



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



PROYECTO FINAL DE GRADO



AUTOR: **BOHIGUES VALLET, DANIEL**

TUTORES: **ANDREA SALANDIN, ISABEL TORT AUSINA**

VALENCIA, JULIO DE 2011



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índice de contenidos.....	I
Índice de figuras.....	IV
Índice de tablas.....	VII

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos.....	3
1.2. La arquitectura sostenible.....	3
1.3. Normativa de aplicación.....	5
1.3.1. Normativa europea.....	5
A) Directiva 2002/91/CE.....	6
B) Directiva 2010/31/UE.....	8
1.3.2. Normativa española.....	9
A) Sector edificación.....	11
B) Sector equipamiento doméstico y ofimática.....	18
1.3.3. Código Técnico de la Edificación.....	20
1.4. Energías renovables.....	22
1.4.1. Alternativas a las energías convencionales.....	22
1.4.2. Ventajas de las energías renovables.....	24
1.4.3. Marco legal.....	25
A) Normativa europea.....	25
B) Normativa española.....	27
1.5. Energía solar.....	33
1.5.1. Introducción.....	33
1.5.2. Energía solar térmica.....	33
A) Definición.....	33
B) Aplicaciones.....	33
C) Sistemas que forman una instalación.....	34
1.5.3. Aspectos generales de la energía solar.....	35

<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA</b>	<b>37</b>
2.1. Emplazamiento. Plano de situación.....	39
2.2. Descripción de la parcela.....	39
2.3. Descripción de la vivienda.....	40
2.4. Elementos constructivos.....	44
<b>3. APLICACIÓN DEL DB-HE1: LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA</b>	<b>49</b>
3.1. Introducción.....	51
3.2. Clasificación de los espacios.....	52
3.3. Método de cálculo. Opción simplificada.....	53
3.3.1. Transmitancia de la fachada.....	55
3.3.2. Condensaciones en la fachada.....	57
A) Distribución de temperatura.....	59
B) Distribución de la presión de vapor de saturación.....	59
C) Distribución de la presión de vapor.....	59
3.3.3. Cubierta inclinada.....	60
3.3.4. Forjado sanitario.....	63
3.3.5. Cubierta plana transitable.....	65
3.3.6. Forjado sobre garaje.....	67
3.3.7. Carpintería exterior.....	68
<b>4. CONSUMO ENERGÉTICO DE LA VIVIENDA: SITUACIÓN INICIAL</b>	<b>71</b>
4.1. Aplicación del programa Designbuilder.....	73
4.2. Datos de consumo iniciales.....	76
A) Calefacción y refrigeración.....	76
B) Agua caliente sanitaria.....	77
C) Datos de consumo totales.....	79

