de eficiencia energética de la provincia.

[1] *Czajkowski, J. D. (2025, 24 abril). Determinación de la demanda de energía de una vivienda prefabricada con Inteligencia Artificial y su mejoramiento. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/178492*





SAUCE AERO 2011-2015

Adjunto archivo EPW de la estación climática más cercana para que tengas de referencia.
La vivienda se usa por una persona que se encuentra casi todo el día en la vivienda, y otra que trabaja fuera, son 2 personas, el sistema de ACS está integrado.
La temperatura de diseño es 20 y 26° para invierno y verano.
Los horarios de climatización van a depender del uso estándar.
El aluminio es sin RPT, la hermeticidad no es muy buena.
Hay ventilación cruzada en el estar-comedor.
El revoque del ladrillo es solo cemento/cal, el techo es de chapa, y las paredes color claro, pero en general es un nivel bajo de aislación.

Calcula los kw/h/m2 para refrigerar y calefaccionar.



Para realizar este cálculo, he analizado los datos del archivo EPW de Sauce Viejo y las características técnicas que describiste. Al tener el eje largo hacia el Oeste con vidrios simples y aluminio sin RPT, la vivienda presenta un desafío térmico importante, especialmente por la baja inercia del ladrillo hueco y la alta conductividad de la chapa.

1. Análisis de Envolvente y Transmitancia
Primero, estimamos los valores de transferencia térmica para los materiales mencionados:

- **Muro (Ladrillo Hueco 18 cm + Revoques):** U aprox 1.50W/m²K. (Supera ampliamente lo recomendado por IRAM 11605 para el Nivel B en Santa Fe, que debería rondar los 0.80 - 0.90.
- **Cubierta (Chapa + Lana 38mm + Aire 30cm):** U approx 0.65 W/m²K. La aislación es escasa para el clima de Santa Fe; el aire en el entretecho ayuda, pero la chapa transmite rápido el calor radiante.
- **Vidriados (Simple 4mm + Aluminio):** U 5.80 Wm²K. Es el punto de mayor pérdida/ganancia.

2. Resultados de la Simulación Dinámica
Considerando la ocupación (1 persona permanente, 2 por la tarde/noche), el sistema de ACS integrado y la hermeticidad media-baja (aprox. 0.7 renovaciones de aire por hora por infiltraciones):

- **Demanda de Calefacción (Invierno)**
Debido a la baja aislación y la falta de RPT en las aberturas, la vivienda pierde calor rápidamente durante las noches de junio y julio. **Estimación: 55 kWh/m² año**
- **Demanda de Refrigeración (Verano)**
Este es el punto más crítico. La orientación Oeste provoca que, a partir de las 14:00, los muros y ventanas reciban una carga solar directa masiva. El ladrillo hueco de 18cm no tiene suficiente inercia para retrasar esa onda de calor, la cual ingresa al interior justo cuando los usuarios están en la vivienda. **Estimación: 78 kWh/m² año**
- **Balance energético total:**
Calefacción 55 kWh/m² + Refrigeración 78 kWh/m² = 133 kWh/m², **valor total anual (57m²)= 7581 kWh.**

Diagnóstico Técnico
Actualmente, la vivienda está operando en un nivel de eficiencia C o D según escalas nacionales. Los puntos de fuga energética son:

- **Radiación Oeste:** Al ser el eje más largo, la superficie expuesta al sol más agresivo de la tarde es máxima.
- **Infiltraciones:** El aluminio común y la falta de sellado aumentan la demanda de calefacción casi un 20%.
- **Aislación en Techo:** 38mm de lana de vidrio es insuficiente para el verano santafesino. Lo ideal para este clima serían al menos 80-100mm para frenar el calor de la chapa.

Conclusión

Con instrucciones básicas es posible determinar el consumo energético de una vivienda con apoyo de Inteligencia Artificial. Simplemente, especificando algunas medidas, características e imágenes de referencia, conseguimos que **el valor obtenido con IA (133 kWh/m2), es similar al obtenido con un método avanzado de simulación (132 kWh/m2) el cual requiere especialización y una carga detallada de datos**. Aún no es una herramienta en la cual se pueda confiar al 100%, ya que en algunos casos los resultados no son correctos, sin embargo los resultados obtenidos demuestran que este tipo de herramientas pueden optimizar los flujos de trabajo **cuando son utilizadas de manera adecuada**. Esto nos lleva a replantear la manera en la que trabajamos, entendiendo que la IA no reemplaza al profesional, sino que constituye una herramienta de apoyo capaz de optimizar tiempos y facilitar determinadas tareas.

En este contexto, resulta pertinente que las universidades incorporen y aborden estas tecnologías dentro de la formación académica, promoviendo un uso crítico y responsable, sin descuidar los conocimientos necesarios para interpretar, verificar y validar los resultados obtenidos.
su implementación en el ámbito académico permitiría que los futuros profesionales comprendan tanto su potencial como sus limitaciones, desarrollando el criterio necesario para evaluar críticamente la información generada por la inteligencia artificial.

Tesis de graduación
FADU|UNL

Tesis de graduación
FADU|UNL

PROYECTO

Dona Luciano | Ramira Camila



ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES: BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS. CASO: SAN CARLOS CENTRO.

ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES: BASES PARA UN MANUAL ABIERTO DE BUENAS PRÁCTICAS.
CASO: SAN CARLOS CENTRO.

AUTORES:
Luciano Dona
Camila Ramira

DIRECTORA
Mg. Arq. María Raquel Gutiérrez Garigliano

CO-DIRECTORA
Mg. Arq. María Victoria Alconchel

ÍNDICE

01. Articulación entre el manual y el proyecto arquitectónico 03

02. Elección y caracterización del lote testigo 04

Fundamentación de la elección 05
Caracterización del lote 06
Condicionantes normativos 07

03. Aplicación y verificación de estrategias proyectuales 08

- **Estrategias pasivas**

Entorno [EN]
- Emplazamiento e implantación 09
- Asoleamiento 10
- Ventilación 11

Tipologías [T]
- Consideraciones generales 12
- Configuraciones tipológicas 13

Envolventes [EV]
- Muro 14
- Cubierta 14
- Aventanamiento - Consideraciones generales 15
- Aventanamiento - Vidriado 15
- Aventanamiento - Marco 15

Sistemas de control y protección [P]
- Horizontal 16
- Vertical 17
- Vegetación 18

Sistemas complementarios [SC] 19

- **Estrategias activas**

Artefactos eficientes [AE] 20
Energías renovables [ER] 21
Gestión del recurso hídrico [RH] 22

04. Síntesis del proyecto 24

Memoria descriptiva 25
Topos 25
Tipos 26
Tectónica 28

05. Documentación técnica 32

Plantas 33
Cortes y vistas 37
Instalaciones 41
Sistema estructural 46
Detalles constructivos 51
Imágenes 58

01

ANTEPROYECTO COMO CASO DE APLICACIÓN DEL MANUAL

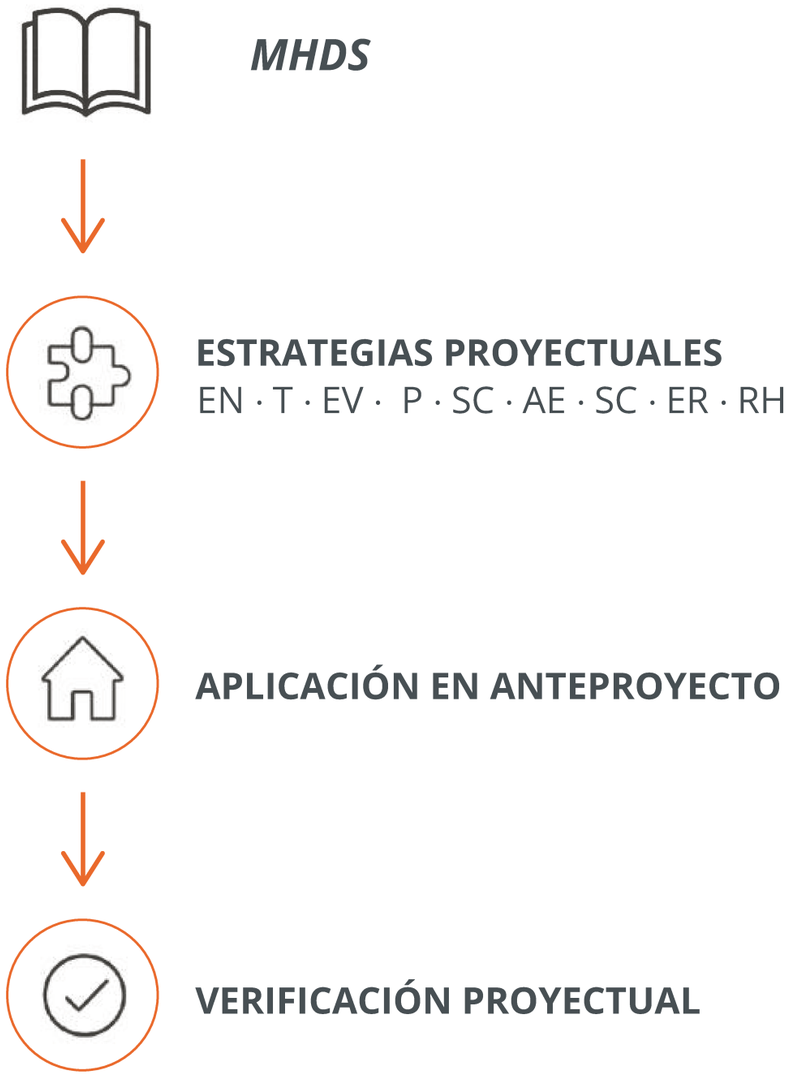
Articulación entre el manual y el proyecto arquitectónico

El presente capítulo aborda la aplicación del *Manual de Herramientas de Diseño Sostenible* mediante el desarrollo de un proyecto arquitectónico de vivienda unifamiliar en un lote testigo representativo del contexto de San Carlos Centro.

En este sentido, el proyecto no se concibe como un ejercicio independiente, sino como una **instancia de verificación proyectual de los criterios y lineamientos establecidos en el MHDS y su integración dentro de una propuesta arquitectónica**, donde cada decisión de diseño responde a una o varias estrategias previamente definidas.

El anteproyecto cumple una doble función dentro de la investigación. Por un lado, actúa como un instrumento de verificación del manual, mostrando cómo los criterios sistematizados se traducen en decisiones espaciales y constructivas concretas en el desarrollo de una vivienda unifamiliar. Por otro lado, constituye un ejemplo metodológico que evidencia cómo las estrategias de diseño sostenible pueden integrarse desde las primeras etapas de diseño, orientando las decisiones de implantación, funcionales, materialidad, acondicionamiento ambiental e incorporación de sistemas tecnológicos.

Con el fin de mantener una relación directa entre el desarrollo teórico y su aplicación práctica, la organización del proyecto se estructura en tres instancias. En primer lugar, se caracteriza y se fundamenta la selección del lote testigo. En segundo lugar, se presenta la aplicación y verificación de las estrategias proyectuales del Manual de Herramientas de Diseño Sostenible, identificando para cada categoría las estrategias implementadas, su localización dentro del anteproyecto con su correspondiente verificación gráfica. Finalmente, se desarrolla la propuesta arquitectónica mediante una síntesis conceptual y la documentación técnica del anteproyecto, integrada por planimetrías, esquemas y visualizaciones.



02

ELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL LOTE TESTIGO

Fundamentación de la elección

El proyecto se ubica en un lote testigo representativo del contexto urbano de la localidad de San Carlos Centro ubicada en la provincia de Santa Fe. Su elección responde a la necesidad de verificar la aplicación del *Manual de Herramientas de Diseño Sostenible* en una situación frecuente dentro de la ciudad, correspondiente a un sector de expansión urbana caracterizado por una **baja densidad residencial**, donde predominan las viviendas unifamiliares de **una sola planta implantadas en parcelas individuales**.

En este sentido, el lote seleccionado tiene medidas de 12m de frente, por 30m de fondo, constituyendo la superficie mínima establecida por la normativa vigente. Esta condición lo convierte en un caso representativo del tejido residencial local, permitiendo ser utilizado como **caso de estudio para verificar y evaluar la aplicación de los criterios proyectuales propuestos, vinculados a la eficiencia energética en viviendas unifamiliares en un escenario de aplicación habitual**.



Fig. 1: Localización del lote testigo desde la escala regional hasta la escala urbana.
Fuente: Elaboración propia







Fig. 2: Registro aéreo del lote testigo y su entorno urbano inmediato.
Fuente: Fotografías de dron tomadas por los autores.

Caracterización del lote

El lote presenta un **frente orientado hacia el oeste**, condición considerada desfavorable y un **eje longitudinal en sentido norte-sur**, condición que influye directamente en las decisiones de implantación y acondicionamiento pasivo del anteproyecto. Desde el punto de vista ambiental, el sitio recibe los **vientos predominantes provenientes del norte y noroeste**, mientras que durante el período estival también se registran aportes desde el noreste.

El entorno corresponde a un **tejido residencial de baja densidad**, con presencia de parcelas vacantes y edificaciones de baja altura frente al lote, posibilitando una mayor apertura visual y una menor obstrucción de la radiación solar y de circulación del viento, favoreciendo las condiciones ambientales del sitio.

Los vacíos urbanos frente al lote, constituyen una **situación de borde entre el tejido consolidado y sectores con potencial de desarrollo urbano**. Esta condición representa una oportunidad para incorporar criterios de diseño sostenible en un sector en consolidación, favoreciendo la difusión de buenas prácticas proyectuales en el desarrollo del tejido urbano.

En el tejido inmediato se evidencia una escasa relación entre vivienda y espacio público, con frentes poco permeables y escasez de espacios intermedios que permitan esa interacción y el "veredear" como instancia de apropiación cotidiana del espacio público. Esta condición representa una oportunidad para explorar una mayor integración entre vivienda y espacio público mediante la incorporación de espacios de transición que favorezcan la apropiación del frente urbano.

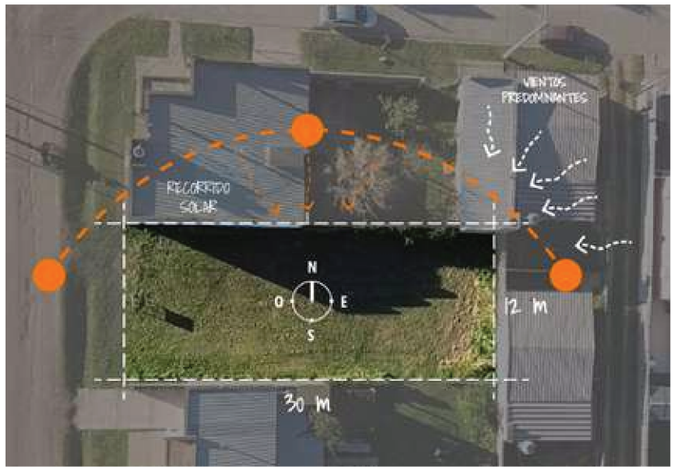


Fig. 3: Lectura del sitio: entorno construido, sombras y condicionantes ambientales.
Fuente: Elaboración propia.





Fig. 4: Registro peatonal del lote testigo y su entorno urbano inmediato.
Fuente: Fotografías tomadas por los autores.



Fig. 5: Plan Base. San Carlos Centro y San Carlos Sud, Municipalidad de San Carlos Centro, Comuna de San Carlos Sud y Gobierno de la Provincia de Santa Fe (2015)

Condicionantes normativos

El lote testigo se localiza dentro del **Área Urbana Consolidada (AC)** definida por el Plan Base de San Carlos Centro, correspondiente a un sector residencial consolidado. Asimismo, se encuentra en el distrito de **tejido mixto de densidad media (MDM1)**, cuyos indicadores urbanísticos establecen **FOS 0,80, FOT 2, FSA 0,10** y **una altura máxima de 12 m**. Estos parámetros constituyen el marco normativo que condiciona las decisiones de implantación, ocupación del suelo y desarrollo volumétrico de la propuesta, garantizando su adecuación a la normativa vigente.

Si bien la normativa establece los parámetros urbanísticos para la implantación del proyecto, no incorpora exigencias relacionadas con el desempeño energético de las viviendas. En este contexto, las estrategias propuestas por el *Manual de Herramientas de Diseño Sostenible* complementan el marco regulatorio vigente mediante la incorporación de criterios proyectuales orientados a mejorar la eficiencia energética y el confort ambiental de la vivienda.



REFERENCIAS

- AC - Área Urbana Consolidada
- Acompl. - Área Urbana de complemento
- AE - Área de Extensión Urbana
- AR - Área de Reserva Urbana

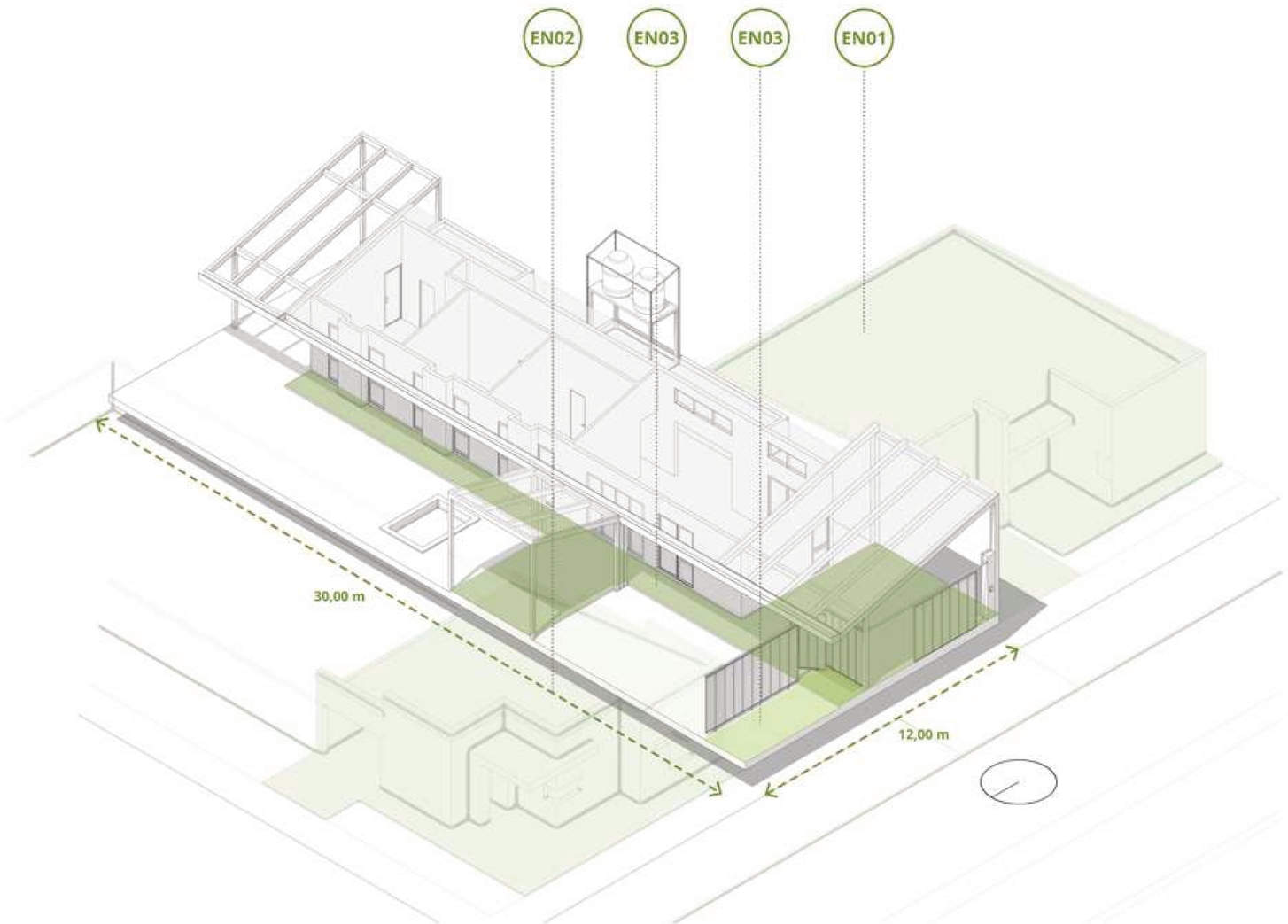
03

APLICACIÓN Y VERIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS PROYECTUALES

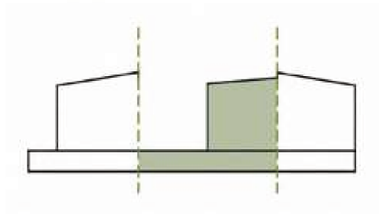
ENTORNO [EN]

Emplazamiento e implantación

EN01 - RELACIÓN CON LINDEROS
EN02 - CONSIDERACIÓN DE LAS MEDIDAS DEL LOTE
EN03 - ESPACIOS INTERMEDIOS
EN04 - RETIROS URBANOS

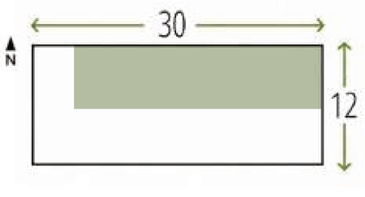


EN01



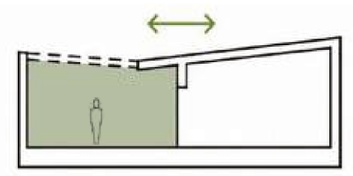
Se implanta el volumen sobre la medianera sur para liberar la fachada norte, reduciendo el impacto de futuras construcciones vecinas sobre el asoleamiento y aprovechar la edificación lindera como protección frente a los factores climáticos del sur.

EN02



Se dispone un volumen longitudinal que aprovecha las dimensiones del lote para maximizar la exposición norte y reducir la incidencia de las orientaciones desfavorables.

EN03



Se incorporan espacios intermedios con funciones específicas: la cochera como expansión hacia el espacio público, el quincho como extensión flexible del área social y la pérgola como espacio exterior de permanencia de carácter más íntimo.

EN04

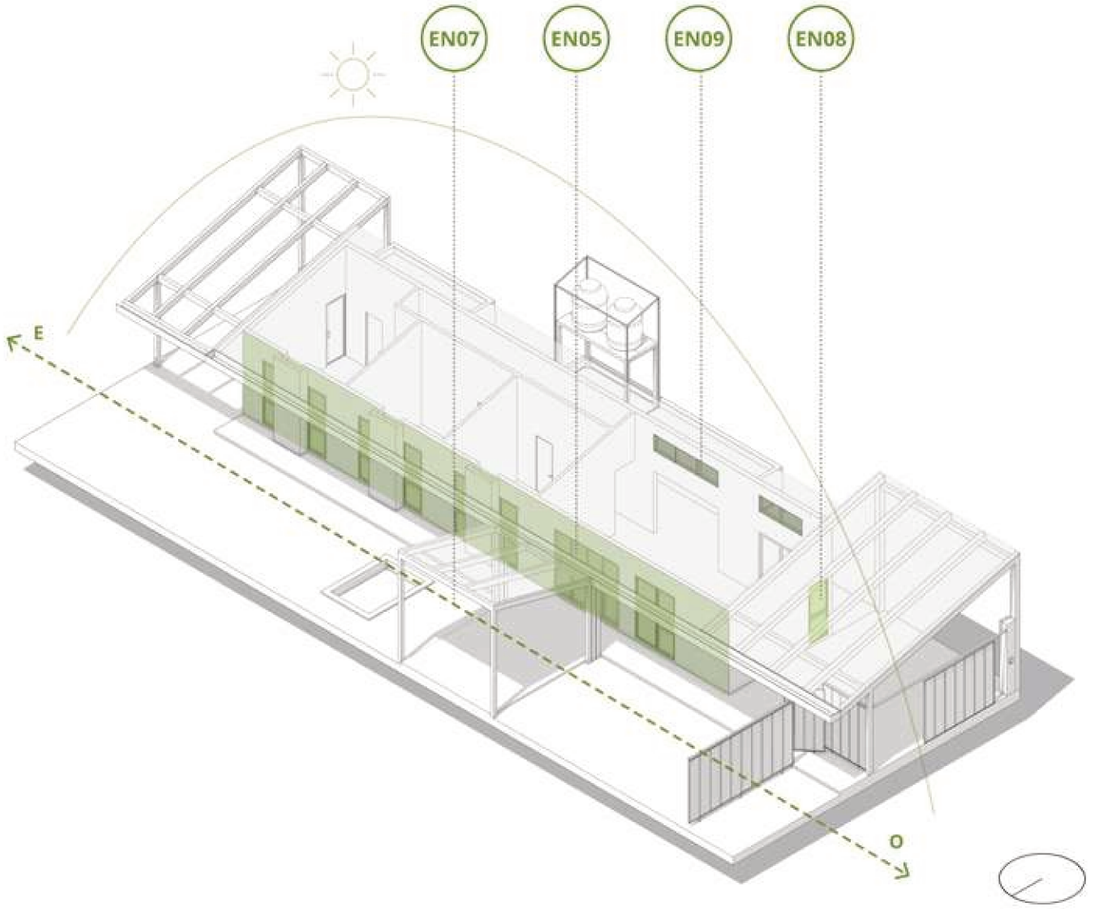


Se incorpora un retiro que mejora la relación entre la vivienda y el espacio público generando una transición gradual entre la calle y el acceso.

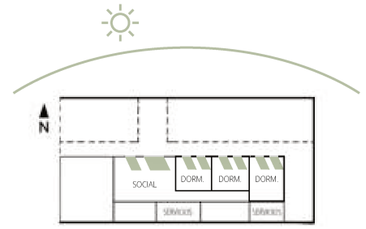
ENTORNO [EN]

Asoleamiento

EN05 - ORIENTACIÓN NORTE
EN07 - EJE LONGITUDINAL ESTE-OESTE
EN08 - CONTROL OESTE
EN09 - CONTROL SUR

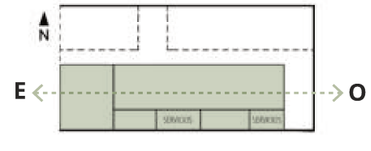


EN05



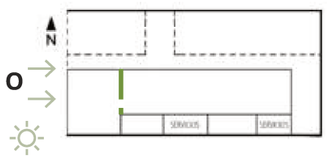
Se orientan los principales espacios hacia el norte para maximizar las ganancias solares durante el invierno

EN07



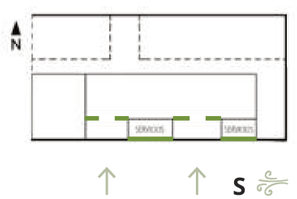
Se dispone el eje longitudinal en dirección este- oeste, permitiendo desarrollar una fachada norte continua para optimizar el aprovechamiento de la radiación solar.

