
Bioconstrucción y arquitectura bioclimática para la ejecución de una vivienda unifamiliar

Mayo de 2016

AUTOR:

DANIEL LÓPEZ GARRIDO

TUTOR ACADÉMICO:

Héctor Navarro Calvo – Construcciones arquitectónicas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

ETS de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València

Resumen

Este trabajo final de grado, estudia diferentes formas de construir una vivienda aplicando criterios de bioconstrucción y arquitectura bioclimática. Para ello se realizó la búsqueda de un solar cuya ubicación y características cumplieran los requisitos para la construcción de una vivienda de este tipo.

Para el diseño de la vivienda se utilizan el mayor número de elementos naturales, reciclados o que sean altamente reutilizables y reciclables. Otro de los puntos que se ha estudiado en profundidad, ha sido los sistemas pasivos, es decir, aquellos diseños que pueden reducir el consumo energético sin elementos externos, la orientación, estudios de la trayectoria solar o fachadas y cubiertas ventiladas son algunas de las medidas que se han tenido en cuenta para el diseño de la vivienda.

El reciclaje del agua también ha sido un punto importante en la elaboración del trabajo. Como reducir el agua que consumimos diariamente, o como reutilizar parte de estas aguas son temas estudiados en el diseño.

Por último, utilizar los mínimos sistemas activos que sirvan de apoyo a los sistemas pasivos empleados, instalación solar térmica y fotovoltaica, así como la instalación de domótica con un hardware y un software de licencia libre concluyen los puntos más importantes del trabajo.

Palabras clave: Eficiencia energética, arquitectura bioclimática, autosuficiencia, Arduino, piscina natural.

Abstract

This final degree project, studying different ways to build a house using criteria of green building and bioclimatic architecture. To do the search for a site whose location and characteristics meet the requirements for building a house of this type was performed.

For the design of housing as many natural elements that were highly recycled or reusable and recyclable they are used. Another point in which has been studied in depth, have been passive systems, those designs that can reduce energy consumption without external elements, orientation, studies of the solar path or facades and roofs ventilated are some of the measures that have been taken into account for the design of housing.

Water recycling has also been an important point in the development work, such as reducing water we consume daily, or reuse of these waters are topics studied at work.

Finally, use the minimum active systems that support employees to passive systems, solar thermal and photovoltaic installation and installation of home automation with hardware and software opensource conclude the most important points of work.

Keywords: Energy efficiency, bioclimatic architecture, self-sufficiency, Arduino, natural pool.

Agradecimientos

En este trabajo de fin de grado, me gustaría agradecer a todas las personas que han estado conmigo durante estos cinco años, profesores y compañeros de los que no he dejado de aprender.

A mi familia, que, a pesar de la distancia, siempre han estado presentes durante todos los periodos difíciles de la carrera, en especial a mi pareja Elena, la cual ha estado apoyándome todos y cada uno de los días.

También a mis compañeros en el Ayuntamiento de Torrent, por su dedicación, paciencia, y compañerismo, Salvador, Andrés, Sara, Nacho, Carmen y sobre todo a María Ángeles Dasí.

Al profesor Vicente Olcina, por su incansable interés por impartir la docencia mediante herramientas BIM, y a mi tutor, Héctor Navarro, por su paciencia y dedicación.

Gracias

Acrónimos utilizados

BIM: Building Information Modeling.

CAD: Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador.

CTE: Código Técnico de la Edificación.

ACS: Agua Caliente Sanitaria.

LOE: Ley de Ordenación de la Edificación.

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas.

REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

DB-HE: Documento Básico de Ahorro de Energía.

DB-SUA: Documento básico de seguridad de utilización y accesibilidad

RD: Real Decreto.

INE: Instituto Nacional de Estadística

MIT: Massachusetts Institute of Technology

PCB: Printed Circuit Board / placa de circuito impreso.

IDE: Integrated Development Environment / Entorno de desarrollo interactivo.

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Índice

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
ACRÓNIMOS UTILIZADOS	4
ÍNDICE.....	5
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	8
1. INTRODUCCIÓN	8
2. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	8
3. OBJETIVOS.....	9
4. METODOLOGÍA.....	10
5. PROBLEMAS.....	11
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	13
1. TORRENT. HISTORIA DEL MUNICIPIO	13
2. BIOCONSTRUCCIÓN	17
1. <i>Principios de la bioconstrucción</i>	18
2. <i>Decálogo de la Bioconstrucción</i>	19
3. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA	25
4. ARDUINO	28
CAPÍTULO 3. CASO PRÁCTICO.....	32
1. MEMORIA DESCRIPTIVA	32
1. <i>Emplazamiento de la vivienda</i>	32
2. <i>Datos del solar</i>	33
3. <i>Normativa</i>	34
4. <i>Normativa municipal</i>	36

5.	<i>Descripción de la vivienda</i>	37
2.	MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	38
1.	<i>Cimentación</i>	38
2.	<i>Estructura</i>	40
3.	<i>Cerramientos</i>	43
4.	<i>Cubierta</i>	44
5.	<i>Escaleras</i>	46
6.	<i>Particiones</i>	48
7.	<i>Cerrajería</i>	50
8.	<i>Carpintería</i>	52
9.	<i>Revestimientos</i>	54
CAPÍTULO 4. EFICIENCIA		56
1.	SISTEMAS PASIVOS	56
1.	<i>Orientación y sistema ventilado</i>	56
2.	<i>Sistema de refrigeración enterrado</i>	61
3.	<i>Sistema de reciclaje de aguas</i>	66
2.	SISTEMAS ACTIVOS	71
1.	<i>Energía solar. Introducción</i>	71
2.	<i>Características de la radicación solar</i>	72
3.	<i>Instalación de energía solar térmica</i>	78
4.	<i>Instalación de energía solar Fotovoltaica</i>	89
5.	<i>Tipos de sistemas fotovoltaicos</i>	98
6.	<i>Contribución solar mínima</i>	101
7.	<i>Protección contra sobrecalentamientos</i>	102
8.	<i>Pérdidas por orientación, inclinación y sombras</i>	104
9.	<i>Distancia mínima entre filas de captadores</i>	106
CAPÍTULO 5. INSTALACIONES		109
1.	INSTALACIONES EN LA VIVIENDA	109
1.	<i>Suelo radiante</i>	109

2.	<i>Caldera biomasa</i>	111
3.	<i>Unidad de climatización</i>	113
4.	<i>Sistema iluminación 12v</i>	115
5.	<i>Sistema de seguimiento solar</i>	118
6.	<i>Piscina natural</i>	122
7.	<i>Instalación domótica Arduino</i>	126
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES		133
1.	CONCLUSIONES	133
CAPÍTULO 7. REFERENCIAS		135
1.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
CAPÍTULO 8. ÍNDICE DE FIGURAS		137
1.	ÍNDICE DE FIGURAS	137
ANEXOS		142
	ANEXO I : ESTUDIO DE ASOLEO.....	142
	ANEXO II: PLANOS	142
	ANEXO III: CÓDIGO ARDUINO.....	142

Capítulo 1. Introducción

1. Introducción

El presente trabajo fin de grado, se desarrolla en la modalidad de proyectos técnicos de construcción, en el área de construcción y medio ambiente y consiste en el diseño de una vivienda unifamiliar ecológica, aplicando conceptos actuales de bioconstrucción y arquitectura bioclimática. Situada en el municipio de Torrent, en la urbanización de El Vedat, será una vivienda para un tipo de cliente con un poder adquisitivo medio-alto, que este a la altura de las edificaciones vecinas en cuanto a dimensiones y calidades pero que sea respetuosa con el medio ambiente y prácticamente autosuficiente.

2. Motivación y justificación

El motivo de la elección de un trabajo de estas características fue mi gran afición a la tecnología, la electrónica, la ingeniería y la automoción, intentar diseñar una vivienda en la que la manera de funcionar y construirse fuese diferente a lo que estamos acostumbrados hoy día, en el que la construcción se realiza igual que hace prácticamente cien años. Intentar implementar en ella tecnología usada por otros sectores, que a día de hoy son tecnologías económicas debido a la expansión de estas por parte de industrias como la aeronáutica o la automoción. Otro de los factores fue el de intentar combinar la tecnología que utilizamos diariamente, como nuestros Smartphone, Tablet y ordenadores, en procesos que realizamos en las viviendas pero que no han terminado de

implantarse en los hogares.

3. Objetivos

El objetivo de este trabajo es el diseño de una vivienda unifamiliar aislada que utilice al máximo los sistemas pasivos y que, con un mínimo de sistemas activos, sea lo más autosuficiente posible, llegando a ser independiente de la red eléctrica. Todo esto sin que el coste de construcción supere en exceso el coste de construcción de la vivienda tipo para la zona en la que se encuentre. El objetivo de la utilización de paneles solares, tanto térmicos como fotovoltaicos, no es un objetivo de amortización y rentabilidad económica, el objetivo principal de la elevada inversión, es, que en un periodo de tiempo determinado, coincidente este con el de la vida útil de la instalación, el coste de la instalación y del mantenimiento, sea equivalente, al coste estimado de gasto económico en una situación de la vivienda conectada a la red, esto significa, proponer una alternativa viable en la que el objetivo principal sea generar el mínimo impacto ambiental.

El uso de agua en la vivienda, de que manera debe interactuar con nuestra vida cotidiana para que el uso sea el mejor posible y que su cantidad de desecho sea la mínima posible.

Para esto se estudiará todos los aspectos relevantes a la construcción mediante sistemas pasivos, durante la historia, y las diferentes culturas, para la correcta elección de la ubicación dentro del solar, su orientación, su envolvente, cerramientos y demás aspectos a tener en cuenta para conseguir el objetivo final, la vivienda sostenible.

Finalmente, otro de los objetivos a desarrollar, es la elección de los

materiales de manera que estos generen el mínimo impacto ambiental, materiales utilizados en técnicas de bioconstrucción y que garanticen la estabilidad y el ahorro energético cumpliendo la normativa actual.

4. Metodología

La metodología empleada en este trabajo, se clasificará en distintas fases, de manera que se estudie en detalle todos y cada uno de los campos que puedan ser de utilidad en la toma de decisiones finales.

En primer lugar, partiremos de la búsqueda de un solar, un solar en el que las condiciones de este, sean propicias para albergar una vivienda de este tipo, pero que además su entorno sea lo más rural posible y en el que la tipología de vivienda en estudio pase desapercibida. El solar en cuestión deberá tener una superficie considerable, así como una geometría regular con el fin de evitar posibles sombras vecinas que nos puedan perjudicar a la hora de utilizar sistemas que generen energía a partir del sol.

Una vez tengamos la idea de solar clara, se procederá al estudio de la arquitectura histórica, en todas las civilizaciones y culturas, ya que será de ahí de donde podamos elegir las técnicas de orientación más favorables, debido a que la falta de medios de la época requería de un mayor estudio de las formas, la geometría y la orientación de las viviendas.

El siguiente paso, será, con toda esa información procedente de los principios básicos de la arquitectura, incorporarla a un modelo 3D mediante las herramientas más modernas software CAD y BIM. Con estos sistemas, y junto con la información recabada en el ayuntamiento

del lugar de ubicación del solar, seremos capaces de realizar exhaustivos estudios del sol, su posición, su movimiento, así como las sombras arrojadas por los distintos elementos de la vivienda y su comportamiento los diferentes meses del año.

A continuación, con esta metodología de trabajo en BIM, se diseñará la vivienda, estudiando su comportamiento frente al sol en los distintos meses y estaciones del año, de manera que se definan correctamente la orientación, la altura, los huecos, los voladizos, así como los materiales de construcción a emplear, los sistemas constructivos, y todos los elementos y detalles necesarios para que su integración sea total. También se deberá estudiar a fondo la vegetación del jardín, su posición, sus características, especies y demás parámetros que nos sirvan de ayuda en mejorar los sistemas pasivos de la vivienda.

Finalmente se estudiarán las últimas técnicas de generación de energía limpia y sistemas activos, que sean de ayuda a los sistemas pasivos, y que sean las necesarias para asegurar que la vivienda cuente con el máximo autoabastecimiento posible.

5. Problemas

Uno de los principales problemas para la elaboración de este trabajo fin de grado, fue la elección de un correcto solar, un solar que reuniese todas las características que se le exigía a un solar para la construcción de una vivienda de este tipo.

La elección de los materiales y sistemas constructivos, aquellos en los que fuese factible su instalación, que garantizaran una estabilidad estructural, que tuviesen una prolongada vida útil, que se pudiera disponer de ellos en un lugar cercano al lugar de la obra, que cumpliesen con la normativa correspondiente y que además primara un bajo

impacto ambiental, generaban enormes problemas de elección, elecciones sobre el tipo de hormigón a utilizar y su cantidad, madera laminada encolada o madera natural, o la elección de los materiales para las instalaciones fueron algunos de los problemas a los que se tuvo que hacer frente a lo largo del trabajo.

Capítulo 2. Antecedentes

1. Torrent. Historia del municipio

Este es el municipio donde se ubica el solar elegido para la realización del trabajo, mas concretamente en la urbanización de El Vedat, en la subzona 7-A Santa Apolonia. La urbanización de El Vedat es colindante al casco urbano de Torrent y se encuentra a solo 9 kilómetros de la ciudad de Valencia.

Torrente (en valenciano y oficialmente Torrent) es una ciudad de la Comunidad Valenciana, España. Perteneciente a la provincia de Valencia, situada en el área metropolitana de Valencia en la comarca de la Huerta Oeste. Actualmente cuenta con 80.551 habitantes (INE 2014), se trata del segundo municipio con más población de la provincia de Valencia, adelantando por muy poco al municipio de Gandía, y del séptimo más poblado de la Comunidad Valenciana.



Ilustración 1. Escudo Torrent. 2015. Wikipedia

El clima de esta localidad es de tipo mediterráneo, correspondiente a la zona mediterránea, por lo que los inviernos son suaves y los veranos calurosos. La temperatura media es de 18 °C, en invierno oscila entre de 10 y 12 °C (aunque puede llegar a los 0 °C en los días más fríos) y en verano es de 27 °C (con picos de hasta 40 °C).

Las precipitaciones anuales son de 455 mm por metro cuadrado, llegando a los 700 mm los años en los que la gota fría se da en otoño.

Las nevadas son episodios infrecuentes, un par de veces cada década, a excepción de las zonas más elevadas del término municipal.

La ciudad de Torrent nace tras la donación del territorio que hoy ocupa el municipio de Jaime I en 1232 a los Caballeros Hospitalarios de San Juan de Jerusalén. Tras dicha cesión, se instalan un total de 48 familias, estableciendo las bases del primitivo casco urbano en torno a la primera iglesia de la ciudad. Durante los siglos XIV y XV, nos encontramos ante un núcleo de 50.000m².



Ilustración 2. Torre de Torrent. 2015. Flickr

Durante el siglo XVI se levanta la iglesia parroquial de la Asunción y a finales se construye el convento de Monte-sión. Éste actúa como polo de atracción, dirigiendo la expansión del núcleo primigenio hacia el sur. Se configuran los barrios del actual Raval.

Durante el siglo XVIII se cruza la acequia que transcurre por la calle de Gómez Ferrer, construyéndose las primeras casas del barrio del Alter. La formación definitiva de este barrio histórico no se conformará hasta el siglo siguiente. Hasta el siglo XIX, la ciudad apenas crece en extensión, aunque triplica su población.

Durante el siglo XIX se consolida el Torrent moderno, conformándose los barrios de El Alter, al norte, y de Poble Nou, al sur del casco histórico.

Ya en el siglo XX se consolida el espacio entre Padre Méndez y Poble Nou, asentándose las bases del actual Distrito 2. En 1928 arranca la Avenida del País Valenciano, actualmente Avenida al Vedat, gran eje vertebrador de la ciudad junto con el Camino Real. Además, el antiguo pinar de la Encomienda, desamortizado en 1847, hoy denominado El Vedat, comienza a recibir veraneantes desde los primeros años del siglo XX. Durante estas primeras décadas se empieza a forjar el carácter industrial de la ciudad de Torrent, aunque hasta los años 50 se mantiene una imagen predominantemente rural.



Ilustración 3. Avda. al Vedat. 2015. Worldmapz

Desde los años cincuenta, la industrialización basada en los sectores del calzado y del metal, atraen a gran cantidad de población. La mayoría provienen de la misma Comunidad Valenciana, Castilla La Mancha, Andalucía y Murcia. A raíz de esta industrialización, aumenta enormemente el transporte en automóvil, reduciendo al mínimo los pocos árboles existentes en el momento. Al mismo tiempo se produce la expansión y densificación del área metropolitana de Valencia, lo que repercute en la relación jerárquica de la red de centros urbanos.

Durante los años cincuenta y sesenta se lleva a cabo la expansión hacia El Vedat apoyada en la Avenida del País Valenciano (Actualmente Avenida al Vedat), conformando el actual Distrito 3. El modo de

expansión se basa en intereses económicos, y la ciudad crece como un agregado de edificios residenciales sin apenas equipamientos.

Durante los años ochenta, en la Comunidad Valenciana, se establecen nuevas pautas de planeamiento, y con estas premisas nace el Plan General de Ordenación Urbana de 1986. En estos años se completa el Distrito 2 por el sur y se llevan a cabo los nuevos barrios del norte: Xenillet, Benisaet y el Molí. Además se crea el barrio de los Caracoles, paralelo al segundo ensanche, y se completa el tercer ensanche.

En los años noventa, se consolida la unión de las “dos ciudades” que históricamente vivieron separadas entre sí, la “ciudad jardín” de El Vedat, donde se localizaba la población con mayor poder adquisitivo, y la “ciudad” propiamente dicha de Torrent, ocupada por la población tradicional del municipio y la proveniente del interior de la península, más ligada a la industria. Así queda consolidada la estructura de la ciudad de Torrent, tal y como se reconoce hoy en día.



Ilustración 4. Auditorio de Torrent. 2015. Wikipedia

2. Bioconstrucción

Reciben el nombre de bioconstrucción los sistemas de edificación o establecimiento de viviendas, refugios u otras construcciones, realizados con materiales de bajo impacto ambiental o ecológico, reciclados o altamente reciclables, o extraíbles mediante procesos sencillos y de bajo costo como, por ejemplo, materiales de origen vegetal y biocompatibles.



Ilustración 5. Integración de placas solares. 2015. Diarioinformacion

El acto de construir y de edificar genera un gran impacto en el medio que nos rodea. La bioconstrucción persigue minimizarlo en la medida de lo posible ayudando a crear un desarrollo sostenible que no agote al planeta sino que sea generador y regulador de los recursos empleados en conseguir un hábitat saludable y en armonía con el resto. La vivienda debe adaptarse a nosotros como una tercera piel, debe procurarnos cobijo, abrigo y salud. La bioconstrucción debe entenderse como la forma de construir respetuosa con todos los seres vivos. Es decir, la forma de construir que favorece los procesos evolutivos de todo ser vivo, así como

la biodiversidad. Garantizando el equilibrio y la sustentabilidad de las generaciones futuras.

1. Principios de la bioconstrucción

Los principios de la bioconstrucción consideran que debemos ser conscientes de que todo lo que un ser vivo realiza repercute en los demás, de tal manera que una acción nunca permanece aislada sino que provoca reacciones, tangibles o no, a mayor o menor plazo de tiempo, en todo lo que la rodea, extendiéndose su efecto del mismo modo que las ondas que provoca una piedra al caer en el agua. Así todas nuestras acciones son importantes, inciden en el resto de los seres y del planeta y repercuten mucho más allá de ellas mismas. Esta conciencia de que el planeta es nuestra casa y es nuestra responsabilidad cuidarlo, preservarlo y mantenerlo a él y a los seres que lo habitan en óptimas condiciones para producir salud y felicidad, debe irse trasluciendo en toda actividad humana.



Ilustración 6. Vivienda integrada.2015. Oml

La construcción ecológica, por tanto, es una forma de crear un hábitat respetando siempre el medio donde se realiza, y teniendo especial cuidado con todos y cada uno de los elementos de la naturaleza. Resulta tener conciencia del lugar donde vivimos y además, aprovechar las cualidades que nos brinda la naturaleza para usarlas provechosamente. Lo podemos llamar construcción ecológica, edificación sostenible o bioconstrucción. La idea es conseguir que se implante de una manera arraigada en nuestra sociedad para reducir el impacto ambiental que la

construcción tiene en el medio ambiente. Este tema adquiere especial relevancia a todas aquellas personas comprometidas con el medio, con la salud, y que a la vez, no rechaza vivir con ciertas comodidades y elementos indispensables, como lo son los de una vivienda.

2. Decálogo de la Bioconstrucción

- **Ubicación adecuada**

Se evitará la proximidad de fuentes emisoras de contaminación eléctrica y electromagnética, química y acústica, tales como: fábricas contaminantes, grandes vías de comunicación, tendidos de alta tensión, subestaciones y centros de transformación, etc. También deberán ser evitados aquellos lugares donde, por la actuación del hombre, puede ponerse en peligro algún determinado ecosistema.

- **Integración en su entorno más próximo**

Atendiendo a la morfología del terreno, construcciones adyacentes, los estilos arquitectónicos tradicionales de la zona, incluyendo vegetación propia del lugar y armonía de formas constructivas. "La clave se encuentra en la actitud que debemos adoptar a la hora de crear un asentamiento, esta debe ser de integración y no de ocupación"



Ilustración 7. Cubierta ajardinada. 2015. Opcionbio

- **Diseño personalizado**

Según las necesidades del usuario, en un proceso de interacción continúa con él por parte del proyectista, de tal manera que la vivienda se le adapte y sirva perfectamente para desarrollar en ella su forma de vida. No son convenientes los materiales excesivamente rígidos y/o tensionados. Las grandes luces se pueden salvar con arcos, bóvedas, etc. Las proporciones espaciales, así como las formas y colores juegan un gran papel en la armonización del lugar.

- **Adecuada Orientación y distribución de espacios**

Se atenderá a la lógica distribución de servicios así como a las consideraciones bioclimáticas, de ahorro energético y funcionales. Se perseguirá siempre que sea posible una buena orientación. Se proyectarán los acristalamientos adecuados para el máximo aprovechamiento térmico y lumínico (con paredes y suelos de alta inercia térmica) Situación de estancias de poco uso al Norte (garajes, despensas, escaleras, ...) y Zonas Día al Sur. Se dedicará una muy especial atención al estudio de los lugares de descanso, evitando que en la vertical de los mismos transcurran conducciones de electricidad, agua o de cualquier otro tipo...

- **Empleo de materiales saludables, biocompatibles e higroscópicos**

Éstos deben facilitar los intercambios de humedad entre la vivienda y la atmósfera. La vivienda debe "respirar". Los materiales deberán ser de materia prima lo menos elaborada posible y encontrarse lo más cerca posible de la obra (utilizar recursos de la zona). Deben hallarse totalmente exentos de elementos nocivos como asbesto, poliuretano, cloro, PVC (usados de forma muy común hoy en día). Los conductos de

pequeño diámetro, de PP (polipropileno), PB (polibutileno) y/o PE (polietileno) en lugar de PVC. Con estos materiales, las conducciones son más estables, flexibles, duraderas y menos ruidosas. Para las conducciones eléctricas, ya existen en el mercado cables libres de halógenos y sin PVC, así como tubo de polipropileno. Evitaremos los aislamientos y pinturas de poro cerrado, plastificados, elementos retenedores de polvo electrostático (moquetas, suelos plásticos...) y todos aquellos materiales que emiten gases tóxicos en su combustión. Debemos utilizar pinturas al silicato, al agua, aceite de linaza, colofonia, ceras naturales, etc..., así como, para los elementos decorativos, tratamientos de madera o lucidos y enfoscados. En los elementos estructurales, emplearemos cementos naturales o cal hidráulica. El uso del acero debe restringirse a lo imprescindible y deberá ser convenientemente derivado a tierra. Hoy en día se abusa mucho de los elementos estructurales de hormigón armado, como vigas, pilares y forjados, sobre todo las viguetas de hormigón armado pretensadas, las cuales contienen acero con una tensión-torsión permanente, cuando en muchos casos éstos pueden ser sustituidos por muros autoportantes, cerchas, arcos y bóvedas. Hay varias razones para evitar el uso del hormigón armado. Por otro, el cemento de tipo Pórtland está compuesto por cenizas volátiles y escorias siderúrgicas que afectan en diversos sentidos a la sostenibilidad y a la salud.



Ilustración 8. Materiales. 2015. Ecocosas

- **Optimización de recursos naturales**

Es muy recomendable realizar un estudio de recursos del lugar, de tal manera que podamos determinar los elementos naturales que nos

pueden aportar algún tipo de "trabajo" sin limitar su perdurabilidad, a tener presente:

- Climatología
- Insolación (radiación solar incidente y temporalidad)
- Geología e hidrología
- Pluviometría
- Vientos dominantes (fuerza, temporalidad y dirección)
- Biomasa (masa forestal)
- Ecosistemas

A lo largo de la historia, el primer elemento de análisis para la elección de un lugar como asentamiento humano, ha sido el agua. Es este el elemento primordial que condiciona la sostenibilidad de un asentamiento. Hoy en día debemos considerarlo un recurso escaso. Se tendrá un especial cuidado con el tratamiento del agua, su captación, su acumulación, su uso, su depuración, su reutilización y su retorno al medio natural. O incluso canalizar y acumular el agua de lluvia. Los depósitos de agua deben encontrarse protegidos de la luz y del calor, así como contruidos con materiales naturales. Su uso debe ser responsable y austero. Es recomendable separar las aguas grises (lavabos, fregaderos, duchas) de las aguas negras (inodoros) para ser tratadas de forma eficiente y poder depurarlas de forma biológica para su posterior reutilización. Se tratará de aprovechar la luz solar (insolación) como elemento primordial de iluminación y como fuente de energía para el calentamiento de paramentos y colectores solares. Del mismo modo se puede producir



Ilustración 9. Estaciones .2015. Farfanestella

electricidad con paneles fotovoltaicos. Se tendrá en cuenta los vientos dominantes, su intensidad, dirección y temporalidad. Con ello podremos adoptar sistemas de climatización basados en el principio de "presión diferencial en conductos de ventilación y/o refrescamiento", así como adoptar medidas para evitar sus posibles afecciones colocando pantallas biológicas.

- **Implantación de sistemas y equipos para el ahorro**

Utilización de la Bioclimática, a través de sistemas de captación solar pasiva, galerías de ventilación controlada, sistemas vegetales hídricos reguladores de la temperatura y la humedad. Aleros diseñados adecuadamente. Preferiblemente muros autoportantes que aporten inercia térmica, con aislamiento hacia el exterior. En fachadas con fuerte insolación pueden incorporarse pantallas ventiladas. Vegetación perenne al Norte y caduca, al Sur, Este y Oeste. Donde la climatología lo permita, es conveniente incorporar cubiertas vegetales inundables. Equipamiento de mobiliario de bajo impacto y configuración ergonómica, electrodomésticos de bajo consumo y baja emisión electromagnética e iónica, nula emisión de microondas y ondas gamma, etc.... con una toma de tierra adecuada, que no emitan gases nocivos y que sus elementos envolventes sean naturales.

- **Incorporación de sistemas y equipos de producción limpia**

Tras un estudio de los recursos naturales del lugar y de las necesidades a cubrir, podemos determinar los sistemas más adecuados para obtener la energía que necesitamos, como por ejemplo:

Energía solar térmica con paneles planos, concentradores o tubos de vacío para cubrir las necesidades de Agua Caliente Sanitaria y apoyo a calefacción. También podemos producir frío con energía solar,

geotérmica, biomasa o biogás, mediante máquinas de absorción. Mediante hornos solares y/o concentradores parabólicos podemos obtener la energía necesaria para la cocción de los alimentos en más de un 75% de los días.

La planificación de sistemas que consideren el ahorro, no sólo se basa en el ahorro del mecanismo instalado sino del tipo de uso de éste. Es así como un sistema de captación pasiva solar pero sin regulación individual por habitación, da un uso deficiente del sistema. Para incorporar eficientemente el sistema, plantearemos las necesidades del sistema por separado que los sistemas de consumo, de forma que podamos optimizar la energía de forma eficiente.

Geotérmica en aquellos lugares que tengan próxima alguna vena magmática y/o vapor procedente del subsuelo, mediante intercambiadores para todo tipo de tratamientos térmicos como los que cubre la solar térmica.

Biomasa procedente de residuos agroforestales para el apoyo de la Solar-Térmica.

Biogás procedente de los digestores anaeróbicos de las EDAR para el apoyo de la Solar-Térmica.

Energía solar fotovoltaica para la producción de electricidad.

Hidráulica para la generación de electricidad así como aquellas máquinas que requieran de una fuerza motriz. Su uso debe considerarse restringido a aquellos lugares donde su impacto sea mínimo.

Eólica exactamente igual que la Hidráulica. Su uso debe considerarse restringido a aquellos lugares donde su impacto sea mínimo.

- **Recuperación de residuos y depuración de vertidos**

Separación de residuos en origen, con programa de reciclado y si es posible reutilización de los sólidos inorgánicos así como compostaje de los orgánicos. Debemos poner especial atención en la depuración de las aguas residuales para su posterior utilización, por ejemplo en riego. En los lugares con gran escasez de agua se deben incorporar sistemas de deshidratación orgánica o "WCs secos" con su posterior programa de compostaje.

3. Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía. La arquitectura bioclimática está íntimamente ligada a la construcción ecológica, que se refiere a las estructuras o procesos de construcción que sean responsables con el medioambiente y ocupan recursos de manera eficiente durante todo el tiempo de vida de una construcción. También tiene impacto en la salubridad de los edificios a, través de un mejor confort térmico, el control de los niveles de CO₂ en los interiores, una mayor iluminación y la utilización de materiales de construcción no tóxicos avalados por declaraciones ambientales .

Una vivienda bioclimática puede conseguir un gran ahorro e incluso llegar a ser sostenible en su totalidad. Aunque el costo de construcción puede ser mayor, puede ser rentable, ya que el incremento en el costo inicial puede llegar a amortizarse en el tiempo al disminuirse los costos de operación.

Antecedentes

A pesar de que parece un concepto nuevo, no lo es; un ejemplo de ello son las casas encaladas en Andalucía o los tejados orientados al sur en el hemisferio Norte, con objeto de aprovechar la inclinación del sol. También el ejemplo de los chalets en los Alpes o las casas rurales en muchas partes del mundo.

De la misma forma que un edificio bioclimático busca adaptarse al clima del lugar, los usuarios deben poseer también un comportamiento adaptativo. Implica que hay una doble adaptación, clima y cultura, que lleva a una modificación en la conducta de los individuos y en el tiempo en hábitos culturales. Dado que la sociedad contemporánea se ha adaptado a una tecnología que simplifica la operación de los edificios no siempre un edificio bioclimático es apropiable por parte de sus habitantes.

Aparece una triple resistencia: los inversores que no desean gastar más, los usuarios que no comprenden el concepto bioclimático para operar su edificio y los profesionales y escuelas de arquitectura que privilegian el formalismo por sobre la adaptación al clima.

Orientación

Con una orientación de las ventanas acristaladas al sur en el Hemisferio Norte, o al norte en el Hemisferio Sur, se capta más radiación solar en invierno y menos en verano, aunque para las zonas más cálidas (con temperaturas promedio superiores a los 25 °C) es sustancialmente más conveniente colocar los acristalamientos en el sentido opuesto, esto es, dándole la espalda al ecuador; de esta forma en el verano, la cara acristalada sólo será irradiada por el Sol en los primeros instantes del alba y en los últimos momentos del ocaso, y en el invierno el Sol nunca bañará esta fachada, reduciendo el flujo calorífico al mínimo y

permitiendo utilizar conceptos de diseño arquitectónico propios del uso del cristal.

Aislamiento térmico

- Los muros gruesos retardan las variaciones de temperatura, debido a su inercia térmica.
- Los edificios enterrados o semienterrados, aprovechan la inercia térmica de la tierra que los rodea, estabilizando la oscilación térmica.
- Un buen aislamiento térmico evita, en el invierno, la pérdida de calor por su protección con el exterior, y en verano la entrada de calor.
- Uno de los materiales con mejores propiedades aislantes, es el aire. Debido a sus bajos valores de conductividad térmica, el uso de cámaras de aire se aprovecha para interrumpir el flujo térmico entre el interior o el exterior.
- En las casas con techo inclinado o a dos aguas de las zonas templadas, puede construirse un techo raso que encierre una cámara superior con el fin de aislar a la vivienda del excesivo calor de la radiación solar en verano y del frío del invierno.

Ventilación cruzada

- La diferencia de temperatura y presión entre dos estancias con orientaciones opuestas, genera una corriente de aire que facilita la ventilación.
- Una buena ventilación es muy útil en climas cálidos húmedos, sin refrigeración mecánica, para mantener un adecuado confort higrotérmico.
- Para diseñar adecuadamente la ventilación en espacios habitables, es necesario conocer la dirección, la velocidad y la temperatura de este. Para esto se utilizan los datos climáticos de cada sitio de

estudio, estos pueden ser anuales, mensuales e incluso horarios. Es importante que estos datos sean normalizados, es decir sean el promedio de los datos recabados por varios años (al menos 10). La ventilación también puede ser utilizada no solo para enfriar un espacio, si se utiliza en combinación con cuerpos de agua (fuentes, estanques) es posible aumentar la humedad del aire, esta es una técnica muy apreciada en climas cálidos secos.

Integración de energías renovables

Mediante la integración de fuentes de energía renovable, es posible que todo el consumo sea de generación propia y no contaminante. En este caso, hablamos de edificios 0 emisiones. Puede llegarse incluso a generar más energía de la consumida que podría ser vendida a la red, en cuyo caso hablamos de edificios energía plus.

Las fuentes más empleadas de energías renovables son la energía eólica, la energía solar fotovoltaica, la energía solar térmica e incluso la energía geotérmica.

4. Arduino

Arduino es un elemento o componente de hardware libre, basado en una placa en constante desarrollo la cual se compone de un microcontrolador, normalmente un Atmel AVR, que junto a un entorno de desarrollo (IDE) es capaz de servir de base para infinidad de proyectos multidisciplinarios.

El componente de hardware consiste en una placa de circuito impreso (PCB) cuyo elemento fundamental es un microcontrolador, además de unos puertos digitales y analógicos los cuales pueden ser configurados como entradas o salidas. A partir de este componente, se puede ampliar

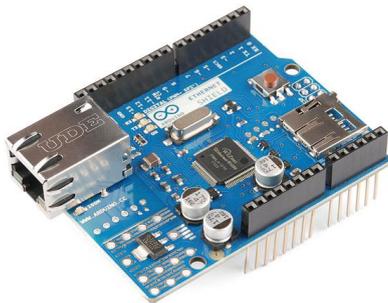
por los Shields o escudos, los cuales añaden diversas soluciones extra al funcionamiento básico de Arduino.

El número de entradas o salidas tanto digitales como analógicas, dependen del modelo de Arduino, así como los Shields, los cuales respetan los pines fundamentales, siendo compatible con la mayoría de modelos.



*Ilustración 10. Arduino Uno. 2015.
Wikipedia*

El software, también de fuente abierta (gratuito), consiste en un entorno de desarrollo (IDE) basado en protocolos de Processing y lenguaje de programación básico basado en Wiring, también dispone de un cargador de arranque, conocido como Bootloader que es ejecutado en la placa. Es necesario un computador para cargar el programa en la placa, a través de un puerto de comunicación serial mediante un convertidor de niveles RS-232 a TTL serial.



*Ilustración 11. Ethernet Shield. 2015.
Sparkfun*

Este componente de hardware, está basado en un diseño disponible bajo licencia libre, de manera que cualquier usuario puede crear su propia placa Arduino sin necesidad de adquirir una premontada. Aún así, estas placas están disponibles de forma premontada o en forma de kits DIY (Do it yourself/Hazlo tu mismo).

Algunas de los modelos más conocidos son los siguientes:

- Arduino Galileo
- Arduino Leonardo
- Arduino Uno
- Arduino Mega 2560
- Arduino Nano

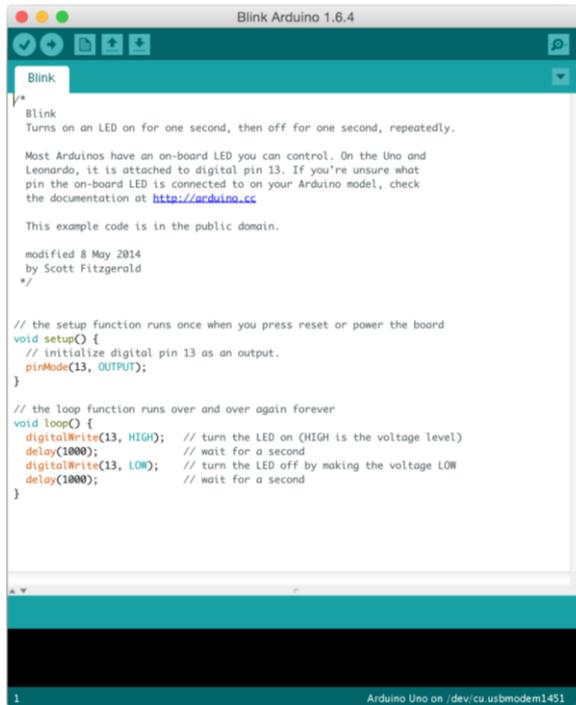
Algunos de los modelos de escudos más conocidos:

- Arduino GSM Shield
- Arduino Ethernet Shield
- Arduino WiFi Shield
- Arduino Motor Shield

Este componente es un elemento totalmente configurable, ampliable, y con un constante desarrollo, del que se diseñan multitud de aplicaciones multidisciplinarias, algunas como:

- Ardupilot para el control de aeronaves no tripuladas.
- Máquinas de control numérico CNC.
- Impresoras 3D.
- Sistemas domóticos.
- Aplicaciones móviles.