<b>5. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA</b>	<b>81</b>
5.1. Descripción de la instalación y demanda de ACS.....	83
5.2. Radiación solar y contribución solar mínima.....	84
5.3. Predimensionado de la superficie de captación.....	85
5.4. Sistema de captación.....	85
5.5. Cálculo de pérdidas.....	86
5.6. Componentes de la instalación.....	88
5.7. Mantenimiento.....	95
5.8. Esquema y planos de la instalación.....	98
<b>6. MEJORAS EN LOS CERRAMIENTOS</b>	<b>101</b>
6.1. Alternativa 1.....	103
6.2. Alternativa 2.....	105
6.3. Alternativa 3.....	106
6.4. Comparativa entre alternativas.....	108
<b>7. ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	<b>109</b>
7.1. Instalación de la placa solar.....	111
7.1.1. Cobertura energética.....	111
7.1.2. Ahorro económico.....	115
7.2. Mejoras en los cerramientos.....	116
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>121</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>129</b>
<b>10. ANEXOS</b>	
A) Planos de la vivienda.....	<b>133</b>
B) Planos de la instalación solar térmica.....	<b>147</b>
C) Presupuesto de la instalación solar térmica.....	<b>155</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Análisis del ciclo de la vida (ACV) de un edificio. Guía de la edificación sostenible.....</i>	5
Figura 2. <i>Consumo en los hogares españoles por usos (año 2007). Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable.....</i>	12
Figura 3. <i>Distribución media del consumo eléctrico. Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable.....</i>	19
Figura 4. <i>Identificación de sistemas y equipos. PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 – 2020.....</i>	29
Figura 5. <i>Plano de situación y emplazamiento.....</i>	39
Figura 6. <i>Simulación 3D de la vivienda a tratar.....</i>	40
Figura 7. <i>Plano de distribución de la planta semisótano.....</i>	40
Figura 8. <i>Plano de distribución de la planta baja.....</i>	41
Figura 9. <i>Plano de distribución de la planta primera.....</i>	42
Figura 10. <i>Plano de la sección 1-1'.....</i>	43
Figura 11. <i>Plano de la sección 2-2'.....</i>	43
Figura 12. <i>Detalle de la cimentación y el muro de hormigón.....</i>	44
Figura 13. <i>Detalle de zapata corrida, arranque del muro de carga de ladrillo y solera del semisótano.....</i>	45
Figura 14. <i>Detalle de la parte sanitaria en el forjado 1.....</i>	46
Figura 15. <i>Detalle de la parte no sanitaria del forjado 1 y tipología del resto de forjados.....</i>	46
Figura 16. <i>Detalle de las terrazas transitables.....</i>	47
Figura 17. <i>Detalle de la cubierta de teja curva.....</i>	47
Figura 18. <i>Detalle del cerramiento exterior.....</i>	48
Figura 19. <i>Esquema de la envolvente térmica de un edificio.DB-HE1..</i>	54
Figura 20. <i>Sección de la fachada.....</i>	56
Figura 21. <i>Gráfica del gradiente térmico de la fachada.....</i>	60
Figura 22. <i>Gráfica comparativa de las presiones de la fachada.....</i>	60
Figura 23. <i>Sección de la cubierta.....</i>	61
Figura 24. <i>Gráfica del gradiente térmico de la cubierta.....</i>	62
Figura 25. <i>Gráfica comparativa de las presiones de la cubierta.....</i>	62

Figura 26. <i>Condicionantes para la cámara sanitaria</i> .....	63
Figura 27. <i>Sección del forjado sanitario</i> .....	63
Figura 28. <i>Gráfica del gradiente térmico del forjado sanitario</i> .....	64
Figura 29. <i>Gráfica comparativa de las presiones del forjado sanitario</i>	65
Figura 30. <i>Sección de la cubierta plana transitable</i> .....	65
Figura 31. <i>Gráfica del gradiente térmico de la cubierta plana transitable</i> .....	66
Figura 32. <i>Gráfica comparativa de las presiones de la cubierta plana transitable</i> .....	67
Figura 33. <i>Planta baja con el programa designbuilder</i> .....	74
Figura 34. <i>Planta primera con el programa designbuilder</i> .....	74
Figura 35. <i>Visualización de la vivienda</i> .....	75
Figura 36. <i>Desglose del consumo energético anual</i> .....	76
Figura 37. <i>Desglose del consumo energético mensual</i> .....	76
Figura 38. <i>Confort, temperaturas medias anuales</i> .....	77
Figura 39. <i>Consumo energético inicial</i> .....	79
Figura 40. <i>Esquema Drain Pack. Energía Solar Térmica. Catálogo Fagor</i> .....	83
Figura 41. <i>Captador SOL 2800 H selectivo. Escosol, de Salvador Escoda S.A.</i> .....	85
Figura 42. <i>Orientación e inclinación de los módulos. CTE, DB-HE4</i> .....	86
Figura 43. <i>Posición del captador en la cubierta</i> .....	87
Figura 44. <i>Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación. CTE, DB-HE4</i> .....	87
Figura 45. <i>Interacumulador CV-200-M1P. Solar Energy, de Salvador Escoda S.A.</i> .....	89
Figura 46. <i>Bomba de circulación COMFORT UP 15-14 BXU. GRUNDFOS</i> .....	91
Figura 47. <i>Vaso de expansión, modelo 5 SMF. Salvador Escoda S.A.</i> ...	92
Figura 48. <i>Regulación solar. STRG Centralita control de 2 circuitos. Salvador Escoda S.A.</i> .....	93
Figura 49. <i>Elementos que componen el sistema de soportación aluminio. Solar Energy. Salvador Escoda S.A.</i> .....	95