EN08



Se minimiza la superficie expuesta al oeste para reducir las ganancias térmicas producidas por la radiación solar de la tarde.

EN09

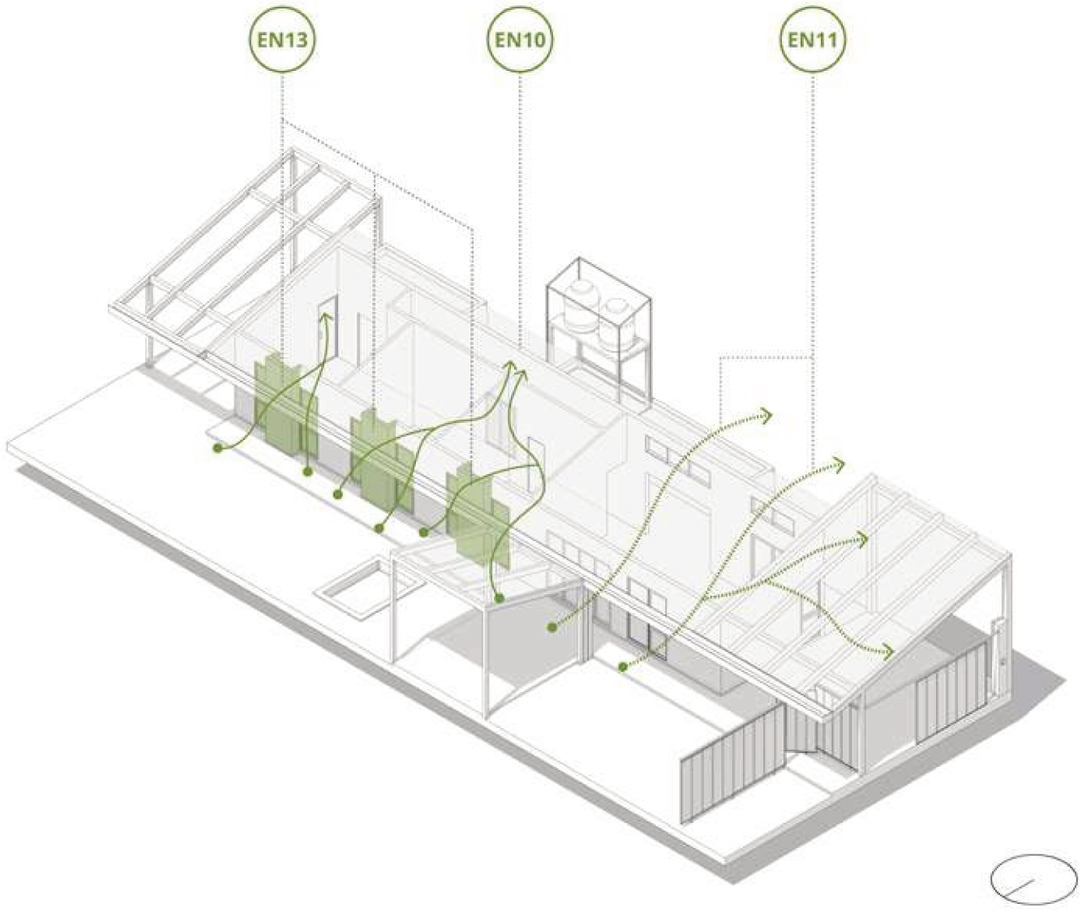


Se optimiza la envolvente sobre la orientación sur mediante la aislación, continuidad constructiva y una superficie vidriada controlada, minimizando las pérdidas térmicas.

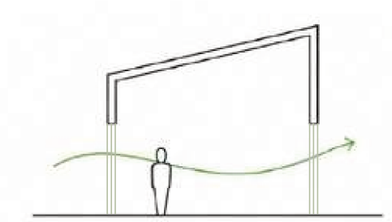
ENTORNO [EN]

Ventilación

EN10 - VENTILACIÓN CRUZADA
EN11 - VENTILACIÓN SELECTIVA
EN13 - DEFLECTORES DE VIENTO

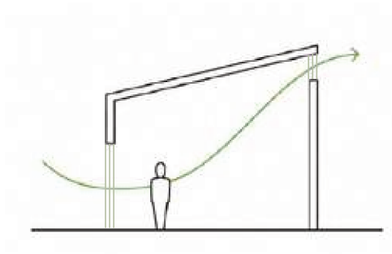


EN10



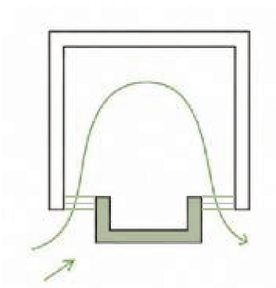
Se disponen aventanamientos enfrentados sobre orientaciones opuestas para favorecer la circulación y renovación continua del aire.

EN11



Se disponen aventanamientos a distintas alturas en el espacio social para favorecer la extracción natural del aire caliente mediante convección.

EN13

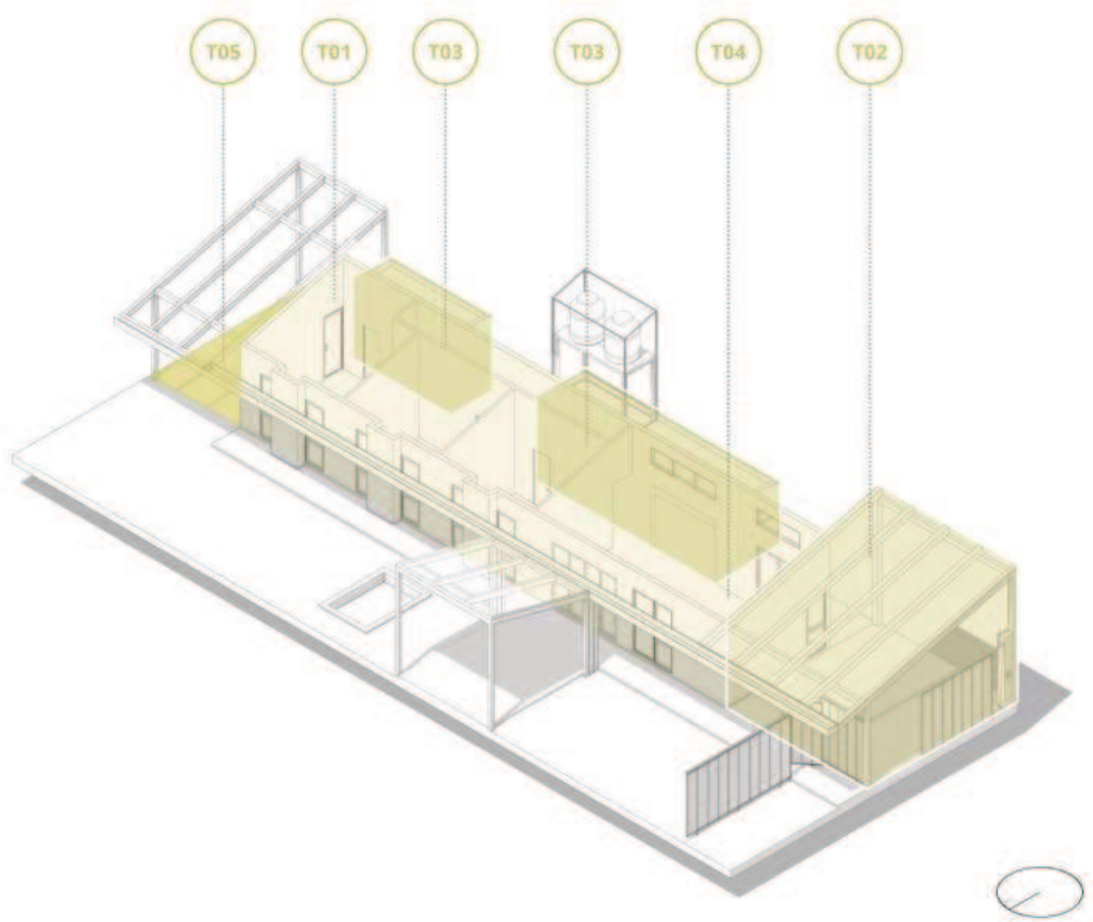


Se incorporan deflectores laterales en las aberturas de los dormitorios que incrementan la velocidad del aire para favorecer la ventilación natural cuando no es posible disponer de ventilación cruzada directa.

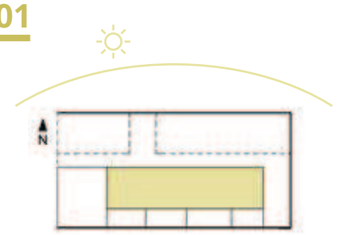
TIPOLOGÍAS [T]

Consideraciones generales

T01 - LOCALES SERVIDOS AL NORTE
T02 - NÚCLEOS AMORTIGUADORES
T03 - SERVICIOS AGRUPADOS
T04 - FLEXIBILIDAD DE USOS
T05 - POSIBILIDAD DE CRECIMIENTO



T01



Los espacios de mayor permanencia (estar - comedor y dormitorios), se orientan hacia el norte para maximizar el aprovechamiento solar en invierno, incorporando aleros dimensionados para proteccion solar en el verano.

T02



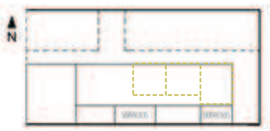
La cochera y los núcleos húmedos se utilizan como amortiguadores sobre las orientaciones oeste y sur, protegiendo los ambientes de mayor permanencia.

T03



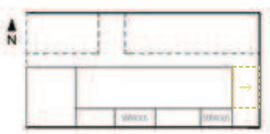
Los servicios se agrupan sobre un mismo eje, optimizando las instalaciones y diferenciando el sector servido del sector social.

T04



La separación entre espacios servidos y sirvientes permite liberar la planta y conformar una sucesión de espacios flexibles, capaces de adaptarse a distintos modos de habitar sin modificar la estructura principal.

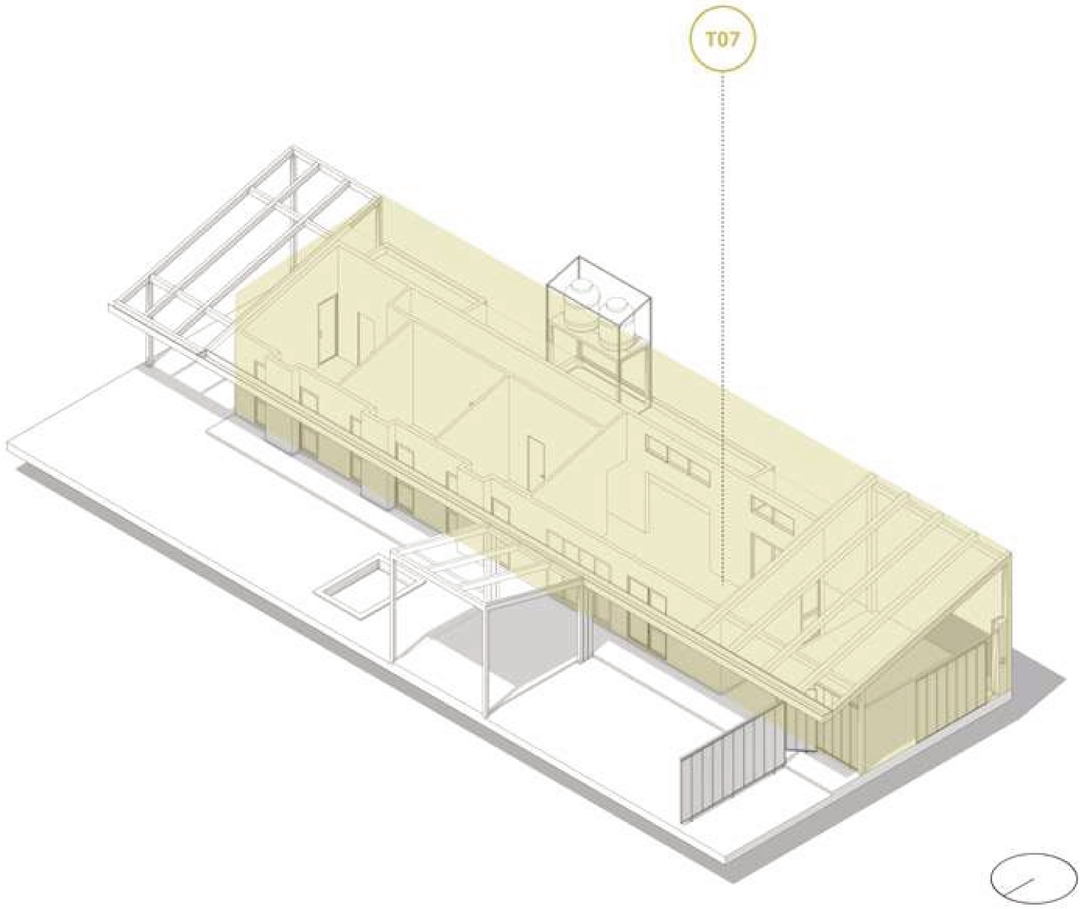
T05



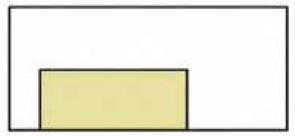
La vivienda se piensa para crecer por etapas, permitiendo ampliaciones planificadas que mantienen la continuidad funcional, constructiva y energética de la propuesta.

TIPOLOGÍAS [T]
Configuraciones tipológicas

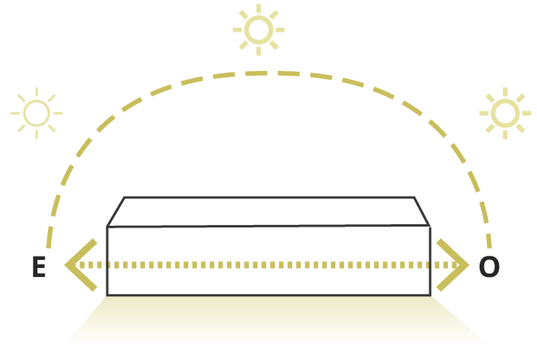
T07 - LINEAL



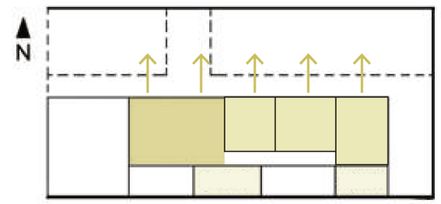
T07



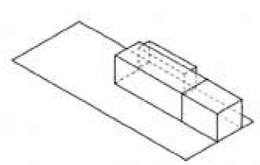
La elección de una tipología lineal responde a la necesidad de integrar criterios ambientales, funcionales y constructivos y por su capacidad para responder a las características del lote. Su configuración optimiza el aprovechamiento solar, favorece la organización de los espacios, simplifica las instalaciones y posibilita el crecimiento progresivo de la vivienda.



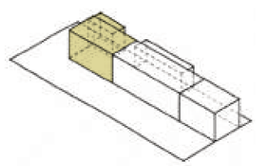
MAYOR FACHADA NORTE



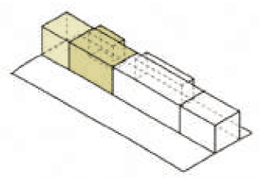
Social Privado Núcleos húmedos



ETAPA 1
60 m²



ETAPA 1
80 m²



ETAPA 1
120 m²

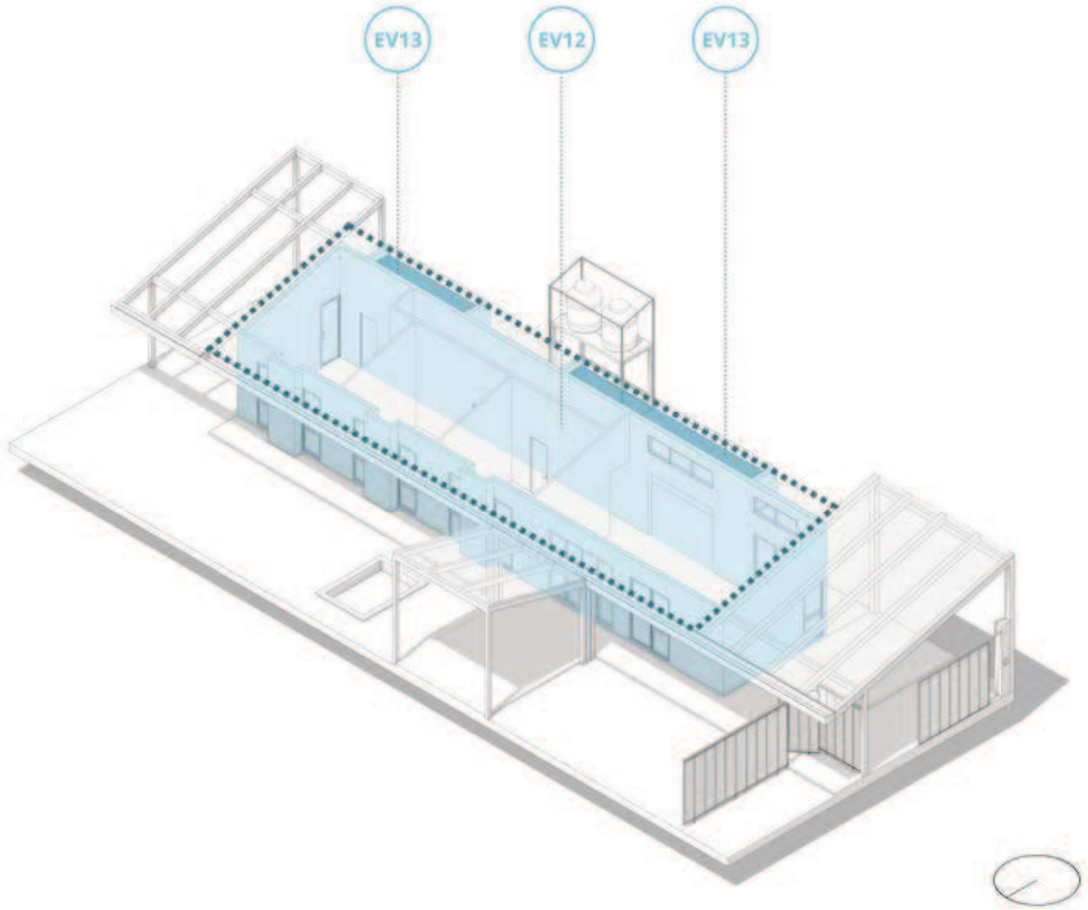
ENVOLVENTES [EV]

Muro

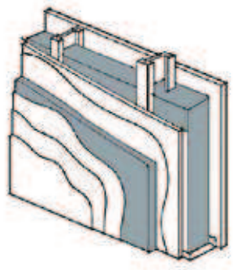
EV08 - STEEL FRAMING

Cubierta

EV12 - CHAPA + (10+5) CM LANA DE VIDRIO
EV13 - PLANA STEEL DECK + AISLACIÓN INTERIOR



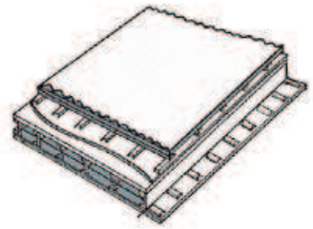
EV08



Se adopta para muros exteriores por sus elevadas prestaciones térmicas y como una alternativa al sistema tradicional predominante.

- Placa de yeso
- Montante PGC 100
- Lana de vidrio 100 mm
- Placa OSB
- Barrera de viento y agua
- Placa EPS 20 mm
- Base coat y finish

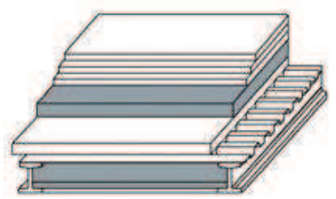
EV12



Se utiliza sin cámara de aire en el sector social para aprovechar la altura interior y facilitar la extracción natural del aire caliente; en los dormitorios la altura se reduce para conformar una cámara de aire y mejorar el comportamiento térmico.

- Placa de roca yeso
- Lana de vidrio 10 cm
- Barrera de vapor
- Placa rigidizadora OSB
- Barrera de viento y agua Tyvek
- Lana de vidrio 5 cm
- Chapa sinusoidal

EV13



Incorporada en los núcleos húmedos para reducir la altura del volumen y utilizar la superficie plana para ubicar equipos e instalaciones.

- Placa de roca yeso
- Lana de vidrio 5 cm
- Barrera de vapor
- Chapa encofrado perdido
- Capa de compresión
- Contrapiso alivianado perlas (5 cm)
- Carpeta hidrófuga
- Piso cerámico

ENVOLVENTES [EV]

Aventanamientos - Consideraciones generales

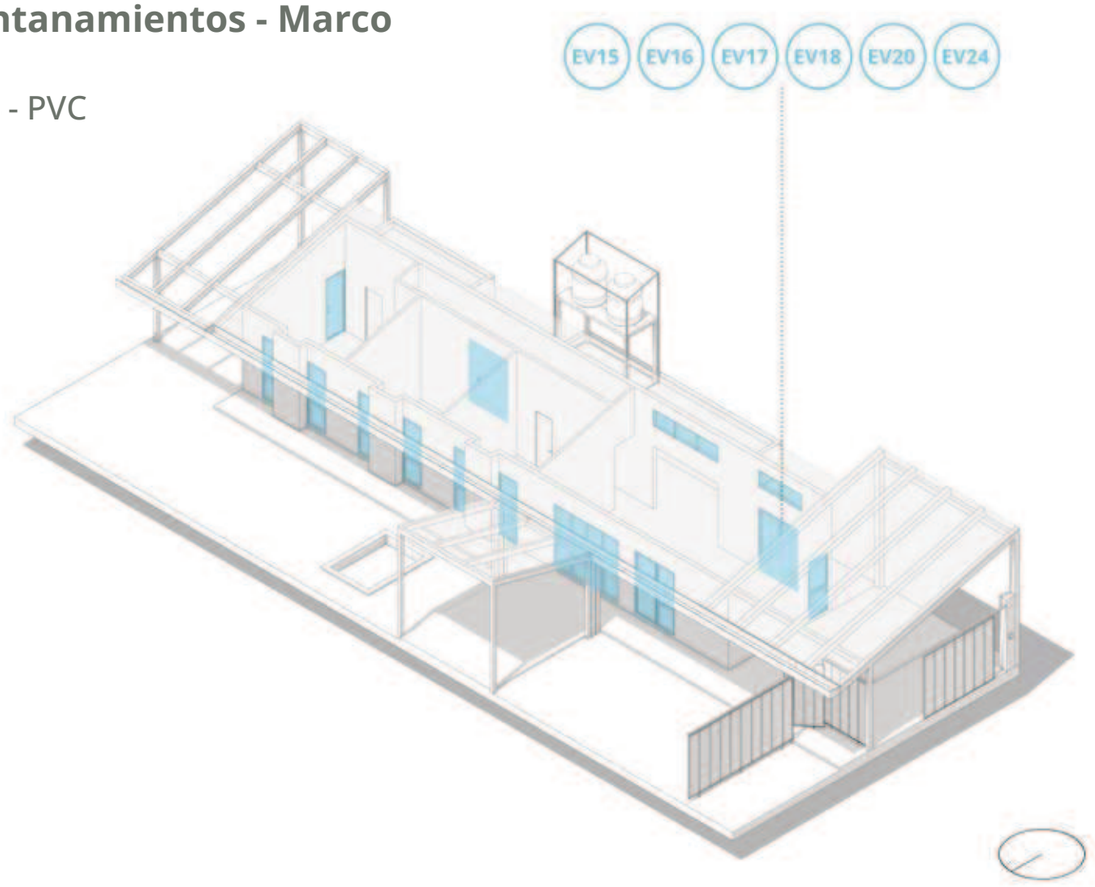
EV15 - CONTROL DE SUPERFICIE VIDRIADA
EV16 - CONTROL DE INFILTRACIONES
EV17 - ABERTURAS OPERABLES
EV18 - CAPAS

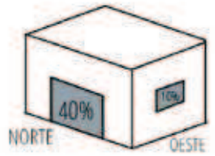
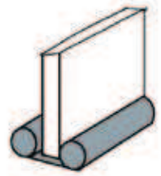
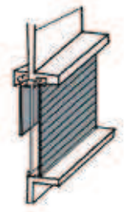
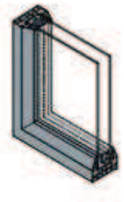
Avetanamientos - Vidriado

EV20 - DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO (DVH) 4+12+4

Aventanamientos - Marco

EV24 - PVC

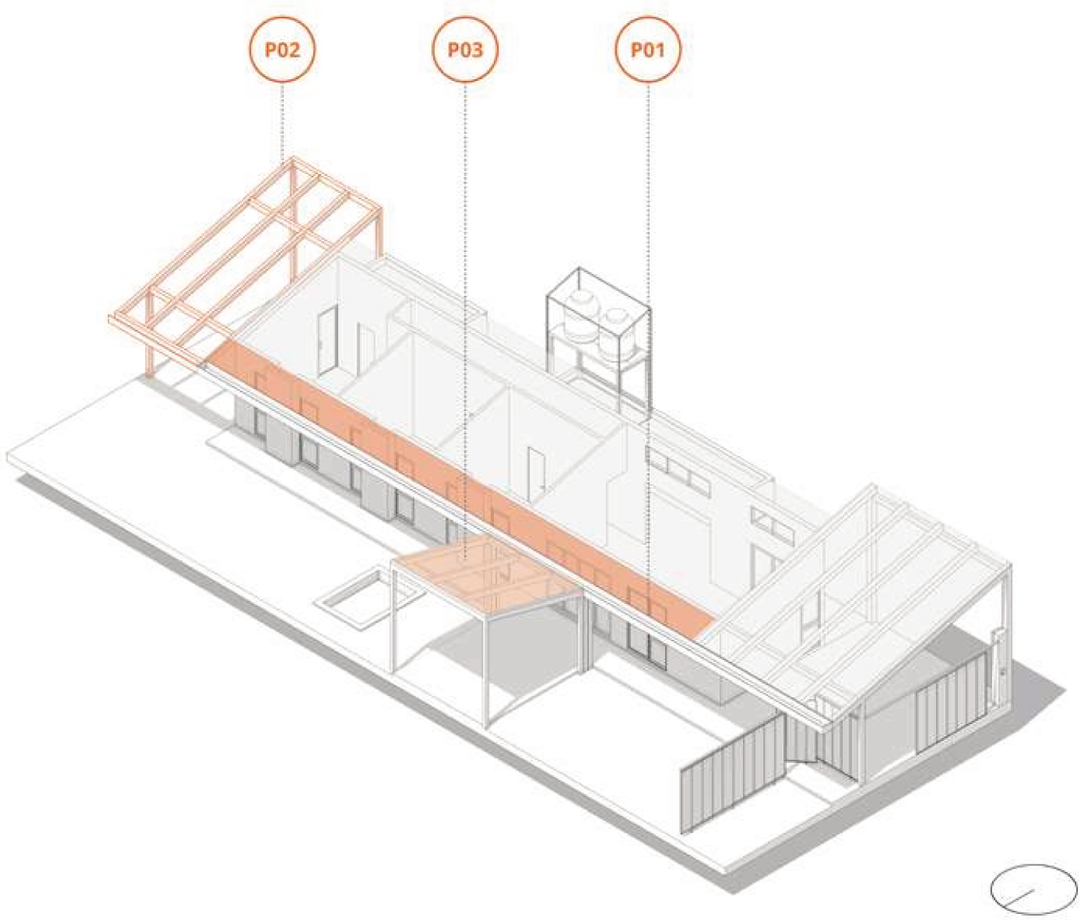


EV15		Se distribuye según orientación, priorizando el norte para favorecer las ganancias solares y reduciendola al oeste y sur para minimizar pérdidas térmicas y controlar el asoleamiento.
EV16		Se incorporan sistema de sellado mediante burletes en carpinterías exteriores, para minimizar infiltraciones y pérdidas energéticas.
EV17		Se disponen aberturas correderas, oscilobatientes y de brazo de empuje, según los requerimientos de cada espacio. Su combinación permite regular el caudal de aire, favorecer la ventilación cruzada y la extracción del aire caliente.
EV18		Se incorporan persianas en dormitorios y postigos con cortinas en los espacios sociales, adaptando el control solar según el uso y orientación de cada espacio.
EV20		Se incorpora DVH en todas las carpinterías exteriores como solución de equilibrio entre desempeño térmico, costo y eficiencia energética.
EV24		Se incorporan carpinterías de PVC por su mayor desempeño térmico y acústico frente a otras alternativas.