A continuación, se muestra un ejemplo de código en el que se muestra el esquema básico de funcionamiento de Arduino, en este caso es el ejemplo llamado Blink, que viene de serie con la IDE de Arduino.



```

Blink
/*
  Blink
  Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

  Most Arduinos have an on-board LED you can control. On the Uno and
  Leonardo, it is attached to digital pin 13. If you're unsure what
  pin the on-board LED is connected to on your Arduino model, check
  the documentation at http://arduino.cc

  This example code is in the public domain.

  modified 8 May 2014
  by Scott Fitzgerald
  */

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin 13 as an output.
  pinMode(13, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);            // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
}

```

1 Arduino Uno on /dev/cu.usbmodem1451

Ilustración 12. Código Blink. 2016. Fuente propia

2. Datos del solar

El solar presenta una forma trapezoidal, con unas dimensiones en sus lados de 48,63 metros en su lado Oeste, 42,44 metros en su lado Norte correspondiente a la linde con la vía pública, 33,28 metros en el lado Este y 44,52 metros en el lado Sur. Con una superficie total de 1.725,88 metros cuadrados.

En cuanto a su topografía, al estar situado a los pies del Monte Vedat, este presenta un cierto desnivel, que se distribuye de manera perpendicular a la vía pública, estando la parte más alta en el lado Oeste del solar, y desciende uniformemente hacia el lado Este.



Ilustración 14. Vista aérea. 2015. Google Maps

Para realizar el levantamiento de la vivienda, y tras elegir un sistema de trabajo basado en BIM, era fundamental conocer como era exactamente esa topografía, por lo tanto, se recurrió a varias fuentes para poder

determinar con exactitud sus cotas. En primer lugar, se recurrió a Google Earth que junto con el software de la importante compañía de topografía mundial Trimble Navigation nos pudimos hacer una idea de cómo se distribuían las curvas de nivel en el solar, pero para garantizar el trabajo se recurrió a los datos topográficos facilitados por el ayuntamiento de Torrent, que tras una exhaustiva comparación y con unas pequeñas diferencias en las medidas, se encontró un punto de partida. Finalmente se optó por utilizar los datos facilitados por el ayuntamiento, que tras una visita al solar parecían los más fiables, siendo estos unas coordenadas de 39° 24' 42.4764" (GD 39.4116667) latitud norte, 0° 28' 56.3962" (GD -0.4822222222222222) longitud oeste y una altitud de 95 metros respecto del nivel del mar.

3. Normativa

- Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), Ley 38/1999, de 5 de noviembre de 1999.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el RD 314/2006 de 17 de marzo de 2006.
- EHE-08, aprobado por RD 1247/2008 de 18 julio de 2008.
- DECRETO 151/2009, de 2 de octubre, del Consell, por el que se aprueban las exigencias básicas de diseño y calidad en edificios de vivienda y alojamiento.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre de 1997 sobre

Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril de 1997 sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril de 1997 sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio 1997 sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por parte de los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo 1997 sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por parte de los trabajadores de los equipos de protección individual.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por RD 1027/2007 de 20 de julio de 2007.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT).
- Directiva 2010-31-UE, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Directiva 2012-27-UE, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Real Decreto 235-2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

4. Normativa municipal

Para la elaboración del proyecto de esta vivienda, se deben tener en cuenta todas las normas de aplicación del municipio de Torrent, como son:

- Plan general de ordenación urbana aprobado el 26 de enero de 1990
- Ordenanzas de la subzona 7-A (Santa Apolonia).

ZONA DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA: ZONA SANTA APOLONIA		CÓDIGO: Z-7A			
MUNICIPIO: TORRENT		PLAN: PGOU DE TORRENT			
SISTEMA DE ORDENACIÓN EDIFICACIÓN AISLADA	TIPOLOGÍA EDIFICATORIA BLOQUE EXENTO	USO GLOBAL RESIDENCIAL			
USOS PORMENORIZADOS					
Uso DOMINANTE	Usos COMPATIBLES	Usos INCOMPATIBLES			
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR	RESIDENCIAL COMUNITARIO (Sup. 061 m ² , 500 m ² y máx. 1.500m ²), TERCIARIO COMERCIAL CAT. 1ª Y 2ª (Sup. máx. del 400 m ²), TERCIARIO OFICINAS CAT. 1ª Y 2ª (Sup. máx. del 400 m ²), TERCIARIO HOTELERO CAT. 1ª Y CAT. 2ª TERCIARIO RECREATIVO Y ESPECTACULOS EN EDIFICIO RESIDENCIAL (Alto máx. 200 personas).	Los que conlleven por sí mismos o por necesidades de aparcamiento alteraciones sustanciales del terreno natural.			
PARÁMETROS URBANÍSTICOS					
PARCELA		POSICIÓN de la edificación			
Parcela mínima	Viv. Asilada	1.600 m ²	Alineaciones	Gratadas en planos de ordenación y las establecidas en modificaciones o estudios de detalle que se aprueben.	
	Otros Usos	1.600 m ²			
Frente mínimo de parcela	Viv. Asilada	10 m	Retiro mínimo a val	Viv. Asilada	4 m
	Otros Usos	20 m		Otros Usos	6 m
			Retiro mínimo a lindes	Viv. Asilada	3 m
				Otros Usos	3 m
INTENSIDAD		VOLUMEN y FORMA			
Superficie ocupable en planta	Viv. Asilada	25 %	Número máximo de plantas	2	
	Otros Usos	25 %			
Edificabilidad	Viv. Asilada	0,50 m ² /m ² s	Cubiertas	Planas o inclinadas Inclinadas: pendiente máx. 40 %	
	Otros Usos	0,50 m ² /m ² s			
			Altura de Cornisa	7 m	
			Altura mínima de planta	Plantas de viviendas: 2,5 m Cambios o buhardillas: 1,5 m	
			Altura máxima total	8 m	
			Cambios o buhardillas	Se permiten	
			Semisótanos	Se permite: 1 planta	
			Sótanos	Se permite: 1 planta	
			Mixtos o torretas	Se permiten	

Ilustración 15. Ordenanzas subzona 7-A. 2015. Ayto. Torrent

5. Descripción de la vivienda

Antes de comenzar la descripción de la vivienda, conviene definir como se distribuyen las diferentes partes que se pueden encontrar por todo el solar. Se pueden diferenciar dos zonas, la zona de la vivienda y garaje, situada en la parte central del solar y más próxima a la vía pública, y una zona de descanso y recreativa situada al sur del solar en la que podemos encontrar una pérgola considerada una zona de tranquilidad y descanso, y junto a ella una piscina natural, todo esto rodeado de un jardín con diferentes tipos de vegetación que da forma a todo el solar.

El diseño de la vivienda consta de una planta rectangular, situada en el centro norte del solar, está compuesta de dos alturas, una planta baja que está situada a 1,3 metros del nivel de la calle en el punto de la entrada al solar, y un nivel inferior que por el desnivel del solar clasificaríamos como un semisótano.



Ilustración 16. Plano de zonas. 2016. Fuente propia

La distribución en la planta baja, está diferenciada claramente en dos zonas, por un lado, una zona día en la cual se encuentra un recibidor, la cocina y un salón comedor, el cual conecta con un espacio exterior a modo de porche. Por otro lado y separado por la escalera que da acceso al nivel inferior, aparece un corredor adosado a la fachada norte que da acceso a las distintas estancias orientadas al sur, tres habitaciones, dos baños y un vestidor completan la zona noche.

En el nivel inferior de la vivienda, podemos encontrar unas estancias que no siendo de uso habitual, nos facilitan algunas labores, y sirven de lugar de almacenamiento de los sistemas de recuperación de aguas, conducciones enterradas, e instalaciones energéticas de apoyo, así como un cuarto de lavandería y zonas de almacenaje.

2. Memoria constructiva

1. Cimentación

La cimentación es el elemento constructivo que sirve para la transmisión uniforme de cargas del edificio al terreno, de manera que, debido a las cargas, en el terreno no se supere la tensión admisible de este.

Sin datos geotécnicos específicos sobre la resistencia del terreno situado en el solar objeto de estudio, pero con el estudio de la cimentación de las edificaciones contiguas, y dada la poca magnitud de la edificación proyectada al tratarse de una vivienda unifamiliar, se parte del diseño de una cimentación superficial.

Para dar una solución a la cimentación, se necesita conocer el sistema estructural a sustentar, en este caso se tratará de un muro de carga, de manera que la cimentación a proyectar debe ser una zapata corrida bajo el muro.

En este caso, se realizará este tipo de cimentación en diferentes zonas del solar, por un lado, la zapata corrida que sustenta el muro de vallado perimetral, que dado su ubicación, esta deberá ser colindante y estar alineada al linde de la parcela. Por otra parte, el resto de cimentación de la vivienda, correspondiente a los muros de carga, los muretes, y las de los muros de la piscina y el foso.

Una vez elegido el tipo de cimentación a realizar, se deberá elegir el material más adecuado para su ejecución, siguiendo para ello un criterio basado en la bioconstrucción, descartando así opciones que pasan por utilizar hormigón armado. Para ello se propone una cimentación de piedra con una sección piramidal, que sea una prolongación del muro que sustenta.

Para ello se debe de seleccionar una sección adecuada a la forma de trabajo que mejor se adapte el material elegido, en este caso una sección piramidal, en la que los esfuerzos sean de tipo compresión. Para ello, los lados que forman la sección estarán como mínimo a 60° respecto de la horizontal.

Para la realización de este proyecto, se ha pre-dimensionado una cimentación que, para recibir al muro de carga de 50 cm de espesor y que para que cumpla el criterio anteriormente citado, debería tener un canto de 0,9 m de canto y 1,53 m de base.

Esta cimentación estaría impermeabilizada en su totalidad, de forma que no tuviese problemas de humedades futuras por capilaridad, que junto con láminas drenantes y geotextiles se conduciría el agua del

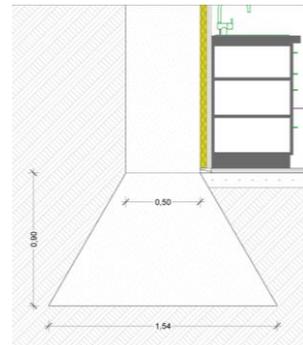


Ilustración 17. Dimensiones de zapatas. 2016. Fuente propia

terreno hacia un tubo drenante colocado en la parte inferior de la zapata para su posterior conducción hacia la red de saneamiento.



Ilustración 18. Detalle de cimentación. 2016. Fuente propia

2. Estructura

La estructura diseñada para esta vivienda, combina diferentes sistemas y materiales, comenzando esta por muros de carga, mediante los cuales se transmite las cargas a la cimentación. Estos muros son de mampostería, y tienen un espesor constante de 0,5 m. A la altura del primer forjado, una serie de vigas de madera laminada de dimensión 30 cm de canto por 12 de ancho, bordea toda la planta rectangular, actuando a modo de zuncho, quedando enrasada por



Ilustración 19. Detalle de unión. 2016. Rothoblass

la cara interior del muro. Es a esta viga a la que se unen de manera solidaria las vigas que formarán el forjado de la planta baja, formando un entramado que da rigidez al conjunto, estas vigas, orientadas de manera perpendicular al lado mayor de la vivienda, son unidas a la viga perimetral por sistemas de unión de la casa Rothoblass o similar, los cuales garantizan una unión por empotramiento, de manera que podemos reducir las escuadrías de las mismas siendo éstas de 30 cm de canto por 12 cm de ancho, para salvar una luz de 7,5 m, ahorrando material. Estas vigas, están separadas entre sí en torno a 58 cm, salvo en los huecos de escaleras y patinillos. Sobre estas vigas, se coloca un tablero de partículas de madera OSB de 19mm de espesor que es atornillado a las vigas, trabajando este de manera conjunta, y sirviendo éste de encofrado perdido. Finalmente, y para terminar el forjado, se verterá una capa de compresión de hormigón reciclado de 8 cm, en las que se añadirán conectores atornillados en las vigas que mejoren su comportamiento frente a esfuerzos rasantes.

En la primera planta, la estructura continua siendo de muros de carga, como prolongación de los muros del semisótano, con dos grandes vigas de madera en los lados mayores, que, para la construcción de los huecos, tanto de ventanas como de puertas, son capaces de transmitir al muro las cargas recibidas por las vigas de celosía que soportan la cubierta. Finalmente, para sostener la cubierta ventilada, se colocan 12 vigas de celosía, fabricadas con madera laminada encolada, con unas dimensiones de 10 m de largo, 0,62 m de canto, las



*Ilustración 20. Vigas de madera.
2016. static*

cuales soportan el forjado de cubierta y permiten la ventilación de ésta en todas las direcciones. En la parte inferior de estas vigas, queda atornillado un tablero de madera de partículas OSB de 19mm de espesor, al cual se atornillarán los cuelgues del falso techo y sobre el que quedará apoyada la capa de 12cm de aislamiento térmico. Entre estas vigas de celosía, se colocan unas pequeñas vigas a modo de correas que sustentaran el forjado de cubierta. El forjado de cubierta estará formado de la misma forma que el forjado de planta baja, se coloca un tablero de madera de partículas OSB de 19mm de espesor que es atornillado a las vigas, trabajando este de manera conjunta. Finalmente, y para terminar el forjado, se verterá una capa de compresión de hormigón reciclado de 12 cm, en las que se añadirán conectores atornillados en las vigas que mejoren su comportamiento frente a esfuerzos rasantes.

Para el dimensionado de la estructura no se han realizado cálculos justificativos, se han utilizado unas dimensiones orientativas de forma que se pudiesen incorporar en el modelo sin que estas se alejasen demasiado de la realidad, para poder así conocer los recorridos más adecuados de las instalaciones a partir de dichas dimensiones estructurales.

Por otro lado, para el diseño de la estructura, se ha elegido vigas de madera laminada encolada, ya que aunque estas vigas requieren más procesos industriales para su fabricación que en el caso de vigas de madera natural, con estos procesos se consigue mejorar la resistencia de los elementos resistentes, mejorar su durabilidad y reducir sus dimensiones/escuadrias de forma que finalmente se utilice una cantidad de madera menor.



Ilustración 21. Forjado mixto. 2015. Rothbläss

3. Cerramientos

Los cerramientos de esta vivienda se pueden clasificar en tres tipos, por un lado los cerramientos que forman el semisótano, y por otro lado los cerramientos que forman la planta baja.

Los cerramientos del semisótano, están compuestos por el muro de carga que soporta la vivienda, de 50 cm de espesor y realizado en piedra mediante mampuestos. Por la parte interior, se realizará un trasdosado de tabiquería seca, formada por canales de 48 mm, montantes de 46 mm con intereje de 40 cm, y doble placa de yeso laminado.

En los cerramientos de la planta baja podemos diferenciar dos partes fundamentales, el cerramiento norte, y el resto. Por el diseño de la vivienda, los muros este, sur y oeste, son totalmente ventilados, por lo que el cerramiento está formado por una gran cámara de aire. El cerramiento total en estas partes,



Ilustración 22. Detalle de muro. 2016. Fuente propia

sería de un muro de piedra de mampostería de 50 cm de espesor, una cámara de aire ventilada de 30 cm, un muro de madera contra laminada y un trasdosado de tabiquería seca, formada por canales de 48 mm, montantes de 46 mm con intereje de 40 cm y doble placa de yeso laminado.

En los grandes huecos que se forman en la fachada Sur y Oeste, y por medidas de seguridad, se han instalado unas puertas enrollables de seguridad, de manera que estos grandes huecos se puedan cerrar formando una estancia prácticamente inaccesible. También se han instalado en los mismos huecos, unas rejillas practicables, que impiden el paso de suciedad a la zona de cámara ventilada, pero que puntualmente se puedan realizar tareas de mantenimiento.

El cerramiento norte, en su composición, es de los mismos materiales que el resto, exceptuando la cámara de aire ventilada que en este caso desaparece.

4. Cubierta

La cubierta de esta edificación se diseñó de manera singular, ya que es una cubierta totalmente ventilada, por la que pasan todo tipo de instalaciones. Esta cubierta, es no transitable y consta de dos partes diferenciadas, por un lado, se encuentra la parte que sirve de cobertura a la vivienda, la cual esta formada por un tablero de madera de partículas OSB



Ilustración 23. Detalle cubierta. 2016. Fuente propia

anclado mecánicamente a la cara inferior de las vigas de celosía. De este tablero, cuelgan las varillas que sujetan el falso techo. Sobre este tablero se encuentra un aislamiento térmico de 12 cm de espesor colocado de manera corrida entre las vigas de celosía, formando así la capa que aísla la vivienda del exterior. Dicha capa esta compuesta de falso techo, placas de yeso laminado (2x15mm), 5 cm de aislamiento acústico (lana de roca) colocado sobre el falso techo, tablero de OSB 19 mm y capa de 12cm de aislamiento térmico (lana de roca).

Por otro lado, encontramos la parte estructural de la cubierta, que está soportada por 12 grandes vigas de celosía que permiten una ventilación de esta en todas direcciones. Sobre estas vigas, encontramos un forjado mixto, formado por un tablero de madera de partículas OSB de 19 mm a modo de encofrado perdido, el cual sirve de apoyo a una capa de compresión de hormigón reciclado de 12 cm de espesor. Sobre ésta, una



Ilustración 24. Detalle cubierta 2. 2016. Fuente propia

capa de formación de pendientes, y unos muretes que sirven de apoyo a los paneles solares y placa fotovoltaicas. Finalmente, encontramos una impermeabilización, que se remata en los antepechos mediante un perfil de chapa de aluminio plegada, y todo esto cubierto por una capa de grava.

Entre estas dos partes que forman la cubierta, existe una cámara de 50 cm, la cual aloja todos los colectores de recogida de agua de lluvia que

serán guiados hasta el semisótano, el depósito de recarga de cisternas (del cual se hablará mas adelante), así como los conductos de ventilación usados para el sistema de refrigeración de la vivienda. Para impedir que entre restos de suciedad, animales, y otros elementos no deseados que puedan deteriorar las partes interiores, se ha colocado una rejilla de aluminio que apoya sobre el muro y cierra en el tablero de madera OSB del forjado de cubierta, cerrando por completo de manera perimetral.

5. Escaleras

A lo largo de toda la vivienda, podemos encontrar varias escaleras, por un lado, la escalera que une la planta baja con el semisótano, por otro lado, las escaleras que dan acceso a la vivienda desde el jardín, por otra parte, la escalera que baja al almacén donde se encuentran los filtros de la piscina, y por último la escalera que da acceso a la cubierta no transitable.

- Escalera interior: se trata de una escalera de dos tramos, está situada aproximadamente en el centro de la vivienda, separando la zona día y la zona noche en la planta baja, el almacén y el garaje en el semisótano. Está construida a base de vigas de madera, las cuales soportan los tableros que dan forma a la huella y la contrahuella. Finalmente es revestida con el mismo gres porcelánico que el resto de la vivienda. Cuenta con un ámbito de 1 metro, salva una altura de 3,27 metros y tiene 15 peldaños que cuentan con una huella de 31 cm y una contrahuella de 21,8 cm.

- Escaleras de acceso: son escaleras de un tramo por las cuales se accede a la vivienda desde el jardín, están situadas en la zona norte y sur de la vivienda, al igual que la escalera interior, cuentan con una construcción mediante vigas de madera, y tableros de manera perpendicular a estas para formar la huella y la contrahuella, finalmente ambas están revestidas con el mismo pavimento exterior que las terrazas y un aplacado como el de la fachada.



Ilustración 25. Escalera porche. 2016. Fuente propia

- Escalera junto a la piscina: es una escalera de un tramo, situada detrás de la pérgola de madera que da apoyo a la piscina, esta sirve para bajar al almacén ubicado bajo la propia pérgola, en el que se encuentran los registros de la ventilación, los filtros de la piscina y un almacén de productos para el jardín. Esta escalera, esta realizada en piedra, sobre el terreno, del mismo modo que los muros del sótano.

- Escalera de acceso a la cubierta: como hemos dicho anteriormente, la cubierta de la vivienda no es transitable, pero para labores de limpieza y mantenimiento de las instalaciones ubicadas en ella, se ha colocado una escalera de acero galvanizado cuya parte inferior es retráctil para impedir que suban personas no autorizadas.



Ilustración 26. Escalera cubierta. 2016. Fuente propia

6. Particiones

Para la elección del tipo de particiones de la vivienda, se ha realizado un estudio exhaustivo de las ventajas e inconvenientes de estas, de forma que cumpliesen con los objetivos de bioconstrucción, pero que fuesen rápidos de instalar, que no generasen muchos desechos, y que cumpliesen con la normativa actual. Otro punto de estudio, es que fuesen de fácil ejecución todas las instalaciones necesarias en la vivienda.

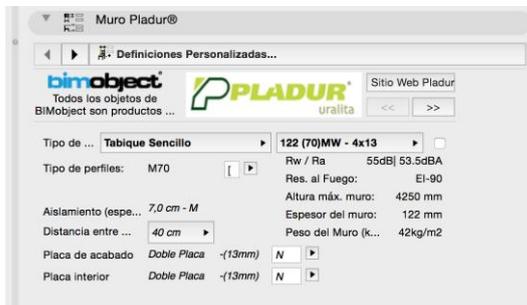


Ilustración 27. Herramienta BIM Pladur. 2016. Fuente propia

Finalmente, la decisión se tomó a favor de particiones mediante tabiquería seca con placas de yeso laminado, es un tipo de partición que puede ser totalmente reciclable, y que además tiene un buen comportamiento acústico y una rápida instalación.



Ilustración 28. Instalación de perfilera autoportante. 2016. Fuente propia

Por otro lado, para el correcto diseño, fue de ayuda, utilizar la herramienta BIM con los objetos del fabricante Pladur de este tipo de tabiquerías, para elegir la mejor configuración de placas y estructura, así como para los encuentros entre particiones según la normativa.

7. Cerrajería

En la vivienda existen gran cantidad de elementos de cerrajería, desde los elementos que delimitan la parcela, hasta la puerta del garaje, pasando por la carpintería interior. En primer lugar, vamos a analizar la carpintería o cerrajería que forma parte del vallado.

El vallado esta diferenciado en dos zonas, por un lado, la zona que linda a la calle Federico García Sanchi, siendo esta la parte de la fachada. Como indica la normativa municipal, debe existir un vallado de 2 metros.

Una parte de un metro de altura debe ser ciega, y la parte restante de otro metro de un elemento que permita circulación de aire. En este caso se construye un muro de mampostería hasta un metro de altura y unas pilastras separadas aproximadamente 5 metros, las cuales sirven de sujeción al vallado superior construido a base de perfiles de chapa galvanizada plegada en "L" lacada al horno con pintura en polvo epoxi, que impide la visual pero deja pasar el aire cumpliendo así la normativa.



Ilustración 29. Vallado de fachada. 2016.

Fuente propia

En esta parte del vallado, se encuentran los dos accesos a la parcela, por un lado la puerta peatonal, situada frente al acceso a la vivienda, y por otro lado la puerta corredera de acceso al garaje, construidas ambas por una estructura de acero galvanizado y lacada al horno con pintura en polvo epoxi, cuyo panel de cierre ha sido realizado con los mismos elementos del vallado principal, guardando así una estética uniforme.

Ambos accesos, están automatizados, y pueden ser controlados desde el interior de la vivienda o desde cualquier lugar con conexión a internet mediante una aplicación móvil y el hardware de Arduino.



Ilustración 30. Puerta corredera. 2016. Fuente propia

El resto del vallado, se compone igualmente de un muro de mampostería de un metro de altura, y al igual que en el caso de la fachada unas pilastras cada aproximadamente 5 metros. En este caso la parte superior esta realizada con una malla metálica, la cual se complementa con una vegetación interior formada por árboles de hoja perenne.



Ilustración 31. Puerta peatonal. 2016. Fuente propia

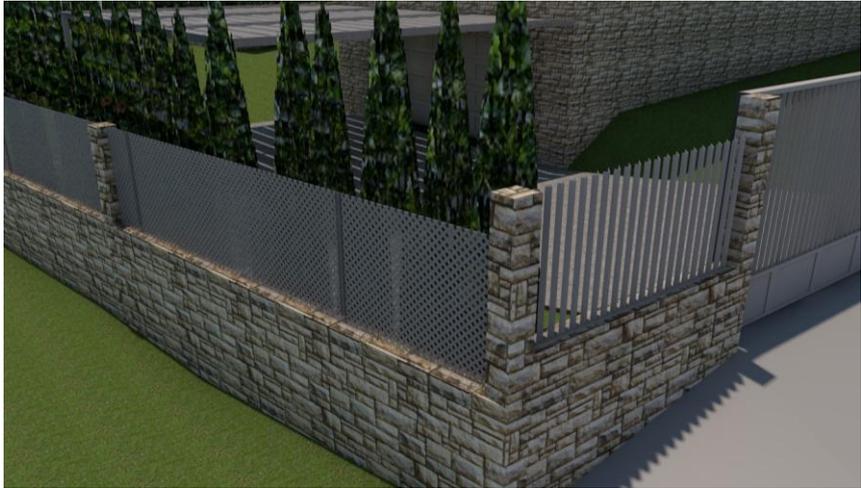


Ilustración 32. Distintos vallados. 2016. Fuente propia

Una vez dentro de la parcela, existen dos accesos principales a la vivienda, por un lado la puerta principal, y por otro la puerta del garaje.

8. Carpintería

La puerta principal de acceso a la vivienda, al igual que el resto de ventanas exteriores, está fabricada por una carpintería mixta, siendo esta de aluminio por la cara exterior y madera por la cara interior.

La puerta del garaje, es una puerta de tipo seccional, fabricada con un panel con aislamiento térmico a modo de panel sándwich con un espesor de 50 mm, con unas dimensiones de 5 metros de ancho y 2,45 de altura total.



Ilustración 33. Puerta seccional garaje. 2016. Fuente propia

El resto de carpintería exterior, son ventanas y ventanales de diferente tipología que se encuentran repartidas a lo largo de la vivienda. Estas están fabricadas mediante una perfilera mixta, aluminio por el exterior y madera por el interior. El motivo de esta elección es que según criterios de bioconstrucción, el aluminio es un material que aunque es abundante en la naturaleza, su fabricación y producción genera un gran impacto ambiental. Por otro lado, las carpinterías de madera, tiene bastantes inconvenientes debido a sus cambios de volumen y gran mantenimiento, ya que en estas la estanqueidad se ve reducida en



*Ilustración 34. Carpintería mixta. 2016.
Ventanasgranada*

diferentes condiciones climáticas. De esta forma conseguimos diseñar unas ventanas que reducen entorno al 50% el uso de aluminio pero que no presentan los inconvenientes de la carpintería de madera.

La carpintería interior de la vivienda, esta realizada en madera, son puertas macizas lacadas con alma de madera MDF. Este material se elabora a partir de madera reciclada que posteriormente se corta, mecaniza y se aplica un lacado convirtiéndose así en un elemento prácticamente reciclado.

9. Revestimientos

Los revestimientos verticales utilizados en el interior de la vivienda, son de placas de yeso laminado, tanto en los techos como en los paramentos verticales, clasificando el tipo de placa según la estancia donde se encuentre. Las placas ubicadas en cocina y baños serán las apropiadas para zonas húmedas, finalmente los revestimientos serán terminados con una pintura base al agua. Esto es así en todas las estancias de la vivienda, excepto en los baños y en la cocina, en los que los paramentos están resueltos mediante un gres.

Tabla 1.1 Clasificación de los suelos según su resbaladidad

Resistencia al deslizamiento R_d	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

Ilustración 35. Clasificación de los suelos. 2006. CTE DB-SUA

Los revestimientos horizontales, son prácticamente iguales en toda la vivienda, los techos tanto de la planta baja como los del semisótano

están realizados por placas de yeso laminado. Al igual que el resto de la vivienda estas placas serán de distinto tipo según el lugar donde se encuentren y finalmente serán terminados con una pintura base al agua. Los suelos, serán de gres porcelánico, tanto en la planta baja como en el semisótano, y en las zonas exteriores, como el porche trasero, la zona de la pérgola o la entrada principal estará resuelta con un gres de igual acabado que el de la vivienda pero con una superficie que garantice el grado de rebaladicidad exigido por el CTE DB-SUA.

Tabla 1.2 Clase exigible a los suelos en función de su localización

Localización y características del suelo	Clase
Zonas interiores secas	
- superficies con pendiente menor que el 6%	1
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	2
Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior ⁽¹⁾ , terrazas cubiertas, vestuarios, baños, aseos, cocinas, etc.	
- superficies con pendiente menor que el 6%	2
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
Zonas exteriores. Piscinas ⁽²⁾ . Duchas.	3

⁽¹⁾ Excepto cuando se trate de accesos directos a zonas de *uso restringido*.

⁽²⁾ En zonas previstas para usuarios descalzos y en el fondo de los vasos, en las zonas en las que la profundidad no exceda de 1,50 m.

Ilustración 36. Clase exigible a los suelos. 2006. CTE DB-SUA

Capítulo 4. Eficiencia

1. Sistemas pasivos

1. Orientación y sistema ventilado

La vivienda planteada, se encuentra ubicada en el centro Norte del solar, con una orientación Norte/Sur, donde las distintas estancias están al Sur y el corredor esta en la parte Norte. Esta orientación, no es la más habitual para un lugar con un clima como el de la localidad propuesta, es decir un clima cálido durante la mayor parte del año.



Ilustración 37. Vista aérea vivienda. 2016. Fuente propia

Este diseño partió de la analogía de lo que sucede frecuentemente cuando estacionamos nuestro vehículo al Sol en el mes de julio a las 12:00h, en el que éste puede llegar a alcanzar una temperatura de 50°C pero que en idénticas condiciones de temperatura y humedad exterior, y tras varias pruebas realizadas, solo por estacionarlo en la sombra la temperatura de este disminuye entre 18 y 20°C.

De este modo y tras la idea extraída del estudio realizado, se llega a la conclusión, de que la vivienda debe adaptarse a un diseño en el que en los meses de verano, esta, permanezca totalmente a la sombra, todo esto sin renunciar a que en los meses de invierno se obtenga toda la energía posible del Sol.

Para ello se realizó un exhaustivo estudio de la trayectoria solar en los diferentes meses del año, se diseñaron los huecos, los voladizos, y se añadió un sistema de perfiles controlados de manera remota capaces de adaptarse a las condiciones ambientales.

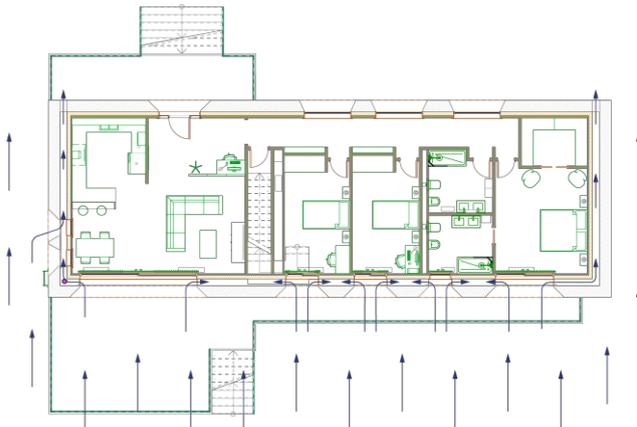


Ilustración 38. Ventilación de fachada. 2016. Fuente propia

Se diseñó una estructura basada en un exoesqueleto a modo de piel exterior, de manera que el núcleo que forma la vivienda estuviese separado de éste, formando una gran fachada ventilada. De esta forma, se producen corrientes de aire, sea cual sea la dirección de este, en las que se bordean los lados Este, Sur y Oeste.

Por otro lado, otra parte fundamental que necesita ser ventilada es la cubierta, para ello se diseñó una cubierta del mismo modo que la fachada. Por medio de unas grandes vigas de celosía, se consigue elevar la cubierta, generando una cámara de aire de 50 centímetros que garantiza una perfecta ventilación ya que por medio de la celosía permite la circulación del aire en todas las direcciones.

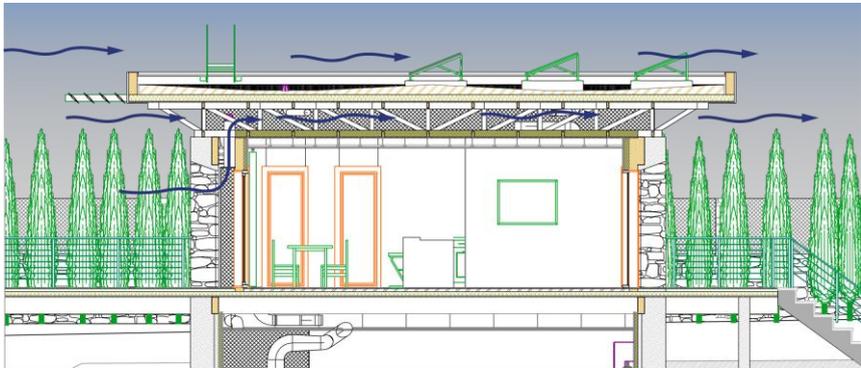
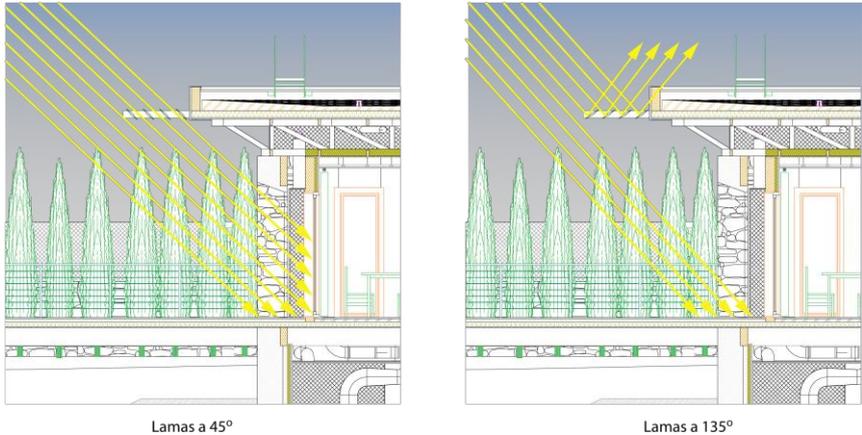


Ilustración 39. Ventilación en cubierta. 2016. Fuente propia

Finalmente, tras definir la ventilación en los cerramientos y la cubierta, y para completar las distintas posibilidades climáticas que se pueden dar en primavera y en otoño, se coloca un voladizo en el lado Sur, formado por perfiles de aluminio extraídos de la pérgola bioclimática Saxun o similar, la cual tiene una doble función.



Lamas a 45°

Lamas a 135°

Ilustración 40. Pérgola bioclimática en alero. 2016. Fuente propia

Por un lado, se puede regular de manera automatizada para garantizar la incidencia del Sol sobre la fachada Sur, de manera que en estos periodos de tiempo cambiante, podemos hacer incidir los rayos del Sol en las grandes cristaleras en momentos de clima frío, y de igual forma, podemos reflejar los rayos solares en momentos de clima caluroso.

*Ilustración 41. Pérgola bioclimática. 2016. Giménez Ganga*

Por otro lado y dado que este sistema también ha sido usado en la parte de entrada al garaje, la superficie que la pérgola bioclimática Saxun ocupa, tanto la parte en voladizo como la zona de la entrada al garaje, ha aumentando la superficie de recogida de aguas total, en 85 m² lo que supone un aumento de superficie de recogida en un 33%.

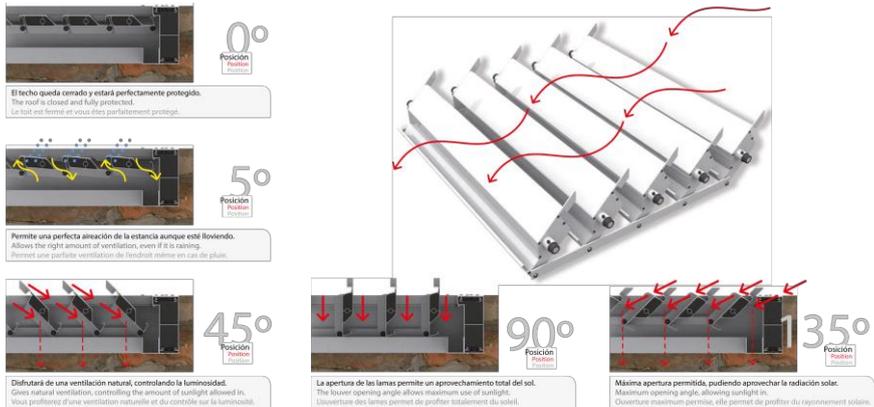


Ilustración 42. Detalle pérgola bioclimática. 2016. Giménez Ganga

La instalación de la pérgola bioclimática, se debe realizar con una ligera pendiente hacia los extremos de las lamas, de manera que el agua recogida por dichas lamas, es trasvasada a los brazos o largueros que las sujetan, y finalmente estos desaguan esta por los apoyos.

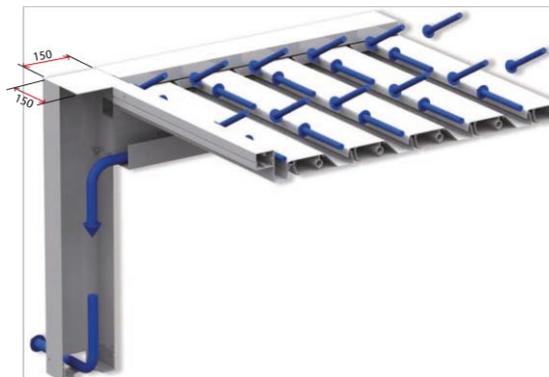


Ilustración 43. Detalle de recogida de aguas pérgola. 2016. Giménez Ganga

Toda esta agua recogida de las lluvias, será filtrada, y almacenada en depósitos para su posterior uso en tareas como limpieza, riego del jardín...etc. Disminuyendo de esta manera el gasto de agua que la vivienda necesita.

2. Sistema de refrigeración enterrado

Para la realización del sistema de refrigeración de la vivienda, se a recurrido al estudio de la naturaleza, como bien dijo Antoni Gaudí, *El arquitecto del futuro se basará en la imitación de la naturaleza, porque es la forma más racional, duradera y económica de todos los métodos.* En este caso el elemento natural objeto de estudio, para llegar a comprender el funcionamiento de la refrigeración de la vivienda, ha sido la estructura interna de un termitero.