Figura 50. <i>Esquema de la instalación de la placa solar y sus componentes</i> .....	98
Figura 51. <i>Plano de cubierta con la instalación de la placa solar</i> .....	98
Figura 52. <i>Plano de la fachada este con la instalación de la placa solar</i> .....	99
Figura 53. <i>Plano de planta primera con la instalación</i> .....	99
Figura 54. <i>Desglose de consumo energético a nivel mensual. Alternativa 1</i> .....	104
Figura 55. <i>Desglose de consumo energético a nivel anual. Alternativa 1</i> .....	104
Figura 56. <i>Desglose de consumo energético a nivel mensual. Alternativa 2</i> .....	105
Figura 57. <i>Desglose de consumo energético a nivel anual. Alternativa 2</i> .....	106
Figura 58. <i>Desglose de consumo energético a nivel mensual. Alternativa 3</i> .....	107
Figura 59. <i>Desglose de consumo energético a nivel anual. Alternativa 3</i> .....	107
Figura 60. <i>Gráfica de la evolución del consumo energético</i> .....	108
Figura 61. <i>Gráfica de la aportación real de la placa solar</i> .....	114
Figura 62. <i>Gráfica de la repercusión económica de la cobertura de la placa solar</i> .....	116
Figura 63. <i>Gráfica de la repercusión económica de la mejora de los cerramientos</i> .....	119
Figura 64. <i>Gráfica del consumo energético global en cada caso</i> .....	124
Figura 65. <i>Gráfica de la repercusión económica global a nivel mensual</i> .....	125
Figura 66. <i>Gráfica de la repercusión económica global a nivel anual</i> ...	125
Figura 67. <i>Gráfica de la evolución de la emisión de CO<sub>2</sub></i> .....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Evolución del equipamiento doméstico. Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable.....</i>	18
Tabla 2. <i>Ventajas de las energías renovables respecto de las energías convencionales. Guía de energía solar. Madrid 2006.....</i>	25
Tabla 3. <i>Medidas específicas en el sector solar. PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 – 2020.....</i>	28
Tabla 4. <i>Cualificaciones profesionales con competencia reconocidas para ejercer la actividad de instalador. PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 – 2020.....</i>	30
Tabla 5. <i>Principales agentes que intervienen en las distintas fases de desarrollo de proyectos de instalaciones térmicas e instalaciones fotovoltaicas. PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 – 2020.....</i>	32
Tabla 6. <i>Cuadro de superficies de la planta baja.....</i>	41
Tabla 7. <i>Cuadro de superficies de la planta primera.....</i>	42
Tabla 8. <i>Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m<sup>2</sup>K. DB-HE1.</i>	54
Tabla 9. <i>Valores límite de los parámetros característicos medios. DB-HE1.....</i>	55
Tabla 10. <i>Valores de la transmitancia térmica del cerramiento.....</i>	56
Tabla 11. <i>Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>K/W. Tabla E1 del apéndice E del DB-HE1.....</i>	57
Tabla 12. <i>Datos climáticos mensuales de la ciudad de Vilamarxante, a partir de la tabla G.2 del apéndice G del DB-HE1.....</i>	58
Tabla 13. <i>Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones de la fachada según los cálculos realizados.....</i>	60
Tabla 14. <i>Coeficiente de reducción de temperatura b. Espacios habitables en contacto con no habitables.....</i>	61
Tabla 15. <i>Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones de la cubierta según los cálculos realizados.....</i>	62