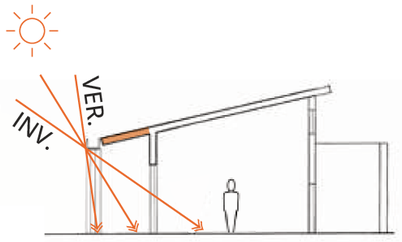
SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN [P]

Horizontal

P01 - ALERO
P02 - PÉRGOLA
P03 - OPERABLE

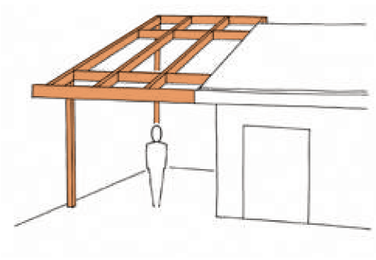


P01



Se prolonga la cubierta sobre toda la fachada norte, generando un alero dimensionado según la trayectoria solar para bloquear la radiación estival y permitir el ingreso del sol durante el invierno en los espacios principales.

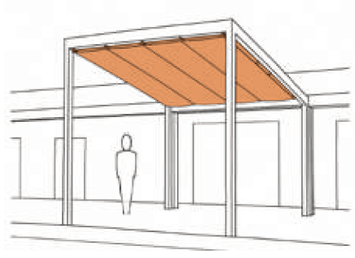
P02



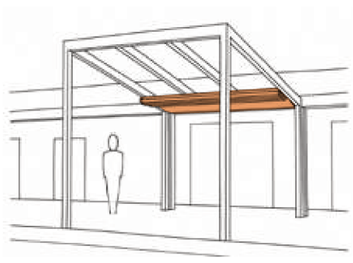
Se incorpora una pérgola sobre el patio íntimo para generar un espacio protegido y favorecer su utilización durante distintas épocas del año.

P03

Se incorpora un toldo regulable sobre el quincho de cubierta de chapa traslúcida, para controlar el asoleamiento durante el verano y permitir el ingreso de radiación solar en invierno.



VERANO
Toldo desplegado

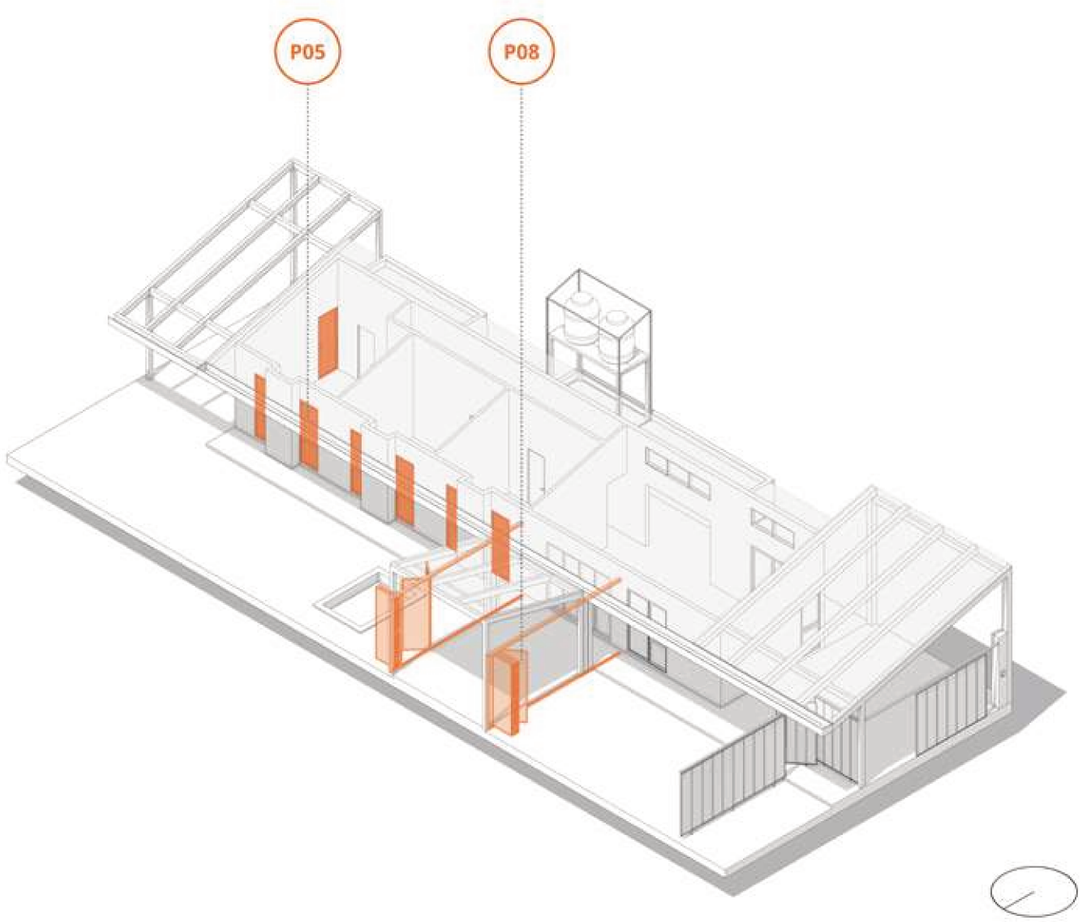


INVIERNO
Toldo retirado

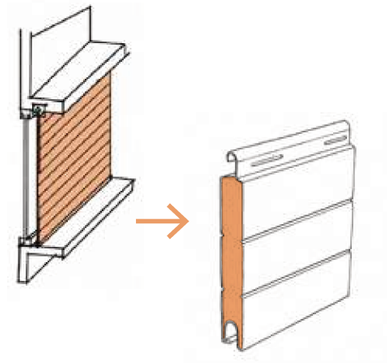
SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN [P]

Vertical

P05 - PERSIANAS
P08 - OPERABLE

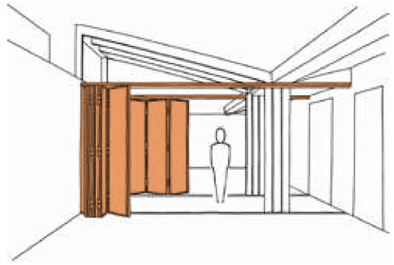


P05



Se incorporan persianas de aluminio con poliuretano inyectado en los dormitorios para mejorar el aislamiento térmico, el oscurecimiento y complementar el control solar de los aventanamientos.

P08

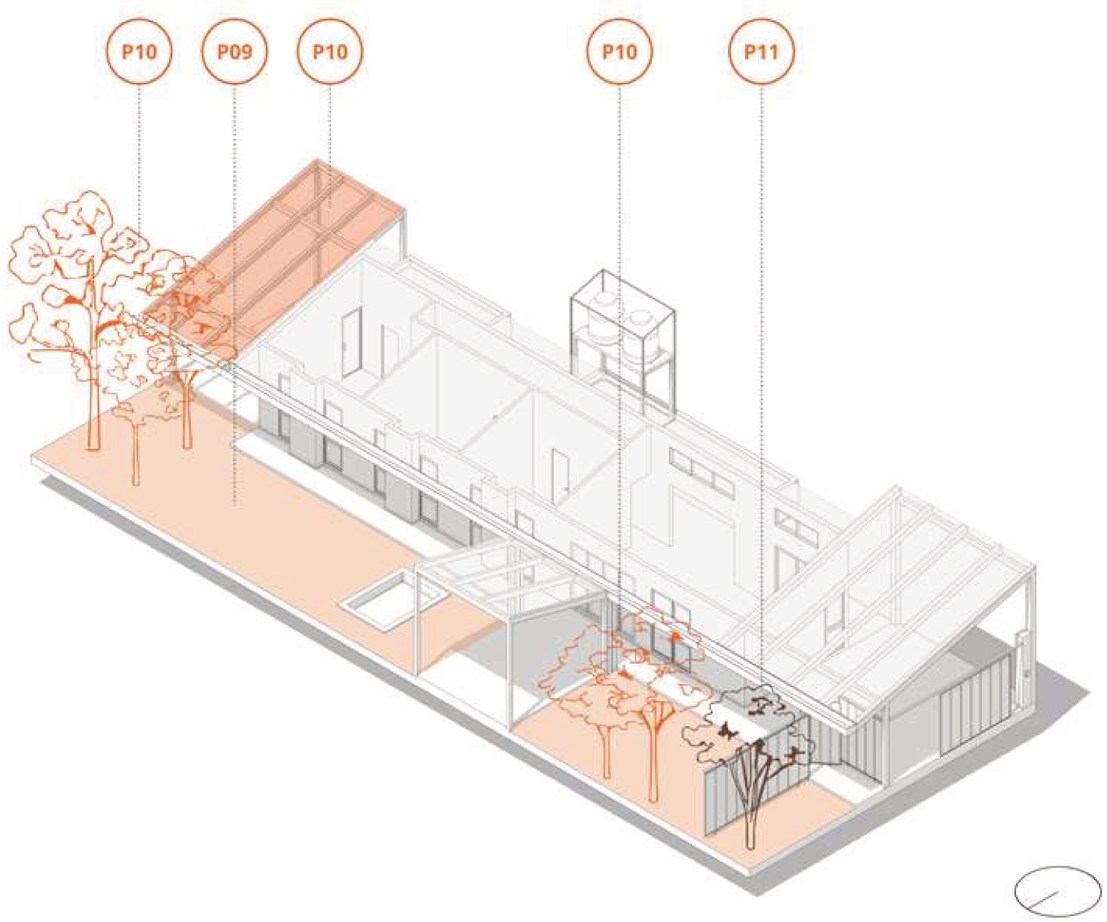


Se incorporan cerramientos verticales operables de chapa microperforada para controlar la incidencia solar, favorecer la ventilación natural y graduar el nivel de privacidad sin impedir el ingreso de luz.

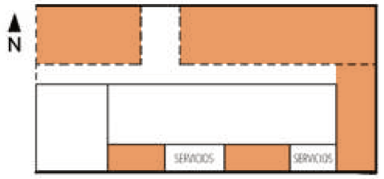
SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN [P]

Vegetación

P09 - SUELOS VEGETADOS
P10 - VEGETACIÓN CADUCA
P11 - VEGETACIÓN PERENNE



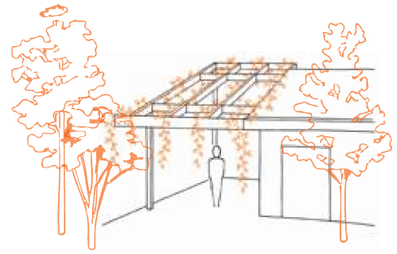
P09



Se priorizan superficies permeables y vegetadas para reducir la acumulación de calor que ingresa al interior por pisos calientes y favorecer la infiltración del agua.

P10

Se incorporan especies caducas sobre la fachada norte y en la pérgola del patio, proporcionando sombra durante el verano y permitiendo el ingreso de radiación solar en invierno.



VERANO

INVIERNO

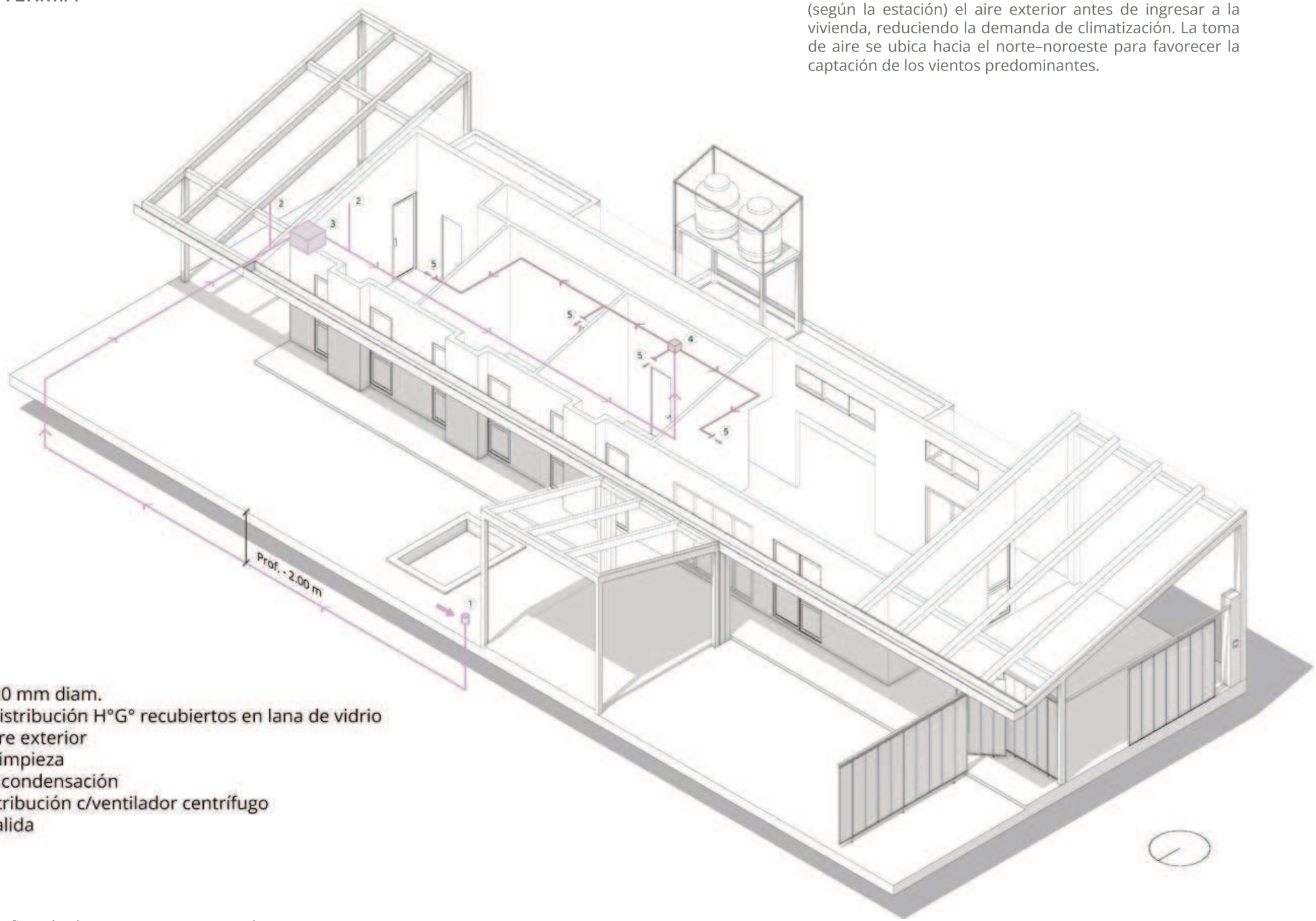
P11



Se incorporan sobre el frente (oeste) para generar protección solar permanente y mejorar el confort del espacio público y contribuyendo al arbolado urbano.

SISTEMAS COMPLEMENTARIOS [SC]

SC02 - GEOTERMIA



— Caño PVC 20 mm diam.
— Ramal de distribución H°G° recubiertos en lana de vidrio
1 Toma de aire exterior
2 Acceso de limpieza
3 Cámara de condensación
4 Caja de distribución c/ventilador centrífugo
5 Rejilla de salida

SC02

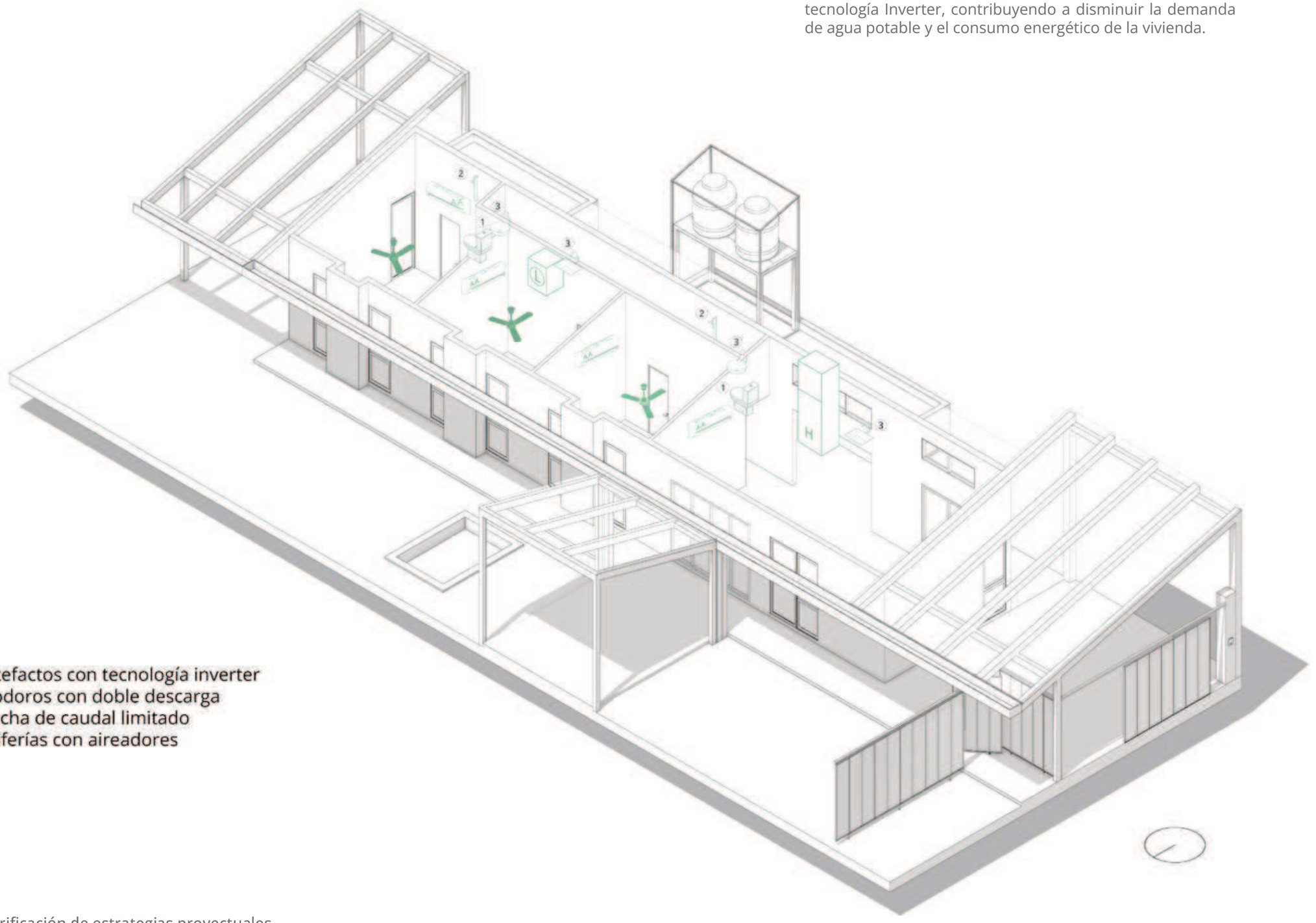
Se incorpora geotermia, mediante un caño enterrado que aprovecha la inercia térmica del suelo para calentar/enfriar (según la estación) el aire exterior antes de ingresar a la vivienda, reduciendo la demanda de climatización. La toma de aire se ubica hacia el norte–noroeste para favorecer la captación de los vientos predominantes.

ARTEFACTOS EFICIENTES [AE]

AE01 - AGUA
AE02 - TECNOLOGÍA INVERTER

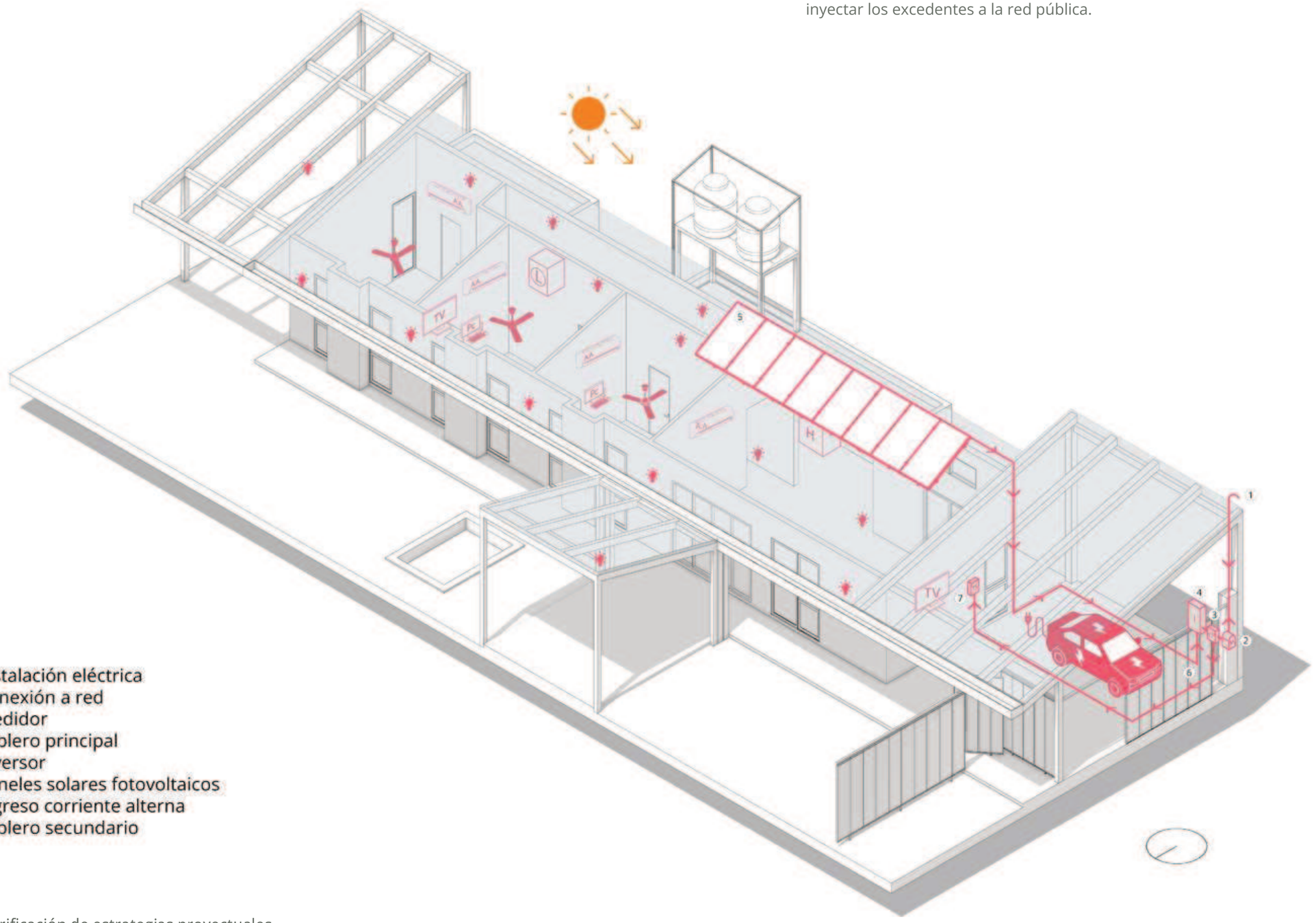
AE01 - AE02

La elección de los artefactos contempla griferías e inodoros de bajo consumo, junto con equipos de climatización de tecnología Inverter, contribuyendo a disminuir la demanda de agua potable y el consumo energético de la vivienda.