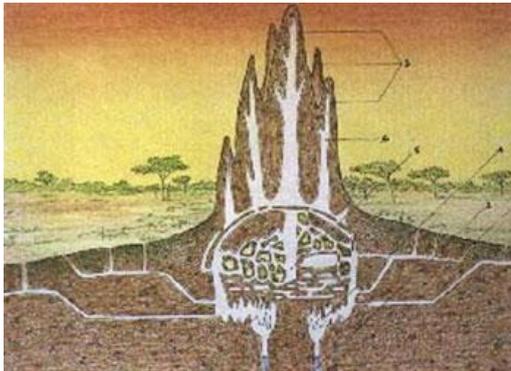


Ilustración 45. Sección termitero. 2016. Eliminar-Termitas



Ilustración 44. Termitero. 2016. ddcuaem

Como vemos en las imágenes, el termitero tiene dos partes bien diferenciadas, por un lado, un núcleo o cámara subterránea normalmente situada a aproximadamente 3 metros de la superficie y un

conjunto de chimeneas que se elevan sobre el nivel del terreno entre 4 y 7 metros.

Las termitas, requieren unas condiciones térmicas constantes, las cuales rondan los 30°C, y mediante este sistema constructivo son capaces de mantener esa temperatura constante en el interior del nido, incluso con variaciones de temperatura exteriores de 40°C.

Este sistema funciona por la gran inercia térmica que tiene el terreno arcilloso, de forma que con los rayos de sol se calienta la gran masa de tierras y esa temperatura se mantiene constante en el interior.

Por otra parte, el terreno perimetral al núcleo o nido, está lleno de galerías construidas por las termitas con pequeñas aberturas hacia el exterior, estas galerías realizadas sobre el estrato húmedo, facilita que la temperatura del aire que pasa por su interior disminuya. Además, aprovechando que el aire caliente asciende, por el principio de convección, este sube hacia la parte más alta de la chimenea, generando una corriente que succiona para que entre más aire por las galerías.

Las termitas, trabajan día y noche abriendo y cerrando galerías para regular la temperatura, ya que de esta forma depende su vida.

De igual forma que en el termitero, en la vivienda se ha colocado unas conducciones enterradas aproximadamente 4 metros, con una longitud de aproximadamente 30 metros, que recorren la parcela, donde su abertura está situada bajo la pérgola junto a la piscina y entran a la vivienda por el almacén.

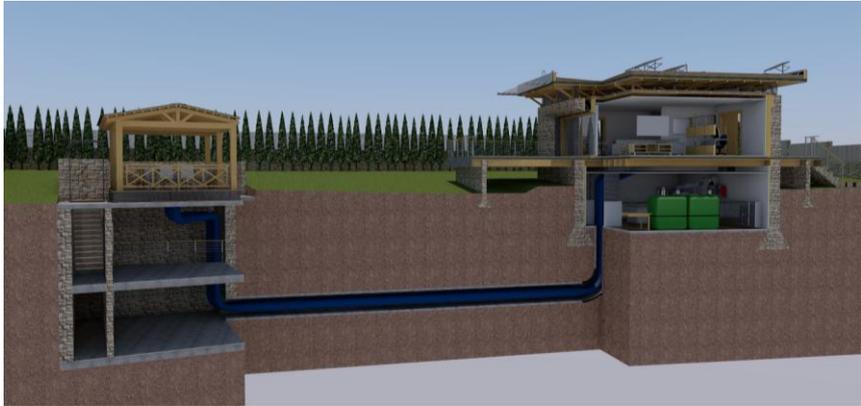


Ilustración 46. Conducciones enterradas. 2016. Fuente propia

Estas conducciones, cuentan con sistemas de apertura y cierre electrónicos controlados mediante sensores conectados a Arduino. Además de esto, en su diseño se ha tenido en cuenta, que el diámetro de los conductos debe aumentar en su parte más baja, ya que según el principio de Bernoulli la velocidad del aire disminuirá y tendrá más tiempo para que descienda la temperatura de este a lo largo del recorrido.

La vivienda también cuenta con una instalación de refrigeración por medio de conductos, los cuales se han instalado en cada una de las estancias, de forma que los terminales de impulsión están situados en el forjado de suelo en la parte más Sur de la estancia, y los terminales de recirculación en el falso techo y en la parte más Norte de la estancia. De esta forma se consigue una ventilación cruzada y una corriente por convección que facilita que el aire caliente ubicado en la parte más alta, salga por la parte superior.

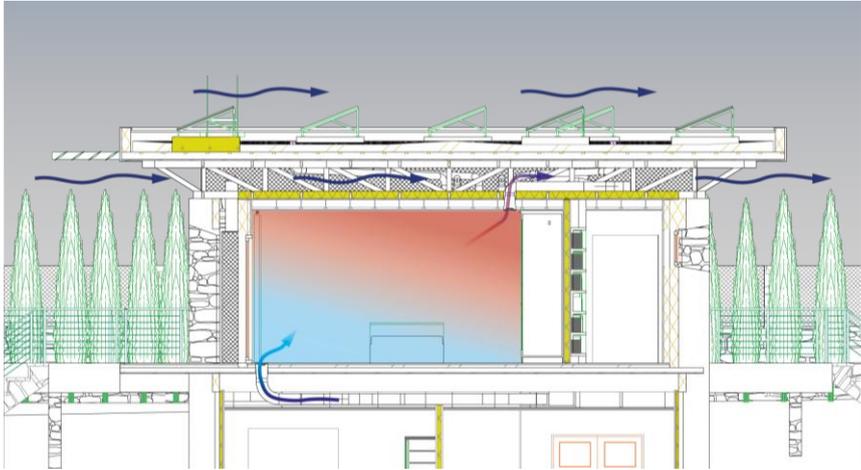


Ilustración 47. Ventilación por convección. 2016. Fuente propia

El sistema de refrigeración tiene dos modos de funcionamiento, por un lado se puede usar un sistema de refrigeración continuo, en el que el aire entra por los conductos enterrados, pasa por la unidad de refrigeración interior que sirve de apoyo (que funcionará o no dependiendo de la temperatura del aire de entrada proveniente de los conductos enterrados), se impulsa a las distintas estancias de la vivienda y finalmente sale al exterior por medio de una válvula situada en el terminal de techo de las estancias.

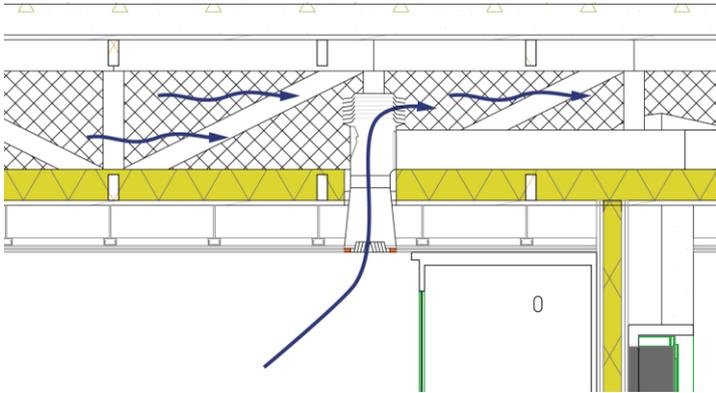


Ilustración 48. Ventilación sin retorno. 2016. Fuente propia

Por otro lado, puede funcionar de forma convencional, conservando el mismo aire ubicado en el interior de la vivienda, siguiendo una recirculación continua.

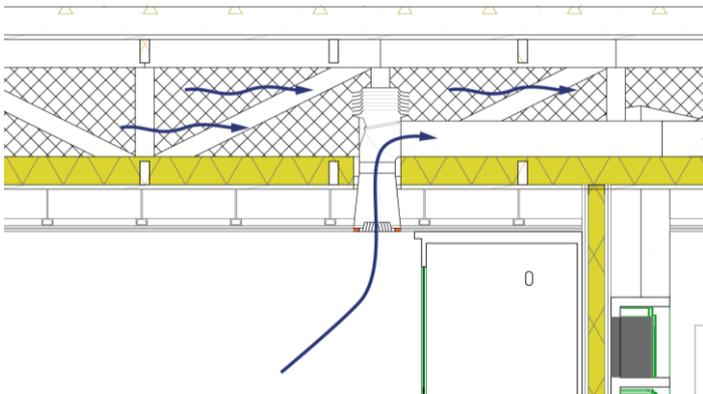


Ilustración 49. Ventilación con retorno. 2016. Fuente propia

Estos modos de funcionamiento, pueden ser seleccionados de forma manual o mediante una serie de sensores ubicados en las tomas de

entrada de la unidad de refrigeración interior, de manera que el sistema abrirá o cerrará las compuertas que más se ajuste al mínimo gasto energético.

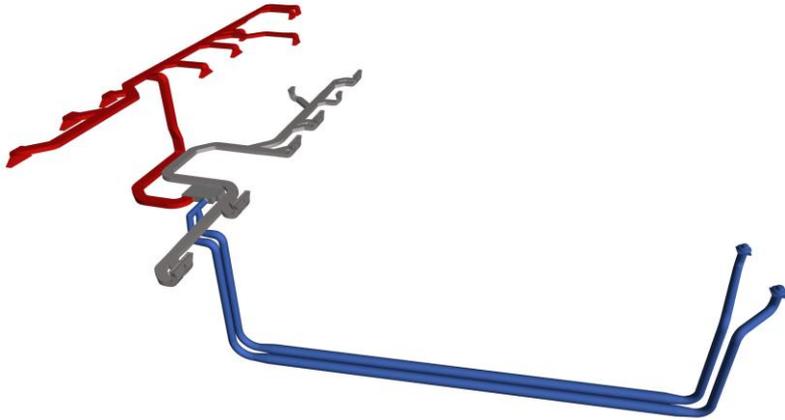


Ilustración 50. Sistema de ventilación enterrado. 2016. Fuente propia

3. Sistema de reciclaje de aguas

Uno de los puntos más importantes en una vivienda de este tipo, son las soluciones que proporcionan un ahorro en el consumo de agua, porque ¿cuánta agua gasta un habitante por día? Según cifras del INE en el año 2013, en España se gasta de media 130 litros de agua por habitante y día, 5 litros menos que el año anterior, el cual marca un descenso del consumo del 3,7%.



Ilustración 51. Consumo medio de agua. 2013. INE

A pesar de estos datos, la Comunidad Valenciana, en la que se encuentra la vivienda objeto de estudio, tiene una media de consumo de 158 litros por habitante y día, 28 litros por encima de la media española.

De este modo, se necesita combinar los diferentes aparatos que generan un mayor consumo y a su vez organizar su agua de desecho para poder ponerla de nuevo en uso.



Ilustración 52. Consumo de agua en una vivienda. 2009. VVAA

Como se ve en el gráfico, la mayor parte del consumo se genera en el baño, donde ducha, inodoro y lavabo suman un total del 73%.

Para ello la vivienda dispone de un sistema de reciclaje de agua de lluvia y aguas grises, el cual se encuentra repartido a lo largo de la vivienda.

En primer lugar, el sistema de recogida de agua de lluvia, consta de dos grandes depósitos ubicados en el almacén de sótano, con una capacidad de 2.250 litros cada uno, al cual llega el agua recogida por los 6 desagües de la cubierta, así como por la pérgola bioclimática. Antes de ser almacenada, el agua pasa por un filtro que separa los restos sólidos arrastrados por la misma. Los depósitos están comunicados, y cuentan con unos sensores de nivel, de manera que cuando estos están a su máxima capacidad, una válvula de tres vías a modo de rebosadero desvía el agua hacia la red de saneamiento.



Ilustración 53. Depósitos de agua en el semisótano. 2016 Fuente propia

Esta agua de lluvia reciclada, podrá ser utilizada para tareas de cuidado del jardín, limpieza de la terraza...

Por otra parte, también se reutilizan las aguas grises. Todas las aguas de desecho del lavabo, ducha y bidé de ambos baños, son recogidas y conducidas hacia otro depósito situado en la lavandería, la cual pasará por dos filtros, uno para la retirada de partículas sólidas, y otro para la retirada de químicos, finalmente es almacenada en un depósito. Esta cantidad de agua, será utilizada para la carga de las cisternas, de forma que todo el volumen de agua usado en los inodoros sea reutilizada. Para llevar a cabo esta tarea, se ha diseñado un sistema que ahorre al máximo, ya que el agua almacenada en el depósito debe ser bombeada a la parte superior en el momento de la descarga de la cisterna. Para ello se ha instalado un segundo depósito de 200 litros en la cubierta, entre las vigas de celosía.

El funcionamiento del sistema, combina varias soluciones, inicialmente el agua es almacenada en el depósito inferior, que al igual que los ubicados en el almacén dispone de una válvula de tres vías, que en caso de estar a su máxima capacidad, esta desvía el agua recogida hacia la red

de saneamiento. Por otro lado, y para que sea lo más eficiente posible, una serie de sensores instalados en el depósito de cubierta, envía la orden de puesta en marcha del equipo de bombeo para que se proceda a la recarga de dicho depósito, desde el depósito inferior, pero esto será en el momento de máxima producción eléctrica, es decir, al medio día. De igual forma la bomba encargada de impulsar el agua desde el depósito inferior al depósito de cubierta, será una bomba de 12V en corriente continua proveniente de un vehículo, de forma que la corriente necesaria sea obtenida directamente desde la red de producción solar.



Ilustración 54. Bomba lavafaros. 2015. VDO

Una vez cargado el depósito de cubierta, las cisternas de los inodoros serán cargadas por gravedad, salvo en casos en los que el depósito de cubierta no disponga de agua, un sensor colocado en este, accionará una válvula de tres vías la cual permitirá la carga de las cisternas mediante el agua de la red.



Ilustración 55. Depósito de cubierta. 2016. Fuente propia

2. Sistemas activos

1. Energía solar. Introducción

La energía solar se define como un recurso energético que está constituido por porciones de luz emitidas por el Sol. Dichas porciones son interceptadas por la Tierra. España es un país que recibe un índice de energía solar muy alto en la mayoría de su territorio.

La energía solar aprovecha la radiación del Sol para transformar los rayos solares en calor. Este proceso de conversión de energía se realiza directa o indirectamente, de forma natural o artificial, de manera cotidiana sin que tenga que intervenir la mano de obra dando lugar a una constante en nuestra estructura agrícola, urbana, industrial, etc.

El desarrollo de las técnicas de aprovechamiento de la energía solar llevando su aplicación a sistemas más dinámicos y directos, constituye un objetivo del que se ha tomado conciencia recientemente. La energía solar como fuente energética tiene unas características muy peculiares como es una elevada calidad energética, un pequeño o nulo impacto ecológico y lo más importante que es una fuente inagotable de energía.

Pero frente a ello la energía solar plantea los siguientes inconvenientes:

Se produce de forma semi-aleatoria estando sometida a ciclos de día-noche y estacionales, invierno-verano.

Llega a la Tierra de forma dispersa.

No se puede almacenar de forma directa, siendo necesaria la realización de una transformación energética.

La intensidad de radiación solar que llega a la Tierra es incontrolable y además, varía en el tiempo.

Según la forma de la captación de la radiación solar, se puede obtener energía térmica o electricidad. Las dos formas principales de aprovechamiento de la radiación solar en la actualidad son:

Sistemas solares térmicos: los cuales tienen como fundamento el aprovechamiento de la energía solar, mediante los captadores solares térmicos, transformándola en calor absorbido por un fluido, ya sea aire o agua principalmente.

Sistemas solares fotovoltaicos: estos sistemas aprovechan la energía solar transformándola en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico que producirá las células fotovoltaicas que constituyen los paneles solares.

2. Características de la radiación solar

El flujo de radiación solar es la fuente primaria de todas las formas de energía conocidas. Las dos características más singulares que presenta son, una gran dispersión, por tanto, baja densidad y la intermitencia solar.

Desde el punto de vista de los sistemas de captación de energía solar, se tiene que considerar un flujo de radiación casi constante. Por eso, se debe estudiar la cantidad de radiación solar que incide sobre una superficie en la Tierra, así como su relación con parámetros geométricos y climatológicos, con el objetivo de obtener la llamada constante solar.

En algunas aplicaciones, a la hora de efectuar su estudio de viabilidad, será útil obtener una estimación de los valores espectrales de radiación difusa y directa, ya que a partir de esta información se puede determinar como disponer un sistema de captación que aproveche la energía de

manera óptima. Es decir, los captadores térmicos obtendrán muy buen rendimiento cuando los rayos les incidan de forma directa. Por el contrario, los sistemas fotovoltaicos aprovechan mejor la energía dispersa, por ello, se realizará un estudio con valores de radiación difusa.

Posición relativa sol-superficie horizontal

Para calcular la radiación solar que llega a una superficie en la Tierra, es necesario conocer las relaciones trigonométricas entre la posición del Sol y la superficie. Para conocer la posición del Sol en el cielo en cualquier momento es necesario determinar dos ángulos: altura solar y acimut.

La **altura solar** se define como el ángulo, en un plano vertical, entre los rayos del Sol y la proyección de estos sobre un plano horizontal (α).

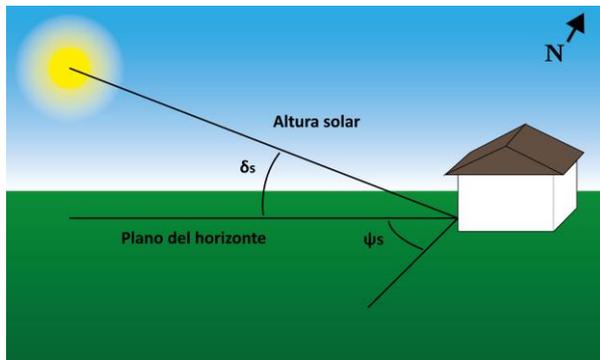


Ilustración 56. Ángulos solares. 2016 Fuente propia

El **acimut (ψ_s)**, es el ángulo formado por la proyección en el plano del horizonte de la línea que une nuestra posición del Sol y la orientación Sur geográfica. Es cero al mediodía solar. Es negativo hacia el Este y positivo hacia el Oeste.

Declinación solar (δ) es el ángulo formado por una línea que une los centros de la Tierra y el Sol, y el plano ecuatorial. Este ángulo varía cada día y es la razón de que los mayores valores de radiación se obtienen en latitudes por encima y por debajo de los trópicos. En estas zonas, es donde los rayos solares inciden con mayor perpendicularidad sobre la superficie de la Tierra. Su valor varía a lo largo del año entre $-23,45^\circ$ y $23,45^\circ$, y es el responsable de las estaciones meteorológicas.

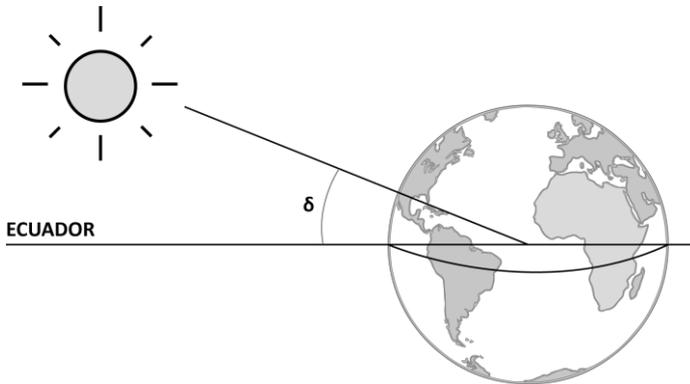


Ilustración 57. Declinación solar. 2016 Fuente propia

Para especificar la posición de un punto en la superficie de la Tierra, es necesario conocer su latitud y longitud. A la salida del Sol la altura solar es cero, y el ángulo cenital 90° .



Ilustración 58. Relación entre latitud y longitud. 2016.
Fuente propia

Radiación solar en la superficie de la Tierra

La radiación solar que llega a la superficie de la Tierra está condicionada por dos fenómenos de distinta naturaleza:

Factores astronómicos: son aquellos que dependen de la geometría Tierra-Sol. Son función de la posición relativa Sol-Tierra y de las coordenadas geográficas del lugar considerado, latitud y longitud. Condicionan el recorrido de la radiación a través de la atmósfera y el ángulo de incidencia de los rayos solares. Son función, pues, de la altura solar en cada instante. Se considera, por su naturaleza y efecto, como deterministas. Estos factores hacen que para cada altura se defina una radiación máxima esperable.



Ilustración 59. Órbita terrestre alrededor del Sol. 2014. Trajeda

Factores climáticos: no toda la radiación máxima esperable para cada localidad y altura solar será siempre observable en la superficie de la Tierra. Los factores llamados climáticos la atenuarán. Las nubes, la cantidad de vapor de agua, ozono, aerosoles, etc. contenidos en la atmósfera son los responsables de esta atenuación, que ocurre fundamentalmente por absorción, reflexión y difusión de la radiación.

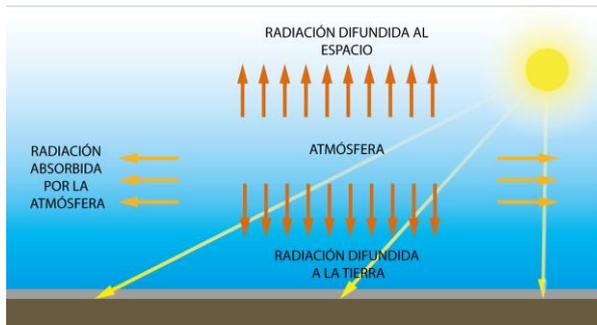


Ilustración 60. Tipos de propagación de la radiación. 2016. Fuente propia

En los días nublados, disminuirá considerablemente la intensidad de la radiación y por tanto el aporte energético que pueda recibir un captador de energía solar. Aunque la relación entre las variaciones en la nubosidad y la radiación solar es completa, probablemente este factor

es el más importante a la hora de calcular la energía que llega a un punto concreto de la superficie terrestre. En la ilustración 60, se muestra el efecto de estos factores en la radiación a su paso por la atmósfera.

El espectro de la radiación solar al atravesar la atmósfera sufre modificaciones debido, básicamente, a la desigual absorción de las distintas longitudes de onda del mismo, por los componentes atmosféricos. El total de radiación procedente del Sol que incide en una superficie en la Tierra estará compuesto por:

Radiación directa (I): es aquella que llega a la Tierra directamente, es decir, sin haber sufrido cambios de dirección. Por ejemplo, la luz que nos ciega al mirar al Sol.

Radiación difusa (D): es aquella que llega a la superficie de la Tierra sin una orientación determinada. Se origina por los efectos de dispersión de los componentes de la atmósfera, como las nubes.

Radiación reflejada (R): radiación incidente en la superficie que procede de la reflejada por el suelo. Al cociente entre la radiación reflejada y la radiación incidente en la superficie de la Tierra se llama **albedo**.

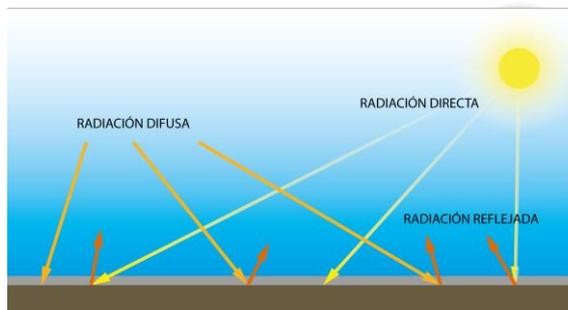


Ilustración 61. Tipos de radiación. 2016. Fuente propia

3. Instalación de energía solar térmica

La energía solar térmica se utiliza de forma satisfactoria en toda nuestra geografía, dado que España es uno de los países europeos que más radiación solar por unidad de superficie recibe a lo largo del año. Se conoce por instalación solar térmica a cualquier sistema que aproveche la energía solar, con el objetivo de producir agua caliente sanitaria. Dicho sistema está formado por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captación solar, transformación en energía térmica y almacenamiento de la energía térmica de forma eficiente para utilizarla después en los puntos de consumo. Además, el sistema se puede complementar por un sistema auxiliar que puede o no estar integrado en la misma instalación. Los sistemas de una instalación de energía solar térmica son:

Sistema de captación: cuya finalidad es la captación de la energía solar radiante con el fin de convertirla directamente en energía térmica. El sistema de captación está formado por captadores solares.

Sistema acumulador: cuya finalidad es el almacenamiento de energía térmica. Además, este sistema se adapta en el tiempo para la disponibilidad de energía y la demanda, acumulándola cuando está disponible, para poder ofrecerla en cualquier momento en que se solicite. Esta constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente.

Sistema de distribución o consumo: cuya finalidad es trasladar a los puntos de consumo el agua caliente producida. Formado por un circuito hidráulico constituido por una red de tuberías, bombas, válvulas, etc.

Sistema de regulación y control: que va a tener dos funciones, por un lado, se va a encargar del correcto funcionamiento de la instalación y así

proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro, va a actuar como protección frente a factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de heladas, etc. Adicionalmente al sistema de captación y acumulación la instalación puede contar con un sistema auxiliar que sirve para garantizar la continuidad de suministro de agua caliente en casos de escasa radiación solar. Su funcionamiento consiste en un calentamiento adicional cuando la temperatura del agua caliente sea inferior a 45°C. Dicho sistema auxiliar permite tener siempre disponible agua caliente sanitaria lista para su consumo.

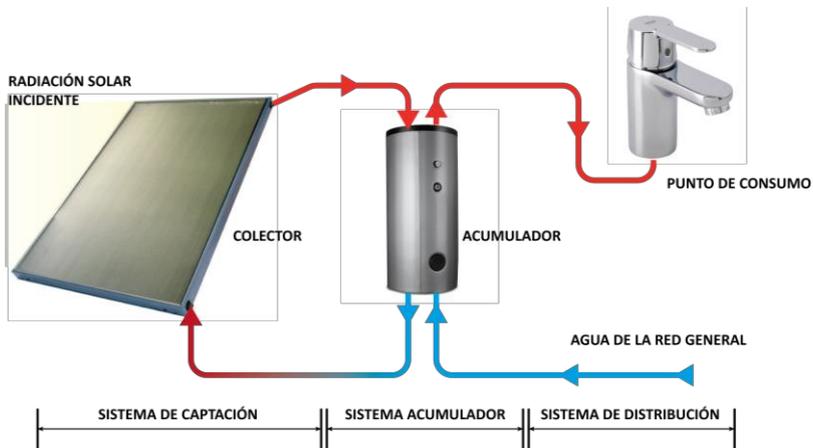


Ilustración 62. Esquema de aprovechamiento de la energía solar térmica. 2016. Fuente propia

El funcionamiento de los tres subsistemas está condicionado por la meteorología, fundamentalmente radiación solar y temperatura, así como demanda energética en la instalación en muchos casos se les llama sistemas de baja temperatura, ya que la temperatura de funcionamiento del sistema no va a sobrepasar los 60°C.

La energía solar térmica es empleada para calentar un fluido que circula a través de los colectores, al que se denominará fluido calo-portador.

Este calor es transmitido al agua de consumo, normalmente acumulada en un depósito, a través de un intercambiador. Los paneles solares más utilizados en la actualidad son los denominados captadores planos, adecuados para calentar el agua hasta temperaturas de 60°C.

Los sistemas solares nunca se diseñan para cubrir el 100% del consumo puesto que exigiría un dimensionamiento capaz de cubrir las peores épocas, permaneciendo sin uso las mejores. Por lo tanto, es necesario un sistema de apoyo convencional para preparar el ACS. Aún con este sistema de apoyo, una instalación solar térmica podría suponer un ahorro en el coste de aproximadamente entre un 70% y 80% respecto a los sistemas convencionales.

La energía solar térmica centra sus principales aplicaciones en la producción de ACS y otras como la calefacción. El rango de temperatura que se alcanza con energía solar, alrededor de 50°C, es especialmente indicado para su utilización en sistemas de calefacción basados en suelo radiante, en “fan-coils” y la utilización en radiadores convencionales de agua caliente.

Para el diseño de esta vivienda, el sistema de calefacción elegido es el de calefacción por suelo radiante, ya que el fluido calo-portador en este sistema se eleva a unos 40°C, y de esta manera el equipo de apoyo necesario es de una potencia menor al resto de opciones.

En el caso de utilizar fan-coils, el equipo de apoyo es eléctrico, por lo que en caso de poca producción energética solar, el gasto energético en electricidad es más elevado, lo mismo ocurre con los sistemas de calefacción con radiadores convencionales, donde el fluido calo-portador se eleva a una temperatura de unos 90°C, lo cual se necesita íntegramente un sistema de apoyo que eleve la temperatura del fluido

desde los 60°C que es capaz de generar la instalación solar térmica hasta los 90°C que requiere el funcionamiento mediante radiadores.

Para la instalación de energía solar térmica son necesarios los siguientes componentes:

Captadores solares

Los captadores solares son los elementos del sistema que cumplen la misión de captar la energía solar incidente. En su interior, se encuentran pequeños tubos por los que circula el fluido calo-portador.

Actualmente podemos encontrar en el mercado dos tipos de captadores solares: captadores solares planos y captadores solares de tubos de vacío.

Captadores solares planos: son los más habituales, es una opción ideal por su relación calidad/precio, son de fácil instalación en terrazas y cubiertas tanto de viviendas aisladas como colectivas y son fáciles de limpiar.

Captadores solares de vacío: estos captadores se suelen instalar en cubiertas o fachadas, se pueden sustituir los tubos en caliente sin detener la instalación, al ser cilíndricos tienen menos pérdidas que los colectores planos. Como inconvenientes, su precio es más elevado y son mucho más frágiles ante impactos, pueden romperse en días de fuertes tormentas.

En el caso de este tipo de vivienda, la instalación será en una cubierta plana, por lo que será necesario su instalación por medio de soportes.



*Ilustración 63. Soportes de paneles solares térmicos.
2014. Lampisteriamansalas*

Los soportes sobre los que se instalarán los captadores, deben de ser de un material resistente a la corrosión, casi siempre acero inoxidable y además deben soportar los valores máximos de carga de nieve y velocidad media de viento. En el caso de los soportes sobre cubierta plana el ángulo de inclinación correspondería con el ángulo de inclinación óptimo del captador, el cual varía según:

Consumo constante anual: latitud geográfica

Consumo preferente en invierno: latitud geográfica +10°C

Consumo preferente en verano: latitud geográfica -10°C

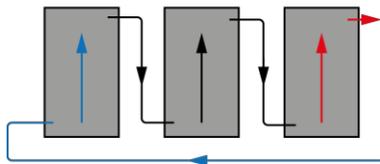
Normalmente los soportes tienen una inclinación de 45°.

Para la vivienda, se diseñó un sistema de seguimiento solar de dos ejes, que asegura la inclinación exacta durante cualquier periodo del año. Este sistema se explica más adelante en un capítulo propio.

Los captadores se disponen en filas constituidas por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en sistema mixto serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que se puedan utilizar para el mantenimiento, sustitución...

El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. El número de captadores conexonados en serie no será superior a tres. En casos de aplicaciones para algunos usos industriales, y refrigeración por absorción, si está justificado, este número podrá elevarse a cuatro, siempre y cuando sea permitido por el fabricante. En el caso de que la aplicación sea de ACS no deben conectarse más de dos captadores en serie. Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores.

Conexión en serie



Conexión en paralelo

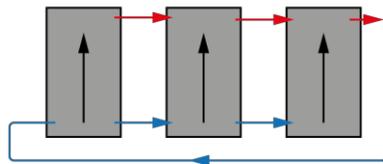
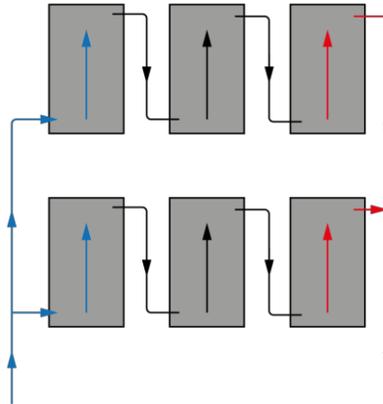


Ilustración 64. Esquema de conexionado de colectores serie/paralelo. 2016. Fuente propia

Conexión en serie-paralelo

*Ilustración 65. Esquema de conexionado de colectores mixto. 2016. Fuente propia*

Fluido Caloportador

Cumple la misión de recoger el calor captado por la superficie absorbente y llevarlo al depósito de acumulación o al intercambiador. El fluido más utilizado en los sistemas solares de ACS, es la mezcla de agua y anticongelante para evitar la congelación, la solución es la utilización de anticongelantes como el etilenglicol aunque hasta hace pocos años se utilizaba el propilenglicol pero actualmente esta prohibido.

Debido a la alta capacidad calorífica del fluido caloportador se tiene el problema de posibles sobrecalentamientos, estos pueden dar lugar a la corrosión de la instalación según la calidad del agua, y además al generarse vapor de agua en el interior de los colectores se producen sobrepresiones, por tanto las instalaciones de circuito cerrado deben contar con vasos de expansión.

Acumuladores

La necesidad de energía no siempre coincide en el tiempo con la captación que se obtiene del Sol, por ello si queremos obtener un máximo aprovechamiento, es imprescindible disponer de un sistema de almacenamiento que haga frente a la demanda en momentos de poca o nula radiación. Lo habitual es almacenar la energía obtenida en depósitos especialmente diseñados para ello. Dependiendo de las características técnica del depósito de almacenamiento y los materiales utilizados en su fabricación, se almacenan las calorías obtenidas durante más o menos tiempo, suele ser entre dos o tres horas hasta dos días. Además de las características del depósito y los materiales, habrá que tener en cuenta la capacidad que puede acumular el depósito, que normalmente se medirá en litros. Almacenar energía mediante agua caliente tiene muchas ventajas. Es barata, fácil de manejar, tiene una alta capacidad calorífica y es al mismo tiempo el elemento de consumo para el caso de ACS.

Intercambiador de calor

La función del sistema de intercambio es que la transmisión de calor entre el circuito primario y el secundario se realice de forma íntegra, evitando que haya el menor número de pérdidas posible. Por eso, se introduce un intercambiador de calor en una instalación solar cuando se quiere tener dos circuitos independientes.

La utilización de intercambiadores presenta los siguientes inconvenientes:

Supone una pérdida de rendimiento del sistema. Siempre hay una diferencia de temperatura entre el sistema primario y el secundario.

Supone una elevación del coste de instalación, no sólo por su propio coste, sino por el de una serie de elementos que lo acompañan.

En las instalaciones de ACS los intercambiadores de calor se someten a una reglamentación específica, aplicable cuando el fluido primario no es agua potable.

Bomba de circulación

Se instalarán en todos aquellos sistemas en los que sea necesario el impulso del agua en la instalación, es decir, sistemas forzados. Normalmente los sistemas con mayor grado de especificación, llevarán bombas para poder alejar los sistemas de captación de los de acumulación. Este alejamiento desde las zonas de captación a las de intercambio, es el que permite una adecuada transferencia de calor en el fluido.

Se recomienda en instalaciones que tengan una superficie de captación mayor de 50m², disponer de dos bombas idénticas en paralelo, con el fin de asegurar el funcionamiento alternativo de las dos bombas, ya sea de manera manual o automática. Esto hará que una de ellas siempre quede de reserva, tanto del circuito primario como del secundario.

Sistemas auxiliares

El sistema auxiliar es un elemento imprescindible en toda instalación solar de ACS, si se quieren evitar pérdidas energéticas en aquellos periodos en los que la captación solar sea insuficiente frente a la demanda. Para evitar que ocurran estas situaciones, las instalaciones solares cuentan con unos elementos de aporte de energía, que en función de su rendimiento serán de diferentes tipos:

Gases combustibles. Principalmente calderas mixtas, diseñadas para trabajar a partir de agua templada.

Eléctricos (efecto Joule). Los cuales se desaconsejan en caso de fracciones de consumo elevadas y fracciones solares anuales bajas. Adecuados para equipos pequeños, en los que la energía se suministra dentro del acumulador mediante una resistencia.

El sistema auxiliar estará basado en un conjunto de válvulas automáticas, que, en función de la temperatura del acumulador solar, de la temperatura del acumulador si lo hubiera, y de la temperatura de uso activarán el sistema auxiliar o no y en diferente grado, en el caso de los sistemas modulantes.

Tuberías

Para la obtención de ACS por energía solar, las conducciones no constituyen ninguna novedad si las comparamos con las empleadas para otros usos, como calefacción y fontanería.

Los materiales usados son: cobre, acero inoxidable, acero galvanizado, acero al carbono y plásticos.

Válvulas

Al igual que en cualquier instalación de abastecimiento de agua, será necesario la instalación de elementos de regulación y corte, para facilitar la reparación o sustitución de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación. Además, mediante estas válvulas se pueden independizar los sistemas de captación, acumulación y bombas.

Vasos de expansión

Los vasos de expansión se utilizan para absorber las dilataciones que se producen en el sistema hidráulico debido a los cambios de temperatura en el fluido de trabajo. Además, es uno de los elementos de seguridad de la instalación, el cual compensa variaciones de presión en el interior de esta. En caso de usar anticongelante hay que tener en cuenta el coeficiente de dilatación de la mezcla. La capacidad del depósito será suficiente para permitir la expansión del agua o de la mezcla agua-anticongelante. Por tanto, no puede existir ninguna válvula de cierre en los tubos de seguridad que comunican los captadores con los vasos de expansión.

Sistema eléctrico y de control

El sistema eléctrico se encarga de proteger a los dispositivos eléctricos y electrónicos de la instalación. Junto al sistema anterior se encuentra el sistema de control, el cual se asegurará del correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando regular los flujos de energía entre el colector, el sistema de acumulación y el consumo, con el fin de obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurar un uso adecuado de la energía auxiliar procurando que la instalación funcione siempre con un nivel de rendimiento óptimo.