Tabla 16. Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones del forjado sanitario según los cálculos realizados.....	64
Tabla 17. Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones de la cubierta plana transitable según los cálculos realizados.....	66
Tabla 18. Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones del forjado sobre el garaje.....	67
Tabla 19. Tablas y cálculos de transmitancia en carpintería exterior...	69
Tabla 20. Temperatura mínima media del agua de la red general, en °C, obtenida a partir de medidas directas. (CENSOLAR).....	78
Tabla 21. Energía necesaria para calentar el agua destinada al consumo doméstico.....	78
Tabla 22. Energía total consumida en un año.....	79
Tabla 23. Datos técnicos del captador SOL 2800 H selectivo. Escosol, de Salvador Escoda S.A.....	85
Tabla 24. Datos técnicos del interacumulador CV-200-M1P. Solar Energy, de Salvador Escoda S.A.....	89
Tabla 25. Potencia eléctrica máxima de la bomba. Tabla 3.4.4 Bombas de circulación. DB-HE4.....	91
Tabla 26. Datos técnicos del vaso de expansión, modelo 5 SMF. Salvador Escoda S.A.....	92
Tabla 27. Plan de vigilancia para el mantenimiento de la instalación solar térmica.....	95
Tabla 28. Plan de mantenimiento para el sistema de captación.....	96
Tabla 29. Plan de mantenimiento para el sistema de acumulación.....	96
Tabla 30. Plan de mantenimiento para el sistema de intercambio.....	97
Tabla 31. Plan de mantenimiento para el circuito hidráulico.....	97
Tabla 32. Plan de mantenimiento para el sistema eléctrico y de control.....	97
Tabla 33. Plan de mantenimiento para el sistema de energía auxiliar	97
Tabla 34. Datos de la situación inicial.....	103
Tabla 35. Datos de los cerramientos en la alternativa 1.....	103
Tabla 36. Datos de los cerramientos en la alternativa 2.....	105
Tabla 37. Datos de los cerramientos en la alternativa 3.....	106

Tabla 38. <i>Datos comparativos de consumo, coste y ahorro.....</i>	108
Tabla 39. <i>Energía consumida mensual para calentamiento del ACS....</i>	111
Tabla 40. <i>Cálculos obtención energía absorbida por el captador y parámetro D1.....</i>	112
Tabla 41. <i>Cálculos obtención energía perdida por el captador y parámetro D2.....</i>	113
Tabla 42. <i>Cálculos obtención de la cobertura real de la placa solar....</i>	114
Tabla 43. <i>Repercusión económica de la cobertura de la placa solar....</i>	115
Tabla 44. <i>Precios unitarios de los materiales aislantes y acristalamiento.....</i>	116
Tabla 45. <i>Superficies a cubrir por los materiales aislantes y acristalamiento.....</i>	117
Tabla 46. <i>Inversión en material aislante de la situación inicial.....</i>	117
Tabla 47. <i>Inversión en material aislante de la alternativa 1.....</i>	117
Tabla 48. <i>Inversión en material aislante de la alternativa 2.....</i>	118
Tabla 49. <i>Inversión en material aislante de la alternativa 3.....</i>	118
Tabla 50. <i>Cuadro resumen de la repercusión económica de la mejora en cerramientos.....</i>	118
Tabla 51. <i>Consumo energético global para cada caso.....</i>	123
Tabla 52. <i>Gasto económico global en cada caso.....</i>	124



# 1. INTRODUCCIÓN



El mundo de la construcción, como cualquier otro, no es perfecto, existe mucho egoísmo y un gran afán por ganar dinero. Por ello, hasta hace bien poco, muchos empresarios y gente de este entorno sólo se preocupaba de construir y construir, especialmente en nuestro país, donde en apenas unos años se ha construido lo que se debería en décadas.

Pero las cosas empezaron a cambiar hace un tiempo. El cambio climático que está experimentando el planeta, hace que muchos hagan autocrítica y analicen en qué proporción la mano del hombre ha influido en ello.