ENERGÍAS RENOVABLES [ER]

ER01 - SISTEMAS ON GRID

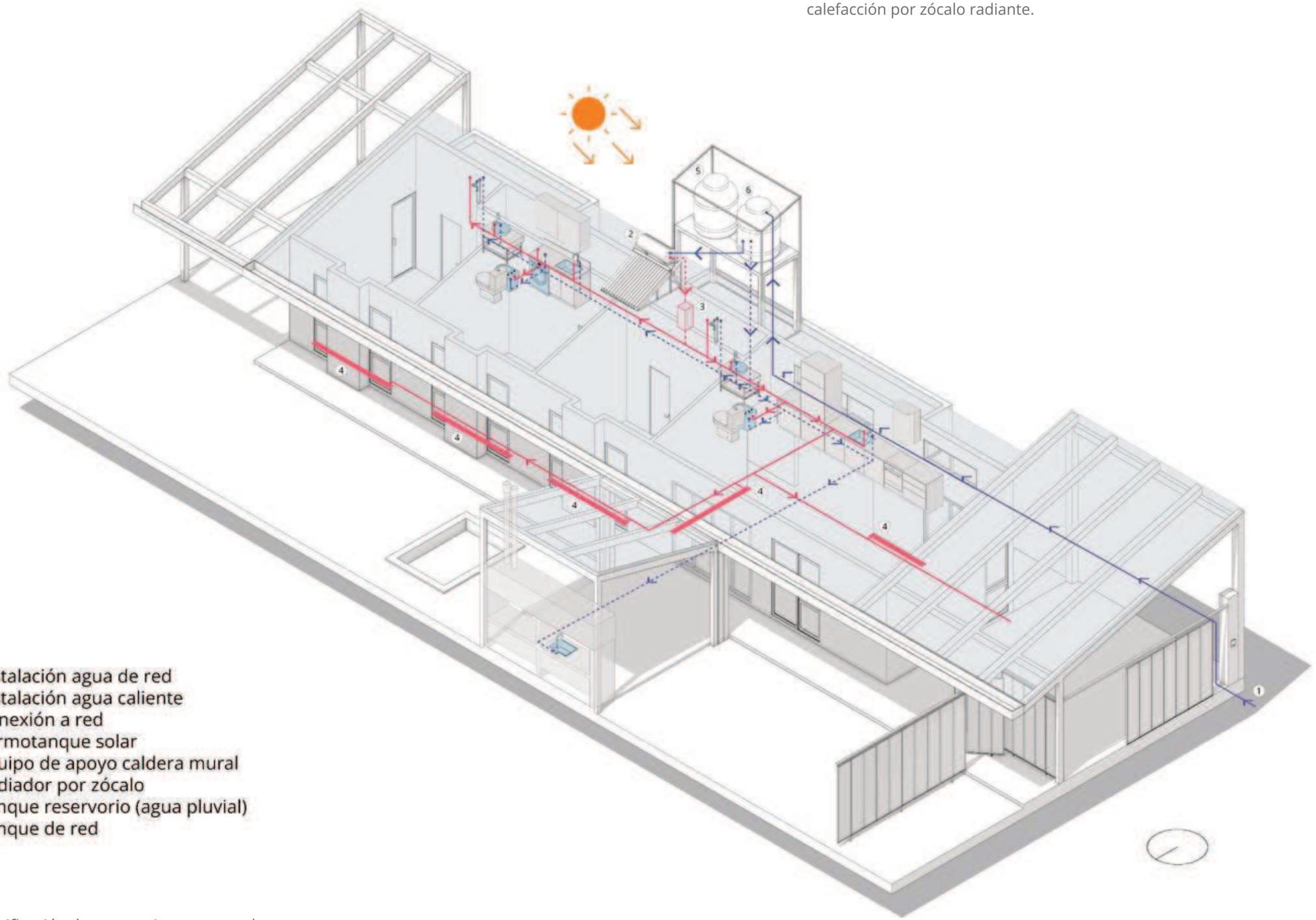


ER01

Se incorpora sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica (On Grid), destinados a generar energía para el consumo de la vivienda e inyectar los excedentes a la red pública.

ENERGÍAS RENOVABLES [ER]

ER02 - TERMOTANQUE SOLAR

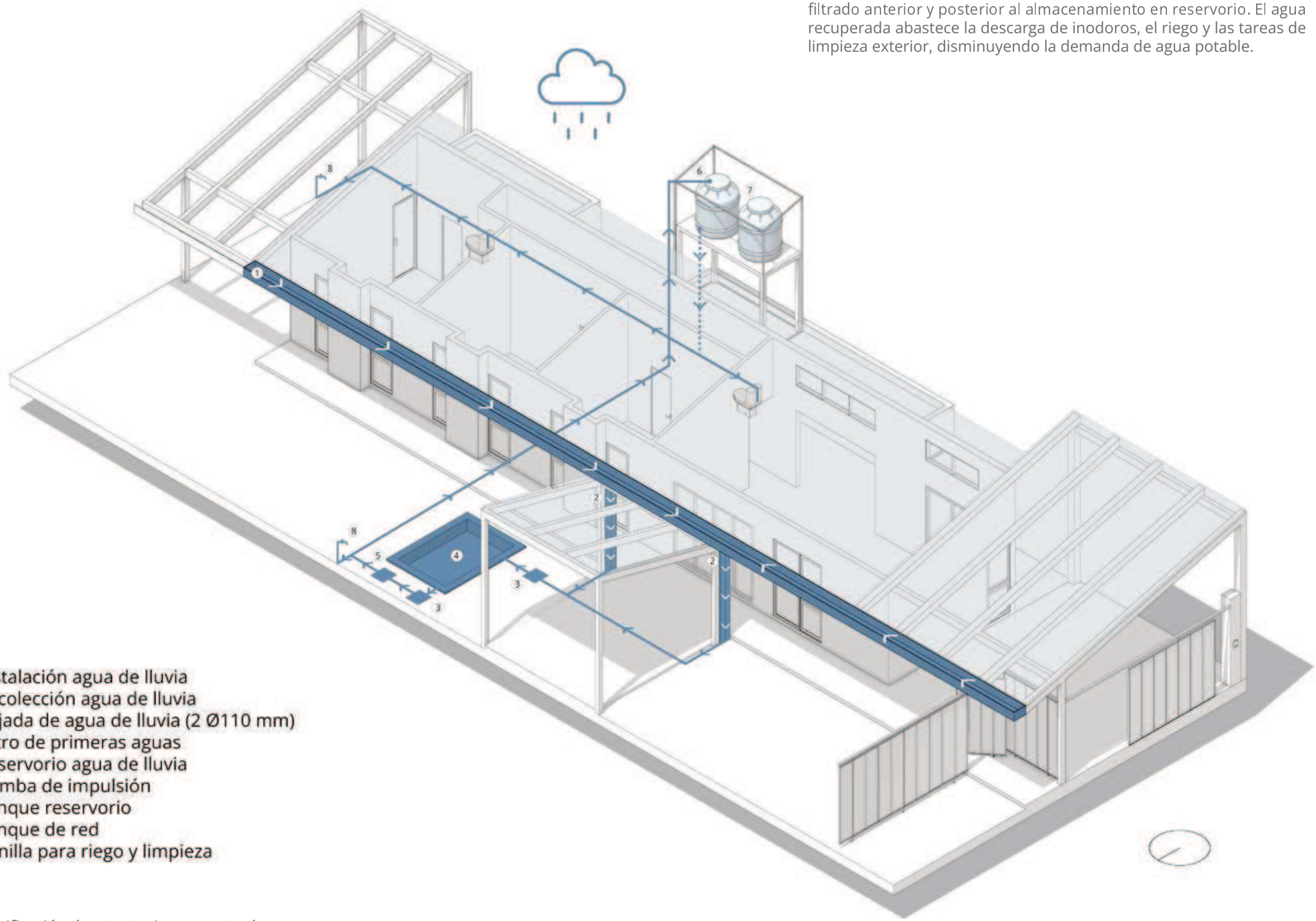


ER02

Se incorpora un termotanque solar con apoyo mediante caldera a gas para el abastecimiento de agua caliente sanitaria y del sistema de calefacción por zócalo radiante.

GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO [RH]

RH03 - APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA



— Instalación agua de lluvia
1 Recolección agua de lluvia
2 Bajada de agua de lluvia (2 Ø110 mm)
3 Filtro de primeras aguas
4 Reservorio agua de lluvia
5 Bomba de impulsión
6 Tanque reservorio
7 Tanque de red
8 Canilla para riego y limpieza

RH03

Se implementa un sistema de reutilización de agua de lluvia proveniente de las cubiertas inclinadas, el cual posee un proceso de filtrado anterior y posterior al almacenamiento en reservorio. El agua recuperada abastece la descarga de inodoros, el riego y las tareas de limpieza exterior, disminuyendo la demanda de agua potable.

04

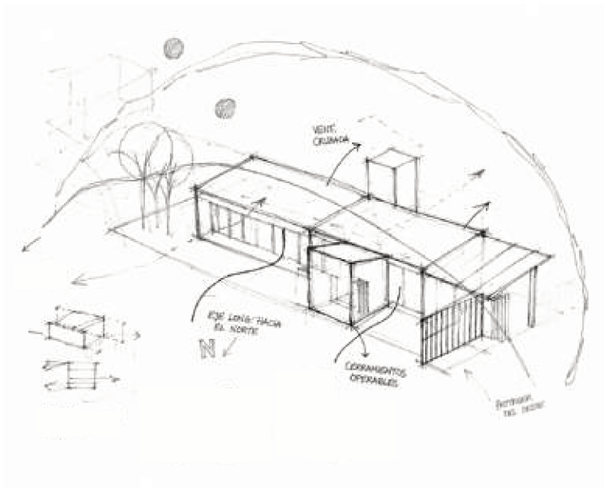
SÍNTESIS DEL PROYECTO

Memoria descriptiva

La estrategia proyectual se establece a partir de conceptos rectores, entre ellos se destacan la **eficiencia energética,** la **flexibilidad** y la **posibilidad de crecimiento progresivo**, entendiendo la vivienda como un sistema capaz de adaptarse a distintos modos de habitar a lo largo del tiempo.

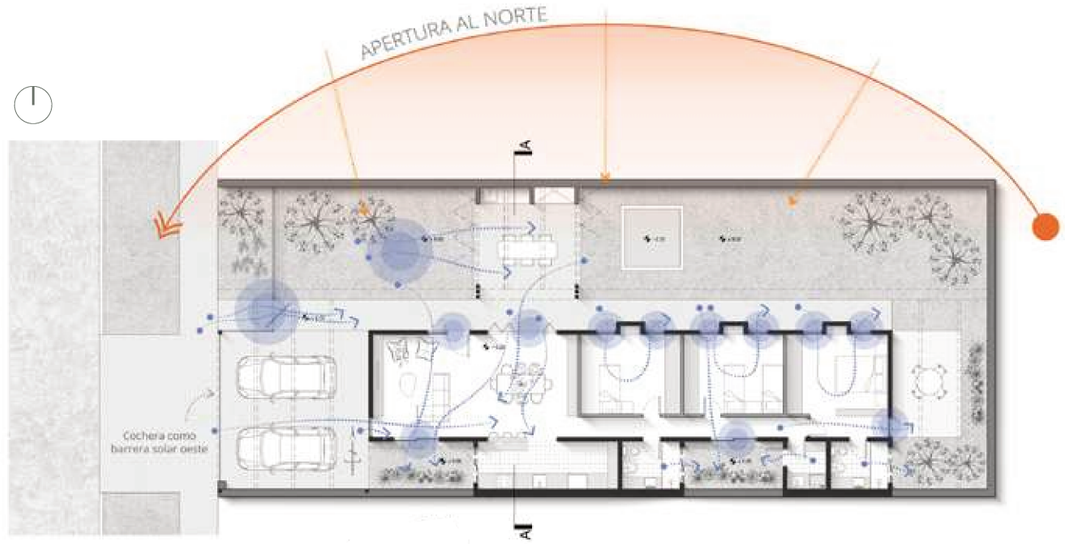
Se propone una reflexión sobre las **formas contemporáneas de habitar**, incorporando criterios de diseño que integran aspectos ambientales, funcionales y constructivos, orientados a mejorar el confort ambiental y promover un crecimiento urbano más sostenible, mediante operaciones proyectuales significativas que den lugar a viviendas más flexibles, etapabilizables y progresivas, donde **la adaptabilidad en el tiempo constituye una estrategia que hace a la eficiencia**, concibiendo a la vivienda como un sistema abierto capaz de adaptarse a las transformaciones de sus habitantes sin comprometer su desempeño ambiental.

El proyecto se explica a través de tres dimensiones proyectuales: **topos**, **tipo** y **tectónica**. Estas categorías permiten abordar las decisiones de implantación, organización espacial y resolución material que estructuran el proyecto donde las decisiones de proyecto no se incorporan como estrategias independientes, sino que conforman un sistema integrado.



Topos

El emplazamiento del proyecto constituye, en sí mismo, una decisión de eficiencia energética, la cual surge de la interpretación conjunta de la orientación, el clima y las características del lote. La configuración longitudinal y compacta del volumen responde a priorizar la apertura de los espacios de mayor permanencia hacia el norte, dando lugar a una arquitectura que incorpora desde su propia morfología los criterios de eficiencia energética desarrollados en el manual y que responde eficientemente a las variaciones estacionales.



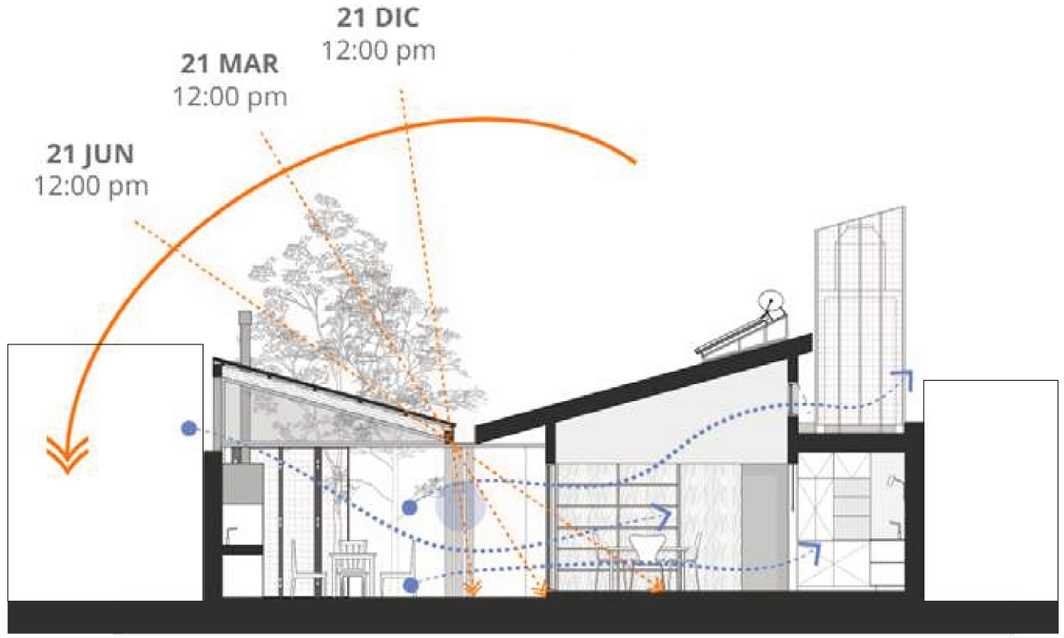


Fig. 6. Esquemas de ventilación y asoleamiento en planta y corte transversal.

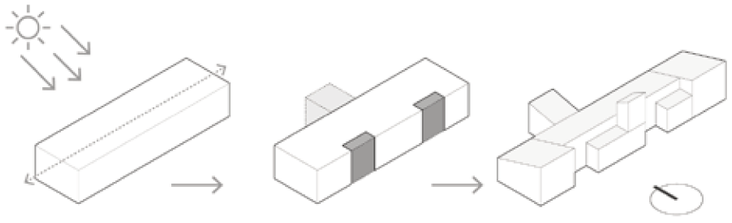
Tipos

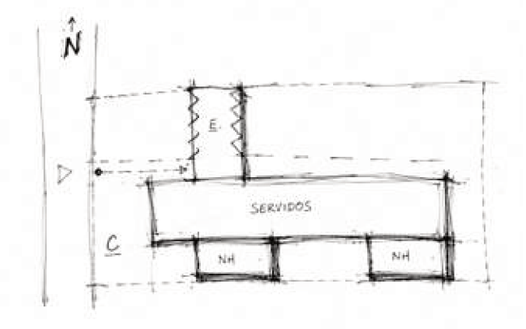
Organización programática y espacial

El programa se estructura a partir de una lógica clara que busca compatibilizar los conceptos rectores. La pieza arquitectónica se desarrolla como un **contenedor lineal de una sola planta** organizada a partir de la fragmentación de la misma en **dos alas longitudinales diferenciadas** y una circulación como eje estructural: por un lado el ala de servicios y por el otro el ala de los espacios servidos. Esta última a su vez se organiza como una sucesión de dos sectores adosados: área social y área privada, estableciendo una gradación de usos.

La concentración de los núcleos duros como elementos fijos libera el resto del contenedor para configuraciones espaciales más flexibles. De este modo, **la vivienda se concibe como un sistema abierto** capaz de responder a una necesidad compleja: **adaptarse a diferentes usos y necesidades a lo largo del tiempo.**

Se incorporan **espacios intermedios**, por un lado la galería sobre la fachada norte funciona como un espacio de transición y circulación, que brinda protección frente a las condiciones climáticas. Hacia el oeste se ubica la cochera que funciona como expansión hacia el espacio público y amortiguador frente a la radiación solar del oeste. El quincho funciona como una expansión flexible del área social permitiendo ampliar la superficie utilizable de la vivienda mediante cerramientos operables posibilitando integrarlo o independizarlo según el clima y de uso.







SECTORIZACIÓN

- ÁREA PÚBLICA
- ÁREA SOCIAL
- ÁREA PRIVADA
- ÁREA SERVICIO



ZONIFICACIÓN

- COCHERA
- QUINCHO
- LIVING COMEDOR
- DORMITORIOS
- COCINA
- BAÑO
- LAVADERO
- PATIO PRIVADO

Etapabilidad flexible

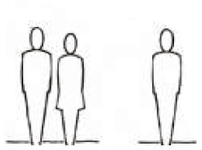
El proyecto contempla un crecimiento progresivo y ampliaciones planificadas, capaz de adaptarse a las distintas etapas de vida de sus habitantes. Se plantea una etapa inicial de 60 m², una ampliación a 115 m² y posteriormente a 130 m², según las necesidades de los usuarios. Esta lógica permite que la vivienda crezca, se reorganice o incluso se particione, evolucionando de forma ordenada, eficiente y sin comprometer el desempeño energético. La propuesta entiende la adaptabilidad como una condición inherente a la sostenibilidad, permitiendo extender la vida útil de la vivienda sin modificar su estructura conceptual.



Etapa 1 - Vivienda inicial 60 m²
Responde a las necesidades básicas de uno o dos habitantes. Incorpora un dormitorio, área social y servicios esenciales, previendo desde el origen la posibilidad de ampliación. La cochera y el quincho constituyen ampliaciones complementarias que pueden incorporarse progresivamente, mejorando las prestaciones espaciales y ambientales de la vivienda.

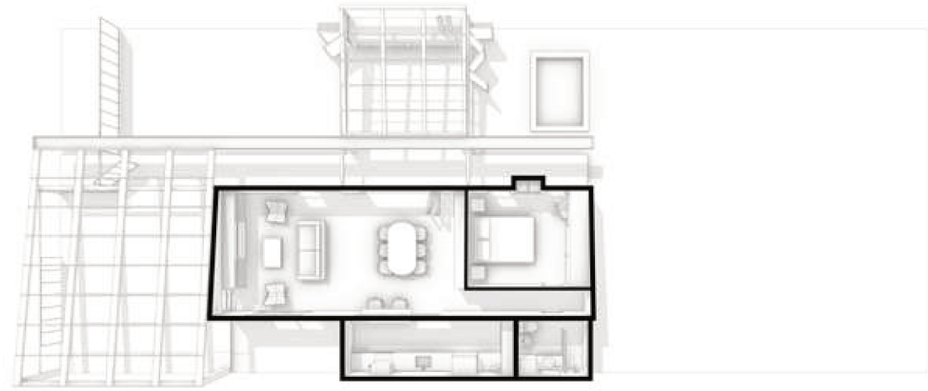


Etapa 2 - Desarrollo completo 115 m²
La etapa final consolida la vivienda en su desarrollo completo. En esta instancia se integran la totalidad de los espacios previstos, configurando una vivienda capaz de responder a nuevas demandas de uso y mayor cantidad de habitantes, manteniendo la coherencia funcional, espacial y ambiental del conjunto.



Etapa 3 - Partición 130 m²
La propuesta también admite la partición de la vivienda en distintas variables de organización y uso, para dar respuesta a distintas formas contemporáneas de habitar. Esta condición permite adaptar la vivienda a escenarios diversos, como la convivencia intergeneracional, el alquiler o la combinación entre habitar y trabajar.

ETAPA 01 - 60 M²



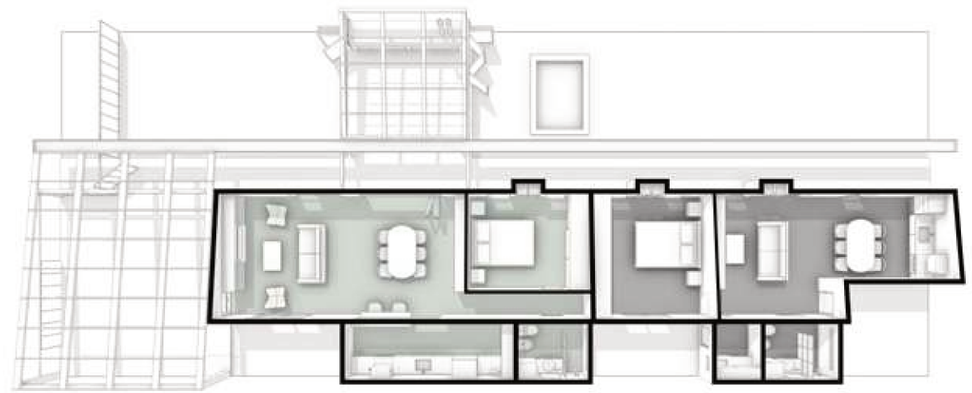
ETAPA 02 - 115 M²

AMPLIACIÓN (2 habitaciones)

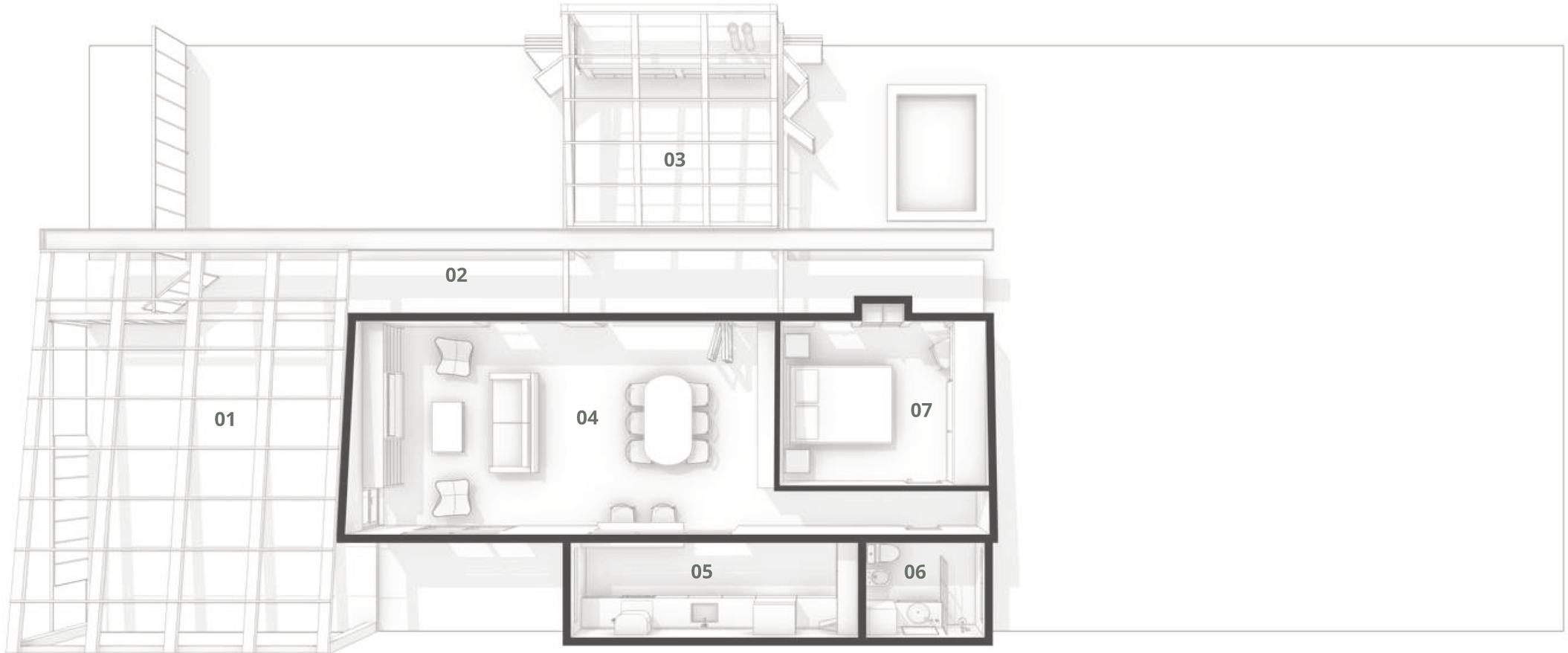


ETAPA 03 - 130 M²

PARTICIÓN 1
PARTICIÓN 2



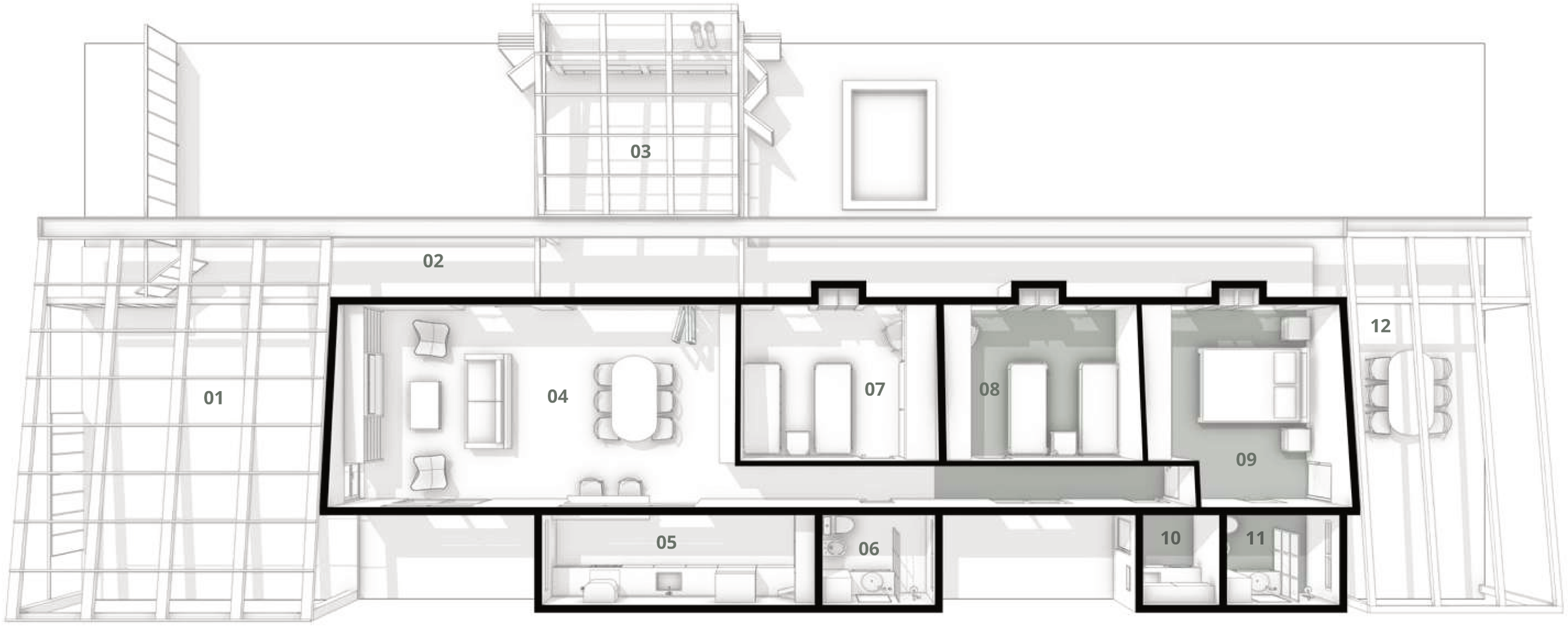
ETAPA 01 - 60 M²



REFERENCIAS
01. Cochera
02. Galería
03. Quincho
04. Living - Comedor
05. Cocina
06. Baño 1
07. Habitación 1