4. Instalación de energía solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio del proceso directo de transformación de la energía del Sol en energía eléctrica. Dicha transformación se realiza mediante un dispositivo



*Ilustración 67. Ramal fotovoltaico. 2013.
Archiexpo*



*Ilustración 66. Células solares en panel. 2014.
Ingproy*

denominado célula solar montada sobre paneles, tal como se indica en la ilustración 66. Esta conversión es debido a un fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico o fotoeléctrico.

Tiene diversas aplicaciones, ya que permite suministrar energía en emplazamientos aislados de la red eléctrica, como pueden ser:

- Viviendas aisladas
- Faros
- Postes SOS
- Repetidores de comunicación
- Aplicaciones militares
- Aplicaciones aeroespaciales

Además de todas estas aplicaciones, se encuentran aplicaciones alternativas y originales como se observa en la ilustración 68. La energía

solar fotovoltaica tiene otras aplicaciones dependiendo de si se trata de un sistema aislado o conectado a la red.



Ilustración 68. Aplicaciones de energía solar fotovoltaica. 2012. Rt

El proceso de producción de energía eléctrica que realiza una instalación fotovoltaica comienza cuando la radiación solar incide sobre la superficie de los paneles fotovoltaicos, dichos rayos serán absorbidos por las células fotovoltaicas que lo componen. Debido a que están fabricadas de un material semiconductor, en particular de silicio de alta pureza, se conectan entre sí mediante conductores de corriente dando lugar al llamado efecto fotoeléctrico. Dicho efecto hace que los rayos del Sol se transformen en energía eléctrica continua y esa energía es almacenada en una batería, con el fin de suministrar durante la noche o en días nublados. Entre los paneles fotovoltaicos y la batería será necesario colocar un regulador de carga que se encargue de cerrar el suministro de energía procedente de los paneles cuando la batería este cargada, de este modo se evita su sobrecarga. Por último, la energía acumulada en la batería en forma de corriente continua puede ser directamente demandada para iluminar un espacio o para el empleo de equipos. Aunque lo normal, es disponer de un inversor, que transforme

la corriente continua en alterna, ya que esta es la que se necesitan la mayoría de los electrodomésticos, televisores... tal como se indica en la ilustración 69.

Para que el aprovechamiento de la energía fotovoltaica sea óptimo las células solares trabajarán con el máximo potencial, y por tanto, se generará mayor corriente eléctrica, cuando reciben los rayos del Sol perpendicularmente.

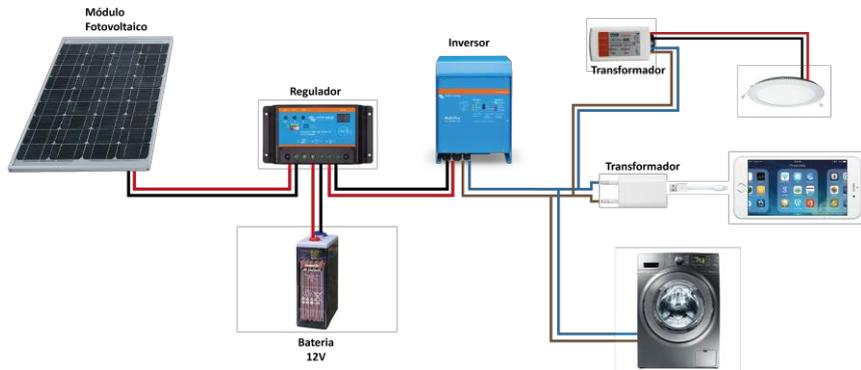


Ilustración 69. Esquema de utilización de un sistema solar fotovoltaico. 2016. Fuente propia

Ventajas de la energía fotovoltaica:

- Es un sistema simple, ya que genera la electricidad directamente del Sol.
- Mínimo mantenimiento.

Siempre se puede ampliar con nuevos elementos, ya que se trata de un sistema modular.

- Tiene una vida útil de entre 20 y 40 años.
- Es un sistema muy seguro, no contiene elementos inflamables y no atraen a rayos.

- No produce ruido, ni contaminación ambiental.
- Es un sistema reutilizable.

Ámbito de aplicación según el CTE.

- En edificios de nueva construcción y edificios existentes que sean reformado íntegramente, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, para los usos indicados en la ilustración 70 cuando se superen los 5.000 m² de superficie construida.
- Aplicaciones de edificios existentes, cuando la ampliación corresponda a alguno de los usos establecidos en la ilustración 70 y la misma supere 5.000 m² de superficie construida.

Se considera que la superficie construida incluye la superficie del aparcamiento subterráneo (si existe) y excluye las zonas exteriores comunes.

TIPO DE USO

Hipermercado
Multi-tienda y centros de ocio
Nave de almacenamiento y distribución
Instalaciones deportivas cubiertas
Hospitales, clínicas y residencias asisti-
Pabellones de recintos feriales

Ilustración 70. Tipos de edificios a instalar fotovoltaica. 2006. CTE

En el caso de edificios ejecutados dentro de una misma parcela catastral, destinados a cualquiera de los usos recogidos en la ilustración 70, para la comprobación del límite establecido de 5.000 m², se considera la suma de la superficie construida de todos ellos. Quedan exentos del cumplimiento total o parcial de esta exigencia los edificios históricos

protegidos cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

Un sistema solar fotovoltaico está constituido por el sistema de captación energética, sistema de acumulación, sistema de regulación, sistema de adaptación de corriente, sistema de distribución de energía, y en algunos casos debido al carácter de esta fuente de energía es necesario una fuente auxiliar denominado sistema de generación auxiliar.

Sistema de captación energética

1. Células solares

Las células solares son la unidad básica del sistema de captación. Son extremadamente frágiles y eléctricamente aisladas. Se caracterizan por estar compuestas principalmente de silicio, un material anti-reflectante con el fin de evitar pérdidas de captación, ya que una porción de luz incidente tiende a reflejarse, por eso, la superficie del material conductor debe ser tratada. El grosor de la célula varía entre 0,25 y 0,35 mm y generalmente son de forma cuadrada o cilíndrica, con una superficie aproximada de 12 x 12 cm.

2. Panel fotovoltaico

La agrupación de varias células solares ensambladas compone un módulo o panel fotovoltaico. El número de células solares que compone un panel y, por tanto, el voltaje de salida, depende de la estructura cristalina de las células. Generalmente, los paneles tienen una dimensión de 0,8 a 2 m², y contienen entre 40 y 80 células conectadas en serie. Las células están fijadas en el interior del panel con un material plástico fundido.

El panel suele estar fabricado de vidrio templado, muy resistente al impacto, que protege a las células de golpes y de agentes meteorológicos. Para dar mayor rigidez al panel, consta de un perímetro metálico de aluminio. Los módulos fotovoltaicos son de tres tipos:

- Monocristalinos: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocidos por su forma circular o hexagonal).
- Policristalinos: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfos: cuando el silicio no se ha cristalizado.

3. Generador fotovoltaico

El conjunto de paneles conectados eléctricamente forman un ramal. Y varios ramales conectados a su vez, constituyen un generador fotovoltaico. Los módulos se pueden conectar con facilidad en cualquier configuración ya sea en serie o en paralelo, capaz de cubrir las necesidades de tensión e intensidad eléctrica solicitados por el usuario. Los paneles que forman el generador, están colocados sobre una estructura mecánica que puede ser fija o móvil, con el fin de optimizar la radiación solar, según la inclinación. La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía en función de la incidencia de los rayos solares, de la latitud del lugar y de si el soporte es fijo o móvil.

El generador deberá ser dimensionado según las siguientes consideraciones:

- Demanda de carga eléctrica.
- Potencia máxima.
- Posible conexión a la red eléctrica.
- Latitud y radiación media anual del lugar.
- Características eléctricas de la carga.

4. Soporte

El diseño de los soportes se realiza de acuerdo a la orientación y ángulo de inclinación del generador fotovoltaico. La estructura del soporte estará diseñada y fabricada para que resista el peso de los mismo y el empuje del viento. Además, se tiene en cuenta la facilidad del montaje y desmontaje y las posibles sustituciones de elementos. Hay dos tipos de soportes:

- Estructuras fijas: la orientación óptima para este tipo de estructura es el Sur.
- Estructuras móviles: estas estructuras pueden llegar a conseguir un 40% más de producción que los fijos. Hay varios tipos de sistemas:
 - Un sistema que, con la inclinación óptima, gire en un eje para seguir el movimiento del Sol desde el amanecer hasta el ocaso.
 - Un sistema que, con la orientación adecuada, haga variar la inclinación del panel para que los rayos solares incidan cada día de manera perpendicular a la superficie.
 - Un sistema que busque en cada momento la inclinación y orientación máxima de la radiación, siempre que los rayos incidan de manera perpendicular.

Sistema de acumulación

Está constituido básicamente por baterías y se encarga de almacenar, en las horas de máxima radiación solar, energía eléctrica para su utilización durante la noche y los días con poca radiación. El principio básico de funcionamiento es como el de cualquier batería de coche, pero las

empleadas en energía fotovoltaica son en realidad de mayor calidad por el voltaje, que precisan soportar Pb/Sb en lugar de Ni/Ca.

Las baterías empleadas en estos sistemas tienen que ser capaces de mantener corrientes moderadas durante horas. Se caracterizan por tener gran profundidad de descarga. Los modelos más empleados son las de 6 y 12v nominales.



Ilustración 71. Baterías utilizadas en sistemas fotovoltaicos. 2012. Domsolar

Sistema de regulación

El regulador de carga es un dispositivo que protege a la batería frente a sobrecargas y descargas. Se encarga de regular la inestabilidad de la energía aportada por las placas fotovoltaicas, es decir, durante la noche, al amanecer, al atardecer y durante los días nublados los paneles no pueden cargar las baterías, pero cuando la insolación aumenta, el regulador trabaja para evitar la



Ilustración 72. Regulador de carga. 2014. Amvarworld

sobrecarga, y también regula la inestabilidad del consumo demandado por el usuario.

La selección del regulador de carga viene determinada por los parámetros eléctricos del sistema y por los detalles de diseño. Existen dos tipos de reguladores de carga:

- Reguladores lineales que trabajan con corriente continua de entrada, su funcionamiento depende de la caída de tensión y tienen un bajo rendimiento.
- Reguladores conmutados que incorporan un dispositivo que corta la corriente durante periodos de duración variable. Tienen un rendimiento elevado.

En instalaciones mixtas, en las que se puede utilizar tanto electricidad de la red habitual como de las placas fotovoltaicas, el regulador es también el encargado de permitir la entrada de electricidad de red cuando el sistema solar no llega a cubrir los picos de demanda.

Sistema de adaptación de corriente

Los sistemas fotovoltaicos que están conectados a la red eléctrica, necesitan convertir la corriente continua en alterna para ser usada por los usuarios. Por ello, el uso de los inversores es imprescindible. Su misión es convertir la corriente continua proveniente del campo solar o del sistema de acumulación en corriente alterna, utilizable directamente por los electrodomésticos convencionales. Disponen de un buscador del punto máximo de potencia y



Ilustración 73. Inversor de corriente. 2015. Victronenergy

además, tiene una potencia de entrada variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia generada durante todo el día. Existen distintos tipos y modelos de inversores, los más sencillos son los que consiguen generar una onda electromagnética cuadrada o trapezoidal a partir de la corriente continua, mientras que los equipos más modernos replican con exactitud la onda senoidal pura de la corriente alterna de la red. Hay dos tipos de inversores:

- Inversores conmutados de línea que emplean interruptores, con cierta potencia, capaces de controlar el tiempo de activación de la conducción, pero no el tiempo de parada. Para la detención de la conducción cuentan con un circuito adicional que reduce a cero la corriente.
- Inversores auto-conmutados que es el más usado para generar energía fotovoltaica. Emplean dispositivos de conmutación que controlan libremente los estados de conducción y no conducción del interruptor.

Las características de rendimiento de los inversores empleados en sistemas fotovoltaicos cumplirán las especificaciones del pliego de condiciones técnicas para sistemas fotovoltaicos del IDAE.

5. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos pueden dividirse en sistemas conectados a la red y sistemas aislados.

Sistemas conectados a la red

Son aquellos sistemas que están conectados a la red y canalizan la energía producida durante las horas de insolación a la red eléctrica, pero durante la noche, la carga se alimenta de la red. Estos sistemas no necesitan sistemas de acumulación, ya que es la misma red es la que da

un servicio inagotable. Es una solución interesante, ya que suponen importantes ventajas.

Los principales componentes de este sistema son: módulos fotovoltaicos, inversor para la conexión a red, dispositivo de intercambio con la red eléctrica y contador de energía bidireccional. El dispositivo de intercambio se encarga de verificar que la energía eléctrica introducida en la red cumpla todas las características requeridas. Y el contador mide la energía producida por el sistema fotovoltaico durante su periodo de funcionamiento.

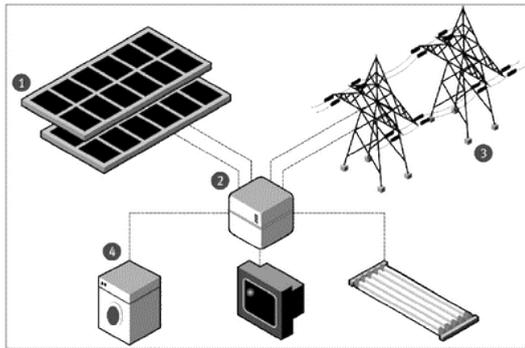


Ilustración 74. Esquema de sistema conectado a la red. 2010. Cubasolar

Sistemas aislados

Son aquellos sistemas que no están conectados a la red y por ello, precisan de un sistema de acumulación para abastecer la demanda durante las horas que no se genera energía proveniente de la radiación del Sol. Por ello, es necesario que el campo fotovoltaico sea dimensionado de manera que permita la carga y recarga de las baterías de acumulación, durante las horas de insolación.

Generalmente, se emplean para proporcionar electricidad a usuarios con consumos de energía muy bajo o para los que la conexión a la red es difícil y costosa. Garantizan un suministro fiable hasta tres días sin radiación, debido a su gran capacidad de acumulación de energía.

Todos los sistemas aislados deben cumplir las exigencias de protección y seguridad definidas en el REBT.

Los componentes principales de un sistema fotovoltaico aislado son: módulos fotovoltaicos, regulador de carga, inversor y baterías de acumulación.

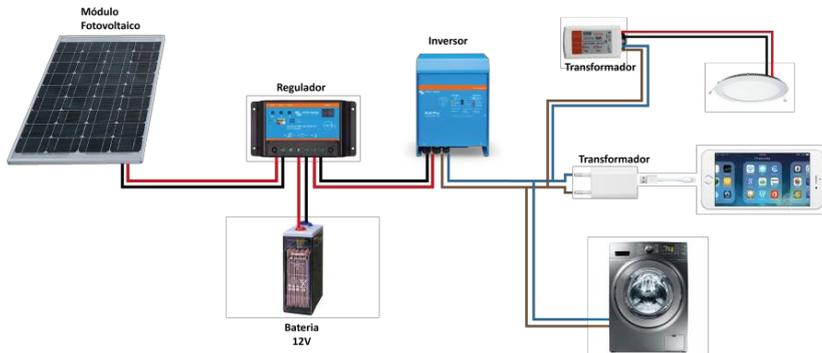


Ilustración 75. Esquema de sistema aislado. 2016. Fuente propia

El sistema elegido para esta vivienda es un sistema aislado, de forma que el volumen de energía eléctrica consumido en la vivienda debe ser igual o inferior al volumen de energía producido. El motivo de esta elección es que según la zona donde se encuentra la vivienda, es totalmente viable una instalación de este tipo, con una cantidad de baterías capaz de suministrar energía al menos dos días, e incluso utilizando un generador de emergencia en ocasiones puntuales.

Otro de los motivos de esta elección, es a causa del nuevo *Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.*

Según esta normativa, y considerada nuestra vivienda un centro de producción de electricidad, instalar un sistema conectado a la red, se vería muy gravado, de forma que la instalación, aún ahorrando el coste de las baterías, sería económicamente inviable.

6. Contribución solar mínima

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS, obtenidos a partir de los valores mensuales. En la ilustración 76, se establece, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C, la contribución solar mínima exigida para cubrir las necesidades de ACS.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición de captadores	20%	15%	30%
Integración arquitectónica de captadores	40%	20%	50%

Ilustración 76. *Perdidas límite. 2006. CTE*

En los casos en los que el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al Sol por barreras externas al mismo, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente en rehabilitación de edificios o cuando existan

limitaciones derivadas de la aplicación de la superficie de captación necesaria en edificios de nueva planta o rehabilitaciones de edificios, o cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística, deberá sustituirse parcial o totalmente la contribución solar mínima.

7. Protección contra sobrecalentamientos

Para dimensionar una instalación de energía solar térmica, se debe de tener en cuenta que según el dimensionado final de la instalación, esta no podrá sobrepasar en ningún mes del año el 110% la demanda energética y tampoco el 100% en más de tres meses. Por otra parte, para el cálculo no se tendrá en cuenta aquellos periodos en los cuales la demanda energética este por debajo del 50% de la media de demanda anual, debiéndose tomar en este caso medidas de protección.

En los casos en los que, por cualquier circunstancia en un mes determinado, la producción de energía solar térmica pudiese sobrepasar el 100% de la demanda, se debería tomar alguna de estas medidas:

- a) Incorporar en la instalación algún elemento que sea capaz de disipar los excedentes de calor producidos, por medio de equipos específicos preferentemente pasivos, o mediante la puesta en marcha del circuito primario de la instalación por la noche.
- b) Cubrir la superficie de los paneles solares, de forma que el captador este aislado de la radiación solar, pudiendo a su vez evacuar los posibles excedentes térmicos a través del fluido caloportador que seguirá circulando por el circuito primario.

En cualquier caso, si existiera alguna posibilidad de que el fluido caloportador se evaporase por condiciones de estancamiento, el vaso de

expansión se deberá dimensionar de forma que sea capaz de alojar el volumen medio de transferencia de calor a lo largo de todo el grupo de captadores más sus correspondientes tuberías más un 10%.

Estas instalaciones disponen de un sistema de llenado que puede ser manual o automático, de forma que permite llenar el circuito y mantenerlo con la presión adecuada.



Ilustración 77. Soporte de panel. 2016. Fuente propia

En el caso de nuestra vivienda, se ha separado los circuitos de calefacción y de ACS, de forma que para calefacción tenemos un grupo de captadores y para ACS otro grupo. De esta forma conseguimos aislar totalmente el circuito de calefacción en aquellas épocas del año en las que esta no es necesaria, y así podemos ajustar más el número de captadores necesarios, de forma que se cumplan los porcentajes de producción energética vistos anteriormente.

Además de esto, para controlar de una forma más efectiva la producción energética respecto a la demandada, se ha instalado un compacto de aluminio colocado sobre el soporte de los paneles, que por medio de un motor tubular de 12V, se puede controlar el grado de protección de los paneles, así como cerrarlos por completo en el caso de los paneles del

circuito de calefacción en verano o de todos los paneles en el caso de fuertes tormentas que eviten la rotura de los mismos.

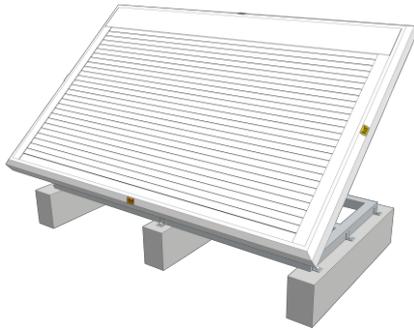


Ilustración 78. Persiana cerrada. 2016.
Fuente propia

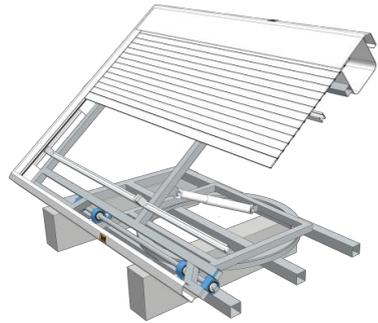


Ilustración 79. Sección persiana. 2016.
Fuente propia

8. Pérdidas por orientación, inclinación y sombras

Las pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar que incidiría sobre la superficie de captación orientada al Sur a la inclinación óptima y sin sombras.

La orientación e inclinación de los paneles solares y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites establecidos en la ilustración 80. Este porcentaje de pérdidas permitido no supone una minoración de los requisitos de contribución solar mínima exigida.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición de captadores	20%	15%	30%
Integración arquitectónica de captadores	40%	20%	50%

Ilustración 80. Pérdidas límite. 2006. CTE

En todos los casos se han de cumplir tres condiciones que las pérdidas por orientación e inclinación, las pérdidas por sombras y las pérdidas totales deberán ser inferiores a los límites estipulados en la ilustración 80, respecto a los valores de energía obtenidos considerando la orientación e inclinación óptimas y sin sombra alguna. Se considerará como la orientación óptima para instalación de las placas el Sur puro y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

- a) Si la demanda de ACS es constante durante todo el año, entonces la inclinación será la latitud geográfica.
- b) Si la demanda de ACS es preferente en invierno, entonces la inclinación será la latitud geográfica +10°C.
- c) Si la demanda de ACS es preferentemente en verano, entonces la inclinación de las placas será la latitud geográfica -10°C.

En el caso de nuestra vivienda, para reducir al máximo las pérdidas, y dado que se trata de una vivienda aislada con una gran parcela, se decidió optar por un sistema de seguimiento solar, de manera que en todo momento la orientación e inclinación fuesen óptimas. Este sistema es explicado más adelante en un capítulo propio.

9. Distancia mínima entre filas de captadores

La distancia **d** medida sobre la horizontal entre una fila de colectores y un obstáculo, de altura **h** que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de Sol entorno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia **d** será superior al valor obtenido en la expresión:

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud})$$

Donde $1 / \tan (61^\circ - \text{latitud})$ es un coeficiente adimensional.

Latitud	29º	37º	39º	41º	43º	45º
k	1,600	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Ilustración 82. Valores significativos según la latitud. 2016. Fuente propia

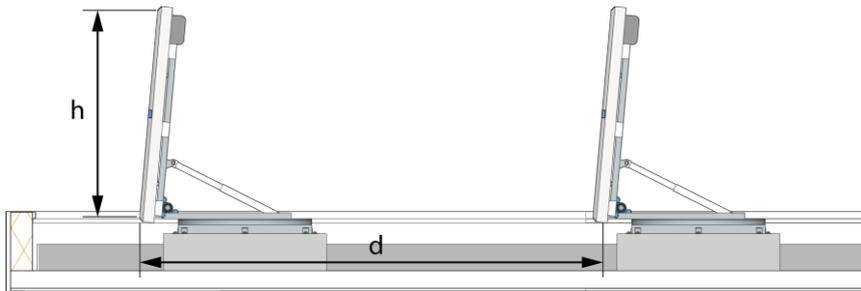


Ilustración 81. Distancia mínima entre filas. 2016. Fuente propia

En el caso de nuestra vivienda, además de la distancia mínima entre los captadores, se ha estudiado exhaustivamente la posición de los soportes, de tal forma que, en el caso más extremo, aquel en el que las

placas se acercan a una posición casi vertical, se eviten las máximas sombras.

Distribución en planta de los paneles orientados al Sur.

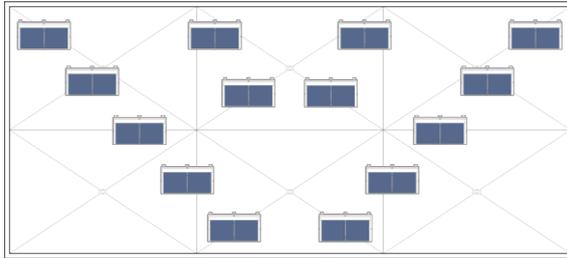


Ilustración 83. Distribución de paneles orientados al Sur. 2016. Fuente propia

Distribución en planta de los paneles orientados al Sur-Oeste.

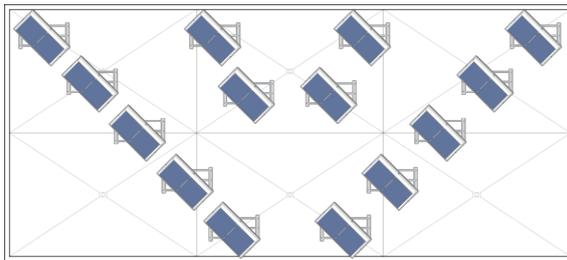


Ilustración 84. Distribución de paneles orientados al Sur-Oeste. 2016. Fuente propia

Distribución en planta de los paneles orientados al Oeste.

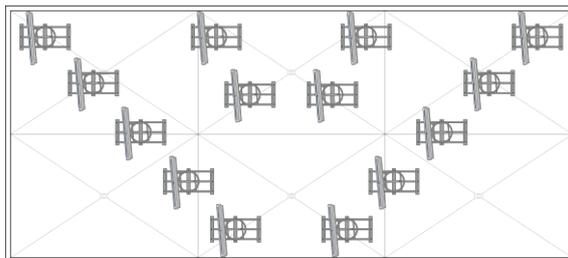


Ilustración 85. Distribución de paneles orientados al Oeste. 2016. Fuente propia

Capítulo 5. Instalaciones

1. Instalaciones en la vivienda

1. Suelo radiante

El suelo radiante es un sistema de calefacción o climatización que por medio de unas tuberías introducidas en una de las paredes o techos de una estancia sirve para el calentamiento o enfriamiento de la misma. En este sistema, lo más habitual es utilizar suelos para sistemas de calefacción, y techos para sistemas de climatización.

Este sistema es una evolución de los sistemas que históricamente se han usado en diferentes civilizaciones como el hipocausto romano o el más reciente sistema denominado Gloria Castellana los cuales utilizan el principio de transmisión de calor por convección.

Este tipo de instalación se puede usar con distintos tipos de calentamiento:

Sistema de calentamiento por agua caliente

Este tipo de sistema es el más extendido, su funcionamiento es muy similar al funcionamiento de un sistema de calefacción tradicional por emisores térmicos como radiadores, que, junto con una caldera u otro tipo de fuente de generación de calor, forman un circuito cerrado. La diferencia reside en el emisor, mientras en un sistema tradicional los radiadores son fuentes de emisión puntuales, en el suelo radiante los tubos colocados de manera superficial por debajo de todo el pavimento de la estancia consiguen una emisión del calor mucho más homogénea.

Los tubos instalados en el sistema de suelo radiante están colocados formando una especie de remolino a modo de meandro, separados entre ellos por una distancia comprendida entre los 8 y los 30 cm.



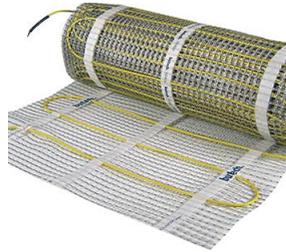
Ilustración 86. Instalación de suelo radiante. 2014. E-ficiencia

La principal ventaja de este sistema, es que la temperatura del fluido calor-transportador que fluye por las tuberías es relativamente baja, una temperatura comprendida entre los 35°C y 45°C, frente a los 90°C que suele utilizar un sistema con radiadores.

Por este motivo, este sistema es muy adecuado para usarlo junto con emisores solares térmicos, ya que la temperatura necesaria por el fluido calor-transportador es fácilmente alcanzable con estos elementos. Para su correcto funcionamiento se suele usar un sistema de regulación formado por una válvula de tres vías y una central de control, las cuales mezclan fluido de ida con fluido de retorno para no exceder la temperatura de confort. Este sistema también necesita de una fuente de generación de calor auxiliar para aquellos momentos en los que la fuente de calor natural es baja, o en aquellos periodos del año en los que más calor se necesita que justamente son los días más cortos del año.

Sistemas de calentamiento por electricidad

Es el sistema menos utilizado, consiste en extender un manto de conductores que a modo de resistencias eléctricas consiguen generar calor. Este sistema es menos eficiente que el mencionado anteriormente, y su consumo energético es superior.



*Ilustración 87. Malla eléctrica.
2012. Butech*

Tras el estudio de ambos sistemas, para la construcción de la vivienda objeto de estudio, el sistema utilizado será el sistema de suelo radiante con calentamiento por agua caliente, que junto con los paneles solares térmicos y una pequeña caldera de biomasa a modo de equipo de apoyo serán los encargados de suministrar calefacción y ACS a la vivienda de la manera más eficiente.

2. Caldera biomasa

La caldera de biomasa es un sistema de caldera que utiliza como combustible elementos naturales para generar calefacción y agua caliente en una vivienda. Algunos de estos combustibles naturales pueden ser cáscaras de frutos secos, residuos forestales, pellets de madera o huesos de aceitunas. Por este motivo las calderas de biomasa están consideradas las más ecológicas.



Ilustración 88. Caldera de biomasa. 2014. Ecologismos

Este tipo de calderas funcionan de manera similar a los demás tipos de calderas, el combustible entra en la cámara de combustión, es quemado generando calor y este calor es transmitido al fluido calor-transportador por medio de un serpentín ubicado dentro de la caldera.

Este tipo de caldera, al igual que las calderas de gasóleo, requieren de un lugar donde almacenar el combustible de forma que puede ser utilizado según demande la caldera, en este caso son tolvas o pequeños silos en los que por medio de un sinfín controlado por la propia caldera se alimenta al quemador.

Ventajas de la caldera de biomasa

La principal ventaja de este sistema es que su combustible proviene de desechos naturales, por lo tanto el impacto ambiental es mínimo. Además, por este motivo se contribuye a la limpieza de montes que

ayuda a reducir la cantidad de incendios o al uso de residuos provenientes de industrias madereras.

Por otro lado su precio, además de más bajo, es más estable en el tiempo que sus competidores los combustibles fósiles o la electricidad, además esta menos gravado.

Inconvenientes de la caldera de biomasa

Las calderas de biomasa disponen de un menor poder calorífico que las calderas de combustibles fósiles, aproximadamente la mitad, lo cual significa que para proporcionar la misma energía calorífica requieren de casi el doble de combustible. Este inconveniente se nota principalmente en el espacio, ya que se necesita mucho más espacio para almacenar el biocombustible. A modo de ejemplo, si en un año se consume 1.000 litros de combustible fósil, (gasoil, por ejemplo) para comparar el espacio que ocuparía el biocombustible, (pellet por ejemplo) y sabiendo que el pellet tiene una densidad aproximada de 650 kg/m^3 , haría falta un espacio de 3m^3 para cubrir las necesidades de producción. Además de la necesidad del lugar de almacenaje, la caldera dispone de una tolva o silo con una capacidad determinada, lo cual, esta debería ser recargada de forma periódica.

Otro inconveniente es que, en el periodo de combustión, se genera ceniza, que de igual forma deberá ser extraída periódicamente. Estas actividades pueden ser realizadas por el propietario o por una empresa contratada para ello.

3. Unidad de climatización

Una vez visto el sistema de calefacción, vamos a ver como se puede resolver el problema del enfriamiento de la vivienda en verano. Como hemos visto anteriormente la vivienda cuenta con un novedoso diseño

el cual permite ventilar perfectamente la vivienda en épocas de calor, aún así esto puede no ser suficiente para lograr una temperatura de confort en épocas de máximo calor. Para ello hay que utilizar algún sistema que nos permita servir de apoyo a los sistemas pasivos diseñados, de forma que el consumo de energía sea lo más eficiente posible.



Ilustración 90. Unidad exterior. 2016. Mitsubishi



Ilustración 89. Unidad interior. 2016. Mitsubishi

Para ello se ha instalado un sistema de aire acondicionado compuesto por una unidad interior ubicada en el techo del almacén, que posteriormente impulsará el aire frío por los conductos, y una unidad exterior situado bajo la zona de terraza.

Para su instalación, aún siendo un sistema de apoyo y cuya potencia no se ha tenido en cuenta en el diseño de la vivienda, sabemos que debe ser un equipo de solo refrigeración y de máxima eficiencia, para ello el modelo elegido debería ser de clase energética A++ o superior.

El funcionamiento será el siguiente:

La unidad interior, situada en el techo, tiene dos tomas de admisión, una de ellas proviene del sistema de ventilación enterrado y la otra proviene de los conductos de recirculación. Unos sensores instalados en ambas

tomas y controlados por Arduino, toman lecturas de temperatura constantemente, y tras estas lecturas, por medio de las compuertas de las tomas de admisión, se abre aquella el cual la temperatura del aire sea inferior, cerrando la otra en el mismo momento.

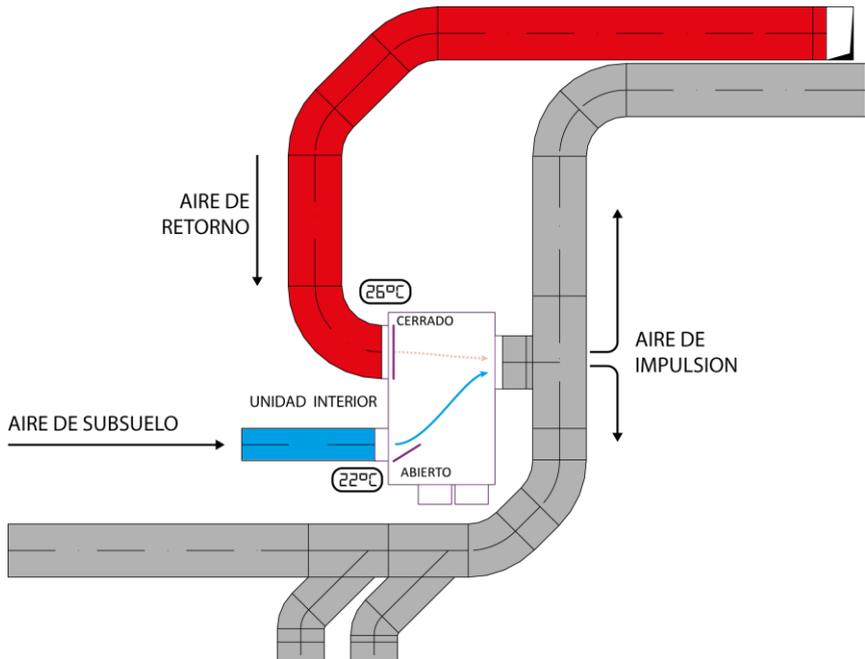


Ilustración 91. Esquema de sistema de ventilación. 2016. Fuente propia

4. Sistema iluminación 12v

Para conseguir ser autosuficiente eléctricamente, y tras elegir un sistema de instalación fotovoltaica aislada de la red, hay que pensar como reducir al máximo el consumo eléctrico. No hay que decir, que todos los electrodomésticos que se instalen en la vivienda tiene que ser de la clase energética más alta en su tipo, como mínimo A++, así como

concienciarnos de que su uso será restringido a ciertos horarios en los que la producción eléctrica es más alta, el caso de lavadoras, secadoras o lavavajillas, serán puestos en funcionamiento en las horas del día de máxima producción eléctrica.

La instalación de iluminación de la vivienda, estará formada por lámparas cuyos elementos de iluminación sean constituidos por LED, de forma que se garantice el mínimo consumo.

En este punto, además, estudiaremos como reducir el consumo eléctrico de la instalación eléctrica de la vivienda, para ello hay que comprender como funciona un sistema fotovoltaico aislado.

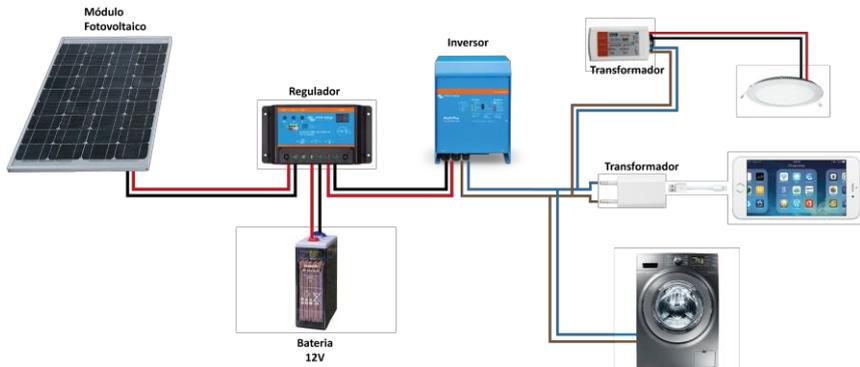


Ilustración 92. Esquema de instalación con transformadores. 2016. Fuente propia

Por una parte, se encuentra los módulos fotovoltaicos, los cuales producen electricidad en corriente continua con voltajes comprendidos entre 6 y 48 voltios (12V en el caso de esta vivienda) siempre en corriente continua. A continuación, esta corriente pasa por un regulador de tensión el cual la estabiliza para que pueda ser usada en la vivienda y almacenada en las baterías estacionarias. Después, y para poder usarla en la vivienda, no olvidemos que la mayoría de electrodomésticos usan

230V AC, se necesita un inversor el cual realiza la conversión de 12V CC a 230V AC, con el fin de distribuirla por todos los circuitos eléctricos de la vivienda.

Pensándolo bien, hoy en día, utilizamos muchos aparatos que una vez conectados a la red eléctrica de nuestra vivienda, requieren de un transformador a corriente continua, algunos de estos aparatos pueden ser teléfonos, tabletas, luminarias de LED, televisores, ordenadores portátiles, etc. de forma que se está realizando de nuevo el proceso a la inversa.

De este modo, se está desperdiciando parte de la energía, el inversor de corriente tiene un rendimiento, entorno al 90% y posteriormente el transformador de corriente también tiene otras pérdidas energéticas producidas por ejemplo por calor, de forma que además de realizar un trabajo inútil, se está desaprovechando parte de la energía producida por los paneles fotovoltaicos.