Esta autocrítica nos ha llevado a una conclusión: debemos hacer algo, y el mundo de la construcción, por su envergadura e importancia tiene la responsabilidad de implicarse. Esta situación es la que nos lleva a tomarnos en serio la idea de arquitectura sostenible, una arquitectura que respete el medio ambiente, que se integre en él y lo aproveche sin causarle daño alguno. Esta idea me sedujo y me pareció más que interesante para tratarla en mi Proyecto Final de Grado.

Comparando una misma vivienda con la diferencia de introducir o no elementos que mejoren su eficiencia energética demostraré que se puede vivir con la misma comodidad, pero respetando aquello que nos rodea, sin perder de vista que esto es sólo el principio, que el camino es largo y que apenas hemos empezado a andar.

A continuación se presentan los objetivos que se pretenden alcanzar con este proyecto:

### 1.1. OBJETIVOS

- Profundizar en el concepto de arquitectura sostenible.
- Analizar los elementos de una vivienda cuya eficiencia energética se pueda mejorar.
- Estudiar, en la medida de lo posible, su repercusión económica.

### 1.2. LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Desde los orígenes, el ser humano se ha servido de los recursos naturales para su supervivencia. Con el tiempo, esa explotación ha ido en aumento y el objetivo ha evolucionado, pues ya no sólo importa la supervivencia, sino también la comodidad, el confort y la mejora de todo aquello que necesitamos en el día a día.

Esta explotación de los recursos naturales junto con la constante evolución del hombre, sobretodo en el ámbito edificatorio e industrial, ha ido menguando la salud del planeta en el que vivimos. De hecho la

contaminación provocada por el hombre ha causado en él daños probablemente irreversibles.

Esta situación provoca que algunas personas, conscientes del daño causado, alerten al resto de la población e inicien un movimiento, a escala mundial, para disminuir este impacto tan negativo del hombre en el medio ambiente. Con ello, surgen infinidad de ideas, una de ellas es tomarse en serio el concepto de edificación sostenible.

Hasta hace poco el proceso de construcción de un edificio, incluso los pasos previos y los posteriores a dicha construcción no hacían más que perjudicar al medio ambiente. Por ejemplo, en la fabricación de materiales de construcción (cemento, hormigón, acero, ladrillo) se consumen grandes cantidades de energía, además del gran daño ecológico que supone la extracción de los recursos minerales de canteras, minas, etc.

Durante todo el tiempo en el que el edificio se encuentra en uso, este necesita una gran aportación de energía (electricidad, calefacción, climatización, etc.) lo que le hace responsable de emitir una gran cantidad de CO<sub>2</sub>. Por último, cuando los edificios llegan al final de su vida útil, producen una enorme cantidad de residuos que en muchos casos no se aprovechan generando así más contaminación. [1]

Con la edificación sostenible se intenta conseguir que un edificio produzca toda la energía que necesite para su funcionamiento diario evitando así dañar el medio ambiente. En el mundo de la construcción se habla también de bioconstrucción (tiene en cuenta la arquitectura ecológica y el bioclimatismo), bioclimatismo (es la respuesta del hombre frente al clima, por lo que se tienen en consideración aspectos y criterios como la ubicación, las orientaciones, los vientos, los soleamientos, las vegetaciones y las refrigeraciones naturales). Arquitectura ecológica: la que trata de hacer un uso eficiente de la energía, consumiendo la mínima posible, así como usando energías alternativas limpias, etc. [2]

Todos estos conceptos e ideas tienen como objetivo común, el desarrollo sostenible en el mundo de la construcción, incluyendo todo el ciclo de la vida del edificio. En éste se incluye no sólo su período de utilización, sino también el proceso de obtención de sus materias primas, de manufactura de sus productos principales, así como el final del ciclo de los materiales, al finalizar el uso del edificio.

El cierre de este círculo, con la reintroducción de los materiales de demolición en la actividad industrial por vía del reciclado o la valoración de los residuos, permite una mayor eficiencia energética global, al recuperar parte de su contenido energético para otros usos.