ETAPA 02 - 115 M²

AMPLIACIÓN (2 habitaciones)

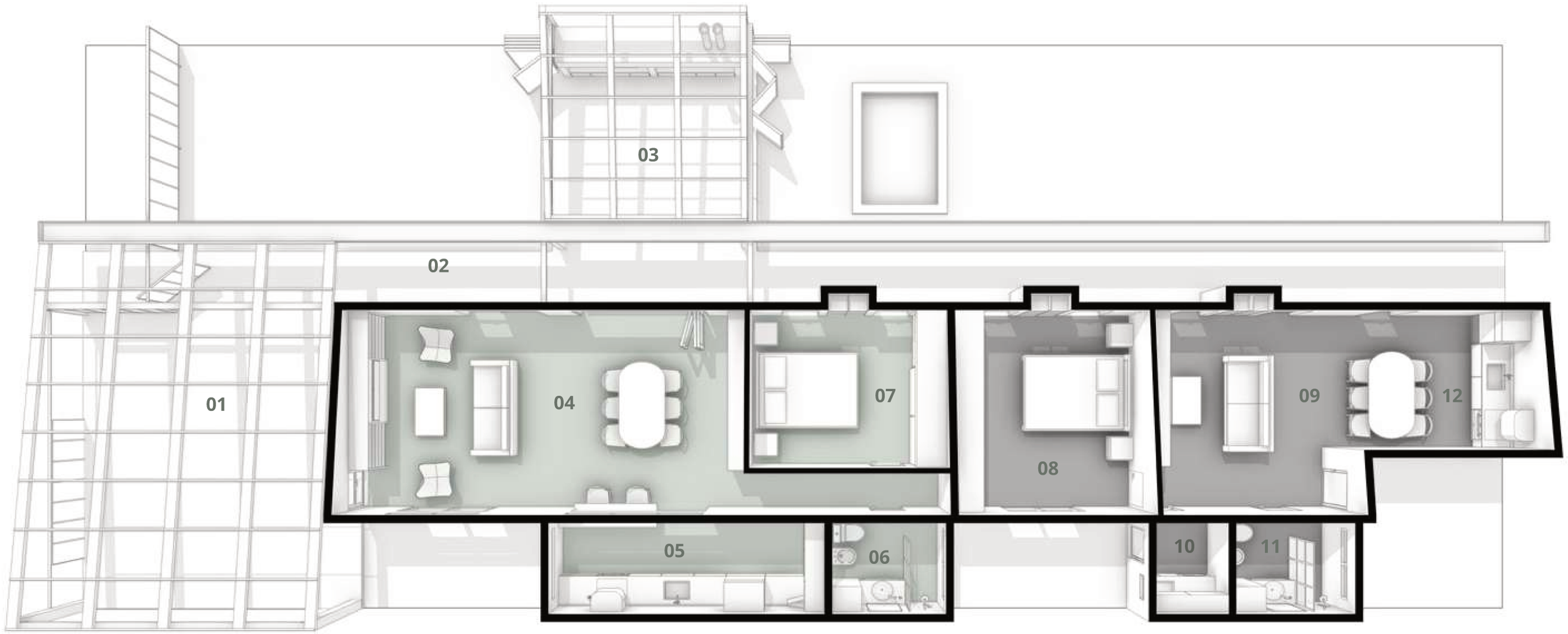


REFERENCIAS

01. Cochera
02. Galería
03. Quincho
04. Living - Comedor
05. Cocina
06. Baño 1
07. Habitación 1
08. Habitación 2
09. Habitación 3
10. Lavadero
11. Baño 2
12. Patio íntimo

ETAPA 03 - 130 M²

PARTICIÓN 1
PARTICIÓN 2



REFERENCIAS

01. Cochera
02. Galería
03. Quincho
04. Living - Comedor
05. Cocina
06. Baño
07. Habitación
08. Habitación
09. Living - Comedor
10. Lavadero
11. Baño 2
12. Cocina

Tectónica

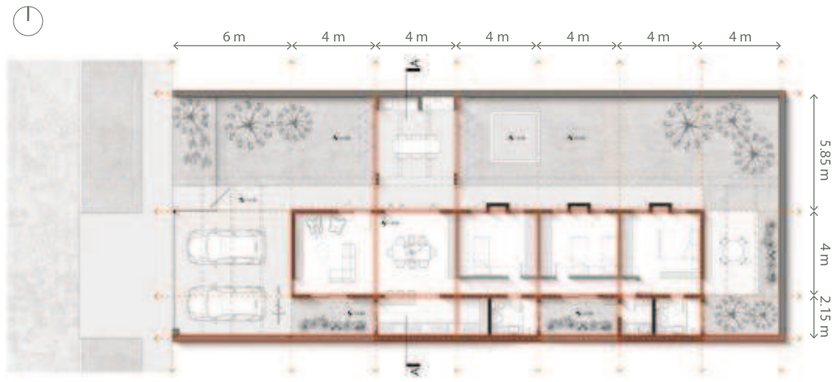
El proyecto adopta el sistema constructivo **Steel Framing**. Su elección responde principalmente a dos causas:

1. Ofrece mejores prestaciones térmicas (en aislamiento, cumple con nivel IRAM A) a sistemas tradicionales.
2. Si bien este sistema posee una creciente difusión a nivel nacional, en la localidad continúa siendo poco implementado frente a la construcción tradicional, por lo que su implementación en la localidad se plantea como un sistema innovador, explorando alternativas tecnológicas que optimicen los recursos constructivos y energéticos.

El proyecto se desarrolla mediante el sistema **In-Line Framing** y una grilla modular de 40 cm que ordena y optimiza los componentes constructivos.

La tectónica se toma como una herramienta proyectual que potencia las decisiones de eficiencia energética, teniendo en cuenta la modulación, envolventes, aventanamientos e incorporación de sistemas de acondicionamiento pasivos y activos que complementan la propuesta constructiva para reducir las pérdidas energéticas. De este modo, la eficiencia energética no depende de un único componente, sino de la integración de todas las decisiones como partes de un mismo sistema.

La expresión material del proyecto busca generar una atmósfera cálida, donde la tecnología contribuya a construir una identidad arquitectónica vinculada a la vivienda tradicional de la región. Se opta por una paleta de materiales simples, estandarizados y de fácil acceso. Esta decisión tectónica entiende que el confort no solo es térmico, sino también perceptivo.

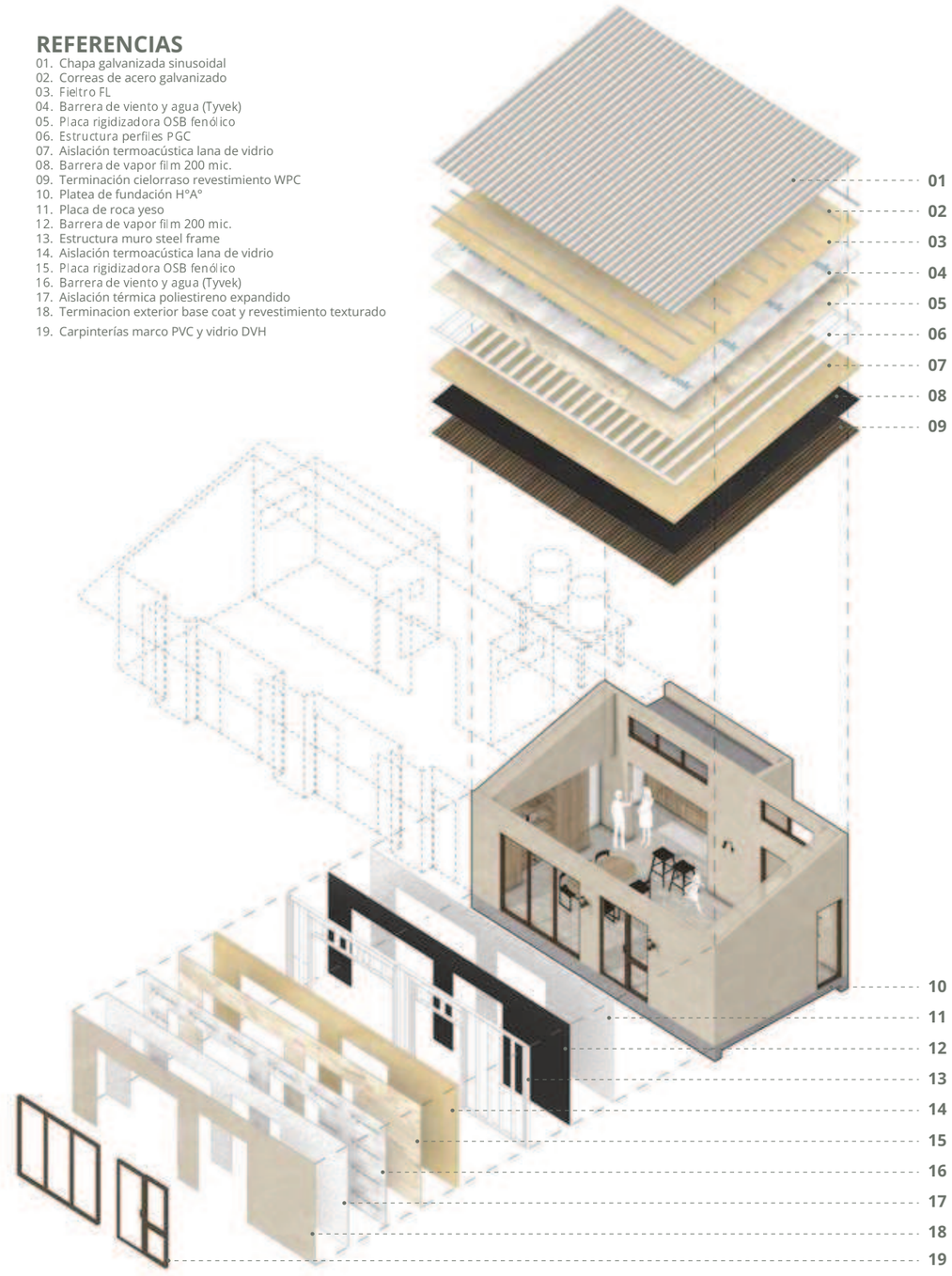


EJES DE COMPOSICIÓN

EJES ESTRUCTURALES Y
DE COMPOSICIÓN ESPACIAL

REFERENCIAS

01. Chapa galvanizada sinusoidal
02. Correas de acero galvanizado
03. Fieltro FL
04. Barrera de viento y agua (Tyvek)
05. Placa rigidizadora OSB fenólico
06. Estructura perfiles PGC
07. Aislación termoacústica lana de vidrio
08. Barrera de vapor film 200 mic.
09. Terminación cielorraso revestimiento WPC
10. Platea de fundación H°A°
11. Placa de roca yeso
12. Barrera de vapor film 200 mic.
13. Estructura muro steel frame
14. Aislación termoacústica lana de vidrio
15. Placa rigidizadora OSB fenólico
16. Barrera de viento y agua (Tyvek)
17. Aislación térmica poliestireno expandido
18. Terminacion exterior base coat y revestimiento texturado
19. Carpinterías marco PVC y vidrio DVH

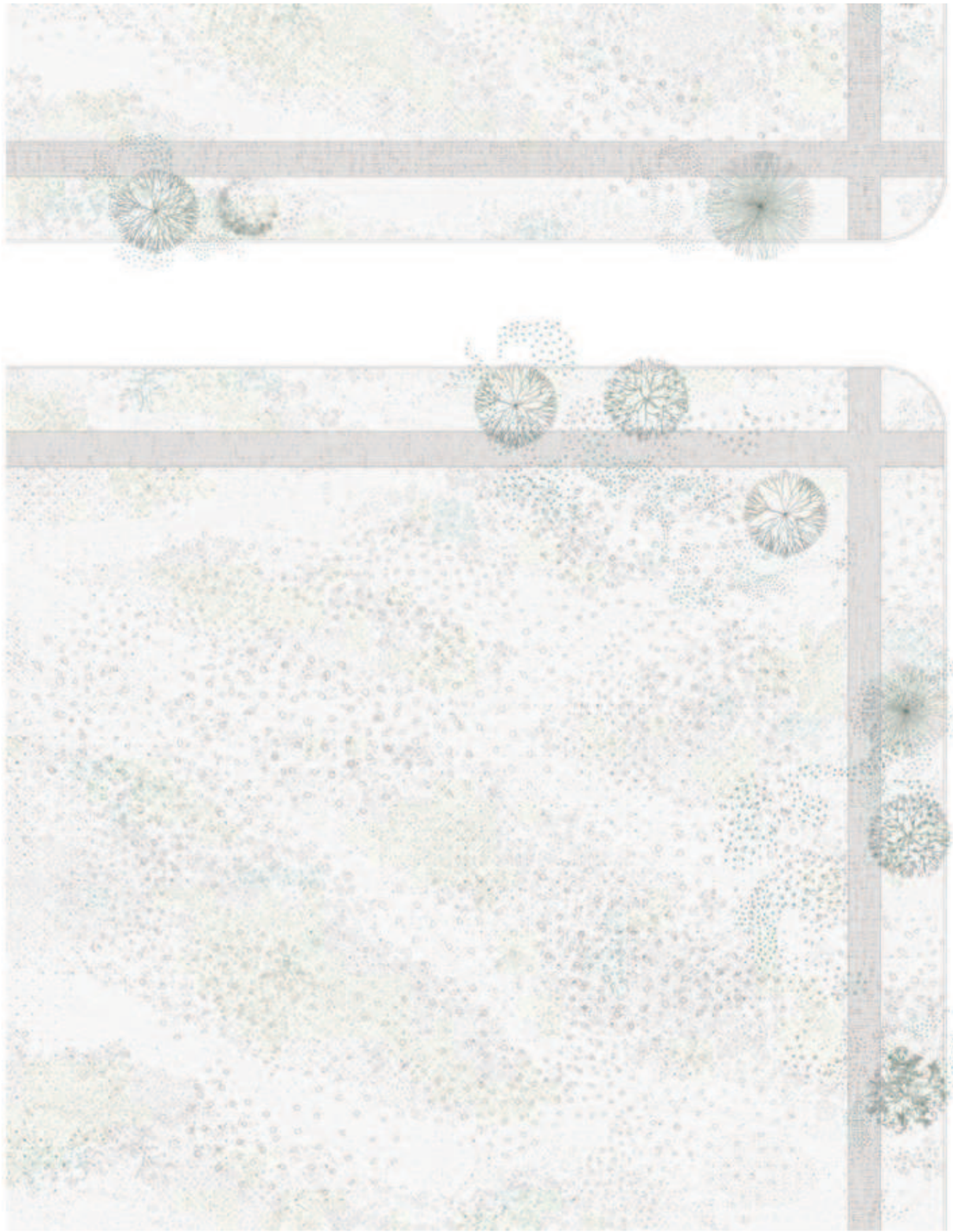


05

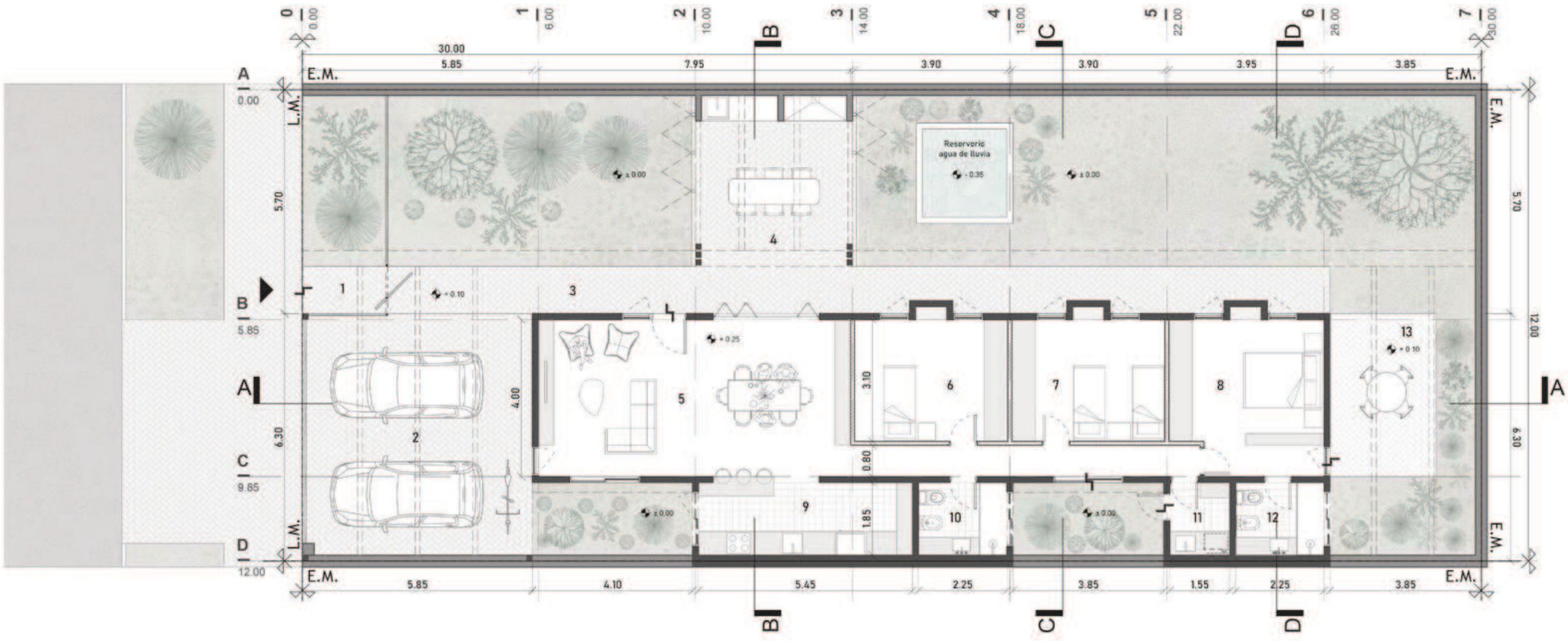
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

PLANTAS

PLANTA DE IMPLANTACIÓN
ESCALA 1:250



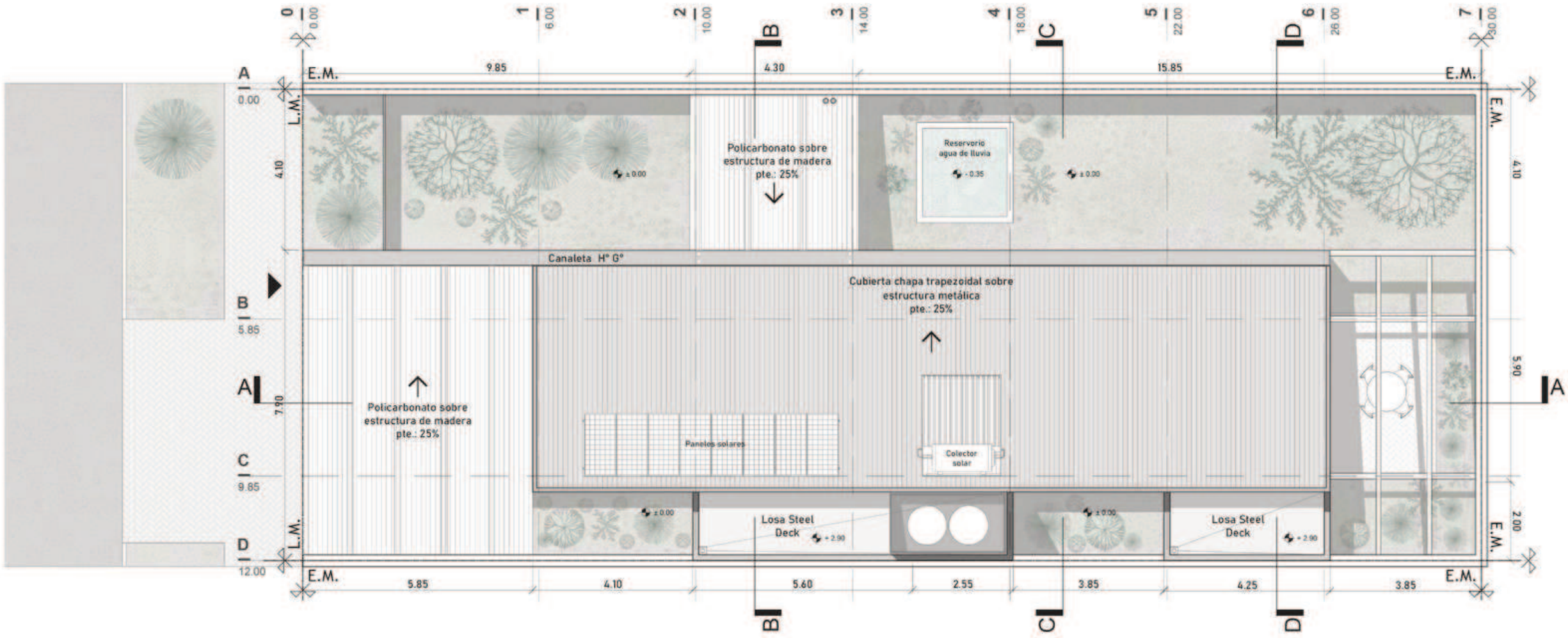
PLANTA
ESCALA 1:100



REFERENCIAS

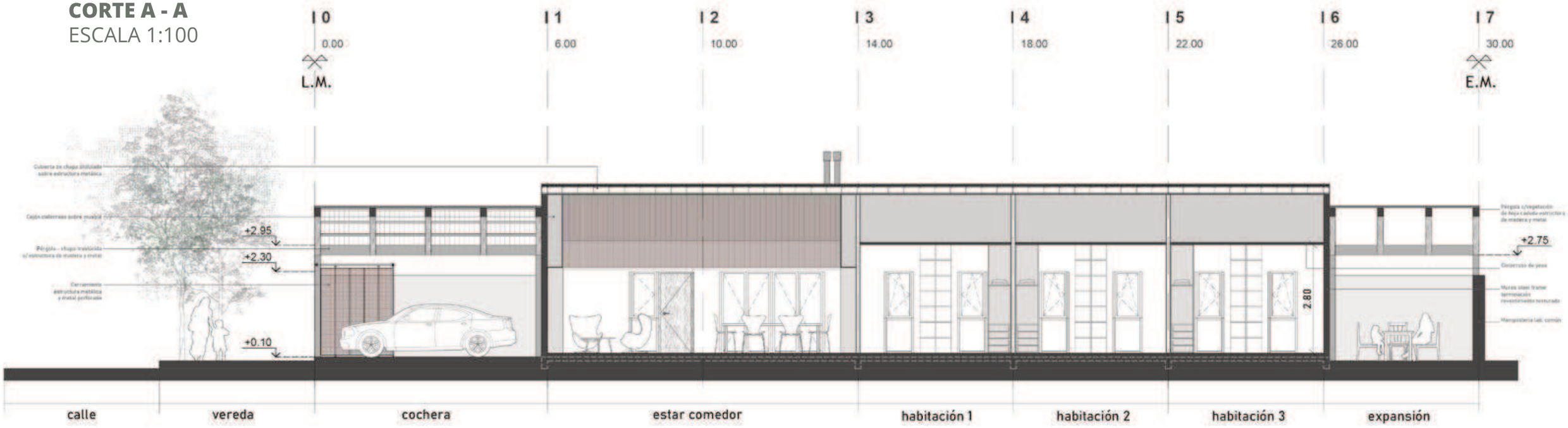
01. Ingreso semicubierto
02. Cochera
03. Galería
04. Quincho
05. Living - Comedor
06. Habitación 1
07. Habitación 2
08. Habitación 3
09. Cocina
10. Baño 1
11. Lavadero
12. Baño 2
13. Patio íntimo