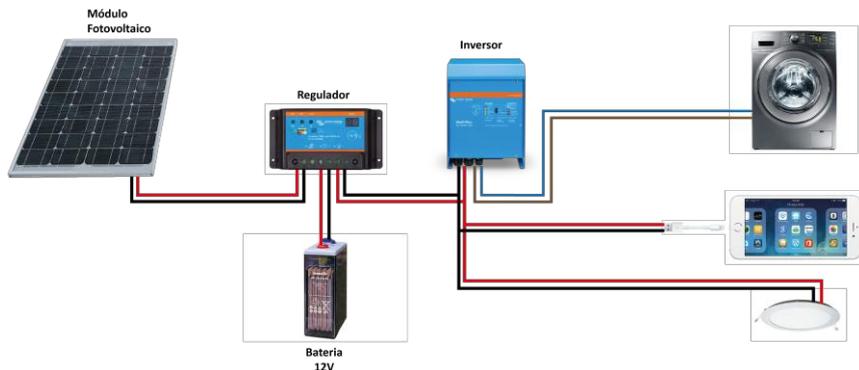


Ilustración 93. Esquema de instalación sin transformadores. 2016. Fuente propia

La propuesta pasa por instalar todo el circuito de iluminación de la vivienda en 12 Voltios CC, así como colocar tomas de corriente por

medio de USB en cada una de las estancias (para cargar teléfonos por ejemplo), de forma que todos estos circuitos no tengan que pasar obligatoriamente por el inversor y posteriormente por un transformador.

5. Sistema de seguimiento solar

Como hemos visto anteriormente, un punto muy importante en la instalación de paneles solares, ya sean térmicos o fotovoltaicos, es conseguir las mínimas pérdidas posibles. Para ello se buscaron soluciones de seguimiento solar, donde la posibilidad es 1 eje o 2 ejes.

Frente al rendimiento medio de paneles instalados en soportes fijos y con una correcta orientación e inclinación, un soporte móvil con un sistema de seguimiento solar de 1 eje (normalmente el eje vertical) se puede conseguir un incremento de producción de entre un 15 y un 28%, con un aumento del coste del 15%. De igual forma un soporte con un sistema de seguimiento solar de 2 ejes se puede llegar a conseguir un incremento de la producción del 38% con un incremento del coste del 20%. De este modo la opción más interesante, sobre todo para una instalación con un sistema aislado de la red, es la opción de soporte con sistema de seguimiento solar de 2 ejes.

Existen empresas dedicadas a la fabricación de soportes con sistemas de seguimiento solar, pero estos soportes son de gran tamaño, normalmente para granjas fotovoltaicas, en las que los soportes son grandes postes con capacidad para más de 100m² de paneles.



Ilustración 94. Torre seguidor solar. 2016. Ades

De esta forma, al no encontrar un soporte móvil con sistema de seguimiento solar que fuese viable colocar en la cubierta de un edificio, se estudió la forma de diseñar uno propio que se adaptase a las características de la vivienda.

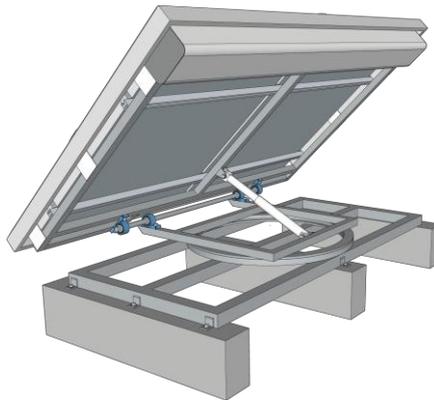


Ilustración 95. Soporte seguidor solar. 2016. Fuente propia

Se diseñó un soporte fabricado con perfilería normalizada, de forma que fuese fácil de encontrar y con un coste reducido, el cual junto con un rodamiento circular y unos soportes de brida para cojinetes, forman la parte mecánica.



*Ilustración 96. Rodamiento circular.
2013. Alicdn*



*Ilustración 97. Soporte cojinete. 2013.
Norelem*

La parte eléctrica del soporte, también se diseñó de forma que fuese fácilmente integrable y que se pudiese controlar por medio de Arduino para generar los movimientos deseados. Estos son dos servomotores, uno circular y uno lineal.



*Ilustración 99. Servomotor. 2012.
Mectrol*



*Ilustración 98. Servomotor lineal.
2014. Electronicaembajadores*

Además, se integró un cajón y unas guías de un compacto, con un motor tubular de 12V, de forma que en el mismo soporte se pudiese integrar el sistema de protección contra sobrecalentamientos, así como evitar daños en días de tormentas con granizos o fuertes vientos.



Ilustración 101. Grado de giro. 2016. Fuente propia

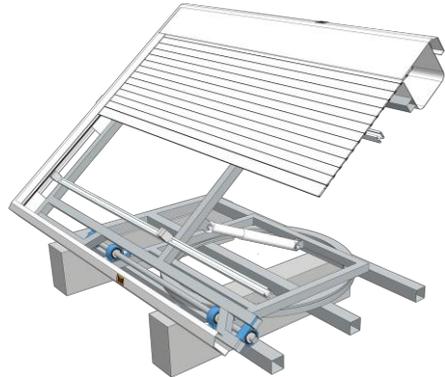


Ilustración 100. Detalle soporte. 2016. Fuente propia

El soporte es capaz de acoger dos paneles de 1,2 x 1 metros, y de realizar movimientos de 87° en el eje horizontal para compensar la inclinación del Sol, y de 170° para corregir la orientación solar. Así como en caso de fuertes vientos y tormentas, irse a una posición de “defensa” (3° respecto a la horizontal) y cerrar la persiana para proteger los paneles.

El sistema funciona por medio de unas fotorresistencias, que por medio de un algoritmo de comparación es capaz de controlar los motores para regular los ángulos necesarios que aseguren que los paneles estén siempre perpendiculares al Sol.

6. Piscina natural

En este tipo de vivienda, como en el resto de edificaciones vecinas, es prácticamente indispensable la instalación de una zona de baño para las épocas más calurosas del año. Una piscina es un elemento que además de su construcción, normalmente tiene unos gastos en agua y en químicos que aseguren la durabilidad del agua importantes. Pero existen formas de construcción y mantenimiento de piscinas más respetuosas con el medio ambiente, se trata de las piscinas ecológicas.



Ilustración 102. Piscina ecológica. 2015. Davidwolfe

Una piscina ecológica, también llamada biopiscina o piscina natural, es un tipo de piscina que no requiere de productos químicos para su depuración tales como cloro o sal, sino que en su lugar el proceso de depuración se realiza mediante plantas naturales.

En una piscina de este tipo, las plantas usadas para el proceso de depuración ayudan a oxigenar el agua de modo que eliminan nutrientes, de forma que no se propaguen algas o microorganismos no deseados,

como las larvas de mosquito. Una piscina natural no es un lugar considerado como estéril, es más bien un lago natural, por lo que existen multitud de bacterias, pero su cantidad forma un equilibrio ecológico.

Normalmente, lo que consideramos “vaso” de la piscina, esta separado en dos zonas principales, por un lado la zona del baño, y por otro lado la zona de depuración.

El lugar donde se encuentra la zona de depuración, esta construido a base de gravas, arenas y piedras volcánicas, que junto con las plantas sirven de sustratos de filtrado. Una bomba hidráulica bombea el agua de la zona de baño a la zona inferior de la zona de depuración, pero antes esta puede pasar por otro tipo de filtros.



Ilustración 103. Sistema de filtrado por gravedad. 2015. Davidwolfe

Estos filtros pueden ser, una especie de barriles, en los que el agua cae en cascada debido a la diferencia de cota entre estos. Luz UV, filtrado

por gravas o esponjas son algunos de los filtros que se instalarían en el foso de la piscina bajo la pérgola.

Una vez pasada el agua por estos filtros, el agua es bombeada de nuevo en la parte inferior de la zona de depuración, donde las plantas ubicadas ahí terminan de depurar las aguas.

La construcción de esta piscina, se realiza sin hormigón, únicamente con productos naturales, tras la excavación, se limpia el terreno y se coloca un geotextil para impedir que la lámina de impermeabilización se deteriore por el contacto con el mismo.



Ilustración 104. Lámina geotextil. 2015. Davidwolfe

A continuación, se coloca la lámina y seguidamente otro geotextil.



Ilustración 105. Lámina impermeabilizante. 2015. Davidwolfe

El vaso de la piscina se termina con piedras, normalmente bloques trabajados anteriormente, aunque también es posible realizarla por medio de mampuestos o sillares. Estos bloques son colocados de forma natural, sin utilizar ningún tipo de mortero.



Ilustración 106. Muro vaso de piscina. 2015. Davidwolfe

La zona de depuración, es construida a base de grabas y arenas, separada por bloques de piedra para impedir que la arena se pase a la zona de baño.



Ilustración 107. Zona de baño y zona de depuración. 2015. Davidwolfe

7. Instalación domótica Arduino

Una vez estudiadas todas las partes que componen la vivienda, el diseño de sus sistemas pasivos y las instalaciones en sus sistemas activos, vamos a ver como Arduino puede integrarse en ella, controlar elementos y realizar operaciones repetitivas que nos ahorran trabajo en nuestro día a día, así como hacerlo de una forma más eficiente a como lo haría una persona.

Explicar como instalar Arduino como unidad controladora en una instalación domótica de una vivienda, podría extenderse tanto que se

podrían crear varios TFG, de manera que en este punto vamos a ver de forma resumida, algunos puntos en los que sería de utilidad.

Los puntos en los que nos centramos en este apartado, son los puntos más básicos, y desde un origen de funcionamiento mínimo. En primer lugar, explicaremos como configurar nuestro usuario y contraseña para acceder al módulo Bluetooth, a partir del cual podremos acceder desde un terminal Android y controlarlo de forma remota desde la vivienda. Posteriormente, se verán los siguientes ejemplos:

- Sensor de detección de gas Metano.
- Control del grado de giro de la pérgola bioclimática.
- Conexión desde un dispositivo Android.
- Encendido de luces de forma remota desde dispositivo.
- Control de persianas desde dispositivo
- Apertura de puertas de forma remota desde dispositivo.
- Conexión con Arduino desde un navegador web.
- Control de temperaturas en sistema enterrado.
- Sistema de seguimiento solar de 2 ejes.

Lo primero que se debe tener en cuenta es como se va a configurar el acceso a Arduino, en este ejemplo, veremos como son las conexiones del Arduino con el módulo Bluetooth HC-06, así como el código para su configuración de forma que solo puedan acceder a él las personas autorizadas.

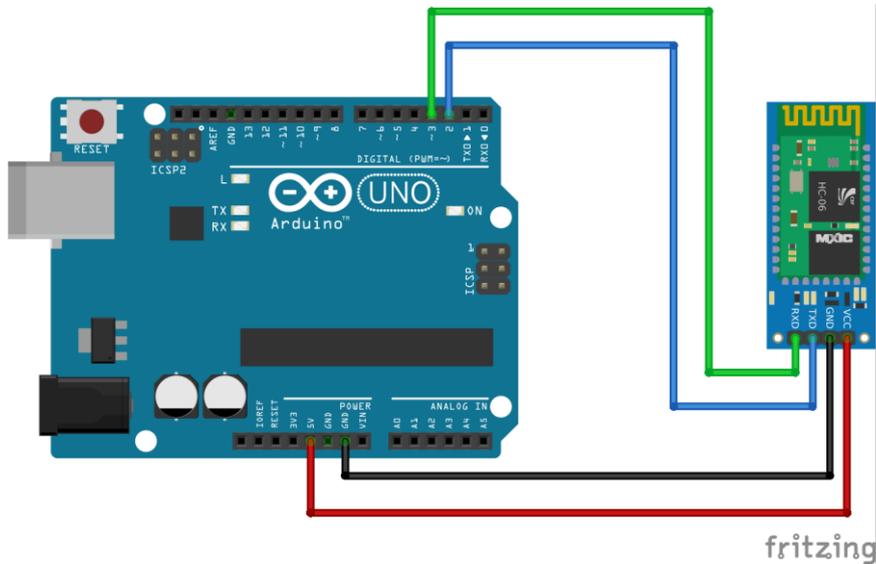
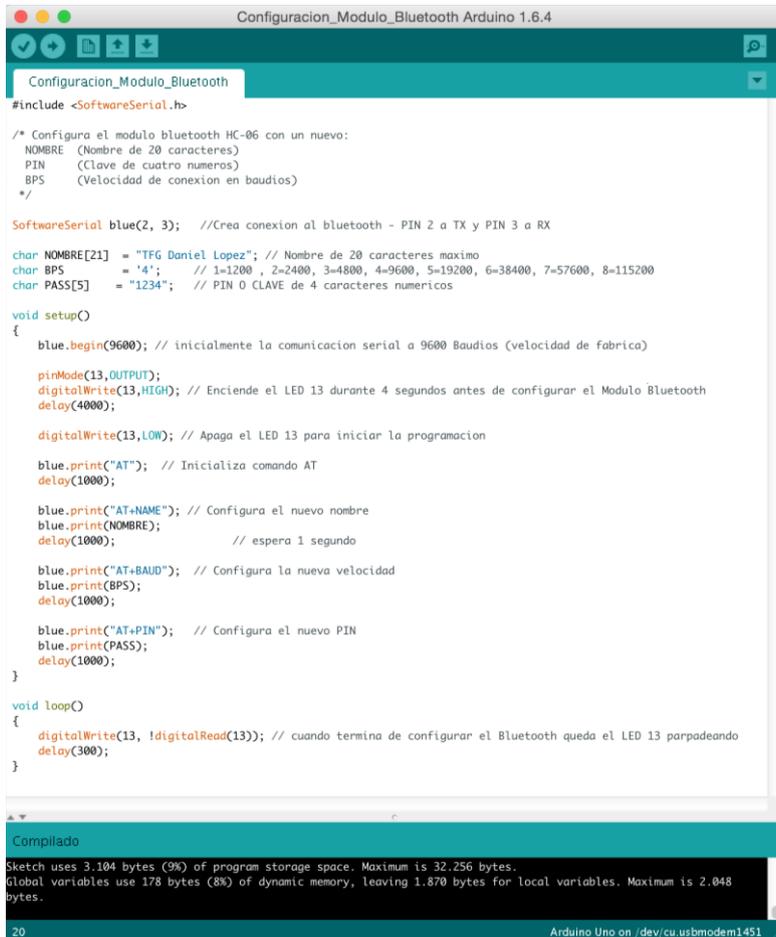


Ilustración 108. Esquema de conexión Arduino y HC-06. 2016. Fuente propia

Una vez visto el esquema comprobamos el código necesario donde aparece la comunicación serial y las variables de tipo char con los nuevos valores.



```

Configuracion_Modulo_Bluetooth Arduino 1.6.4
Configuracion_Modulo_Bluetooth
#include <SoftwareSerial.h>

/* Configura el modulo bluetooth HC-06 con un nuevo:
  NOMBRE (Nombre de 20 caracteres)
  PIN (Clave de cuatro numeros)
  BPS (Velocidad de conexion en baudios)
  */

SoftwareSerial blue(2, 3); //Crea conexion al bluetooth - PIN 2 a TX y PIN 3 a RX

char NOMBRE[21] = "TFG Daniel Lopez"; // Nombre de 20 caracteres maximo
char BPS = '4'; // 1=1200, 2=2400, 3=4800, 4=9600, 5=19200, 6=38400, 7=57600, 8=115200
char PASS[5] = "1234"; // PIN 0 CLAVE de 4 caracteres numericos

void setup()
{
  blue.begin(9600); // inicialmente la comunicacion serial a 9600 Baudios (velocidad de fabrica)

  pinMode(13,OUTPUT);
  digitalWrite(13,HIGH); // Enciende el LED 13 durante 4 segundos antes de configurar el Modulo Bluetooth
  delay(4000);

  digitalWrite(13,LOW); // Apaga el LED 13 para iniciar la programacion

  blue.print("AT"); // Inicializa comando AT
  delay(1000);

  blue.print("AT+NAME"); // Configura el nuevo nombre
  blue.print(NOMBRE);
  delay(1000); // espera 1 segundo

  blue.print("AT+BAUD"); // Configura la nueva velocidad
  blue.print(BPS);
  delay(1000);

  blue.print("AT+PIN"); // Configura el nuevo PIN
  blue.print(PASS);
  delay(1000);
}

void loop()
{
  digitalWrite(13, !digitalRead(13)); // cuando termina de configurar el Bluetooth queda el LED 13 parpadeando
  delay(300);
}

Compilado
Sketch uses 3.104 bytes (9%) of program storage space. Maximum is 32.256 bytes.
Global variables use 178 bytes (8%) of dynamic memory, leaving 1.870 bytes for local variables. Maximum is 2.048 bytes.

20 Arduino Uno on /dev/cu.usbmodem1451

```

Ilustración 109. Código de configuración Bluetooth. 2016. Fuente propia

A continuación, se muestra el esquema de cada uno de los ejemplos nombrados anteriormente. Su correspondiente código estará en el anexo.

- Sensor de detección de gas Metano.

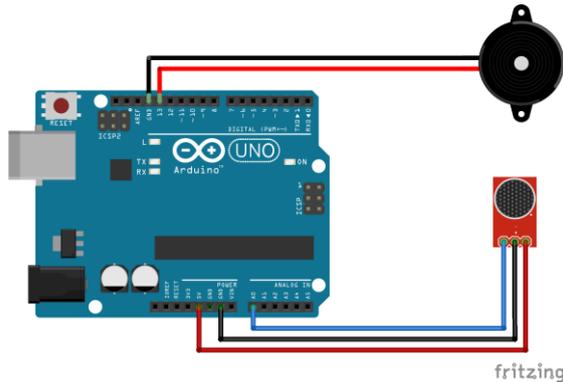


Ilustración 110. Esquema de conexión de detector. 2016. Fuente propia

- Control del grado de giro de la pérgola bioclimática.

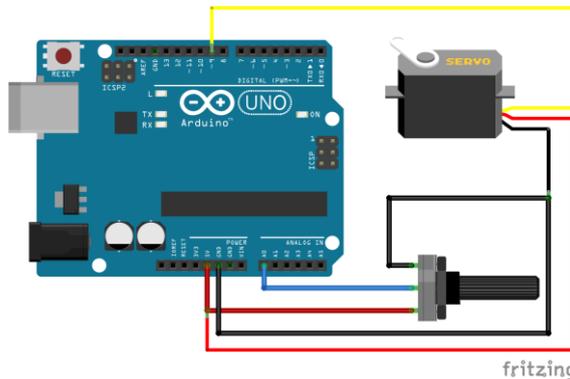


Ilustración 111. Esquema de conexión de regulador pérgola. 2016. Fuente propia

- Conexión desde un dispositivo Android.

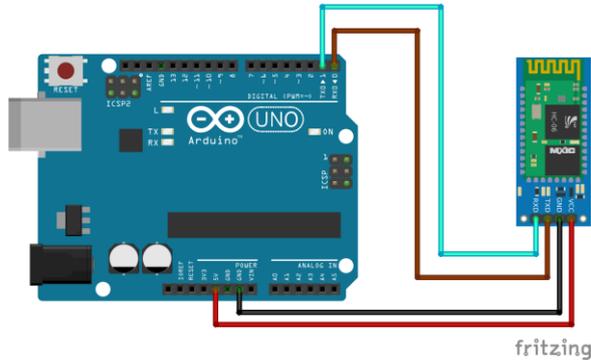


Ilustración 112. Esquema de conexión de Arduino con módulo Bluetooth. 2016. Fuente propia

- Encendido de luces de forma remota desde dispositivo.
- Control de persianas desde dispositivo
- Apertura de puertas de forma remota desde dispositivo.

El esquema de conexiones es idéntico para estas tres funcionalidades, este esquema usa para su funcionamiento módulos de relé, lo cual quiere decir que puede ser usado para infinidad de funciones.

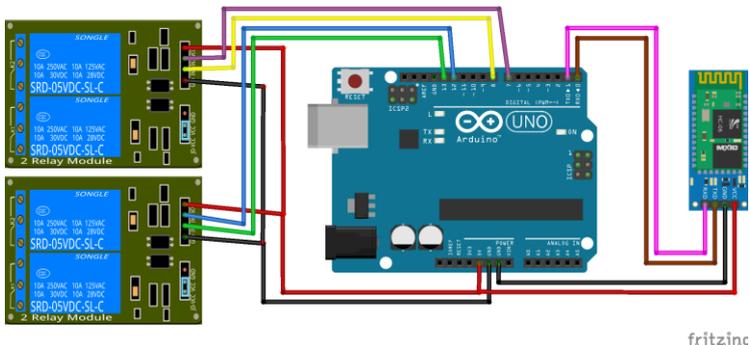


Ilustración 113. Conexión de Arduino con módulo Bluetooth y relé. 2016. Fuente propia

- Control de temperaturas en sistema enterrado.

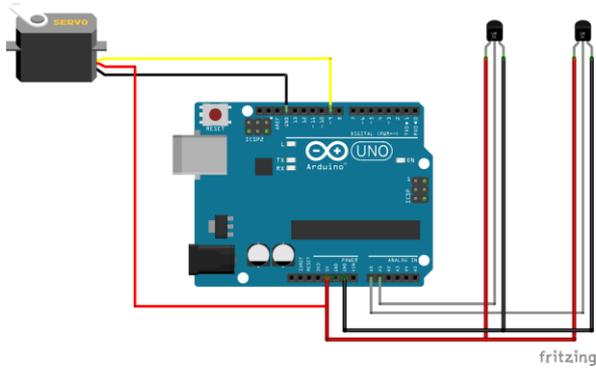


Ilustración 114. Esquema control de temperatura. 2016. Fuente propia

- Sistema de seguimiento solar de 2 ejes.

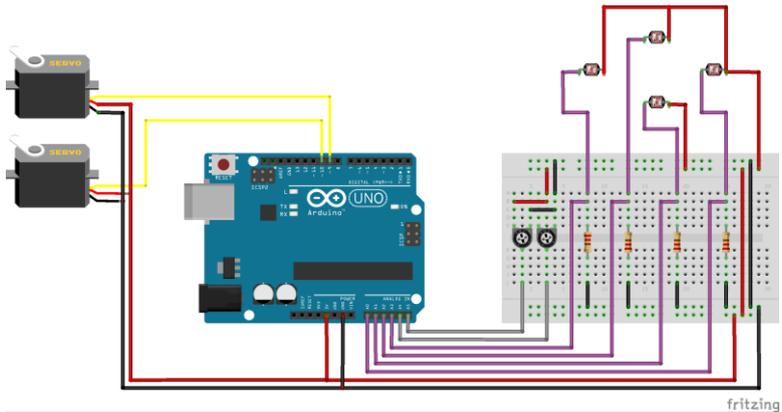


Ilustración 115. Esquema del seguidor solar de 2 ejes. 2016. Fuente propia

Capítulo 6. Conclusiones

1. Conclusiones

Tras la realización de este trabajo final de grado, se han obtenido multitud de conclusiones, algunas esperadas, pero otras no tanto. Esto se debe a que los criterios de construcción elegidos para la realización del proyecto, son en ocasiones inesperados. Preguntas del tipo ¿Cómo construir muros de carga?, ¿Qué tipo de madera utilizar?, o utilizar el mínimo hormigón y acero posible, se vuelven a su vez imposibles de realizar en viviendas de tipología diferente.

Todas las soluciones de bioconstrucción y arquitectura bioclimáticas estudiadas en el trabajo, pueden funcionar a la perfección en una vivienda de este tipo, es decir, una vivienda aislada con una gran parcela, pero que de otra forma sería imposible de implantar en otras tipologías edificatorias. Por otro lado, estas soluciones son de gran calidad para la ubicación del proyecto, pero podemos observar como pueden ser totalmente ineficaces en una ubicación diferente. Algunas de las técnicas o materiales usados en bioconstrucción, son considerados respetuosos con el medio ambiente, pero considero que esto es así por la pequeña cuota de mercado que estas viviendas representan, ya que su uso en grandes cantidades haría que fuese totalmente dañino para el medio ambiente.

La falta de información y falta de normativa en este campo, hace que su estudio sea mucho más parecido a un método de construcción basado en el ensayo-error. Aun así, este tipo de edificación, ofrece multitud de

ventajas en cuanto a ahorro de energía, contribución con el medio ambiente e integración con el paisaje.

Usar Arduino como parte del trabajo me ha resultado una experiencia magnífica, aumentar los conocimientos adquiridos en la carrera, con una formación complementaria en un área tan distinta, pero que se puede utilizar en multitud de aspectos en una vivienda, es muy gratificante. Realizar los esquemas electrónicos, el código informático o la aplicación para Android, han sido algunas de las cosas aprendidas en la realización del trabajo.

Realizar un sistema domótico basado en el hardware de Arduino, tiene infinidad de aplicaciones, realizar operaciones que las personas pasamos por alto, o servir de ayuda en acciones que podemos realizar de forma remota, abre un campo de posibilidades infinito. Además de que con este sistema no tenemos que preocuparnos de que fabricante de motores trabajar, de mecanismos, o que pasará si en el futuro se realiza una reforma, son algunas de las ventajas de un sistema libre.

Finalmente, considero que este proyecto puede servir de guión para la elaboración de un sistema domótico completo basado en Arduino, o incluso la realización de todos los cálculos necesarios para el dimensionado de las instalaciones usadas en el desarrollo de este trabajo.

Capítulo 7. Referencias

1. Referencias bibliográficas

Libros y revistas

Eusebio J. Martínez Conesa, Arturo García Agüera. *Energía solar en edificación.* Bellisco ediciones. 2015

Lorena Farràs Pérez. *Exteriores ecológicos 50 soluciones para un hogar más sostenible.* Promopress. 2012

Luis de Garrido. *Un nuevo paradigma en arquitectura.* Instituto Monsa de Ediciones. 2012

Ministerio del interior. *Código técnico de la edificación.* Leynfor Siglo XXI, 2006

Joan Ribas Lequerica. *Manual imprescindible de Arduino práctico* Anaya Multimedia. 2013

Óscar Torrente Artero. *Arduino : curso práctico de formación.* RC Libros. 2013

Sitios Web

<http://www.torrent.es/torrentPublic/inicio/serveis/urbanisme>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Bioconstrucci%C3%B3n>

https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_bioclim%C3%A1tica

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

<http://www.rothoblaas.com/es/es/proyectistas/myproject-35.html>

<http://www.bricomarkt.com/madera/vigas-de-madera/calculo-resistencia-vigas/calculo-resistencia-vigas.htm>

<http://www.valux.es/puertas-autoblocantes/puerta-autoblocante-vs-300>

<https://www.pladur.com/es-es/arquitectos/documentacion-tecnica/Paginas/documentos-tecnicos.aspx>

<https://bimobject.com/es>

<http://saint-gobain-pam.es/saneamiento-y-edificacion/saneamiento-edificacion/111-gama-pam-elixair>

<http://www.saxun.com/pergola-bioclimatica/>

<http://www.noarquitectura.es/t.html>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Termitero>

<http://www.ine.es/>

<https://www.victronenergy.com.es/>

<http://www.schluter.es/suelos-radiantes.aspx>

<http://www.solarweb.net/solar-fotovoltaica.php>

<http://www.davidwolfe.com/check-out-this-diy-natural-swimming-pool/>

Capítulo 8. Índice de figuras

1. Índice de Figuras

<i>Ilustración 1. Escudo Torrent. 2015. Wikipedia</i>	13
<i>Ilustración 2. Torre de Torrent. 2015. Flickr</i>	14
<i>Ilustración 3. Avda. al Vedat. 2015. Worldmapz</i>	15
<i>Ilustración 4. Auditorio de Torrent. 2015. Wikipedia</i>	16
<i>Ilustración 5. Integración de placas solares. 2015. Diarioinformacion</i>	17
<i>Ilustración 6. Vivienda integrada.2015. Oml</i>	18
<i>Ilustración 7. Cubierta ajardinada. 2015. Opcionbio</i>	19
<i>Ilustración 8. Materiales. 2015. Ecocosas</i>	21
<i>Ilustración 9. Estaciones .2015. Farfanestella</i>	22
<i>Ilustración 10. Arduino Uno. 2015. Wikipedia</i>	29
<i>Ilustración 11. Ethernet Shield. 2015. Sparkfun</i>	29
<i>Ilustración 12. Codigo Blink. 2016. Fuente propia</i>	31
<i>Ilustración 13. Plano emplazamiento. 2015. Fuente propia</i>	32
<i>Ilustración 14. Vista aérea. 2015. Google Maps</i>	33
<i>Ilustración 15. Ordenanzas subzona 7-A. 2015. Ayto. Torrent</i>	36
<i>Ilustración 16. Plano de zonas. 2016. Fuente propia</i>	37
<i>Ilustración 17. Dimensiones de zapatas. 2016. Fuente propia</i>	39
<i>Ilustración 18. Detalle de cimentación. 2016. Fuente propia</i>	40
<i>Ilustración 19. Detalle de unión. 2016. Rothoblass</i>	40
<i>Ilustración 20. Vigas de madera. 2016. static</i>	41
<i>Ilustración 21. Forjado mixto. 2015. Rothoblass</i>	43
<i>Ilustración 22. Detalle de muro. 2016. Fuente propia</i>	43
<i>Ilustración 23. Detalle cubierta. 2016. Fuente propia</i>	44
<i>Ilustración 24. Detalle cubierta 2. 2016. Fuente propia</i>	45
<i>Ilustración 25. Escalera porche. 2016. Fuente propia</i>	47
<i>Ilustración 26. Escalera cubierta. 2016. Fuente propia</i>	48

<i>Ilustración 27. Herramienta BIM Pladur. 2016. Fuente propia.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 28. Instalación de perfilera autoportante. 2016. Fuente propia....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 29. Vallado de fachada. 2016. Fuente propia</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 30. Puerta corredera. 2016. Fuente propia</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 31. Puerta peatonal. 2016. Fuente propia</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 32. Distintos vallados. 2016. Fuente propia.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 33. Puerta seccional garaje. 2016. Fuente propia</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 34. Carpintería mixta. 2016. Ventanasgranada</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 35. Clasificación de los suelos. 2006. CTE DB-SUA</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 36. Clase exigible a los suelos. 2006. CTE DB-SUA</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 37. Vista aérea vivienda. 2016. Fuente propia</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 38. Ventilación de fachada. 2016. Fuente propia</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 39. Ventilación en cubierta. 2016. Fuente propia</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 40. Pérgola bioclimática en alero. 2016. Fuente propia</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 41. Pérgola bioclimática. 2016. Giménez Ganga</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 42. Detalle pérgola bioclimática. 2016. Giménez Ganga.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 43. Detalle de recogida de aguas pérgola. 2016. Giménez Ganga .</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 44. Termitero. 2016. ddcuaem.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 45. Sección termitero. 2016. Eliminar-Termitas.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 46. Conducciones enterradas. 2016. Fuente propia.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 47. Ventilación por convección. 2016. Fuente propia</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 48. Ventilación sin retorno. 2016. Fuente propia.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 49. Ventilación con retorno. 2016. Fuente propia</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 50. Sistema de ventilación enterrado. 2016. Fuente propia</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 51. Consumo medio de agua. 2013. INE</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 52. Consumo de agua en una vivienda. 2009. VVAA</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 53. Depósitos de agua en el semisótano. 2016 Fuente propia</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 54. Bomba lavafaros. 2015. VDO.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 55. Depósito de cubierta. 2016. Fuente propia.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 56. Ángulos solares. 2016 Fuente propia.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 57. Declinación solar. 2016 Fuente propia.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 58. Relación entre latitud y longitud. 2016. Fuente propia</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 59. Órbita terrestre alrededor del Sol. 2014. Trajede</i>	<i>76</i>

<i>Ilustración 60. Tipos de propagación de la radiación. 2016. Fuente propia.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 61. Tipos de radiación. 2016. Fuente propia.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 62. Esquema de aprovechamiento de la energía solar térmica. 2016. Fuente propia</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 63. Soportes de paneles solares térmicos. 2014. Lampisteriamanelsalas.....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 64. Esquema de conexionado de colectores serie/paralelo. 2016. Fuente propia</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 65. Esquema de conexionado de colectores mixto. 2016. Fuente propia</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 66. Células solares en panel. 2014. Ingproy.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 67. Ramal fotovoltaico. 2013. Archiexpo</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 68. Aplicaciones de energía solar fotovoltaica. 2012. Rt.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 69. Esquema de utilización de un sistema solar fotovoltaico. 2016. Fuente propia</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 70. Tipos de edificios a instalar fotovoltaica. 2006. CTE.....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 71. Baterías utilizadas en sistemas fotovoltaicos. 2012. Domosolar</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 72. Regulador de carga. 2014. Amvarworld</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 73. Inversor de corriente. 2015. Victronenergy</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 74. Esquema de sistema conectado a la red. 2010. Cubasolar</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 75. Esquema de sistema aislado. 2016. Fuente propia.....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 76. Pérdidas límite. 2006. CTE</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 77. Soporte de panel. 2016. Fuente propia</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 78. Persianas cerradas. 2016. Fuente propia.....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 79. Sección persiana. 2016. Fuente propia</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 80. Pérdidas límite. 2006. CTE</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 81. Distancia mínima entre filas. 2016. Fuente propia</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 82. Valores significativos según la latitud. 2016. Fuente propia ..</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 83. Distribución de paneles orientados al Sur. 2016. Fuente propia</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 84. Distribución de paneles orientados al Sur-Oeste. 2016. Fuente propia</i>	<i>107</i>

<i>Ilustración 85. Distribución de paneles orientados al Oeste. 2016. Fuente propia</i>	108
<i>Ilustración 86. Instalación de suelo radiante. 2014. E-eficiencia</i>	110
<i>Ilustración 87. Malla eléctrica. 2012. Butech</i>	111
<i>Ilustración 88. Caldera de biomasa. 2014. Ecologismos</i>	112
<i>Ilustración 89. Unidad interior. 2016. Mitsubishi</i>	114
<i>Ilustración 90. Unidad exterior. 2016. Mitsubishi</i>	114
<i>Ilustración 91. Esquema de sistema de ventilación. 2016. Fuente propia</i>	115
<i>Ilustración 92. Esquema de instalación con transformadores. 2016. Fuente propia</i>	116
<i>Ilustración 93. Esquema de instalación sin transformadores. 2016. Fuente propia</i>	117
<i>Ilustración 94. Torre seguidor solar. 2016. Ades</i>	119
<i>Ilustración 95. Soporte seguidor solar. 2016. Fuente propia</i>	119
<i>Ilustración 96. Rodamiento circular. 2013. Alicdn</i>	120
<i>Ilustración 97. Soporte cojinete. 2013. Norelem</i>	120
<i>Ilustración 98. Servomotor lineal. 2014. Electronicaembajadores</i>	120
<i>Ilustración 99. Servomotor. 2012. Mectrol</i>	120
<i>Ilustración 100. Detalle soporte. 2016. Fuente propia</i>	121
<i>Ilustración 101. Grado de giro. 2016. Fuente propia</i>	121
<i>Ilustración 102. Piscina ecológica. 2015. Davidwolfe</i>	122
<i>Ilustración 103. Sistema de filtrado por gravedad. 2015. Davidwolfe</i>	123
<i>Ilustración 104. Lámina geotextil. 2015. Davidwolfe</i>	124
<i>Ilustración 105. Lámina impermeabilizante. 2015. Davidwolfe</i>	125
<i>Ilustración 106. Muro vaso de piscina. 2015. Davidwolfe</i>	125
<i>Ilustración 107. Zona de baño y zona de depuración. 2015. Davidwolfe</i>	126
<i>Ilustración 108. Esquema de conexión Arduino y HC-06. 2016. Fuente propia</i>	128
<i>Ilustración 109. Código de configuración Bluetooth. 2016. Fuente propia</i>	129
<i>Ilustración 110. Esquema de conexión de detector. 2016. Fuente propia</i>	130
<i>Ilustración 111. Esquema de conexión de regulador pérgola. 2016. Fuente propia</i>	130

<i>Ilustración 112. Esquema de conexión de Arduino con módulo Bluetooth. 2016.</i>	
<i>Fuente propia</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 113. Conexión de Arduino con modulo Bluetooth y relé. 2016.</i>	
<i>Fuente propia</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 114. Esquema control de temperatura. 2016. Fuente propia</i>	<i>132</i>
<i>Ilustración 115. Esquema del seguidor solar de 2 ejes. 2016. Fuente propia .</i>	<i>132</i>