PLANTA DE TECHOS
ESCALA 1:100

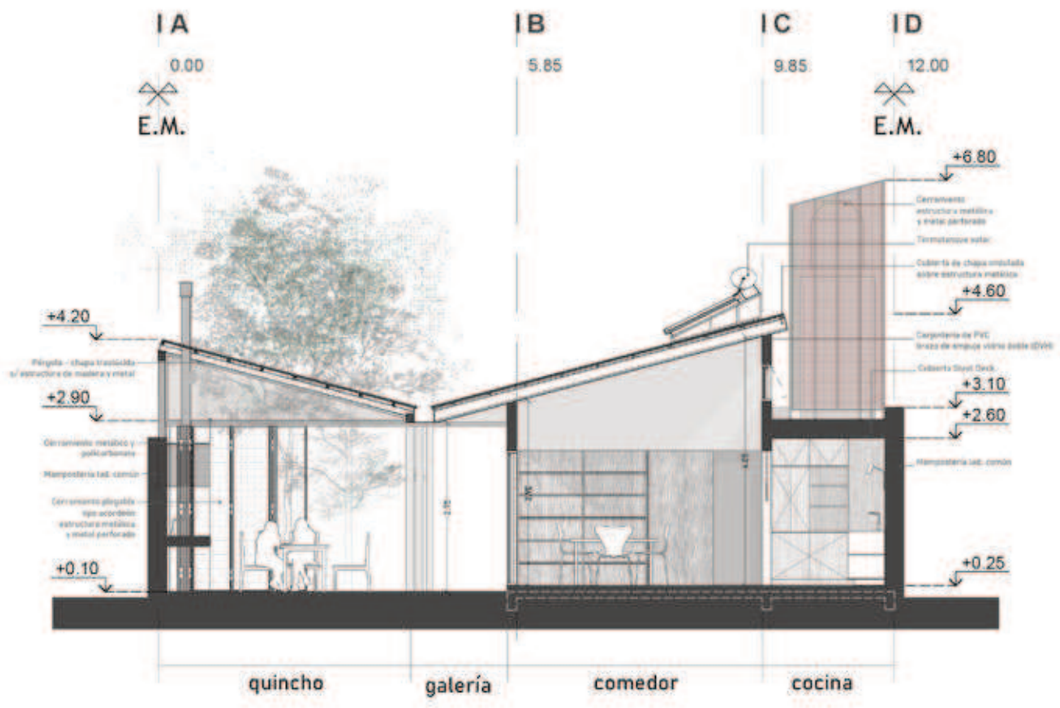


CORTES Y VISTAS

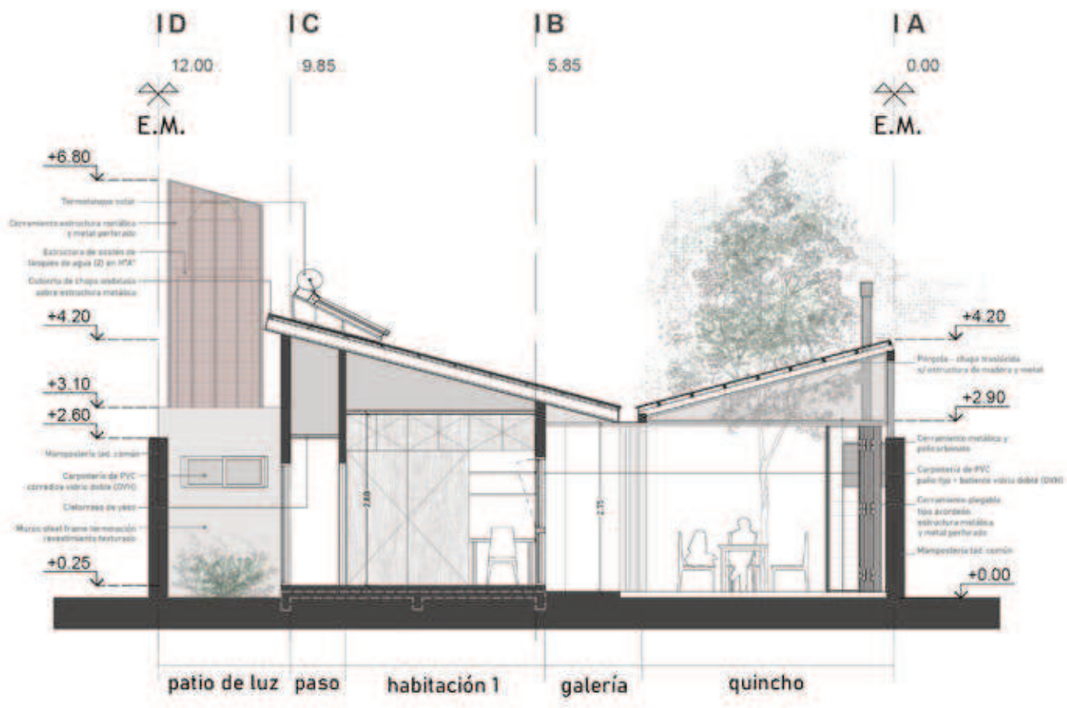
CORTE A - A
ESCALA 1:100



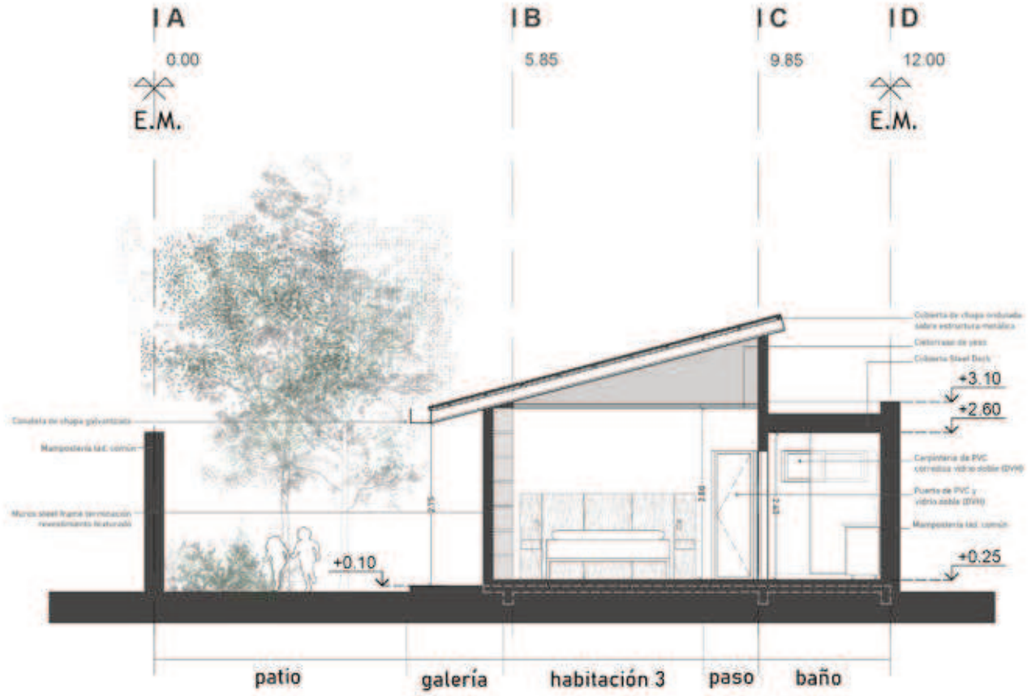
CORTE B - B
ESCALA 1:100



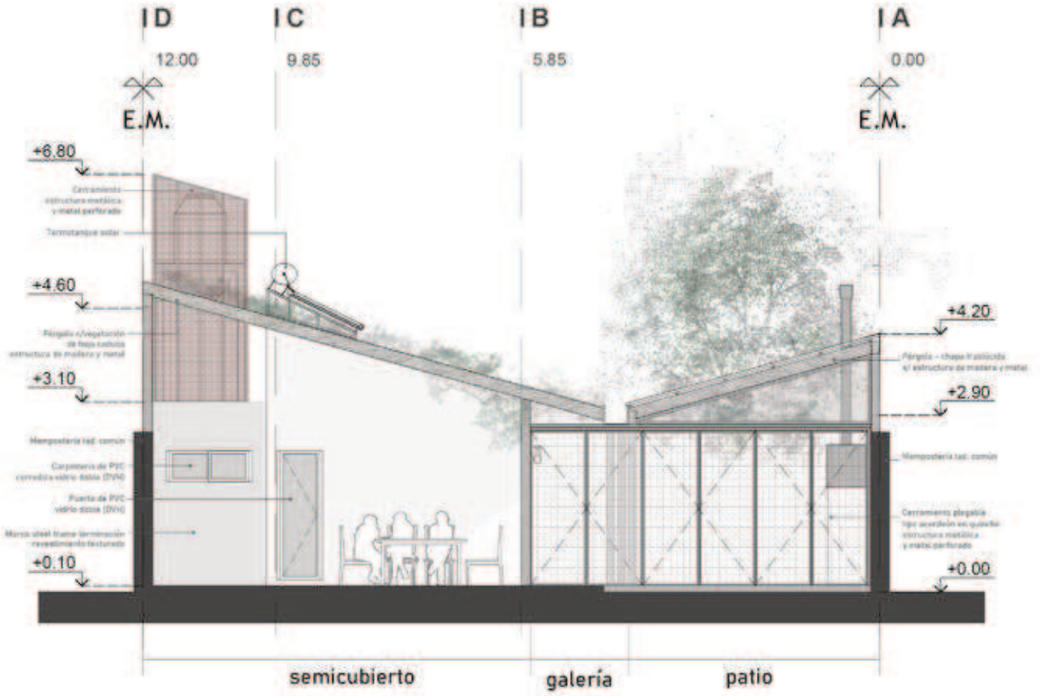
CORTE C - C
ESCALA 1:100



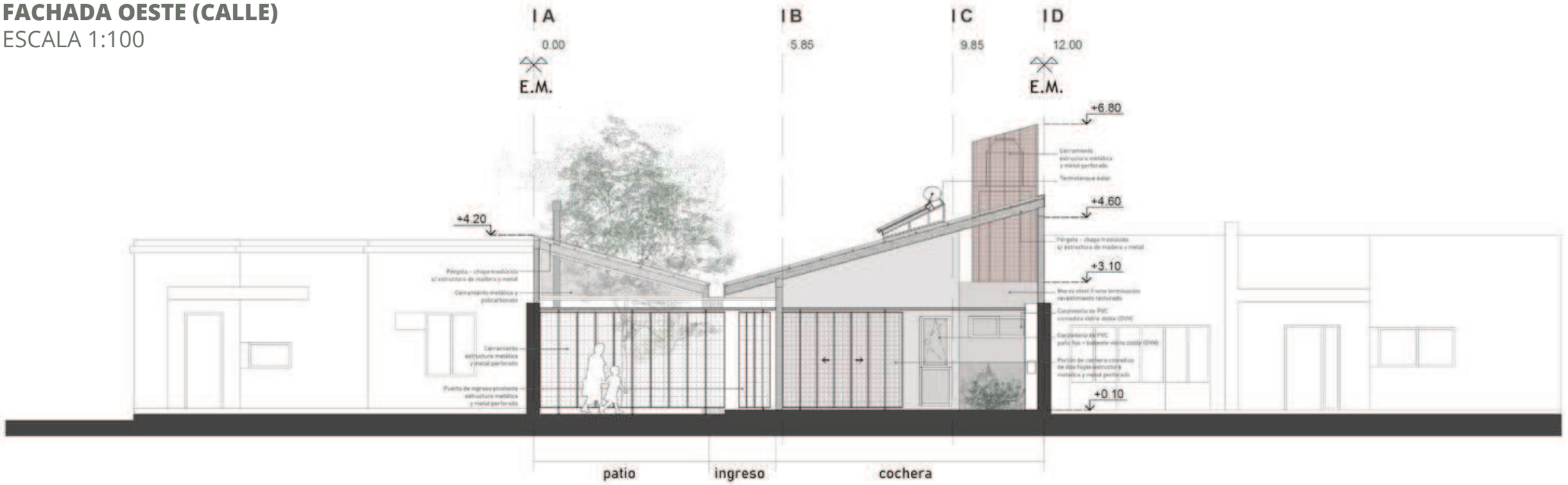
CORTE D - D
ESCALA 1:100



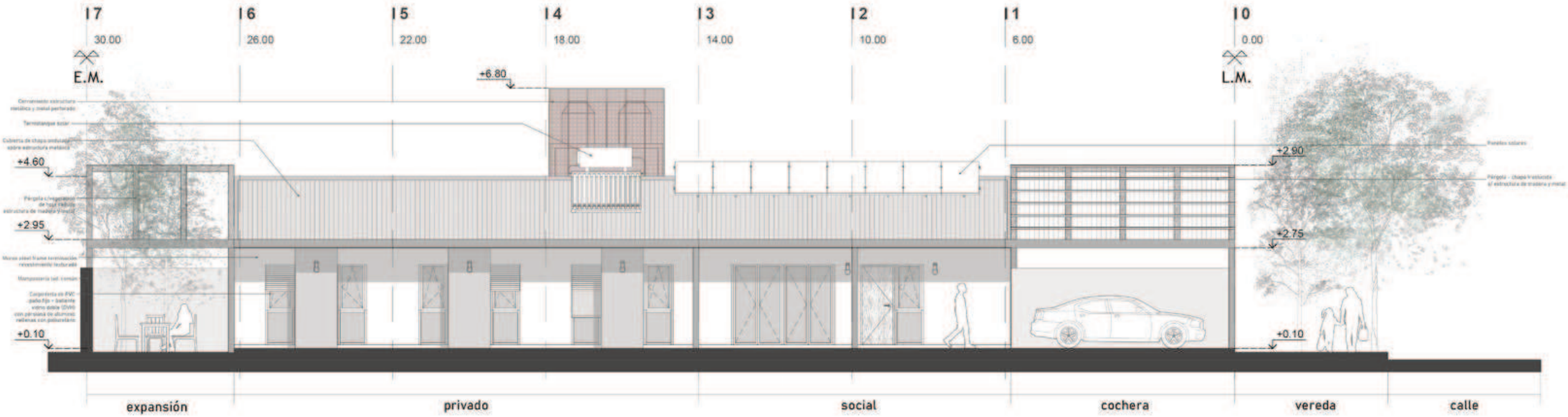
FACHADA ESTE
ESCALA 1:100



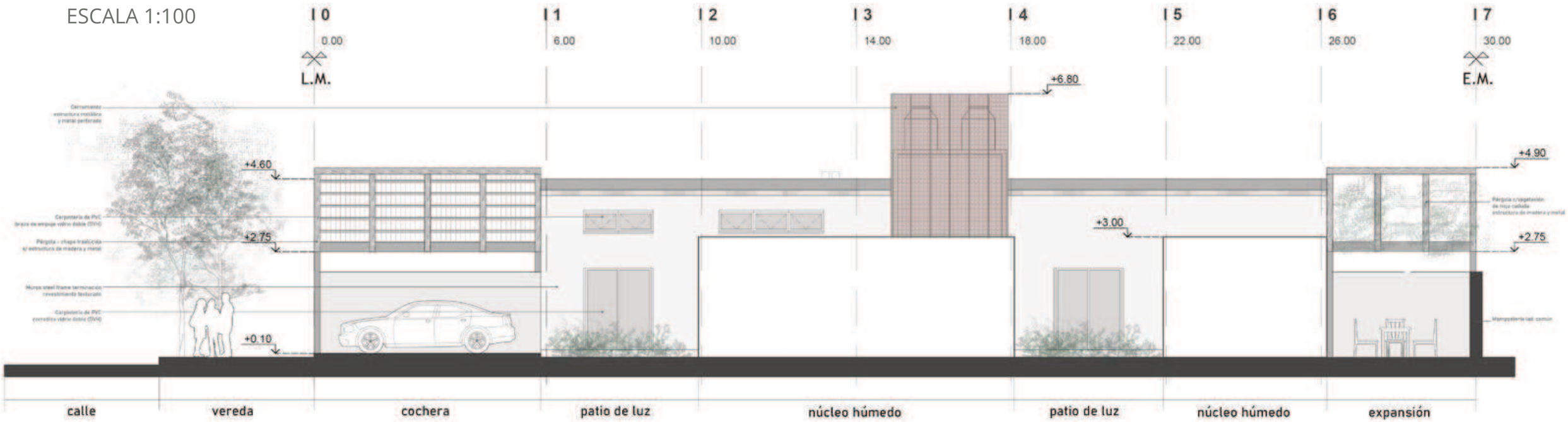
FACHADA OESTE (CALLE)
ESCALA 1:100



FACHADA NORTE
ESCALA 1:100

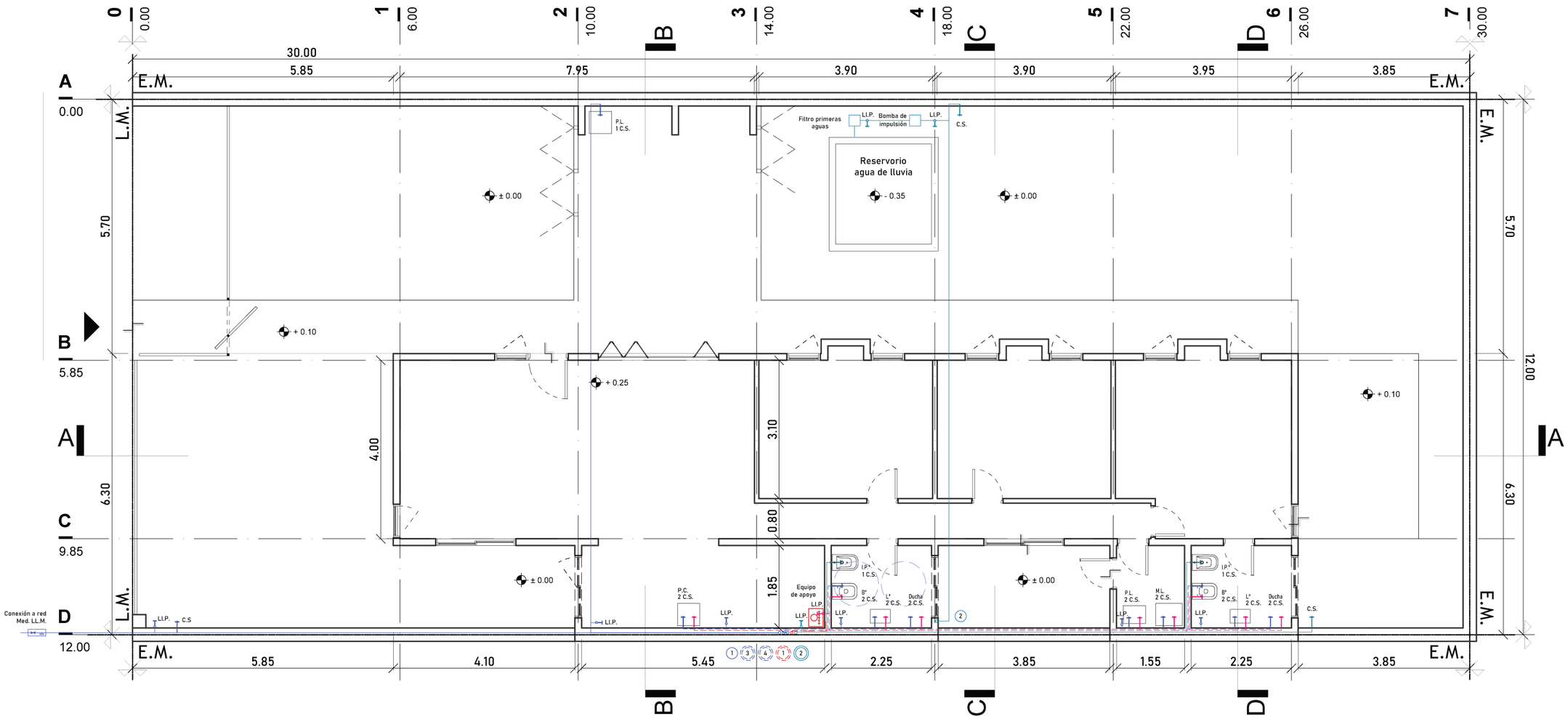


FACHADA SUR
ESCALA 1:100



INSTALACIONES

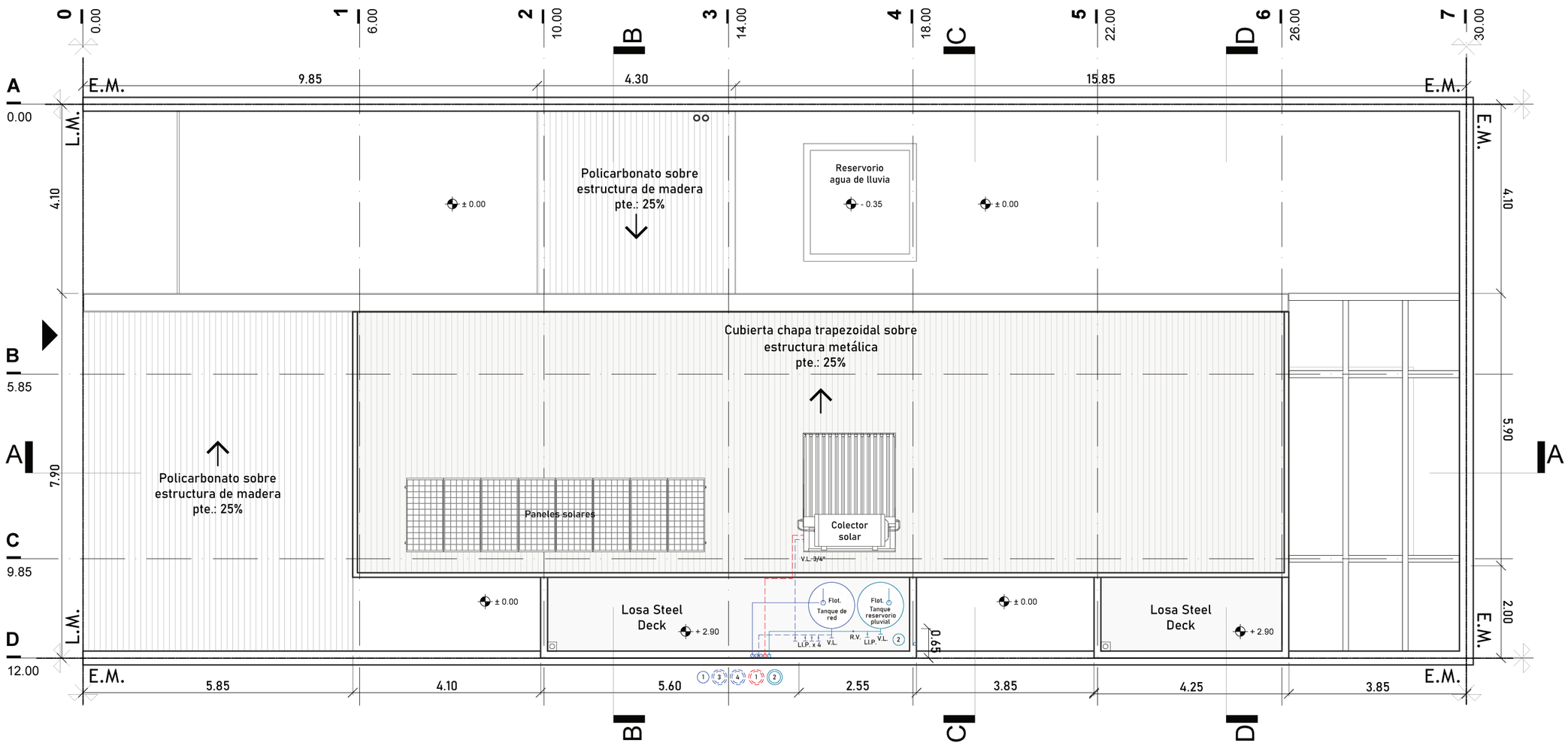
PLANTA - INSTALACIÓN CLOACAL Y PROVISIÓN DE AGUA
ESCALA 1:100



1. Sube caño de agua directa al Tanque de Red ½"
2. Sube caño de agua de lluvia a Tanque reservorio 1½"
1. Baja caño de agua caliente a caldera ¾"
2. Baja caño de agua de lluvia a válvula 1½"
3. Baja caño de agua a art. cocina y baño ½"
4. Baja caño de agua a lavadero y baño ½"

PLANTA DE TECHOS - INSTALACIÓN CLOACAL Y PROVISIÓN DE AGUA

ESCALA 1:100



1 Sube caño de agua directa al Tanque de Red ½"

2 Sube caño de agua de lluvia a Tanque reservorio 1½"

1 Baja caño de agua caliente a caldera ¾"

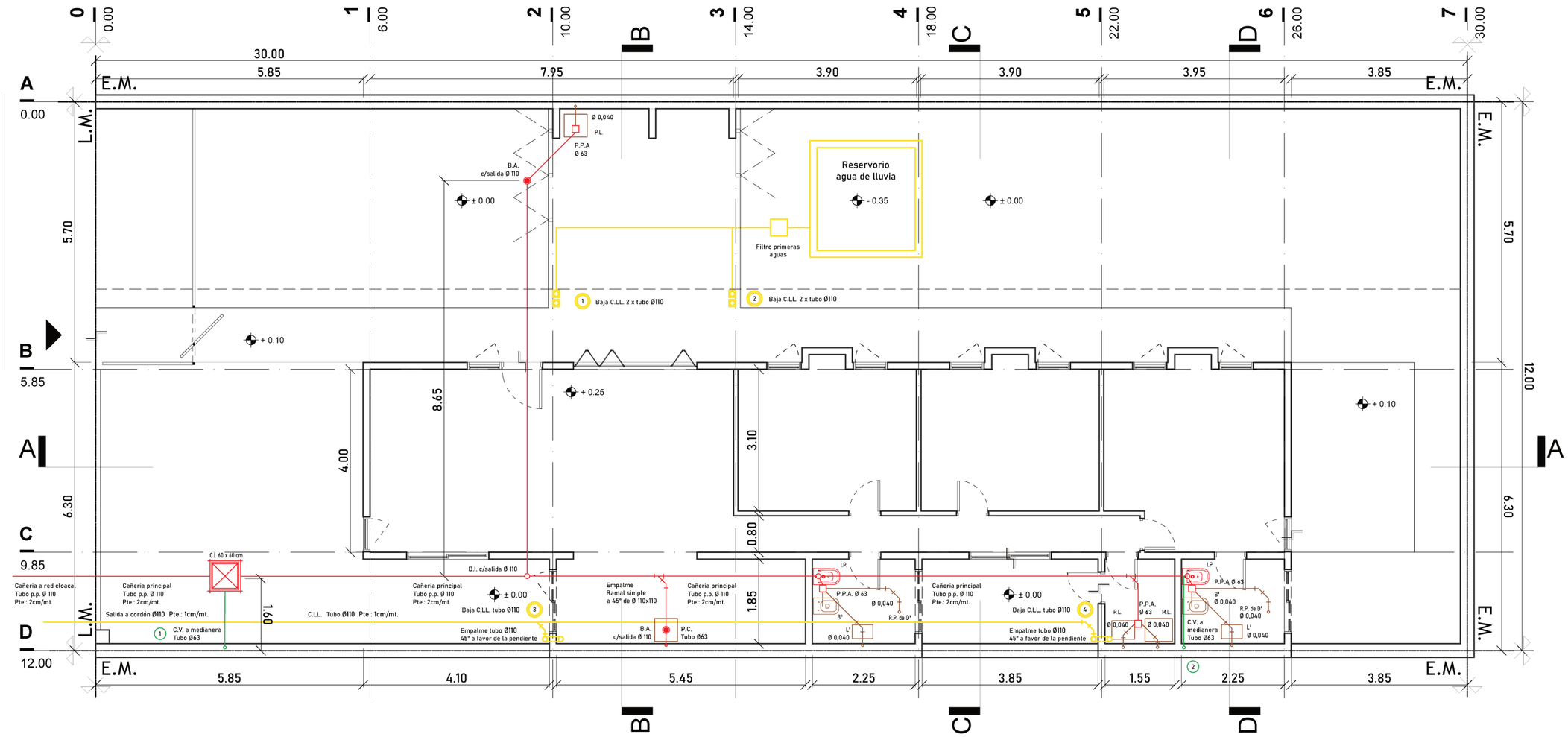
2 Baja caño de agua de lluvia a válvula 1½"

3 Baja caño de agua a art. cocina y baño ½"

4 Baja caño de agua a lavadero y baño ½"

Se prevee alimentación de respaldo desde la red de agua potable al tanque de reserva pluvial para períodos de sequía.

PLANTA - INSTALACIÓN DESAGÜE PLUVIAL
ESCALA 1:100

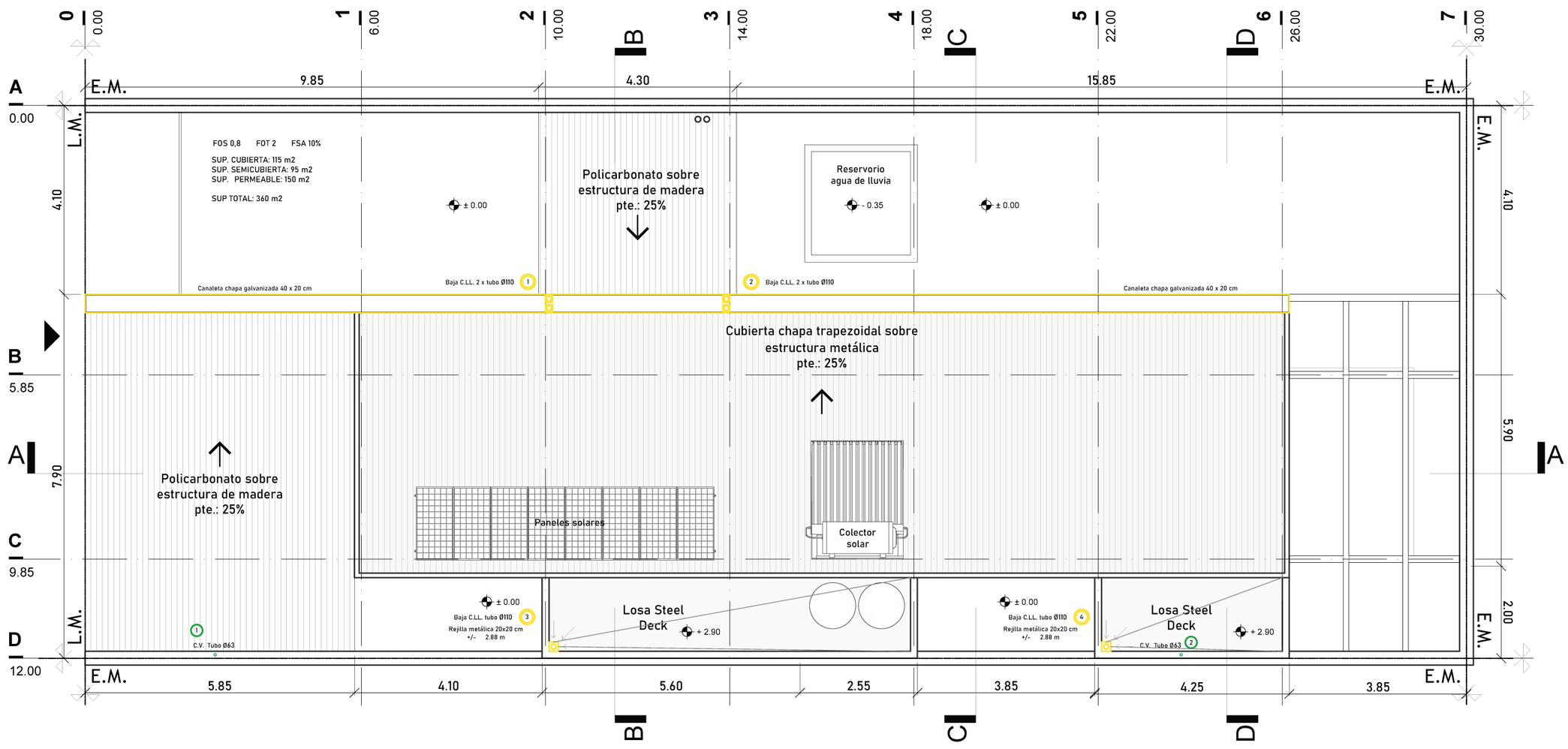


FOS 0,8 FOT 2 FSA 10%

SUP. CUBIERTA: 115 m²
SUP. SEMICUBIERTA: 95 m²
SUP. PERMEABLE: 150 m²

SUP. TOTAL: 360 m²

PLANTA DE TECHOS - INSTALACIÓN DESAGÜE PLUVIAL
ESCALA 1:100



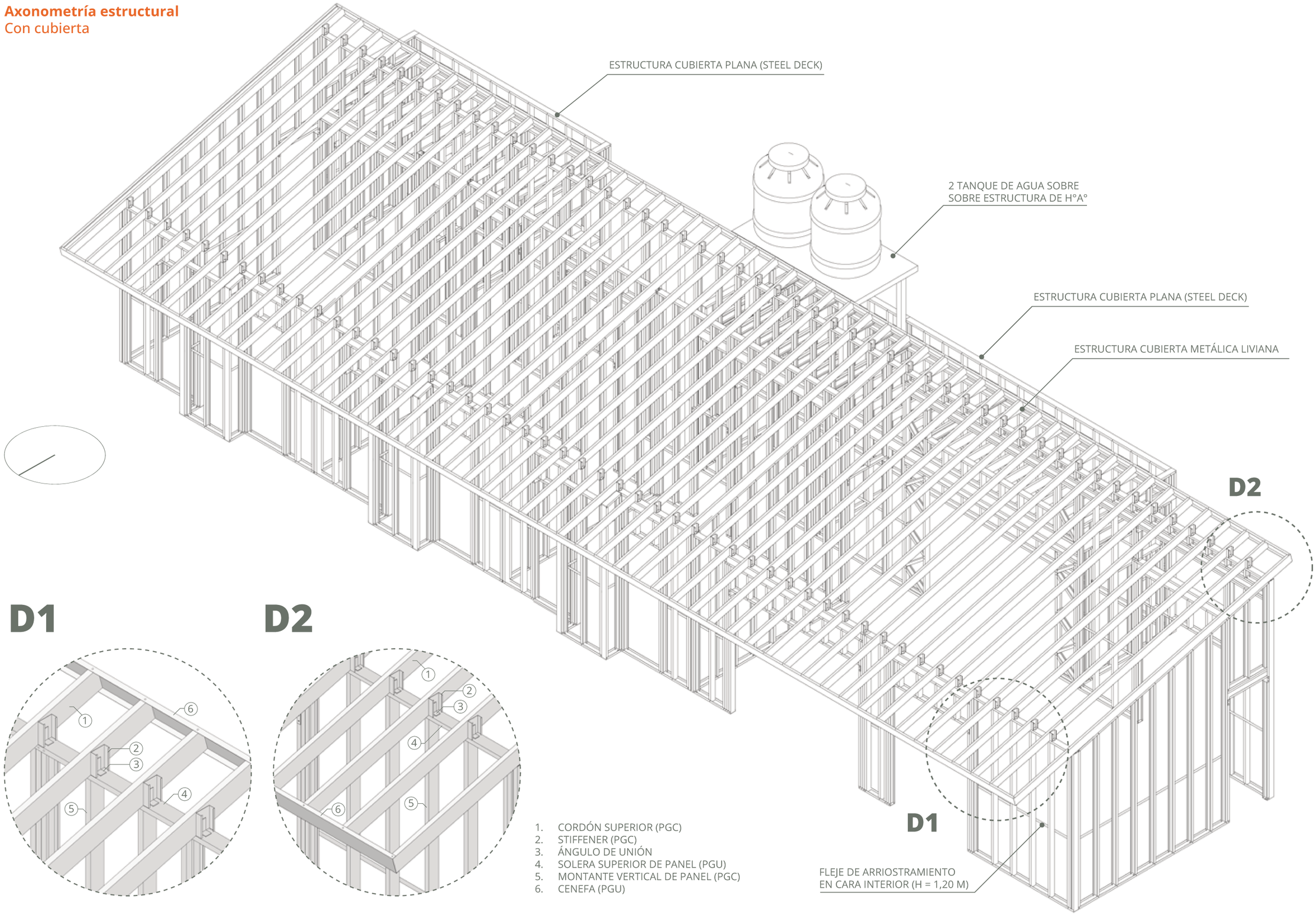
FOS 0,8 FOT 2 FSA 10%

SUP. CUBIERTA: 115 m²
SUP. SEMICUBIERTA: 95 m²
SUP. PERMEABLE: 150 m²

SUP. TOTAL: 360 m²

SISTEMA ESTRUCTURAL

Axonometría estructural
Con cubierta

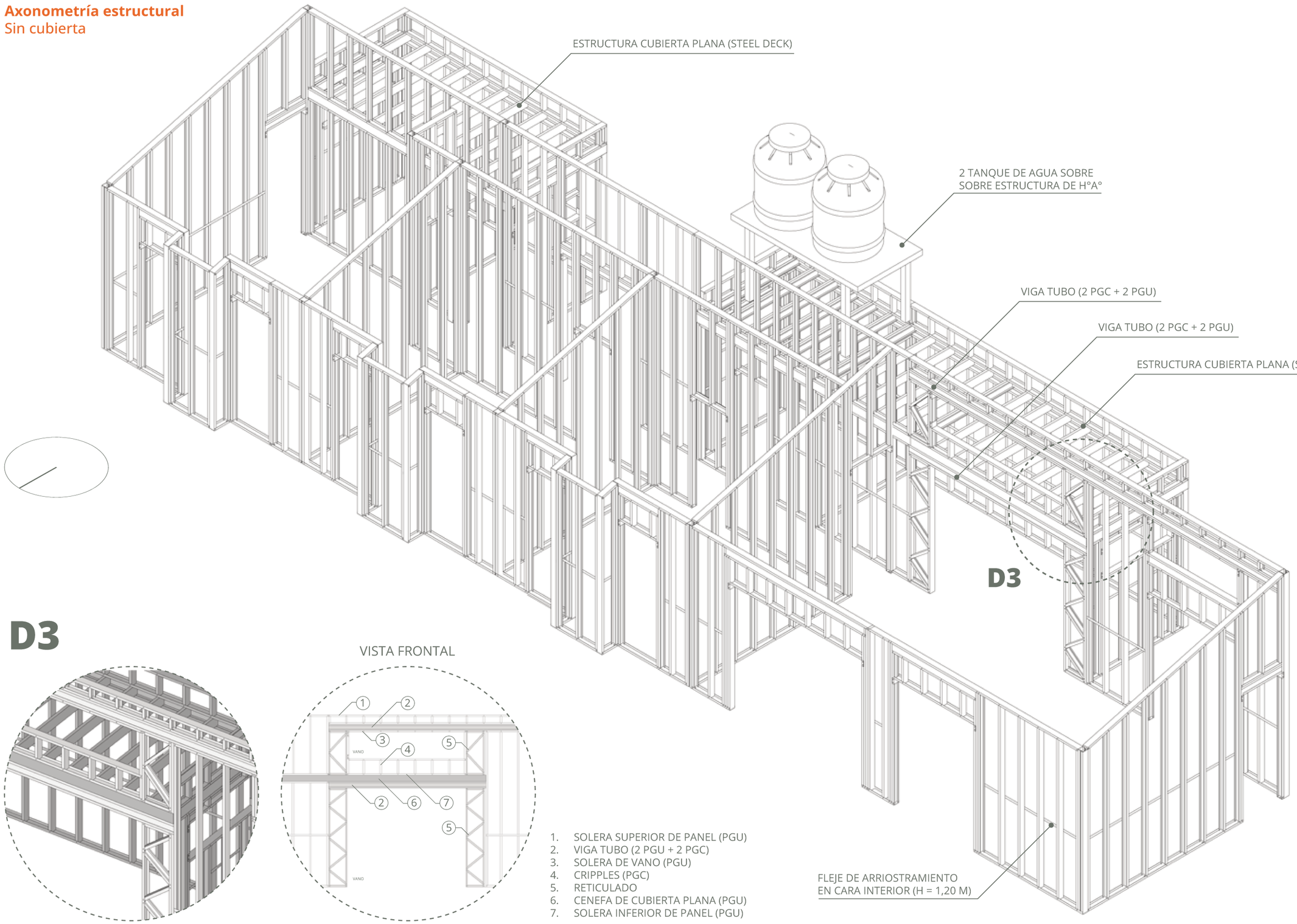


D1

D2

1. CORDÓN SUPERIOR (PGC)
2. STIFFENER (PGC)
3. ÁNGULO DE UNIÓN
4. SOLERA SUPERIOR DE PANEL (PGU)
5. MONTANTE VERTICAL DE PANEL (PGC)
6. CENEFA (PGU)

Axonometría estructural
Sin cubierta

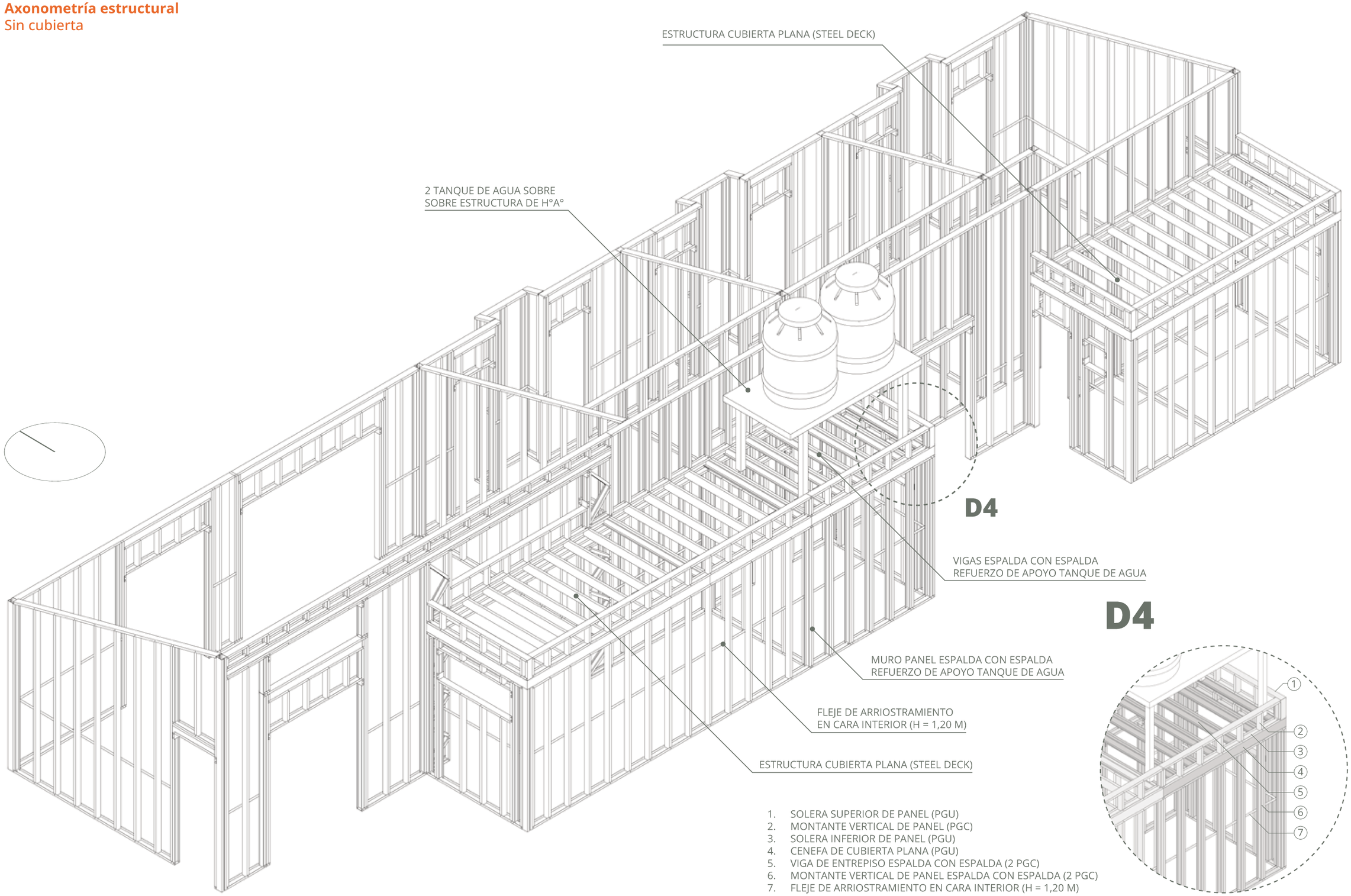


D3

VISTA FRONTAL

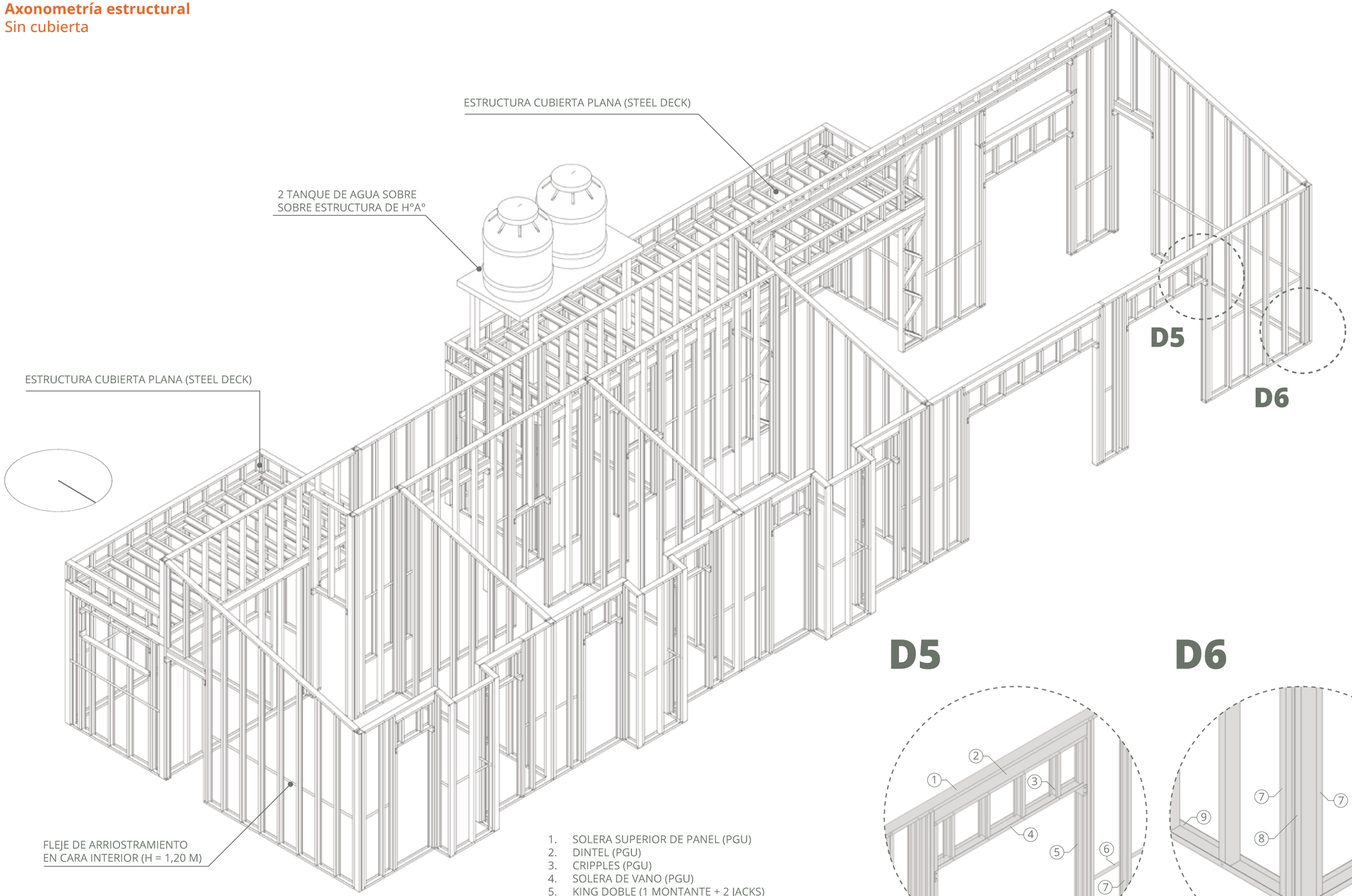
1. SOLERA SUPERIOR DE PANEL (PGU)
2. VIGA TUBO (2 PGU + 2 PGC)
3. SOLERA DE VANO (PGU)
4. CRIPPLES (PGC)
5. RETICULADO
6. CENEFA DE CUBIERTA PLANA (PGU)
7. SOLERA INFERIOR DE PANEL (PGU)

Axonometría estructural
Sin cubierta



1. SOLERA SUPERIOR DE PANEL (PGU)
2. MONTANTE VERTICAL DE PANEL (PGC)
3. SOLERA INFERIOR DE PANEL (PGU)
4. CENEFA DE CUBIERTA PLANA (PGU)
5. VIGA DE ENTREPISO ESPALDA CON ESPALDA (2 PGC)
6. MONTANTE VERTICAL DE PANEL ESPALDA CON ESPALDA (2 PGC)
7. FLEJE DE ARRIOSTRAMIENTO EN CARA INTERIOR (H = 1,20 M)

Axonometría estructural
Sin cubierta



1. SOLERA SUPERIOR DE PANEL (PGU)
2. DINTEL (PGU)
3. CRIPPLES (PGU)
4. SOLERA DE VANO (PGU)
5. KING DOBLE (1 MONTANTE + 2 JACKS)
6. FLEJE DE ARRIOSTRAMIENTO EN CARA INTERIOR (H = 1,20 M)
7. MONTANTE VERTICAL DE PANEL (PGC)
8. DOBLE (2 PGC)
9. SOLERA INFERIOR DE PANEL (PGU)

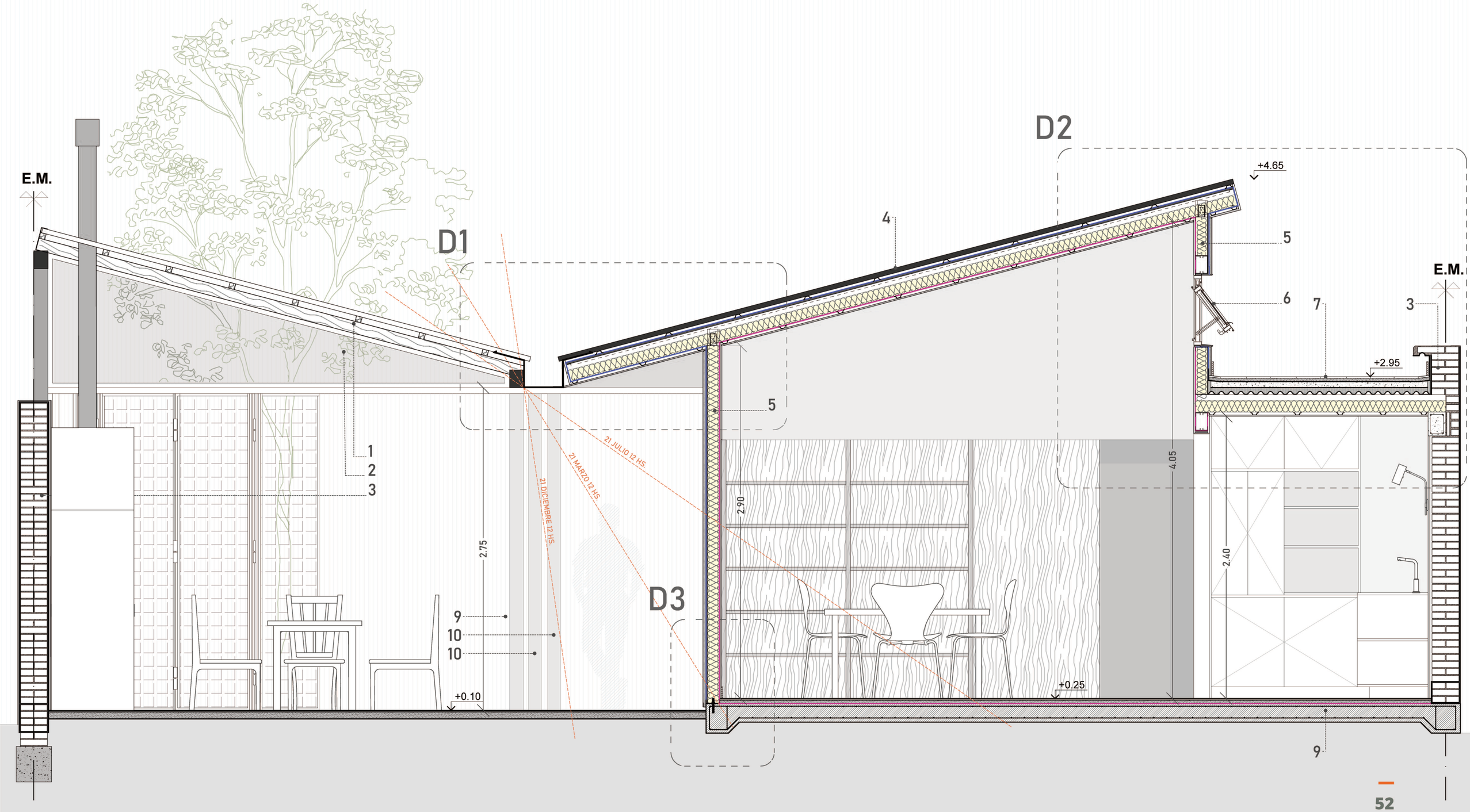
D5

D6

DETALLES CONSTRUCTIVOS

CORTE B - B
ESCALA 1:30

REFERENCIAS
01. Pérgola chapa traslúcida s/ estructura de madera
02. Cerramiento metálico y policarbonato transparente
03. Muro medianero encaballado e: 30 cm ladrillo común
04. Cubierta metálica chapa galvanizada sinusoidal + (10+5) cm lana de vidrio
05. Muro exterior steel framing e: 15 cm (PGC 100 + lana de vidrio 100 mm + OSB + barrera de agua y viento + EPS 20 mm + base coat y finish)
06. Abertura brazo de empuje de PVC y doble vidriado hermético (DVH) 4+12+4 con mosquiteto
07. Cubierta plana steel deck + aislación interior
08. Platea y viga de fundación H°A°
09. Columna caño estructural metálico 15x15 cm
10. Bajada agua de lluvia galvanizado 10x5 cm