Anexos

Anexo I : Estudio de asoleo

Anexo II: Planos

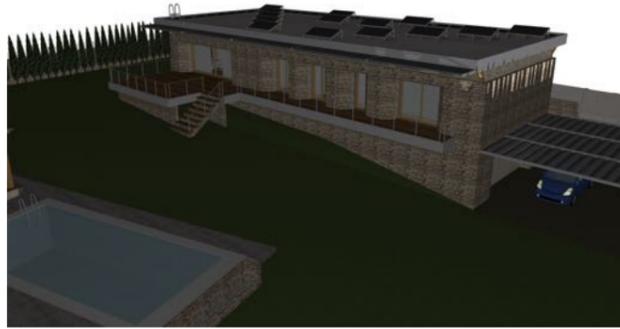
Anexo III: Código Arduino



Anexo I : Estudio de asoleo



7:00h



8:00h



9:00h



10:00h



11:00h



12:00h



13:00h



14:00h



15:00h



16:00h



17:00h



18:00h



19:00h



20:00h



21:00h



22:00h



7:00h



8:00h



9:00h



10:00h



11:00h



12:00h



13:00h



14:00h



15:00h



16:00h



17:00h



18:00h



19:00h



20:00h



21:00h



22:00h



7:00h



8:00h



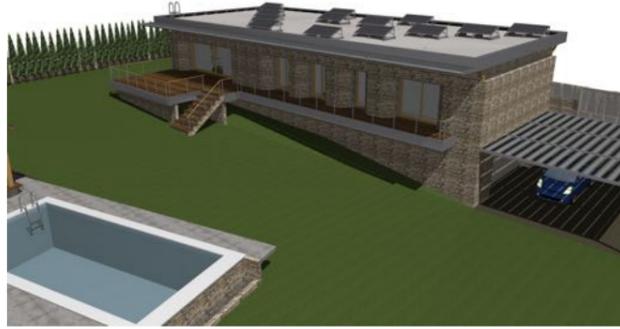
9:00h



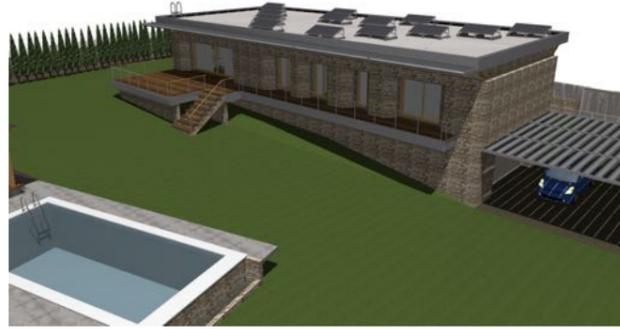
10:00h



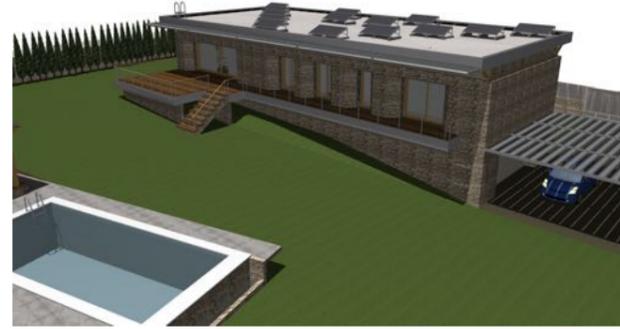
11:00h



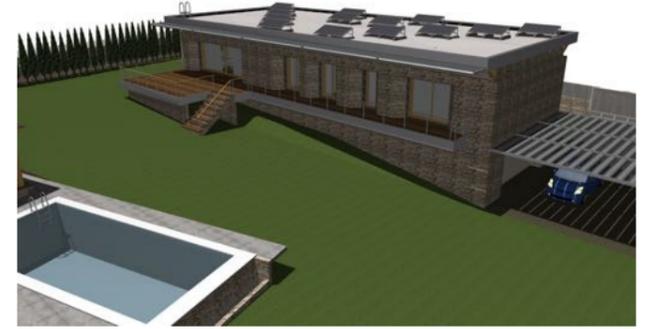
12:00h



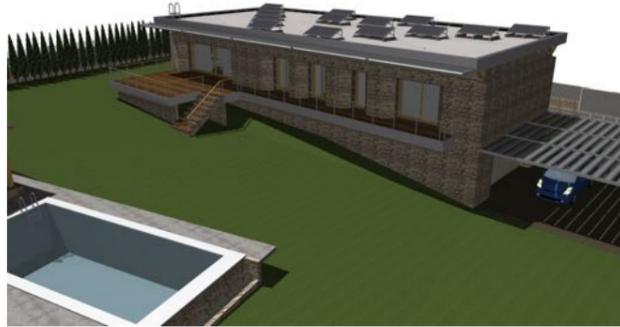
13:00h



14:00h



15:00h



16:00h



17:00h



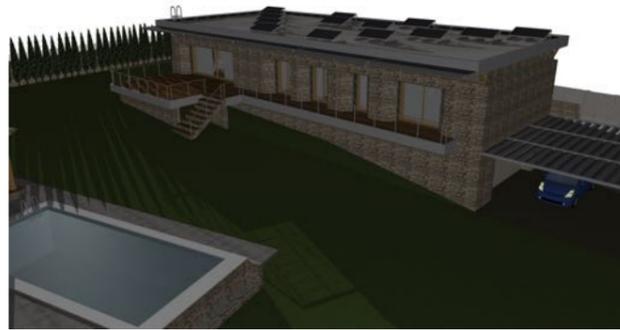
18:00h



19:00h



20:00h



21:00h



22:00h



7:00h



8:00h



9:00h



10:00h



11:00h



12:00h



13:00h



14:00h



15:00h



16:00h



17:00h



18:00h



19:00h



20:00h



21:00h



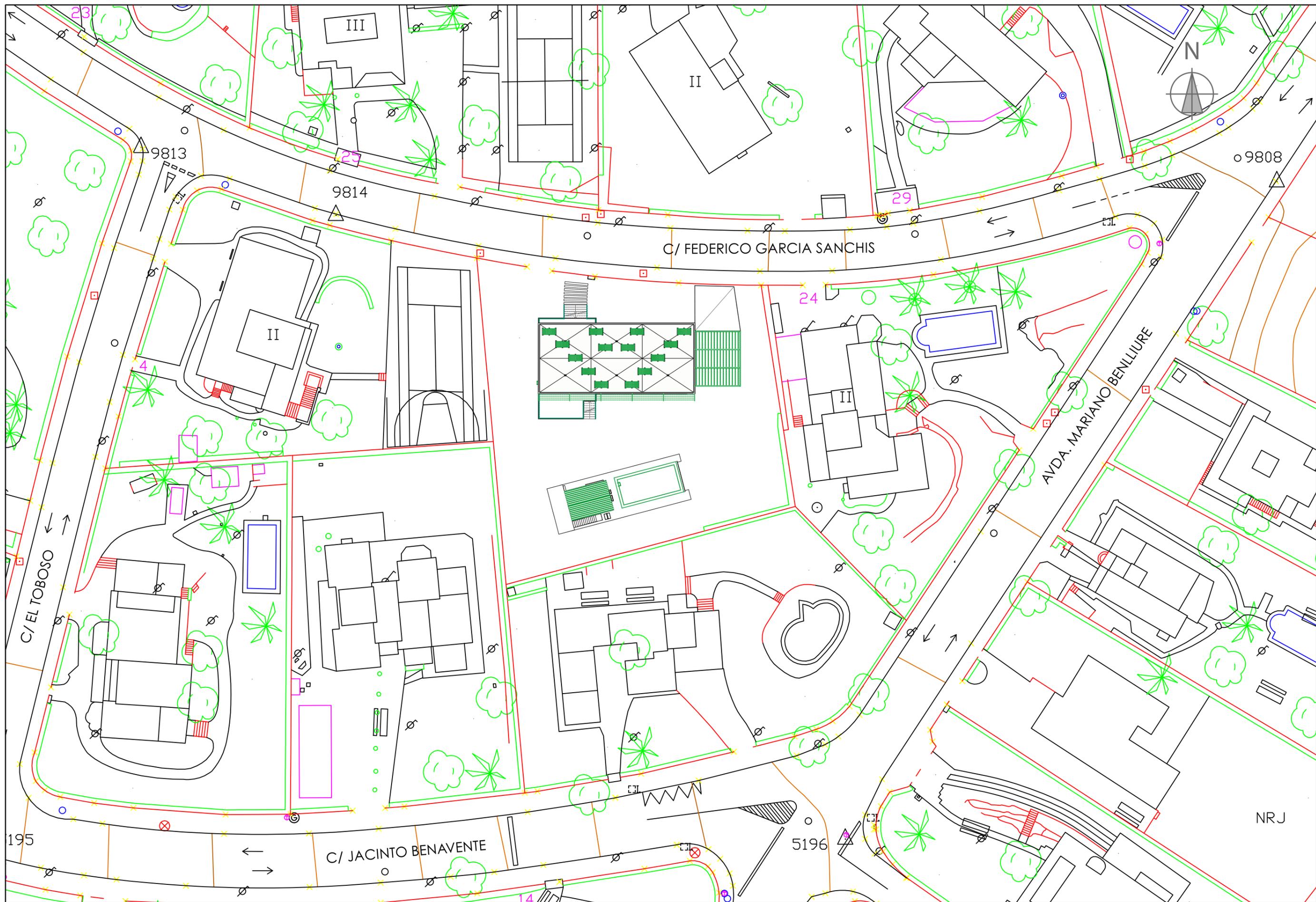
22:00h

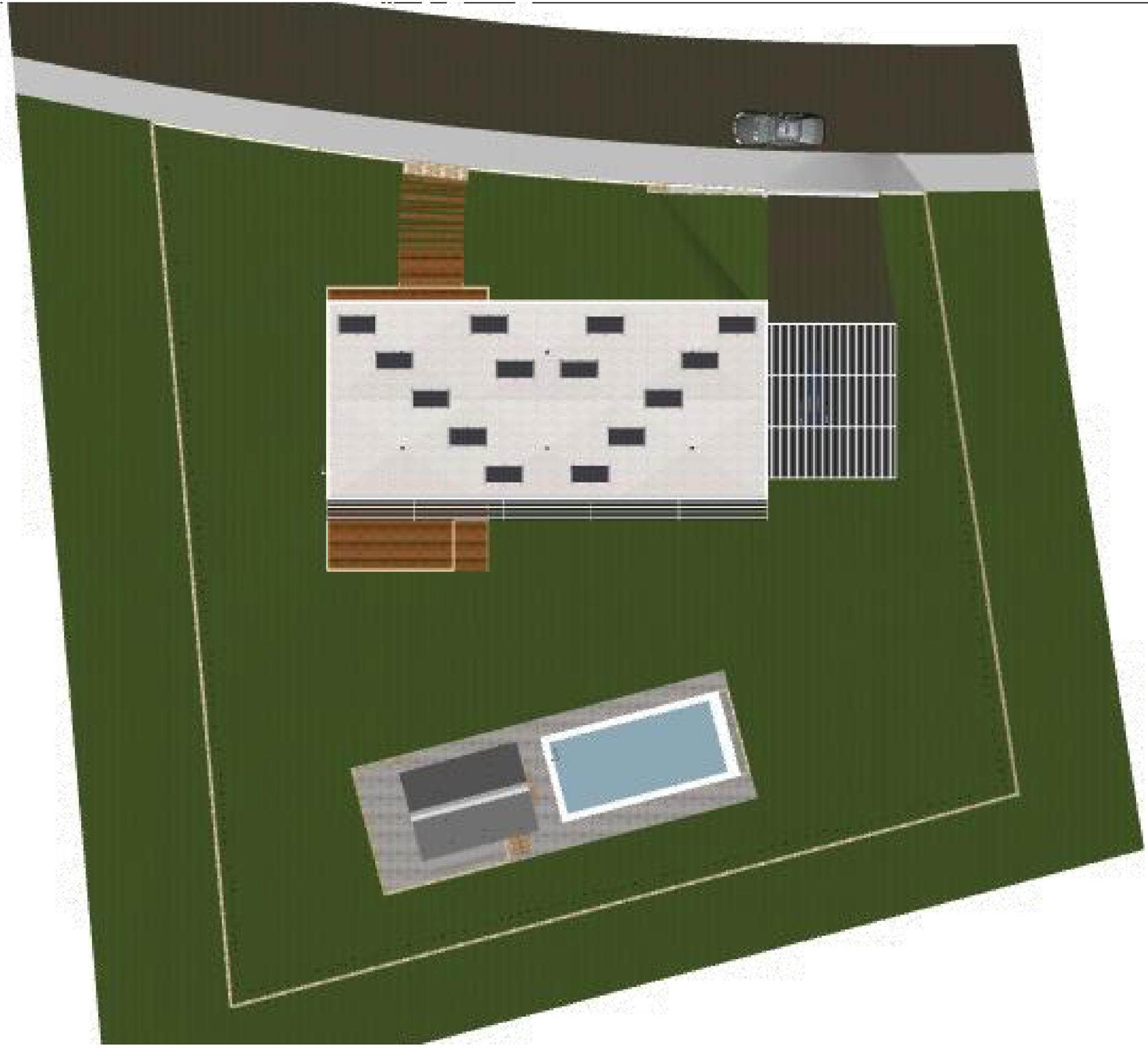




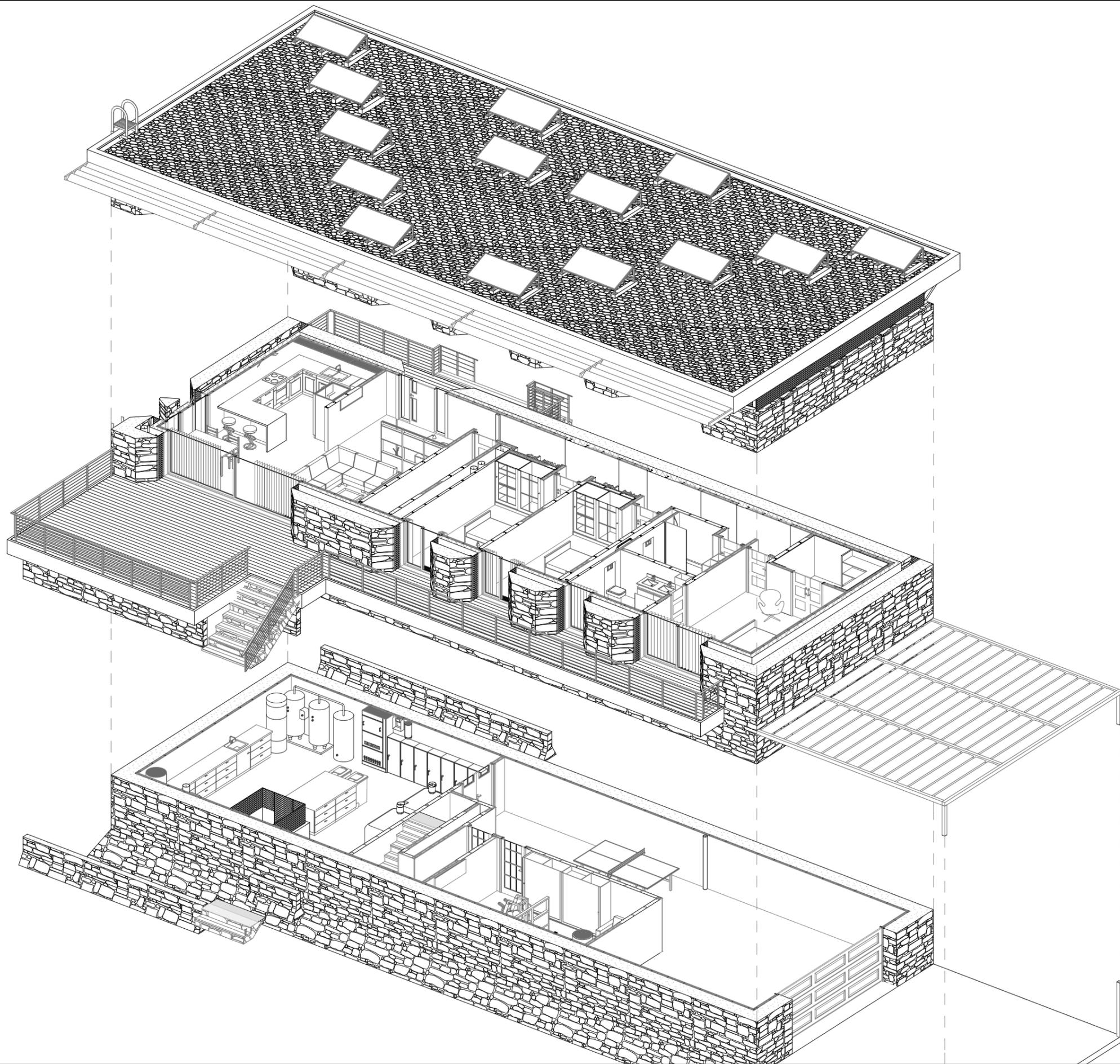
Anexo II: Planos

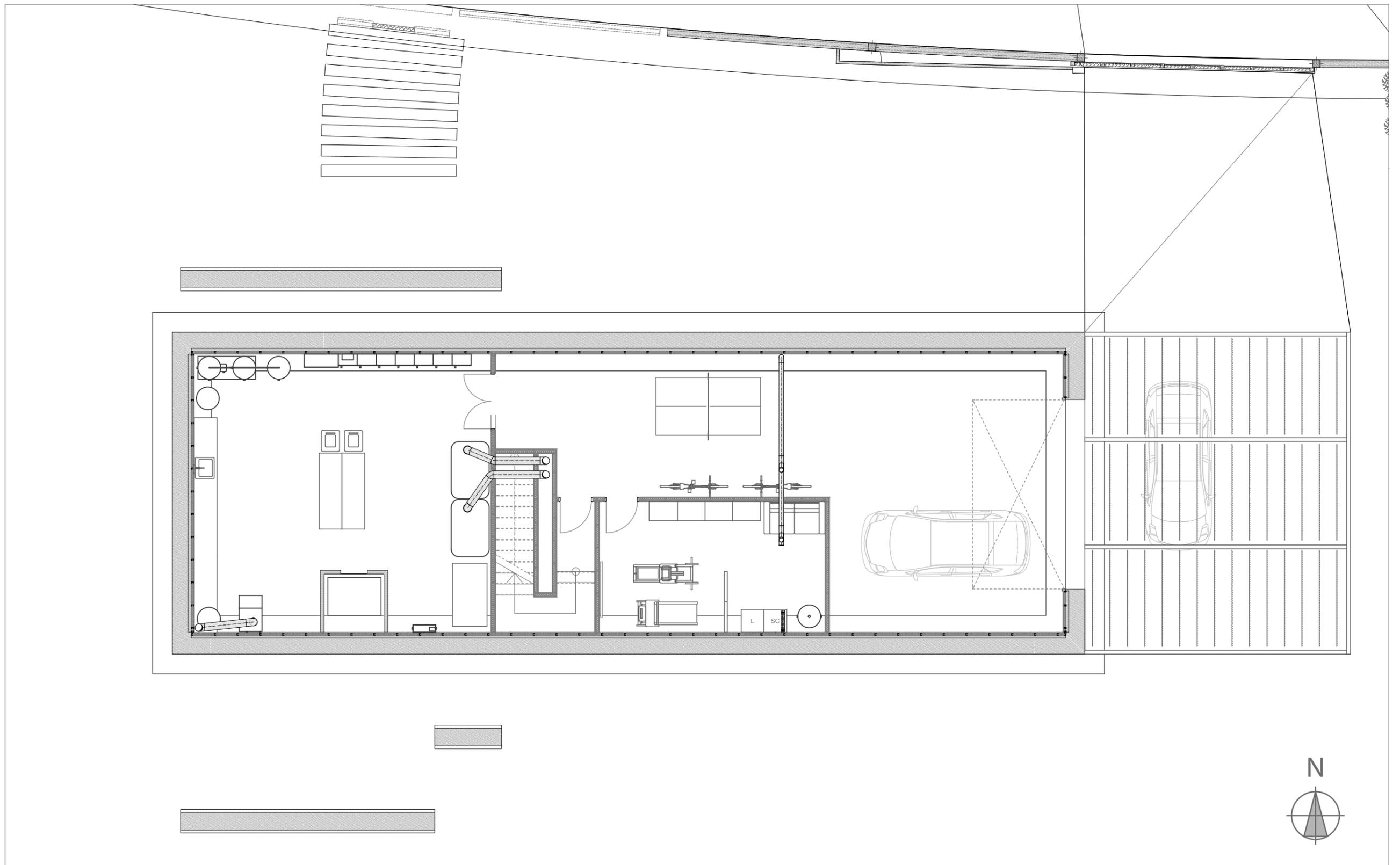






Perspectiva Axonométrica

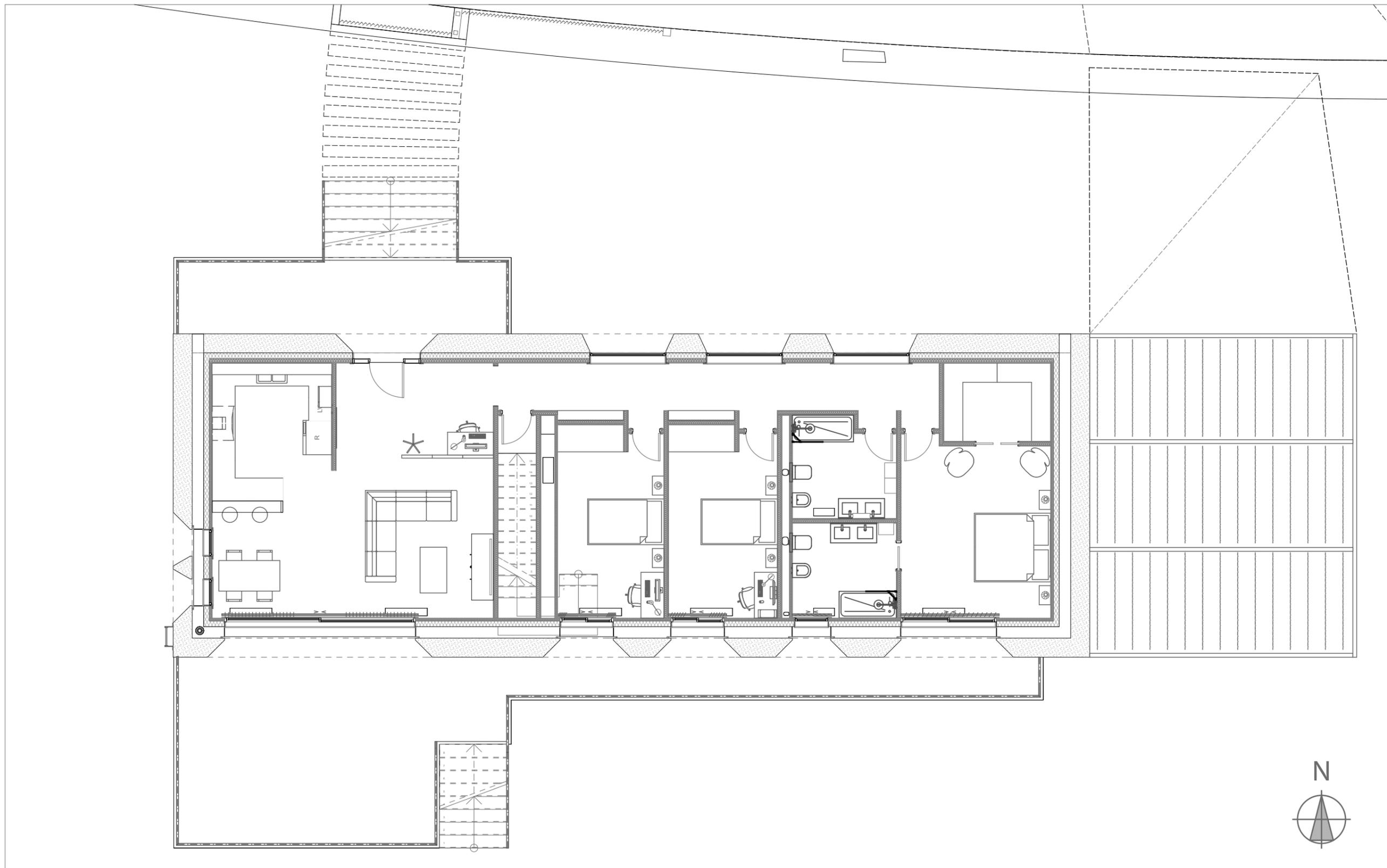




Planta Sotano

1:100

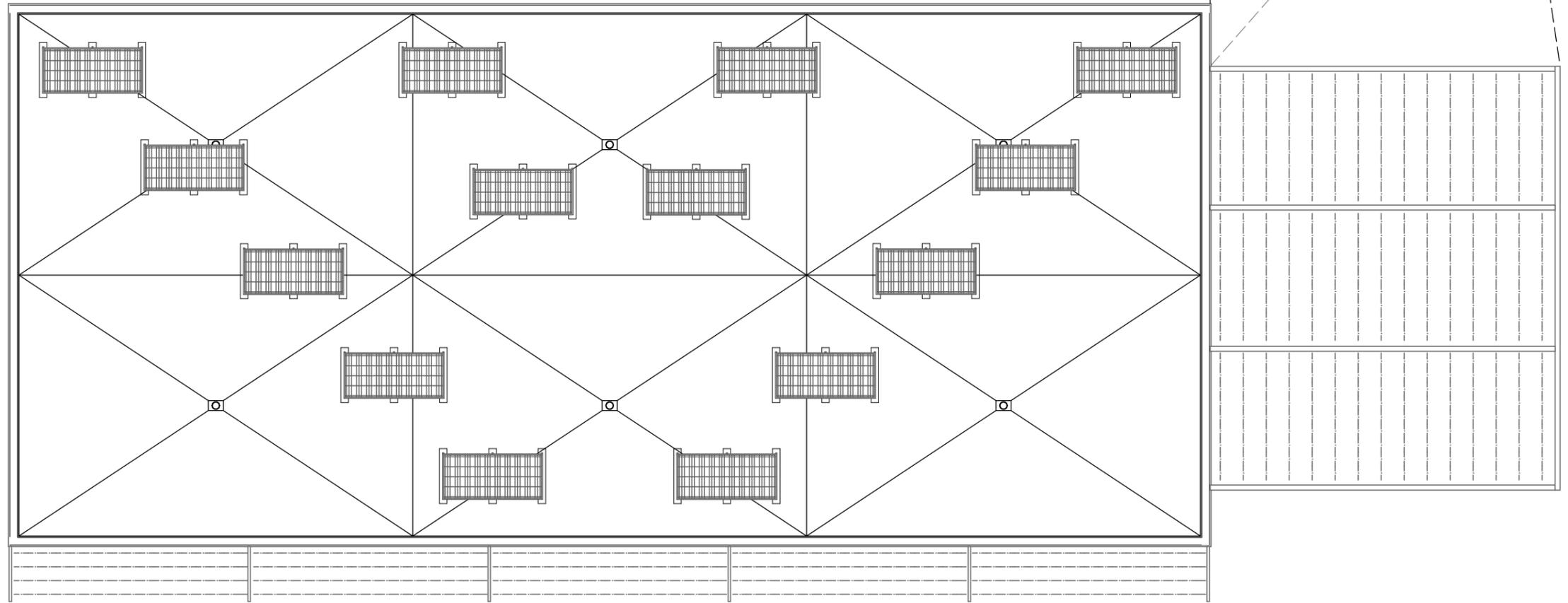




Planta Baja

1:100

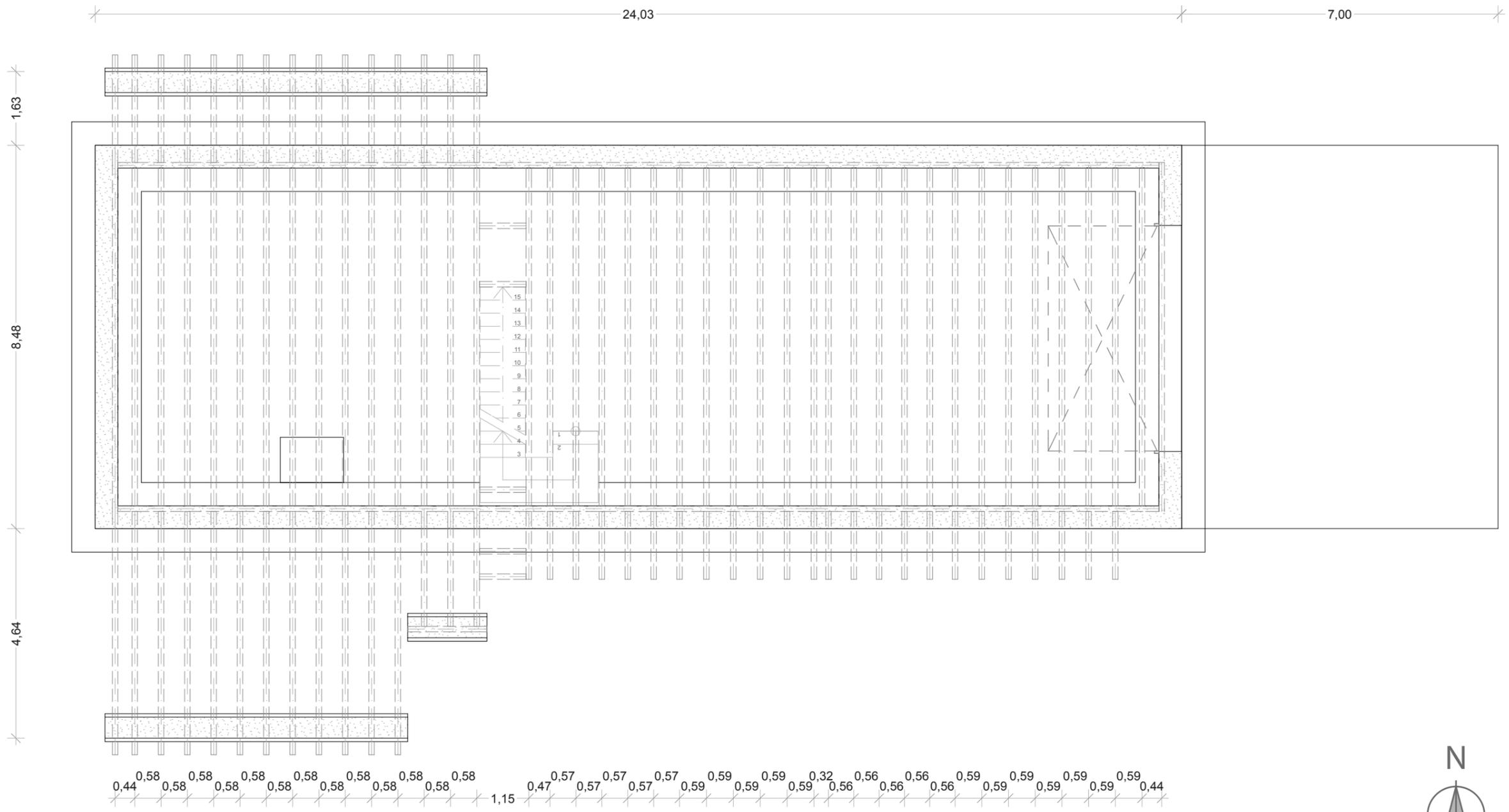




Planta Técnica

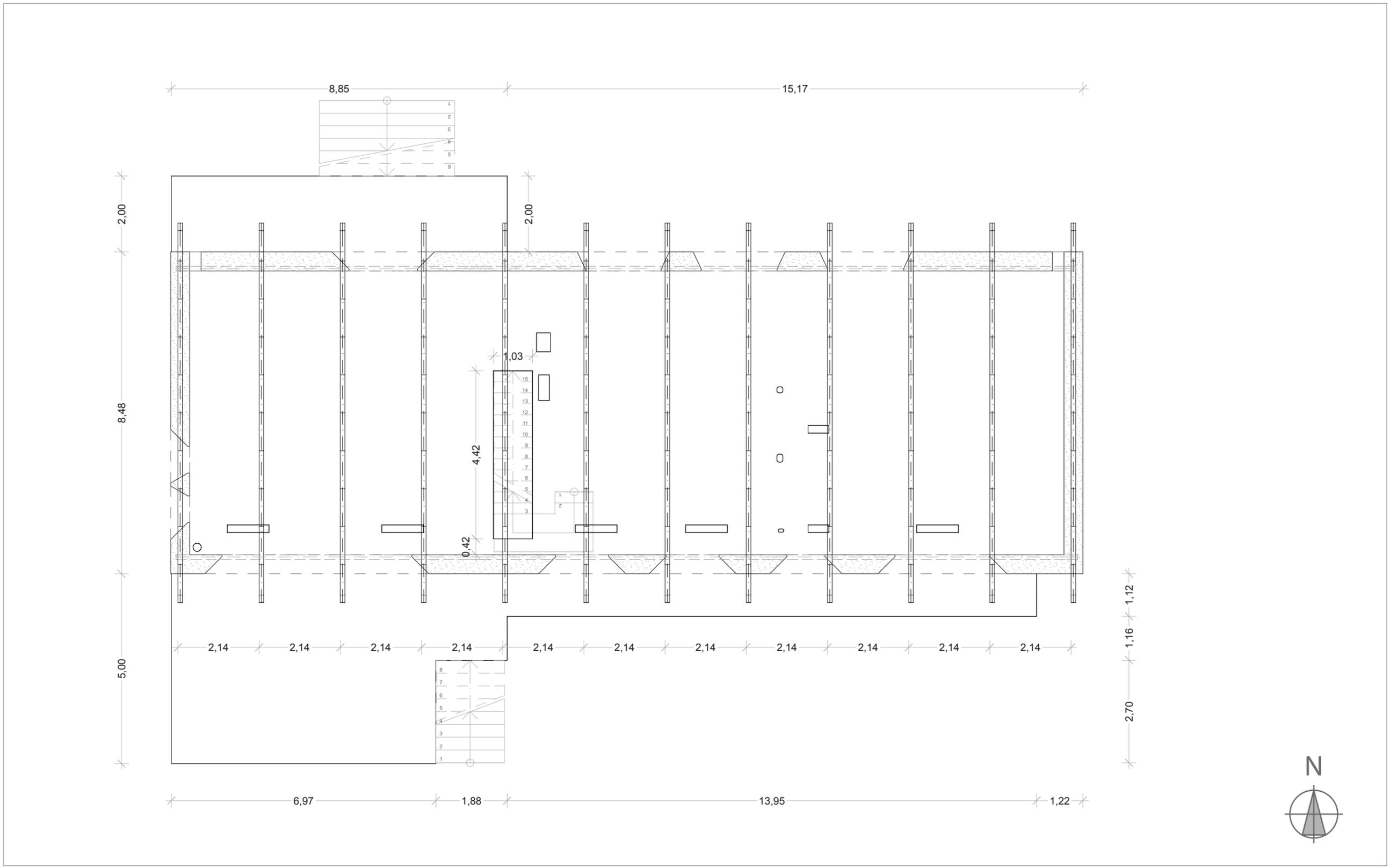
1:100





Planta Sotano

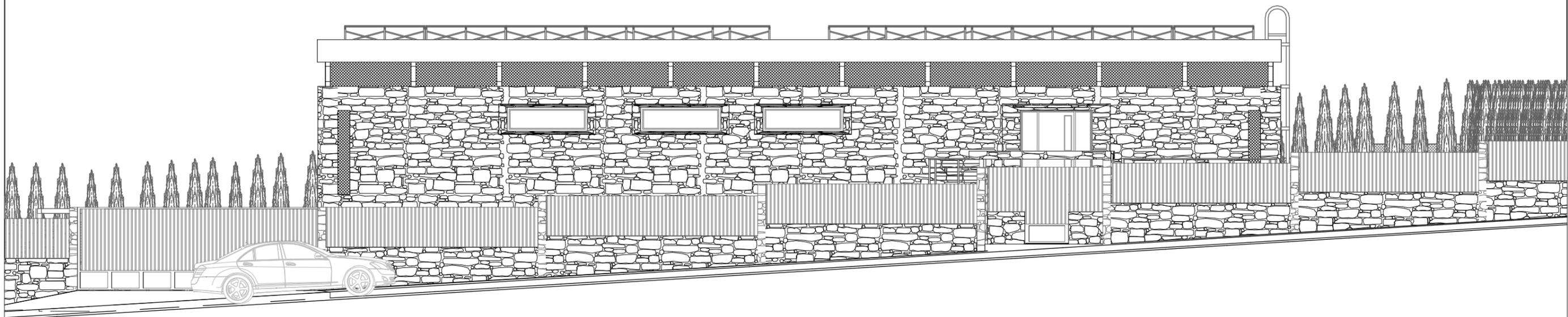
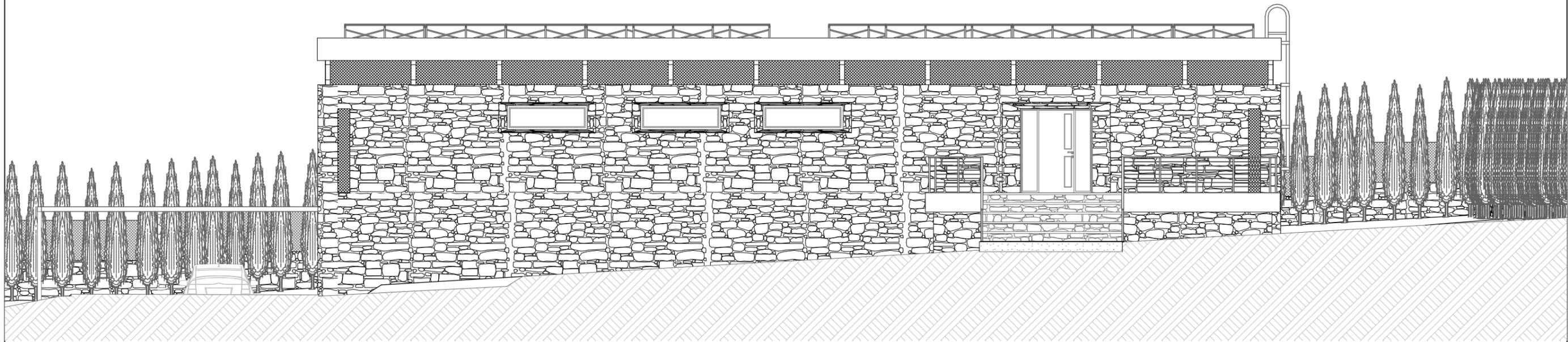
1:100



Planta Baja

1:100

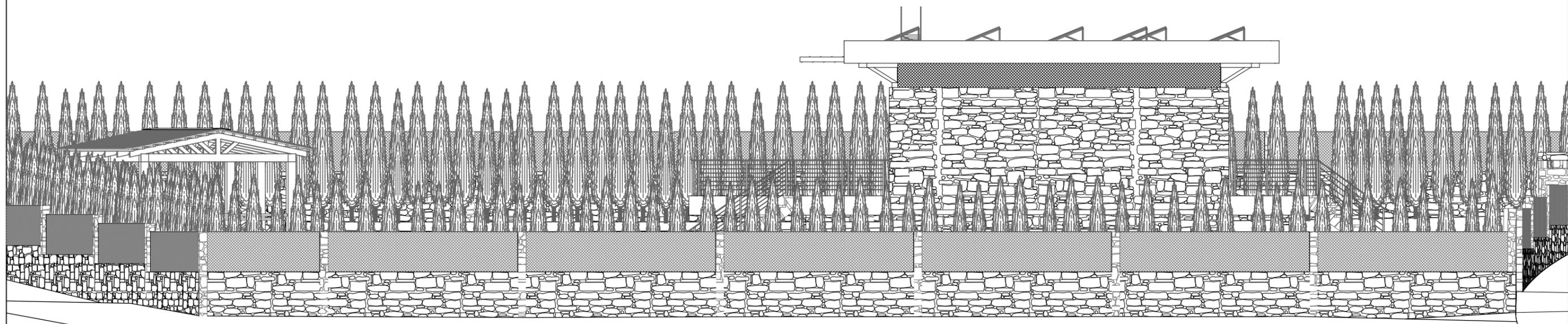
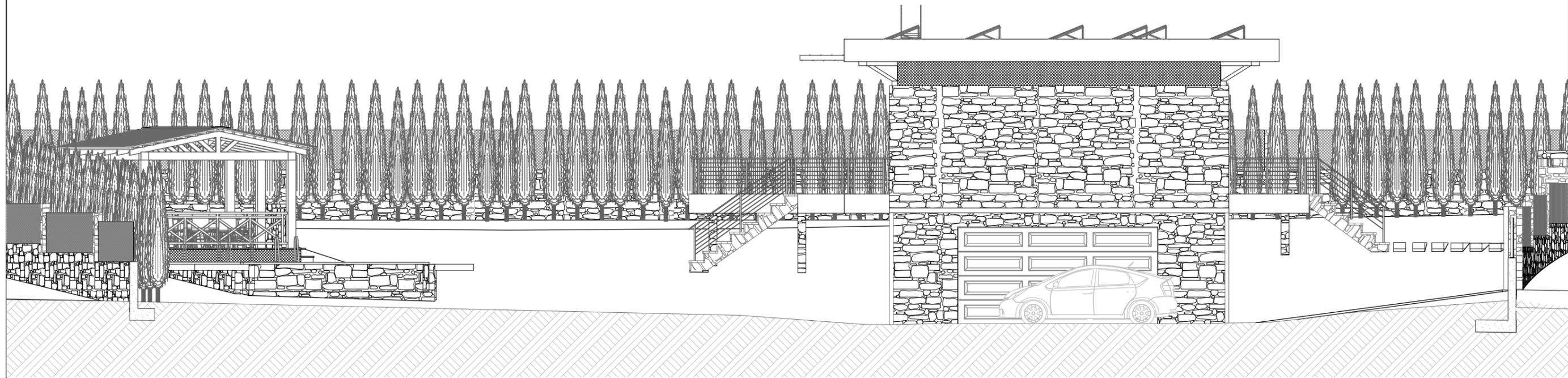




Alzado Norte

1:100

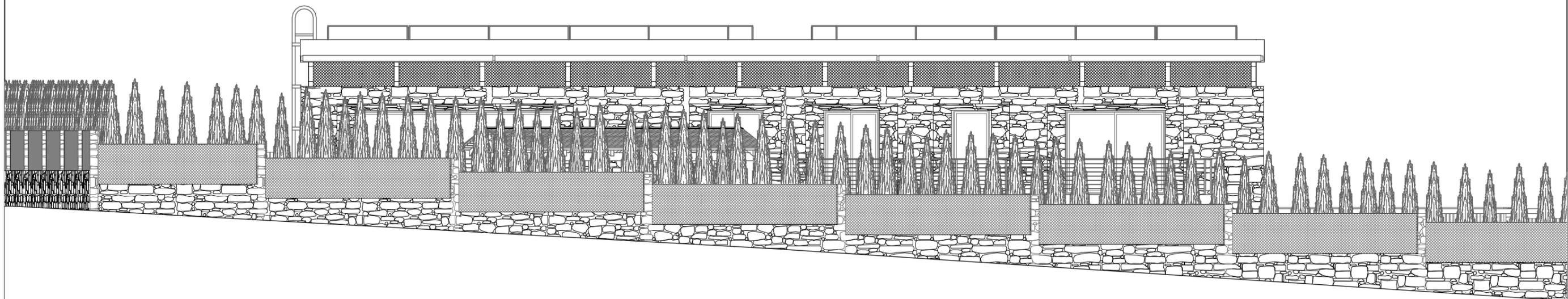
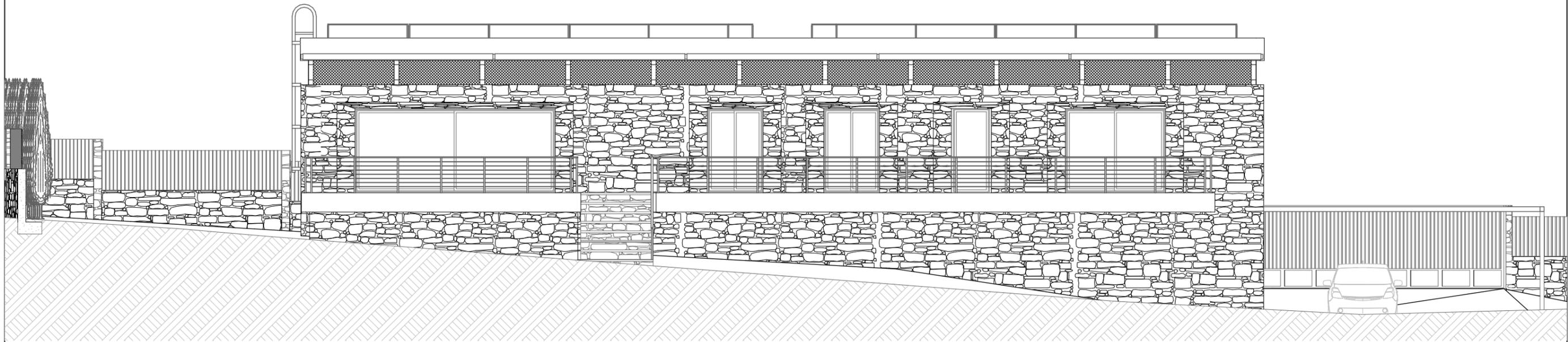




Alzado Este

1:100

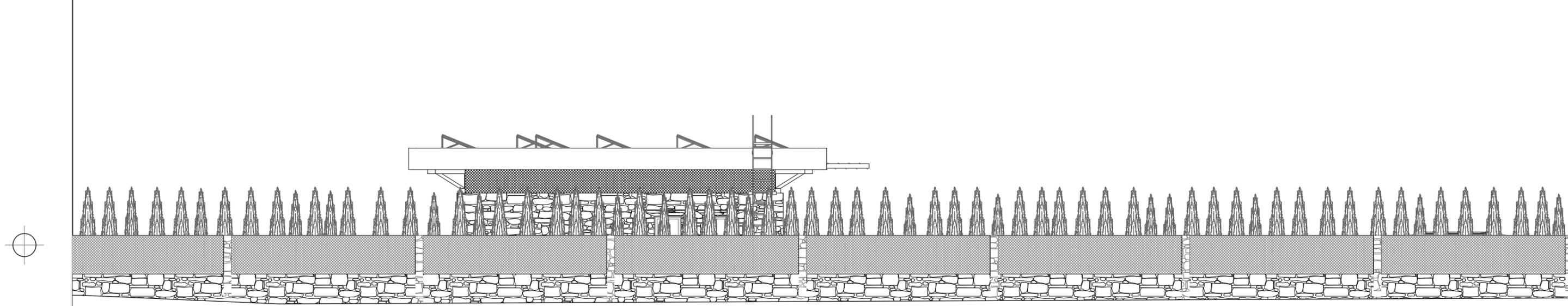
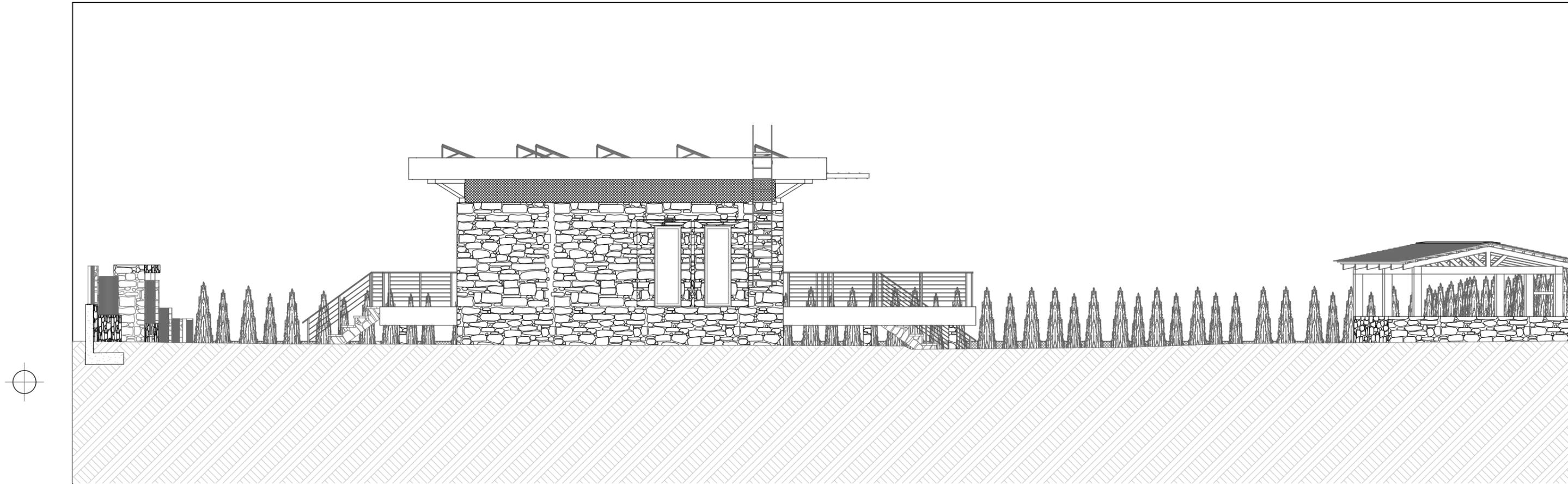




Alzado Sur

1:100

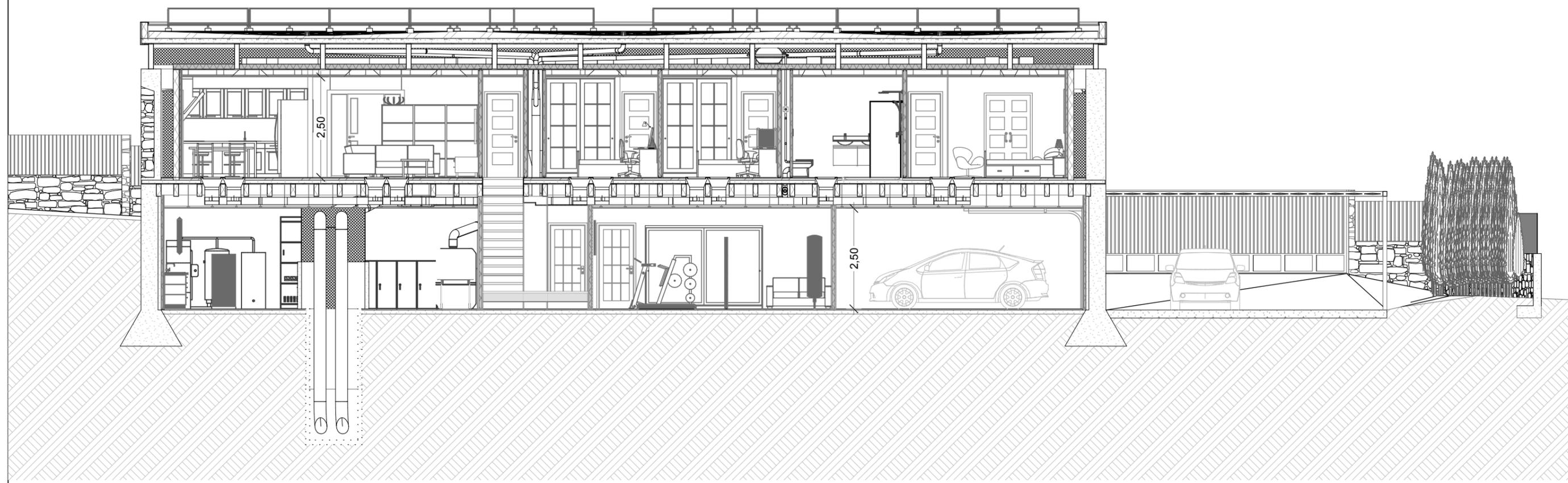
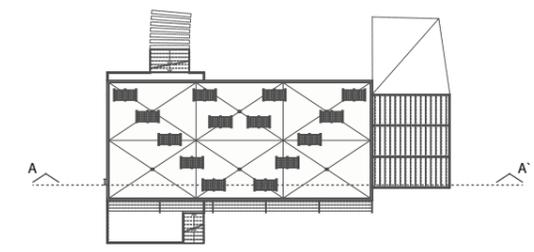




Alzado Oeste

1:100

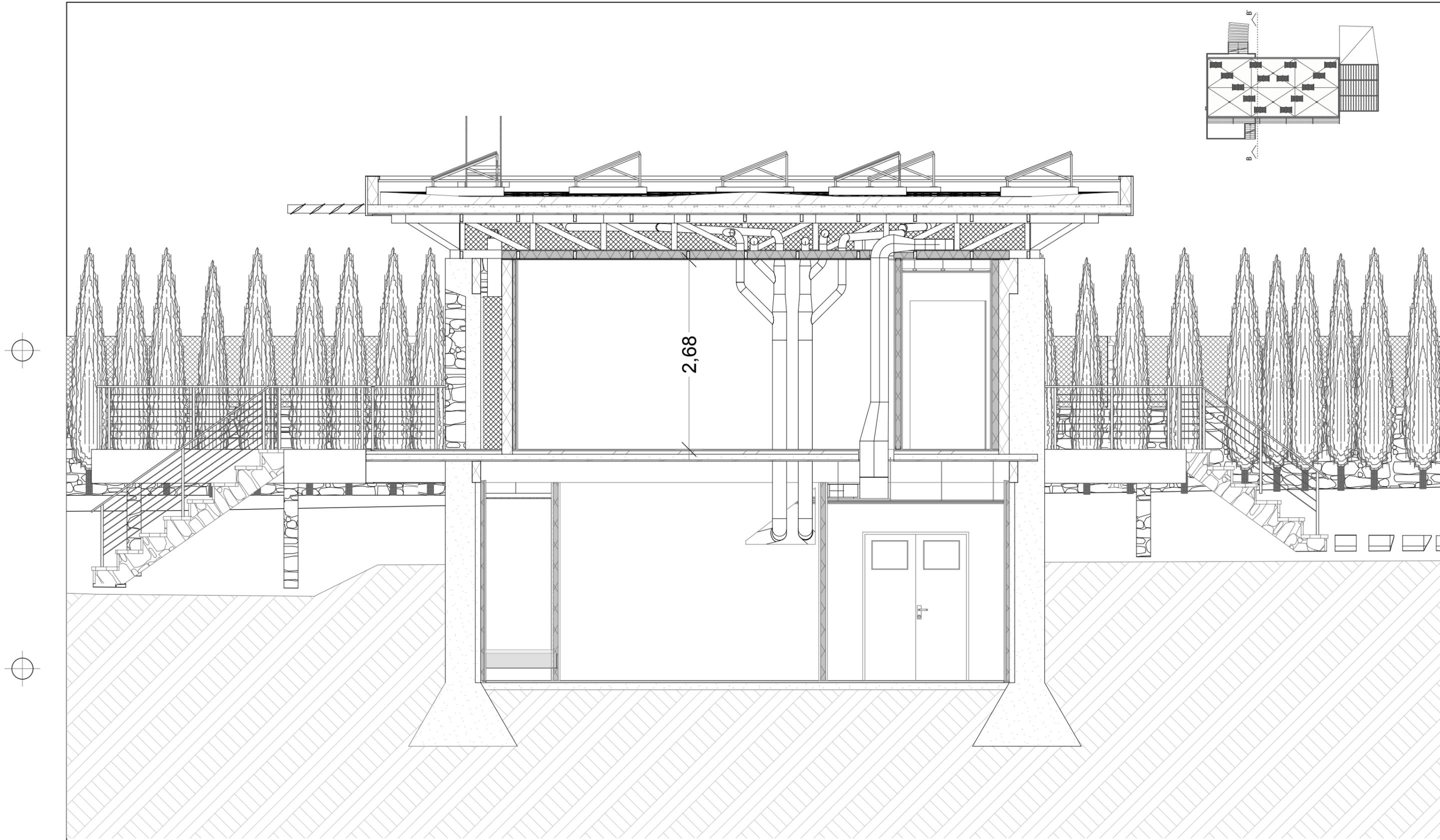




Sección Construcción

1:100

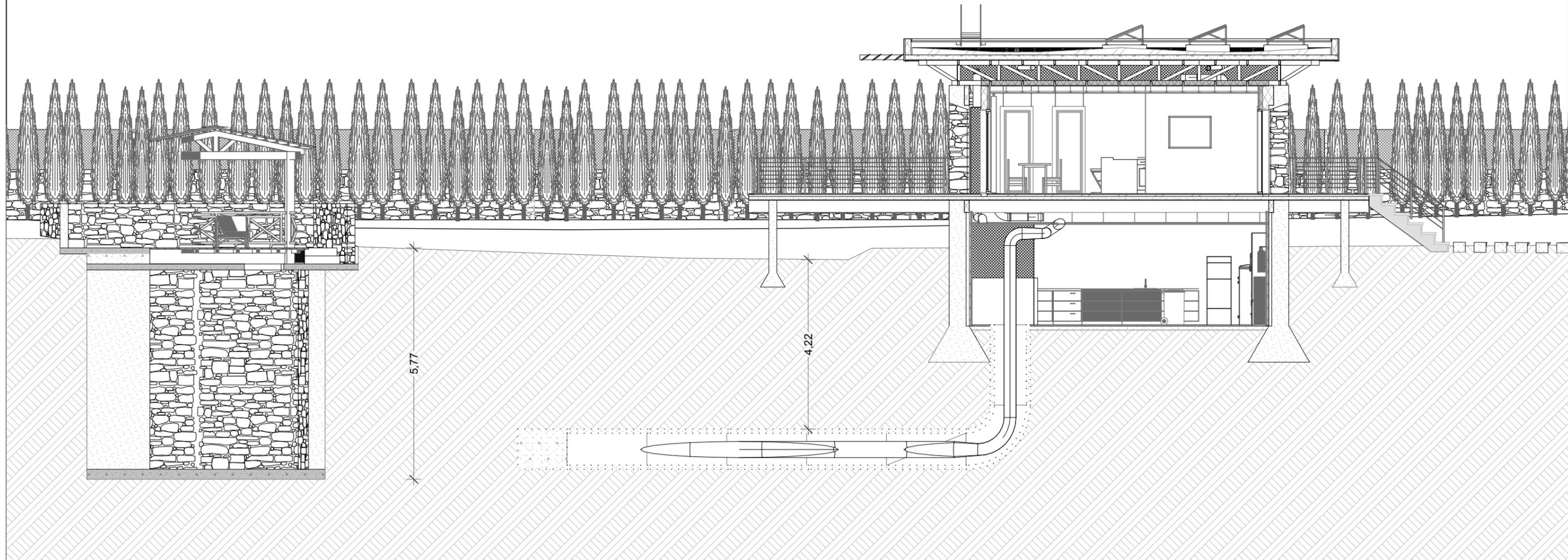
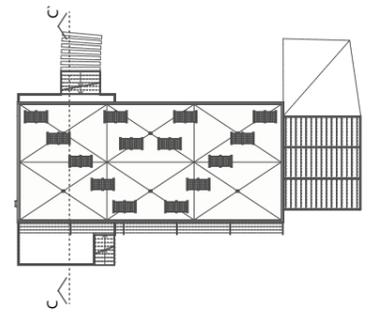




Sección Construcción

1:50

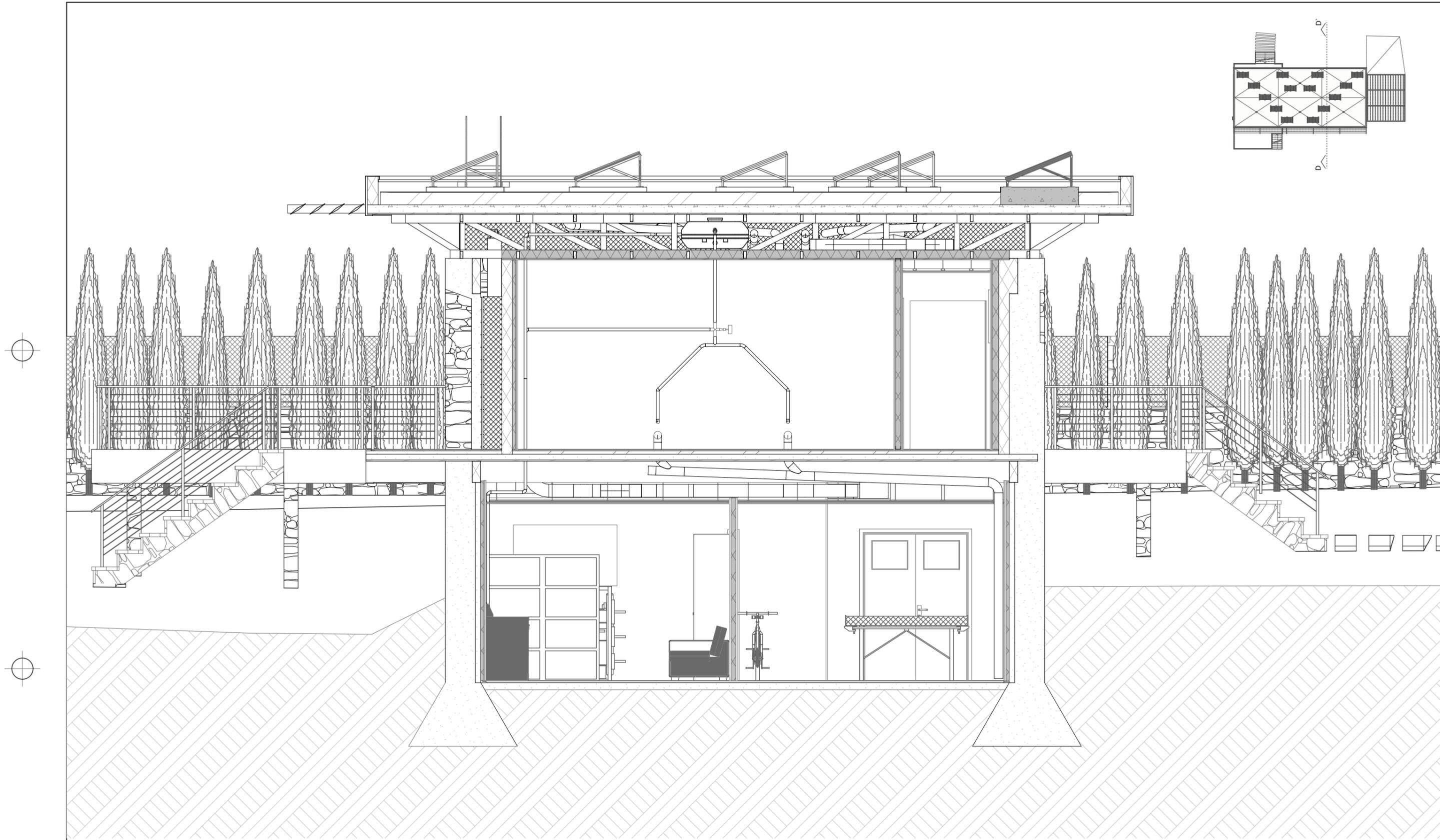




Sección Construcción

1:100

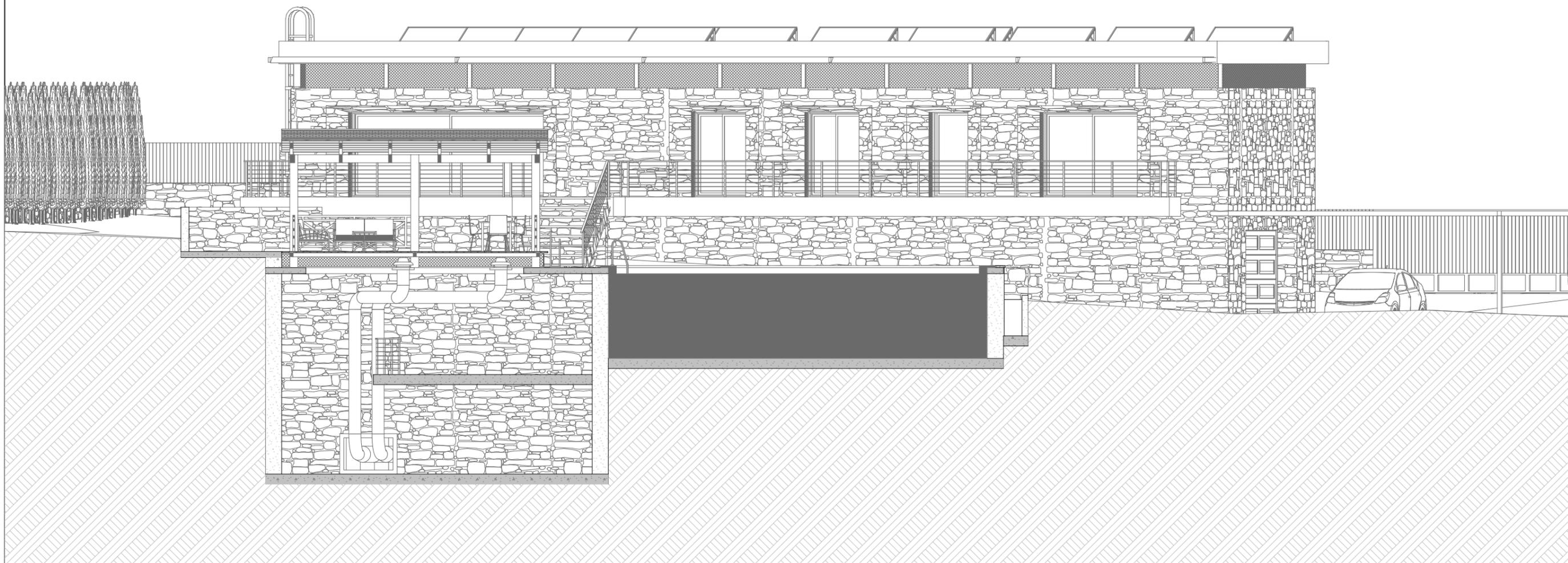
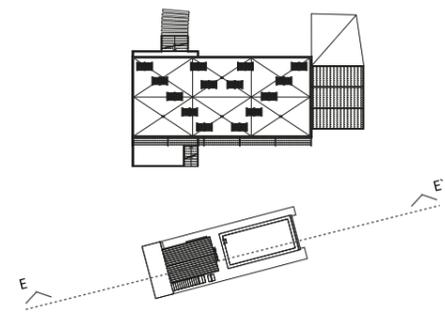




Sección Construcción

1:50

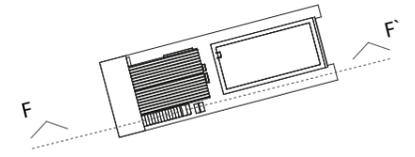
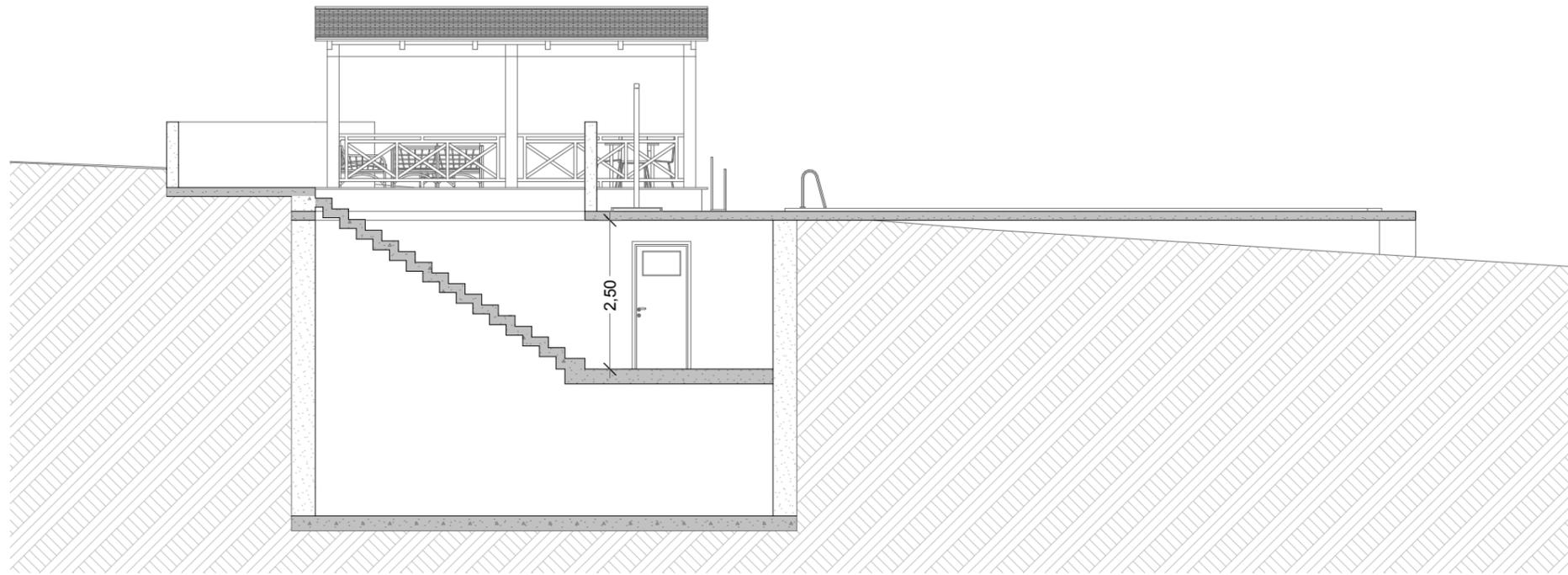




Sección Construcción

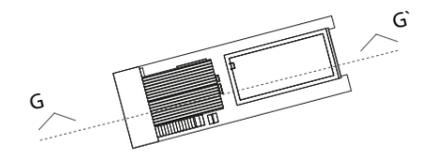
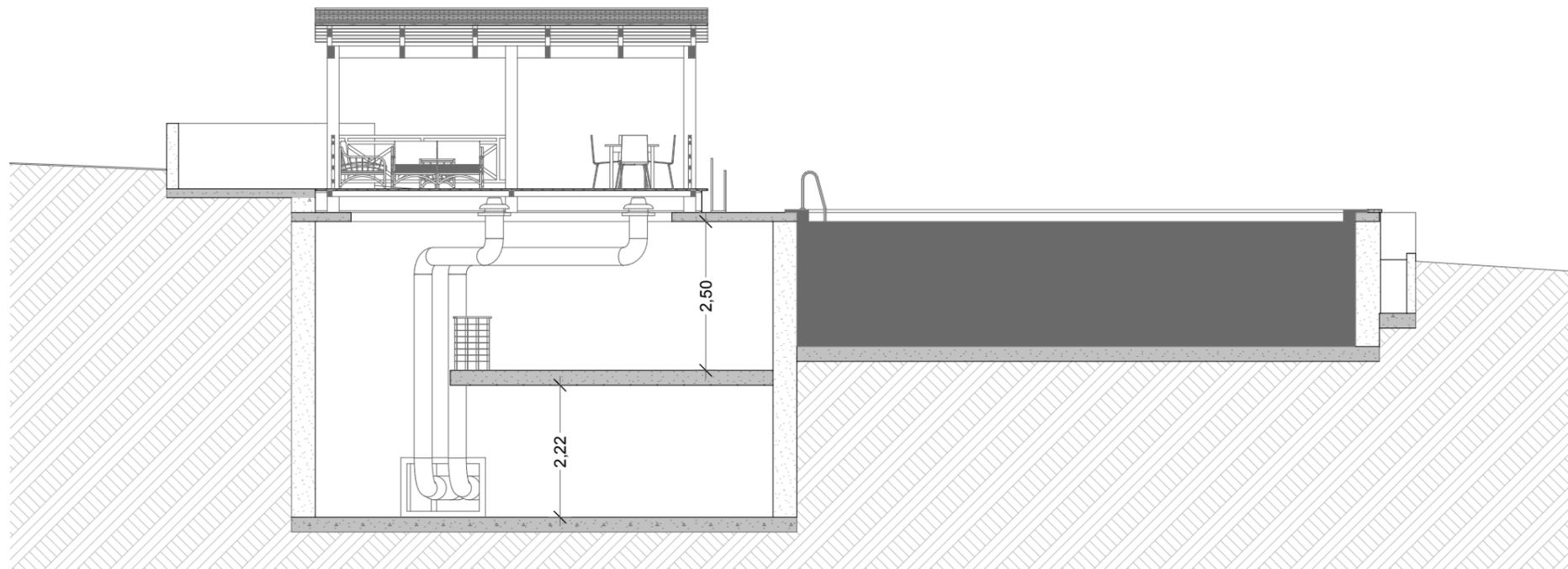
1:100





Sección Construcción

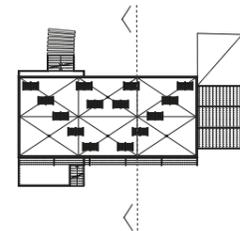
1:100



Sección Construcción

1:100

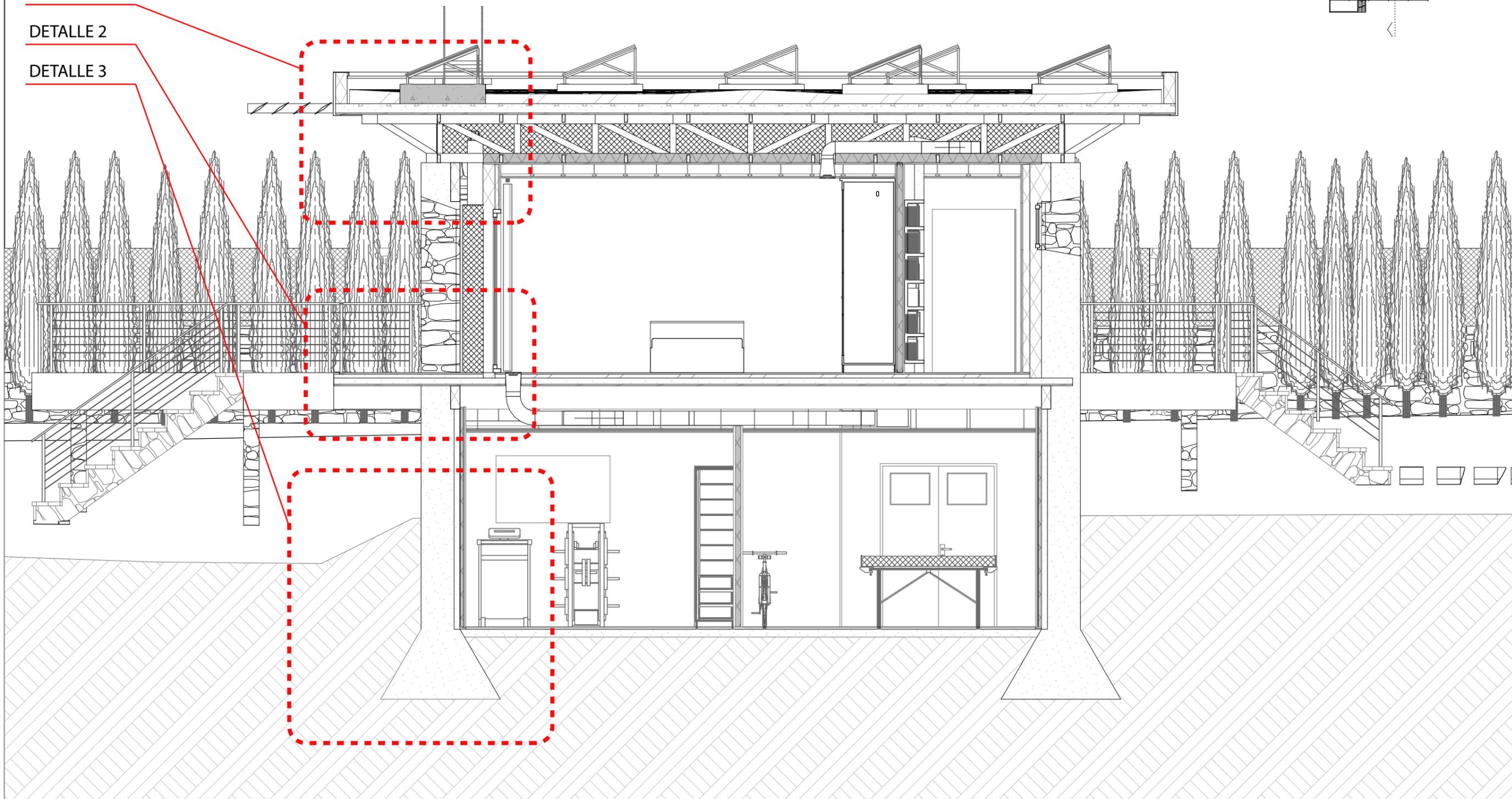




DETALLE 1

DETALLE 2

DETALLE 3



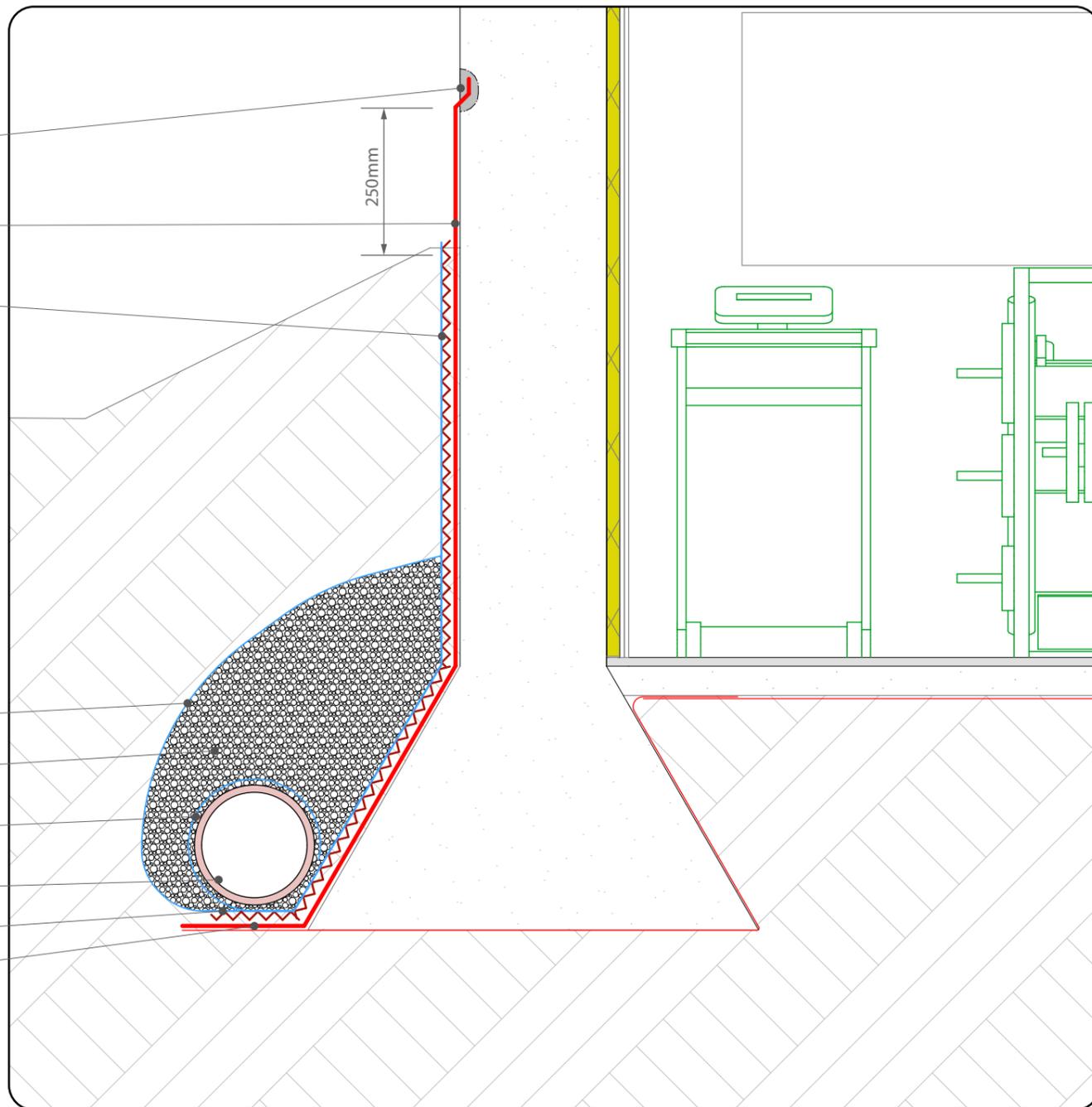
Sección Construcción

1:50



Roza en muro
Lamina impermeabilizante
Lamina drenante con geotextil

Lamina geotextil
Capa de grava
Lamina geotextil
Tubo drenante
Lamina drenante con geotextil
Lamina impermeabilizante