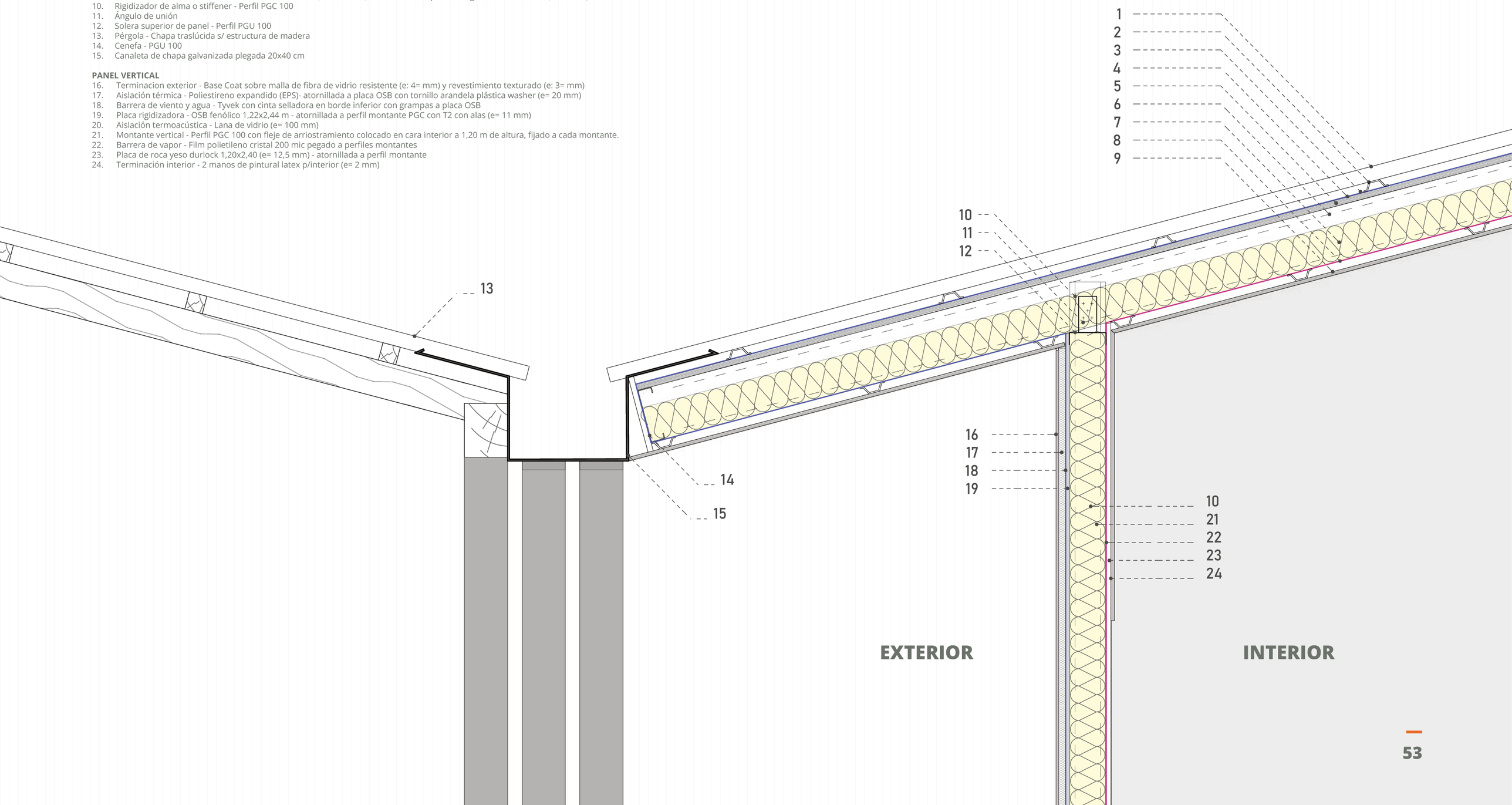


DETALLE 1
ESCALA 1:10

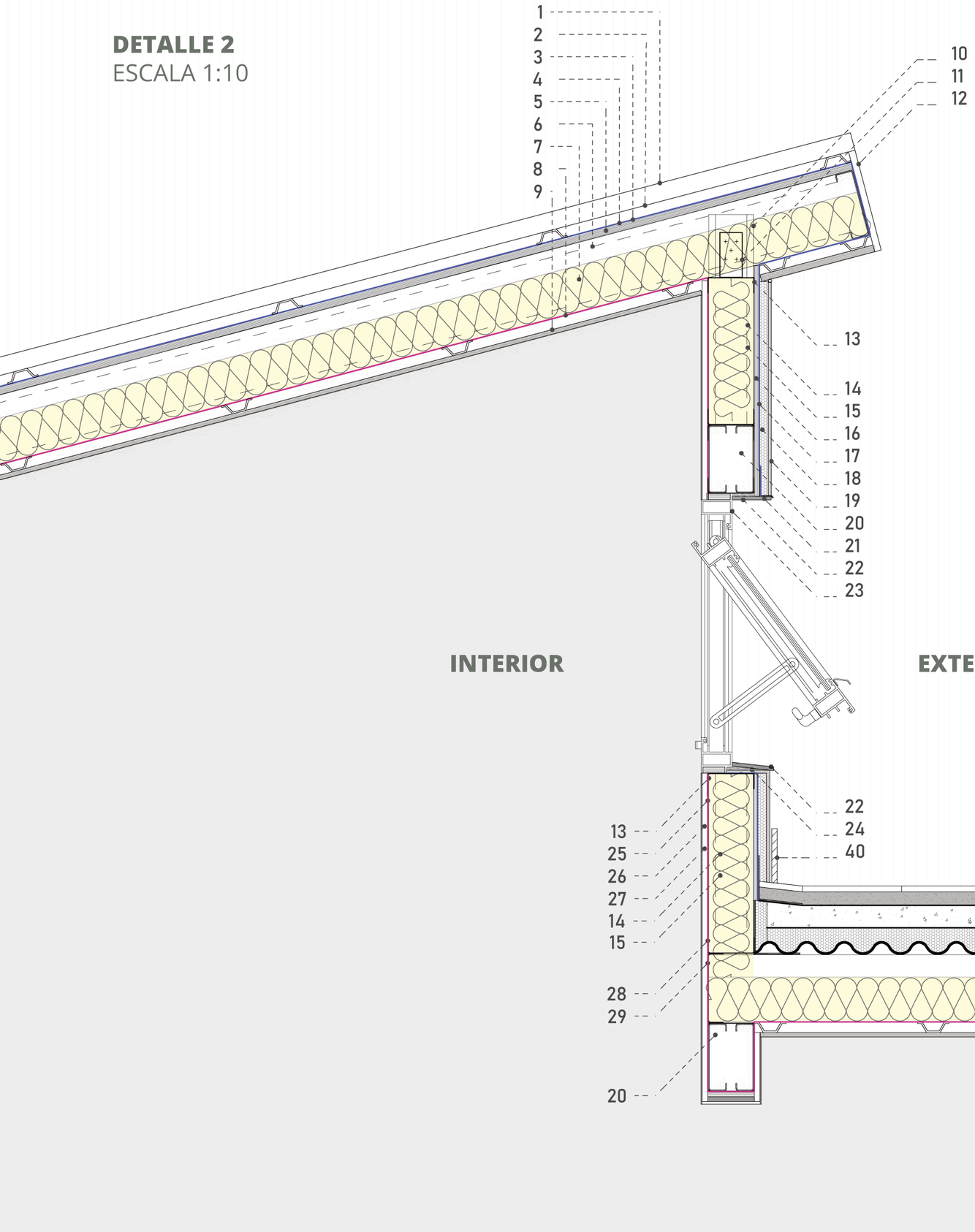
REFERENCIAS

CUBIERTAS LIVIANAS
01. Cubierta de chapa galvanizada sinusoidal - fijada con tornillos autoperforantes punta mecha con arandela de neopreno
02. Correas perfil PGO 70×12,5×2,6 mm para soporte de cubierta metálica
03. Fieltro FL e= 50 mm (comprimido a 20 mm)
04. Barrera de viento y agua - Tyvek con cinta selladora en borde inferior con grampas a placa OSB
05. Placa rigidizadora - OSB fenólico 1,22x2,44 m - atornillada a perfil montante PGC con T2 con alas (e= 18 mm)
06. Cordón superior - Perfil PGC 150x40x15 mm con pendiente 25%
07. Aislación termoacústica - Lana de vidrio (e= 100 mm)
08. Barrera de vapor - Film polietileno cristal 200 mic pegado a perfiles montantes
09. Terminación cielorraso - Revestimiento WPC interior (e= 12,7 mm) c/estructura de perfil omega 70×12,5×2,6 mm (e=13 mm)
10. Rigidizador de alma o stiffener - Perfil PGC 100
11. Ángulo de unión
12. Solera superior de panel - Perfil PGU 100
13. Pérgola - Chapa traslúcida s/ estructura de madera
14. Cenefa - PGU 100
15. Canaleta de chapa galvanizada plegada 20x40 cm

PANEL VERTICAL
16. Terminacion exterior - Base Coat sobre malla de fibra de vidrio resistente (e: 4= mm) y revestimiento texturado (e: 3= mm)
17. Aislación térmica - Poliestireno expandido (EPS)- atornillada a placa OSB con tornillo arandela plástica washer (e= 20 mm)
18. Barrera de viento y agua - Tyvek con cinta selladora en borde inferior con grampas a placa OSB
19. Placa rigidizadora - OSB fenólico 1,22x2,44 m - atornillada a perfil montante PGC con T2 con alas (e= 11 mm)
20. Aislación termoacústica - Lana de vidrio (e= 100 mm)
21. Montante vertical - Perfil PGC 100 con fleje de arriostramiento colocado en cara interior a 1,20 m de altura, fijado a cada montante.
22. Barrera de vapor - Film polietileno cristal 200 mic pegado a perfiles montantes
23. Placa de roca yeso durlock 1,20x2,40 (e= 12,5 mm) - atornillada a perfil montante
24. Terminación interior - 2 manos de pintural latex p/interior (e= 2 mm)



DETALLE 2
ESCALA 1:10



REFERENCIAS

CUBIERTA METÁLICA y ENCUENTRO CON CARPINTERÍA

01. Cubierta de chapa galvanizada sinusoidal - fijada con tornillos autoperforantes punta mecha con arandela de neopreno
02. Correas perfil PGO 70×12,5×2,6 mm para soporte de cubierta metálica
03. Fieltro FL e= 50 mm (comprimido a 20 mm)
04. Barrera de viento y agua - Tyvek con cinta selladora en borde inferior con grampas a placa OSB
05. Placa rigidizadora - OSB fenólico 1,22x2,44 m - atornillada a perfil montante PGC con T2 con alas (e= 18 mm)
06. Cordón superior - Perfil PGC 150x40x15 mm con pendiente 25%
07. Aislación termoacústica - Lana de vidrio (e= 100 mm)
08. Barrera de vapor - Film polietileno cristal 200 mic pegado a perfiles montantes
09. Terminación cielorraso - Revestimiento WPC interior (e= 12,7 mm) c/estructura de perfil omega 70×12,5×2,6 mm (e=13 mm)
10. Rigidizador de alma o stiffener - Perfil PGC 10
11. Ángulo de unión
12. Cenefa de cierre
13. Solera superior de panel - Perfil PGU 100
14. Montante del panel de carga - PGU 100
15. Aislación termoacústica - Lana de vidrio (e= 100 mm)
16. Placa rigidizadora - OSB fenólico 1,22x2,44 m - atornillada a perfil montante PGC con T2 con alas (e= 11 mm)
17. Barrera de viento y agua - Tyvek con cinta adhesiva impermeable
18. Aislación térmica - Poliestireno expandido (EPS) - atornillada a placa OSB con tornillo arandela plástica washer (e= 20 mm)
19. Terminación exterior - Base Coat sobre malla de fibra de vidrio resistente (e: 4= mm) y revestimiento texturado (e: 3= mm)
20. Viga tubo 2 PGC 150 + 1 PGU 100
21. Perfil de PVC
22. Placa de cemento (e= 10 mm)
23. Abertura brazo de empuje de PVC y doble vidriado hermético (DVH) 4+12+4 con mosquiteto
24. Sellador poliuretano
25. Barrera de vapor - Film polietileno cristal 200 mic pegado a perfiles montantes
26. Placa de roca yeso durlock 1,20x2,40 (e= 12,5 mm) - atornillada a perfil montante
27. Terminación interior - 2 manos de pintural latex p/interior (e= 2 mm)
28. Solera inferior de panel - Perfil PGU 100

CUBIERTA DE STEEL DECK

29. Cenefa - Perfil PGU 150
30. Terminación exterior - Piso cerámico asentado con adhesivo cementicio sobre carpeta de nivelación
31. Impermeabilización - Membrana asfáltica
32. Capa de compresión - Hº c/pendiente y malla electrosoldada (e= 0,05 mm)
33. Barrera de vapor - Film polietileno cristal 200 mic.
34. Aislación térmica - Poliestireno expandido (EPS) de alta densidad (e= 50 mm)
35. Chapa galvanizada sinusoidal - fijada con tornillos autoperforantes
36. Estructura portante - Perfil PGC 150
27. Aislación termoacústica - Lana de vidrio (e= 50 mm)
38. Barrera de vapor - Film polietileno cristal 200 mic.
39. Terminación interior - Cielorraso de placa de roca yeso durlock 1,20x2,40 (e= 12,5 mm) c/estructura de perfil omega 70×12,5×2,6 mm (e=13 mm)
40. Zócalo de cerámica de terminación

CARGA y MURO MEDIANERO

41. Viga HºAº (1:3:3) s/cálculo
42. Muro 0,15 ladrillo común con mortero de asiento (1/4:1:3)
43. Revoque impermeable (1:3:10%)
44. Revoque grueso (1/4:1:3)
45. Revoque fino (1/8:1:2)

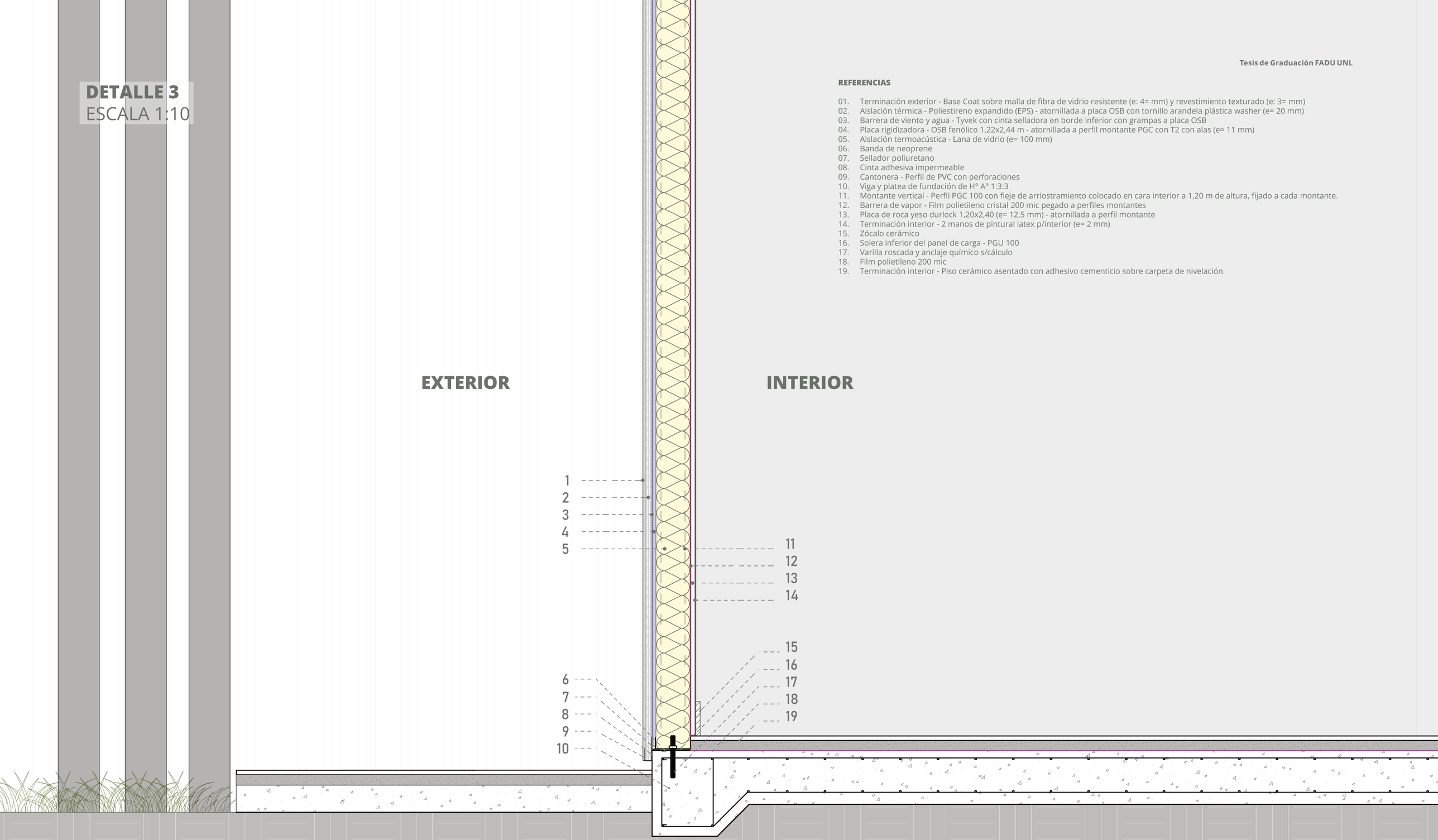
DETALLE 3
ESCALA 1:10

REFERENCIAS

01. Terminación exterior - Base Coat sobre malla de fibra de vidrio resistente (e: 4= mm) y revestimiento texturado (e: 3= mm)
02. Aislación térmica - Poliestireno expandido (EPS) - atornillada a placa OSB con tornillo arandela plástica washer (e= 20 mm)
03. Barrera de viento y agua - Tyvek con cinta selladora en borde inferior con grampas a placa OSB
04. Placa rigidizadora - OSB fenólico 1,22x2,44 m - atornillada a perfil montante PGC con T2 con alas (e= 11 mm)
05. Aislación termoacústica - Lana de vidrio (e= 100 mm)
06. Banda de neoprene
07. Sellador poliuretano
08. Cinta adhesiva impermeable
09. Cantonera - Perfil de PVC con perforaciones
10. Viga y platea de fundación de H° A° 1:3:3
11. Montante vertical - Perfil PGC 100 con fleje de arriostramiento colocado en cara interior a 1,20 m de altura, fijado a cada montante.
12. Barrera de vapor - Film polietileno cristal 200 mic pegado a perfiles montantes
13. Placa de roca yeso durlock 1,20x2,40 (e= 12,5 mm) - atornillada a perfil montante
14. Terminación interior - 2 manos de pintural latex p/interior (e= 2 mm)
15. Zócalo cerámico
16. Solera inferior del panel de carga - PGU 100
17. Varilla roscada y anclaje químico s/cálculo
18. Film polietileno 200 mic
19. Terminación interior - Piso cerámico asentado con adhesivo cementicio sobre carpeta de nivelación

EXTERIOR

INTERIOR



DETALLE EN PLANTA
ESCALA 1:10

REFERENCIAS

PANELES
01. Terminación exterior - Base Coat sobre malla de fibra de vidrio resistente (e: 4= mm) y revestimiento texturado (e: 3= mm)
02. Aislación térmica - Poliestireno expandido (EPS) 30 kg/m3 - atornillada a placa OSB con tornillo arandela plástica washer (e= 30 mm)
03. Barrera de viento y agua - Tyvek con cinta selladora en borde inferior con grampas a placa OSB
04. Placa rigidizadora - OSB fenólico 1,22x2,44 m - atornillada a perfil montante PGC con T2 con alas (e= 11 mm)
05. Aislación termoacústica - Lana de vidrio (e= 100 mm)
06. Montante vertical - Perfil PGC 100 con fleje de arriostramiento colocado en cara interior a 1,20 m de altura, fijado a cada montante.
07. Barrera de vapor - Film polietileno cristal 200 mic pegado a perfiles montantes
08. Placa de roca yeso durlock 1,20x2,40 (e= 12,5 mm) - atornillada a perfil montante
09. Terminación interior - 2 manos de pintura latex p/interior (e= 2 mm)
10. Abertura oscilobatiente y paño fijo inferior de PVC y doble vidriado hermético (DVH) 4+12+4 con mosquitero



DETALLE EN PLANTA
ESCALA 1:20

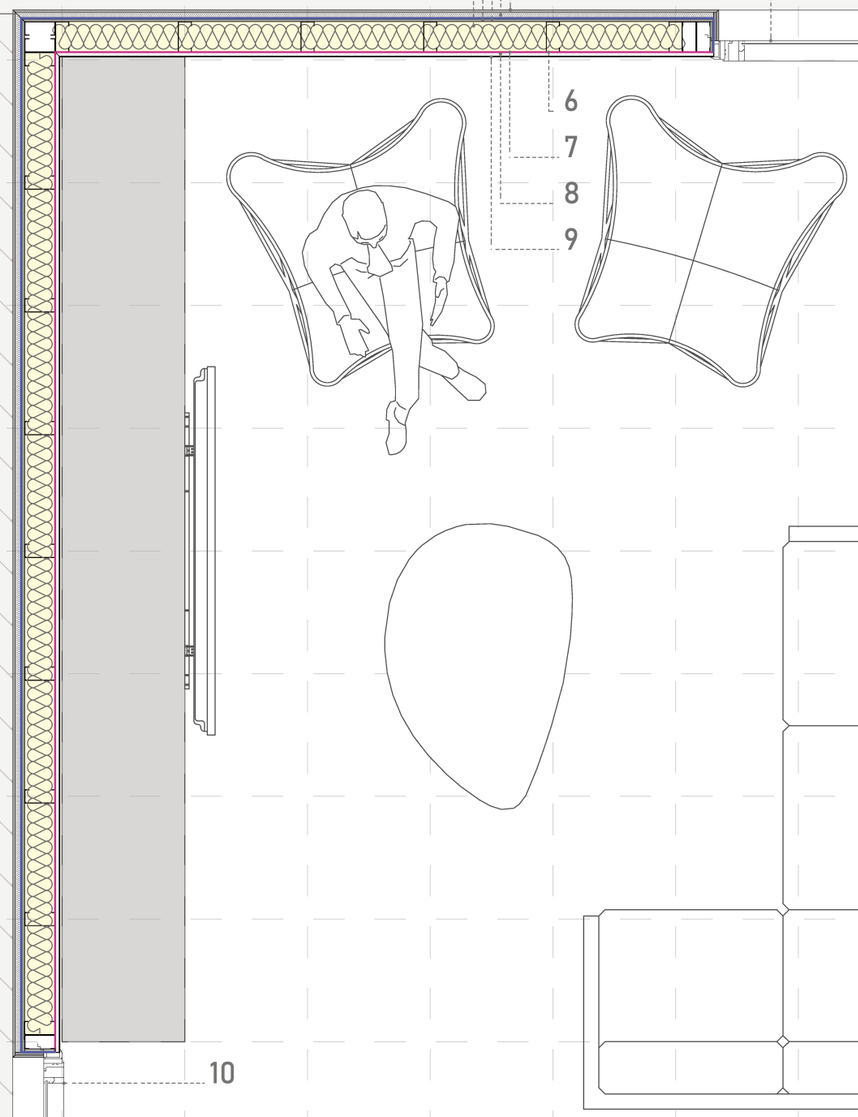
GALERÍA
Piso ceramico exterior
NPT. ± 0.10

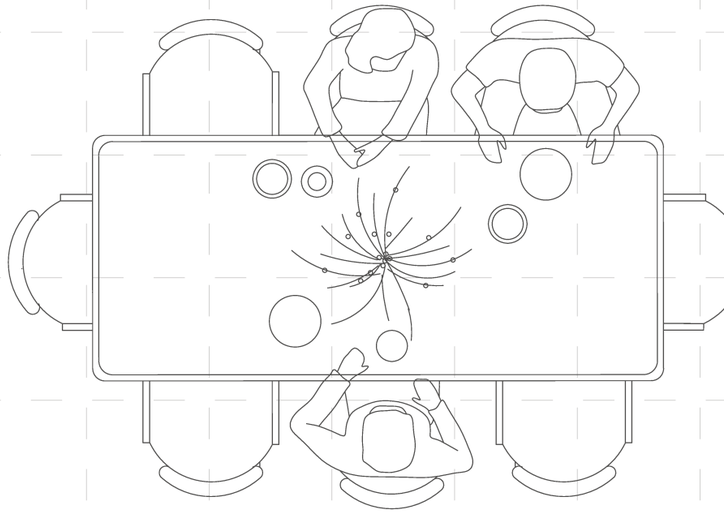
COCHERA
Piso ceramico exterior
NPT. ± 0.10

ESTAR COMEDOR
Piso ceramico
NPT. ± 0.20

V01 75x220
P01 90x220
PV01 270x220

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12





REFERENCIAS

PANELES
01. Terminación exterior - Base Coat sobre malla de fibra de vidrio resistente (e: 4= mm) y revestimiento texturado (e: 3= mm)
02. Aislación térmica - Poliestireno expandido (EPS) 30 kg/m3 - atornillada a placa OSB con tornillo arandela plástica washer (e= 30 mm)
03. Barrera de viento y agua - Tyvek con cinta selladora en borde inferior con grampas a placa OSB
04. Placa rigidizadora - OSB fenólico 1,22x2,44 m - atornillada a perfil montante PGC con T2 con alas (e= 11 mm)
05. Aislación termoacústica - Lana de vidrio (e= 100 mm)
06. Montante vertical - Perfil PGC 100 con fleje de arriostramiento colocado en cara interior a 1,20 m de altura, fijado a cada montante.
07. Barrera de vapor - Film polietileno cristal 200 mic pegado a perfiles montantes
08. Placa de roca yeso durlock 1,20x2,40 (e= 12,5 mm) - atornillada a perfil montante
09. Terminación interior - 2 manos de pintural latex p/interior (e= 2 mm)
10. Abertura oscilobatiente y paño fijo inferior de PVC y doble vidriado hermético (DVH) 4+12+4 con mosquitero
11. Puerta corrediza de dos hojas de PVC y doble vidriado hermético (DVH) 4+12+4 con mosquitero
12. Columna reticulada - PGC 100

IMÁGENES






FRUTAS




FRUTAS























INVIERNO



VERANO



Tesis de graduación
FADU|UNL