Sección Construcción

1:20





Lamina impermeabilizante

Muro de piedra

Pavimento exterior

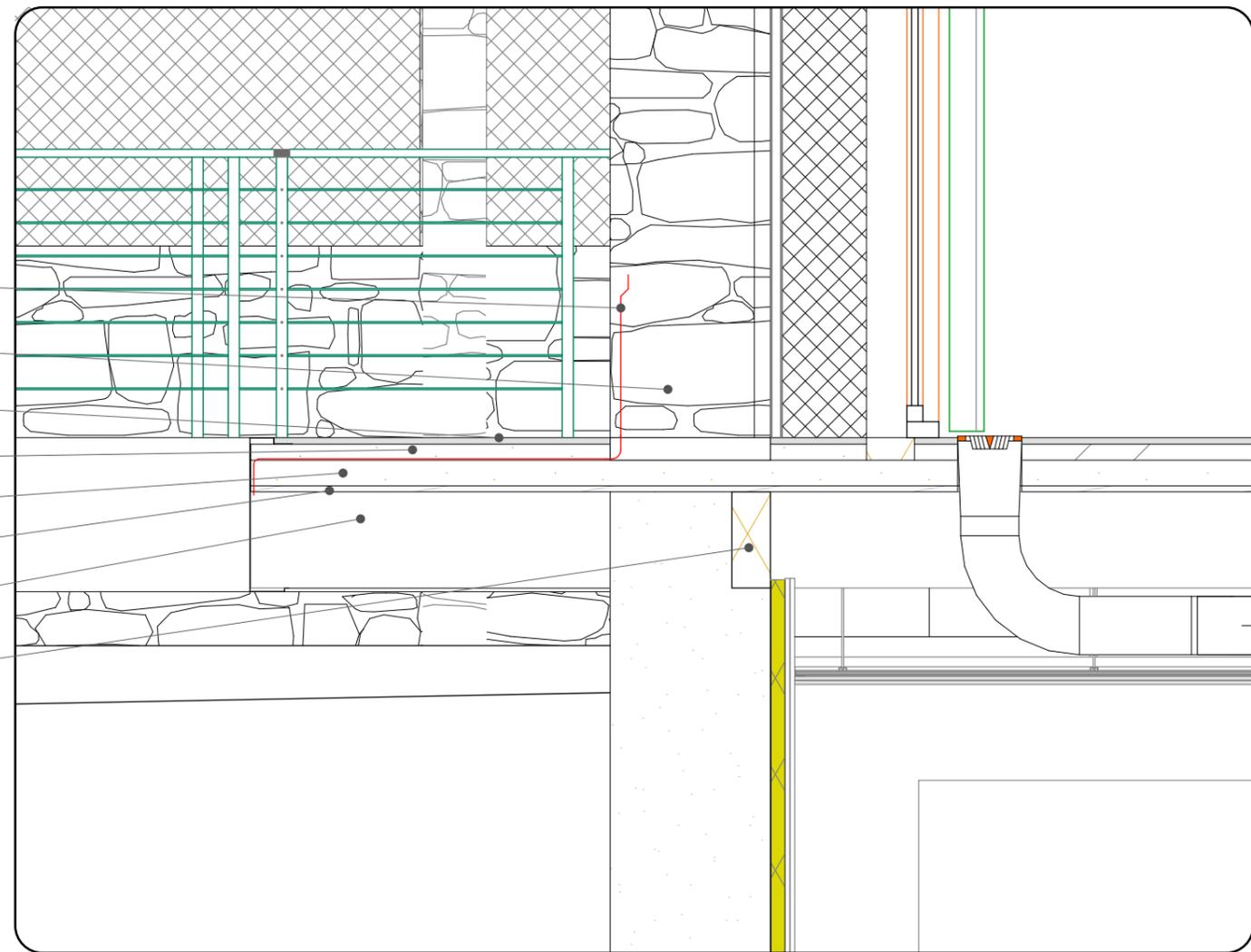
Capa de formación de pendientes

Capa de compresión

Tablero de partículas OSB

Viga de madera laminada

Viga de madera longitudinal



Sección Construcción

1:20



Chapa de remate de aluminio

Lamina impermeabilizante

Capa de grava

Capa de formación de pendientes

Junta de dilatación

Taco químico/ varilla M10

Capa de compresión

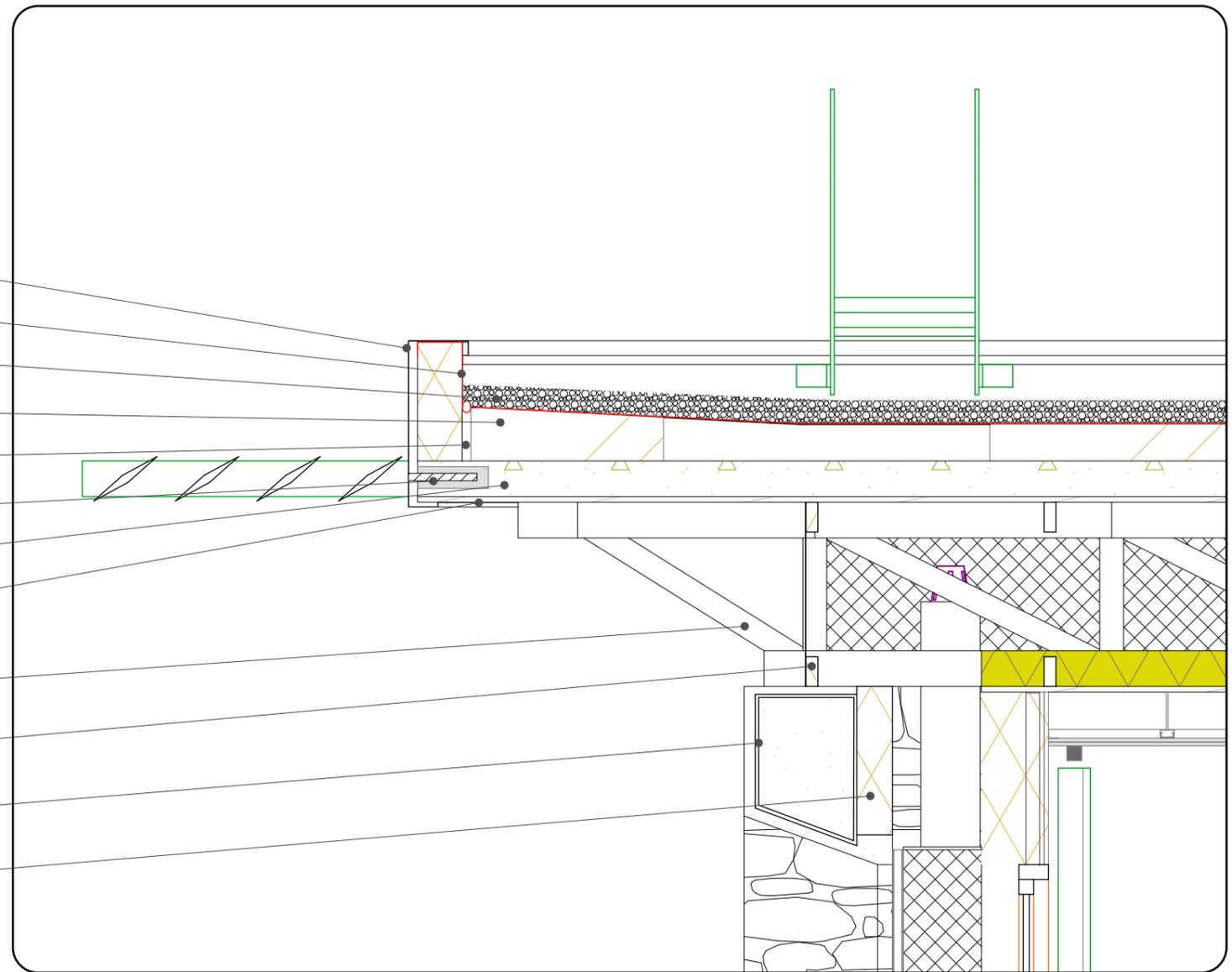
Tablero de partículas OSB

Viga de celosía

Correas

Dintel aplacado de piedra

Viga de madera longitudinal



Sección Construcción

1:20





Anexo III: Código Arduino



```
Alarma_Gas_Metano Arduino 1.6.4
Alarma_Gas_Metano
/* Alarma de Gas Metano
Conecta el Arduino con el Sensor de Gas MQ4 y cuando el nivel de concentracion
de gas metano supera un limite se activa una alarma sonora, el nivel de gas metado
se puede visualizar por el Monitor Serial.
*/

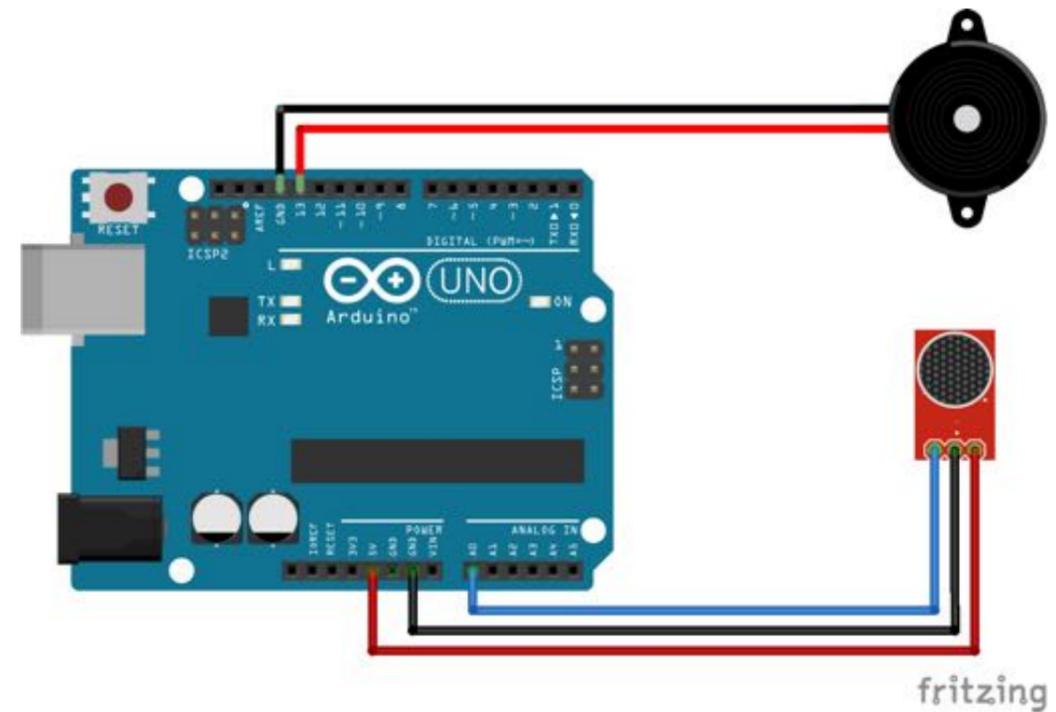
int valor_limite= 200;          // Fija el valor limite en el que se activa la alarma
                                // Fije el valor despues de visualizar el nivel con
                                // el Monitor Serial

void setup() {
  Serial.begin(9600);           // Activa el puerto Serial a 9600 Baudios
  pinMode(13,OUTPUT);          // Configura el Pin 13 como salida para el Zumbador
}

void loop() {
  Serial.println(analogRead(A0)); // Envia al Serial el valor leido del Sensor MQ4

  if(analogRead(A0) > valor_limite){ // Si la medida de gas metano es mayor de valor limite
    digitalWrite(13, HIGH);         // Enciende el Zumbador conectado al Pin 13
  }
  else{
    digitalWrite(13, LOW);          // Si es menor del valor limite apaga el Zumbador
  }
  delay (300);                     // Espera 300ms para realizar la proxima medida
}

Compilado
Sketch uses 2.808 bytes (8%) of program storage space. Maximum is 32.256 bytes.
Global variables use 186 bytes (9%) of dynamic memory, leaving 1.862 bytes for local variables.
Maximum is 2.048 bytes.
Arduino Uno on /dev/cu.usbmodem1451
```



```
Control_Servo Arduino 1.6.4

Control_Servo
#include <Servo.h>

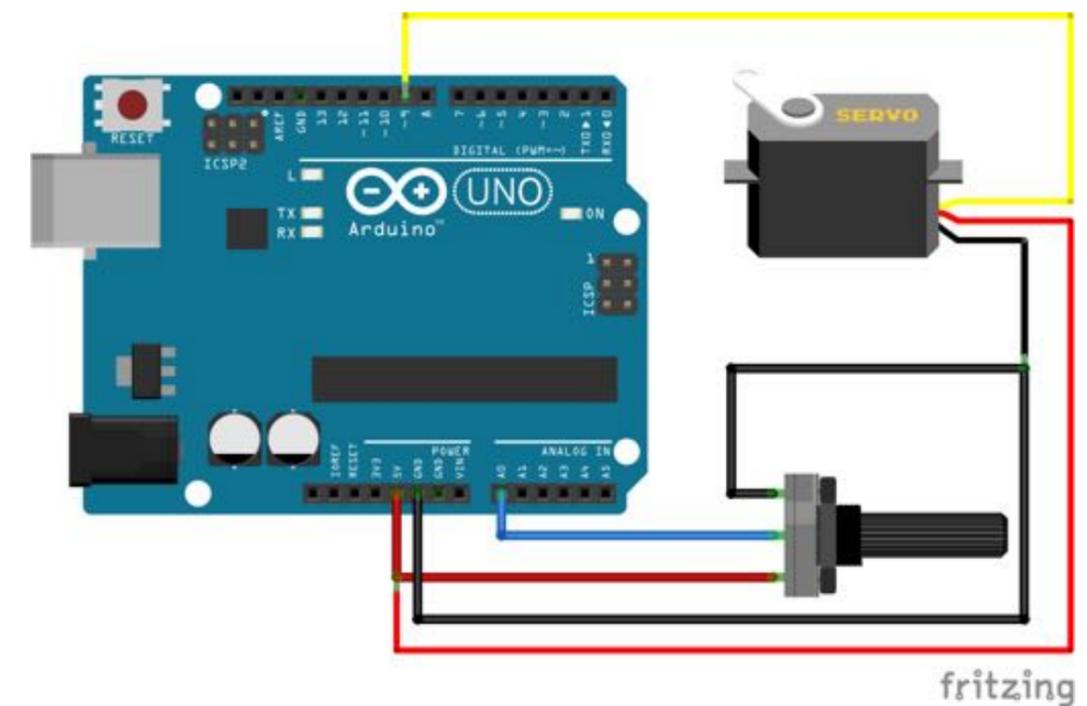
int Lecturas[10]; //Vector de lecturas.
int Val, i = 0, Total = 0, Promedio = 0;
Servo MiServo;

void setup(){
  MiServo.attach(9);
  Serial.begin(9600);
  for(i=0; i< 10; i++) //Inicialización del vector.
    Lecturas[i] = 0;
  i=0;
}

void loop(){
  //Sustraer el total con la lectura inmediata anterior
  Total = Total - Lecturas[i];
  //Agrega una lectura a la posición actual dentro del vector
  Lecturas[i] = analogRead(A0);
  //Realiza la sumatoria entre lecturas
  Total = Total + Lecturas[i];
  i = i + 1;
  //Calcula el promedio y envia el resultado al servomotor
  if (i >= 10){
    i = 0;
    Promedio = Total / 10;
    Val = map(Promedio, 0, 1023, 0, 179);
    MiServo.write(Val);
    Serial.println(Val, DEC);
  }
}

Guardado
El nombre del proyecto debe ser modificado. El nombre del proyecto debe consistir solo de caracteres ASCII y números (pero no puede comenzar con un número).
Ademas debe contener menos de 64 caracteres.

1 Arduino Uno on /dev/cu.usbmodem1451
```



```

Conexion_blue Arduino 1.6.4

Conexion_blue

// Control de arduino por medio de lecturas de Monitor serial

int led13=13;
int estado=0;

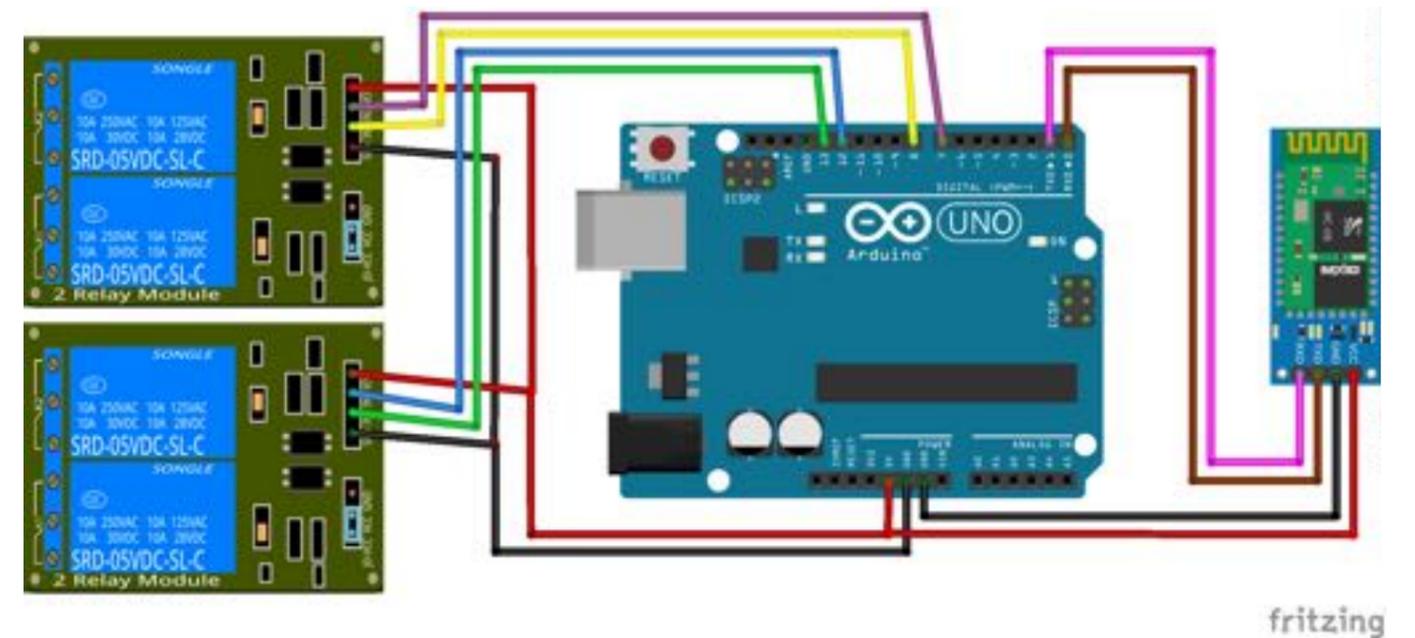
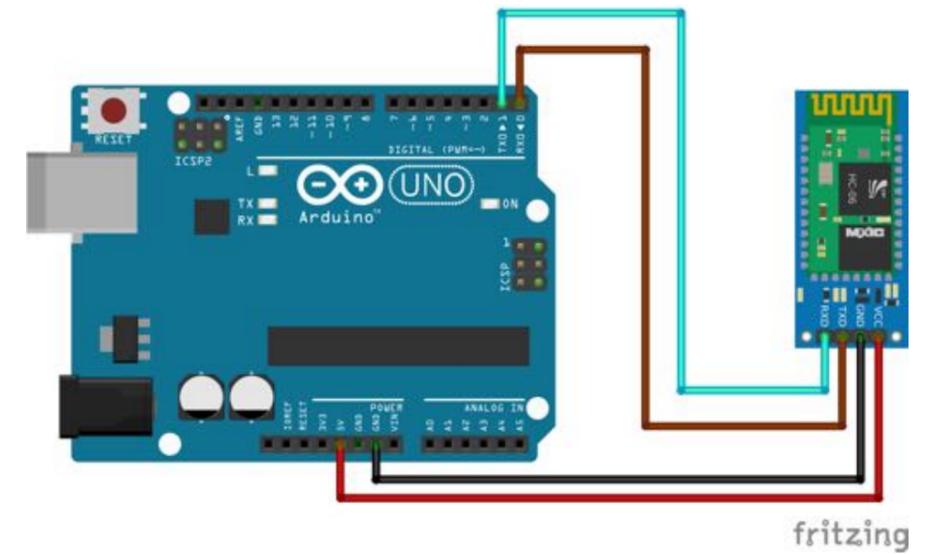
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led13,OUTPUT);
}

void loop(){
  if(Serial.available()>0){
    estado = Serial.read();
  }
  if (estado == '1'){
    digitalWrite(led13,HIGH);
  }
  if(estado=='2'){
    digitalWrite(led13,LOW);
  }
}

Compilado
Sketch uses 2.138 bytes (6%) of program storage space. Maximum is 32.256 bytes.
Global variables use 186 bytes (9%) of dynamic memory, leaving 1.862 bytes for
local variables. Maximum is 2.048 bytes.

2 Arduino Uno on /dev/cu.usbmodem1451

```



```
Control_de_temperatura Arduino 1.6.4
Control_de_temperatura

#include <Servo.h> // libreria para los motores servo

Servo servo1; // crea el objeto servo1 con las características del Servo instalado

float temperatura1 = 0; //variable para la temperatura de entrada 1.
float temperatura2 = 1; //variable para la temperatura de entrada 2.

void setup(){

  servo1.attach(9,400,1600); // Asocia el servo al pin 9, define el min y max
                             // del ancho del pulso.

  Serial.begin (9600); //inicia comunicacion serial

  int LM351 = 0; // conexion sensor LM35 numero 1
  int LM352 = 1; // conexion sensor LM35 numero 2

  pinMode(9,OUTPUT); //configuracion del pin 9
}

void loop(){

  //Calcula la temperatura usando como referencia 5v :

  temperatura1 = (5.0 * analogRead(0)*100.0)/1023.0;
  temperatura2 = (5.0 * analogRead(1)*100.0)/1023.0;
  Serial.println (temperatura1); //escribe la temperatura en el serial

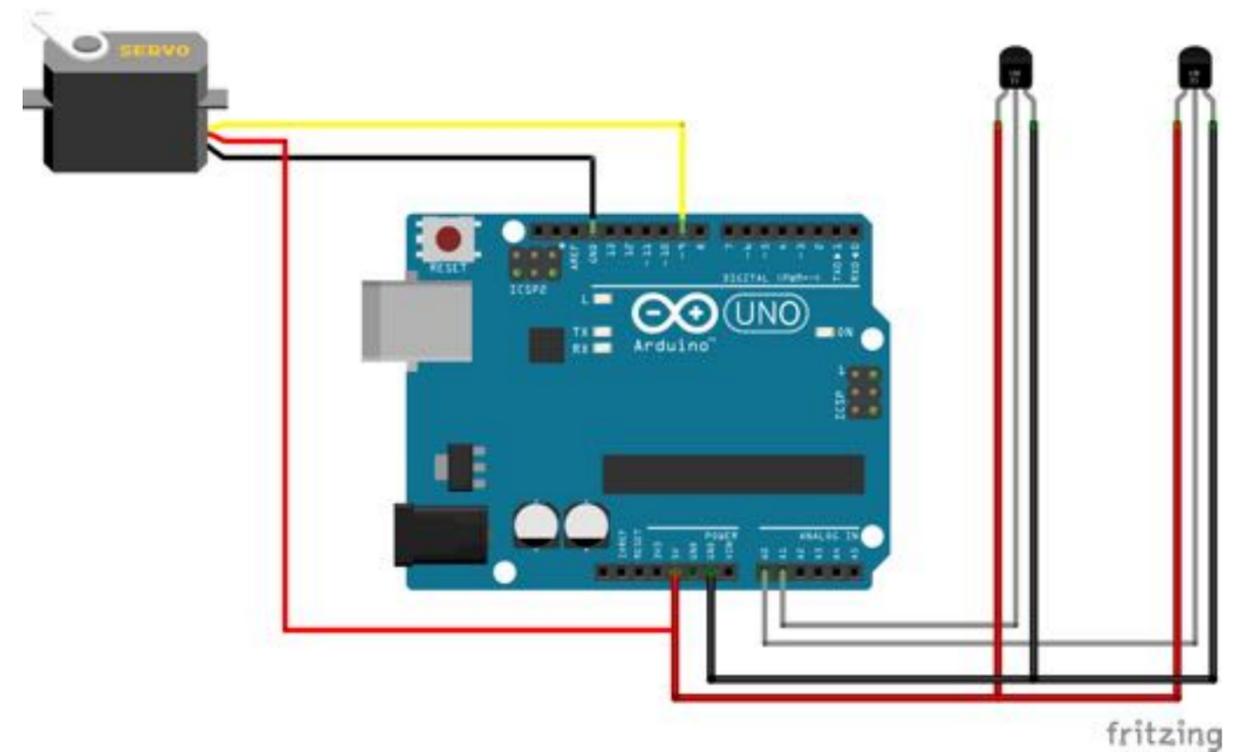
  delay (500); //espera 3 segundos para la siguiente medicion

  //esto abre o cierra la trampilla

  if (temperatura1 < temperatura2){ //cambiar numero en funcion de lo que se desee
    servo1.write(0);
  }else
    servo1.write(180);
}

Compilado
Sketch uses 5.880 bytes (18%) of program storage space. Maximum is 32.256 bytes.
Global variables use 251 bytes (12%) of dynamic memory, leaving 1.797 bytes for local variables.
Maximum is 2.048 bytes.

12 Arduino Uno on /dev/cu.usbmodem1451
```



```

Control_via_ethernet Arduino 1.6.4
Control_via_ethernet
/* Control Arduino via Ethernet
controla el encendido o apagado de los Pin 2,3,4 ,5 y 6 del Arduino.
Controla el giro de un servomotor conectado al pin 7
*/

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <Servo.h>

Servo microservo;
int pos = 0;
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED }; //Direccion Fisica MAC
byte ip[] = { 192, 168, 0, 50 }; // IP Local que debe configurar
byte gateway[] = { 192, 168, 0, 1 }; // Puerto de enlace
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 }; //Mascara de Sub Red
EthernetServer server(80); //Se usa el puerto 80 del servidor
String readString;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inicia el puerto serial
  while (!Serial) { // Espera a que el puerto serial sea conectado, Solo es necesario para el Leonardo
  }
  pinMode(2,OUTPUT); // Se configura como salidas los puentes del 2 al 6
  pinMode(3,OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(5,OUTPUT);
  pinMode(6,OUTPUT);
  microservo.attach(7); // Se configura como Servo el Puerto 7

  Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet); // Inicializa la conexion Ethernet y el servidor
  server.begin();
  Serial.print("El Servidor es: ");
  Serial.println(Ethernet.localIP()); // Imprime la direccion IP Local
}

void loop() {
  // Crea una conexion cliente
  EthernetClient client = server.available();
  if (client) {
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        char c = client.read();

        //Lee caracter por caracter HTTP
        if (readString.length() < 100) {
          //Almacena los caracteres a un String
          readString += c;
        }

        // si el requerimiento HTTP fue finalizado
        if (c == '\n') {
          Serial.println(readString); //Imprime en el monitor serial

          client.println("HTTP/1.1 200 OK"); //envia una nueva pagina en codigo HTML
          client.println("Content-Type: text/html");
          client.println();
          client.println("<html>");
          client.println("<HEAD>");
          client.println("<TITLE>Ethernet Arduino</TITLE>");
          client.println("</HEAD>");
          client.println("<BODY>");
          client.println("<hr />");
          client.println("<h1>Arduino Ethernet Shield</h1>");
          client.println("<br />");
          client.println("<h2>Control on/off 2-6 Servo 7</h2>");
          client.println("<br />");

          client.println("<a href='\"/\"button2on'\"> Encender Pin2</a> ");
          client.println(" | | ");
          client.println("<a href='\"/\"button2off'\"> Apagar Pin2</a><br /> ");
          client.println("<br />");

          client.println("<br />");
          client.println("<a href='\"/\"button3on'\"> Encender Pin3</a> ");
          client.println(" | | ");
          client.println("<a href='\"/\"button3off'\"> Apagar Pin3</a><br /> ");
          client.println("<br />");

          client.println("<br />");
          client.println("<a href='\"/\"button4on'\"> Encender Pin4</a> ");
          client.println(" | | ");
          client.println("<a href='\"/\"button4off'\"> Apagar Pin4</a><br /> ");
          client.println("<br />");
        }
      }
    }
  }
}

```

```

Control_via_ethernet Arduino 1.6.4
Control_via_ethernet

client.println("<br />");
client.println("<a href='\"/\"button5on'\"> Encender Pin5</a> ");
client.println(" | | ");
client.println("<a href='\"/\"button5off'\"> Apagar Pin5</a><br /> ");
client.println("<br />");

client.println("<br />");
client.println("<a href='\"/\"button6on'\"> Encender Pin6</a> ");
client.println(" | | ");
client.println("<a href='\"/\"button6off'\"> Apagar Pin6</a><br /> ");
client.println("<br />");

client.println("<br />");
client.println("<a href='\"/\"left'\">Girar Izq Pin7</a>");
client.println(" | | ");
client.println("<a href='\"/\"right'\">Girar Der Pin7</a><br /> ");
client.println("<br />");
client.println("<p>by: TFG Daniel Lopez Garrido</p>");
client.println("<br />");
client.println("</BODY>");
client.println("</HTML>");

delay(1);
//detiene el cliente servidor
client.stop();

//control del arduino si un boton es presionado
if (readString.indexOf("?button2on") > 0){
  digitalWrite(2, HIGH);
}
if (readString.indexOf("?button2off") > 0){
  digitalWrite(2, LOW);
}

if (readString.indexOf("?button3on") > 0){
  digitalWrite(3, HIGH);
}
if (readString.indexOf("?button3off") > 0){
  digitalWrite(3, LOW);
}

if (readString.indexOf("?button4on") > 0){
  digitalWrite(4, HIGH);
}
if (readString.indexOf("?button4off") > 0){
  digitalWrite(4, LOW);
}

if (readString.indexOf("?button5on") > 0){
  digitalWrite(5, HIGH);
}
if (readString.indexOf("?button5off") > 0){
  digitalWrite(5, LOW);
}

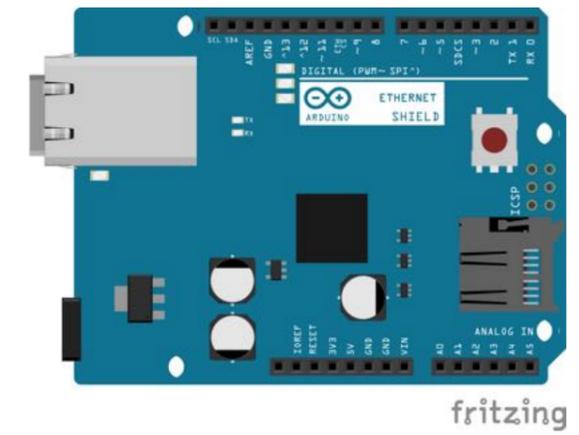
if (readString.indexOf("?button6on") > 0){
  digitalWrite(6, HIGH);
}
if (readString.indexOf("?button6off") > 0){
  digitalWrite(6, LOW);
}

if (readString.indexOf("?left") > 0){
  for(pos = 0; pos < 180; pos += 3) // Giro de 0 a 180 grados
  {
    microservo.write(pos);
    delay(15); // Espera 15 ms para que el servo llegue a la posicion
  }
}
if (readString.indexOf("?right") > 0){
  for(pos = 180; pos>=1; pos-=3) //Giro de 180 a 0 grados
  {
    microservo.write(pos);
    delay(15); // Espera 15 ms para que el servo llegue a la posicion
  }
}

// Limpia el String(cadena de Caracteres para una nueva lectura
readString="";
}
}
}
}
}

Complada
Sketch uses 17,138 bytes (53%) of program storage space. Maximum is 32,256 bytes.
Global variables use 1,363 bytes (66%) of dynamic memory, leaving 685 bytes for local variables. Maximum is 2,048 bytes.
1
Arduino Uno on /dev/cu.usbmodem1451

```



```

Seguidor_solar Arduino 1.6.4
Seguidor_solar
#include <Servo.h> // libreria para los servo motores
// 180 horizontal MAXIMO
Servo horizontal; // declaramos el valor para el servo horizontal
int servoh = 180;

int servohLimitHigh = 180; //limite en posicion superior
int servohLimitLow = 65; //limite para posicion inferior

Servo vertical; // vertical servo
int servov = 45;
int servovLimitHigh = 80;
int servovLimitLow = 15;

int ldr1 = 0; // conexion a las resistencias LDR
int ldr2 = 1;
int ldr3 = 2;
int ldr4 = 3;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  horizontal.attach(9); //servo horizontal pin digital 9
  vertical.attach(10); // servo vertical pin digital 10
  horizontal.write(180);
  vertical.write(45);
  delay(3000);
}

void loop()
{
  int lt = analogRead(ldr1); // top left (superior izquierdo)
  int rt = analogRead(ldr2); // top right (superior derecho)
  int ld = analogRead(ldr3); // down left (inferior izquierdo)
  int rd = analogRead(ldr4); // down right (inferior derecho)

  // int dtime = analogRead(4)/20; // Opcional si utilizamos potencioetros para la velocidad
  // int tol = analogRead(5)/4;
  int dtime = 10;
  int tol = 50;

  int avt = (lt + rt) / 2; // valor superior maximo
  int avd = (ld + rd) / 2; // valor inferior maximo
  int avl = (lt + ld) / 2; // valor izquierdo maximo
  int avr = (rt + rd) / 2; // valor derecho maximo

  int dvert = avt - avd; // diferencia entre superior e inferior
  int dhoriz = avl - avr; // diferencia entre izquierdo y derecho

  Serial.print(avt); // Imprimr valores de posicion en monitor serial
  Serial.print(" ");
  Serial.print(avd);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(avl);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(avr);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(dtime);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(tol);
  Serial.println(" ");

  if (-1*tol > dvert || dvert > tol) // revisar la diferencia para cambiar al angulo vertical
  {
    if (avt > avd)
    {
      servov = ++servov;
      if (servov > servovLimitHigh)
      {
        servov = servovLimitHigh;
      }
    }
    else if (avt < avd)
    {
      servov = --servov;
      if (servov < servovLimitLow)
      {
        servov = servovLimitLow;
      }
    }
    vertical.write(servov);
  }

  if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol) // revisar la diferencia para cambiar al angulo horizontal
  {
    if (avl > avr)
  }

```

```

Seguidor_solar Arduino 1.6.4
Seguidor_solar
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol) // revisar la diferencia para cambiar al angulo horizontal
{
  if (avl > avr)
  {
    servoh = --servoh;
    if (servoh < servohLimitLow)
    {
      servoh = servohLimitLow;
    }
  }
  else if (avl < avr)
  {
    servoh = ++servoh;
    if (servoh > servohLimitHigh)
    {
      servoh = servohLimitHigh;
    }
  }
  else if (avl = avr)
  {
  }
  horizontal.write(servoh);
  delay(dtime);
}

-Compilado
Sketch uses 4.788 bytes (14%) of program storage space. Maximum is 32.256 bytes.
Global variables use 256 bytes (1.2%) of dynamic memory, leaving 1.792 bytes for local variables.
Maximum is 2.048 bytes.
Arduino Uno on /dev/tty.usbmodem1451

```