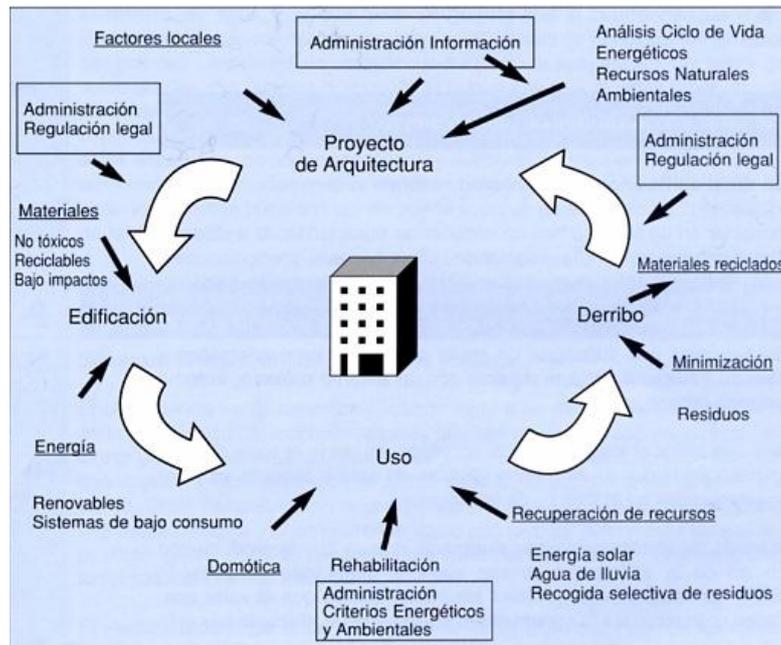


Figura 1. Análisis del ciclo de la vida (ACV) de un edificio. Guía de la edificación sostenible

### 1.3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

#### 1.3.1. NORMATIVA EUROPEA

Al tratarse de un tema, en parte novedoso, la normativa no es fija, más bien tiene cierto carácter dinámico, puesto que va actualizándose prácticamente año tras año.

En la última década han sido diversas las directivas publicadas por el Parlamento Europeo para darle a este tema la importancia y el rigor que se merece.

Las últimas publicaciones al respecto son las siguientes:

- DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- DIRECTIVA 2006/32/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 5 de abril de 2006 relativos la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.
- DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios. (Refundición).

A continuación se describen algunos aspectos importantes de las directivas más influyentes en el aspecto de la eficiencia energética, dejando de lado la directiva relativa a las energías renovables para tratarla más adelante.

#### A) DIRECTIVA 2002/91/CE

El objetivo de esta directiva es fomentar la eficiencia energética en los edificios de la Comunidad teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia. [3]

Estas son algunas ideas de relevancia:

- El fomento de la eficiencia energética constituye una parte importante del conjunto de políticas y medidas necesarias para cumplir lo dispuesto en el Protocolo de Kioto.
- El sector de la vivienda y de los servicios compuesto en su mayoría por edificios, absorbe más del 40% del consumo final de energía en la Comunidad y se encuentra en fase de expansión, tendencia que previsiblemente hará aumentar el consumo de energía y, por tanto, las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Las medidas para fomentar la mejora de la eficiencia energética de los edificios deben tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales, así como el entorno ambiental interior y la relación coste-eficacia. Además no deben contravenir otros requisitos esenciales como la accesibilidad, la prudencia y el uso del edificio.
- Las reformas importantes de los edificios existentes son una buena oportunidad para tomar medidas eficaces en relación con el coste para aumentar su rendimiento energético. Son reformas importantes, por ejemplo, los casos en que los costes totales de renovación referentes al cerramiento exterior del edificio o a instalaciones energéticas tales como calefacción, suministro de agua caliente, aire acondicionado, ventilación e iluminación son superiores al 25% del valor del edificio, excluyendo el valor del terreno en el que está construido o cuando se renueva más del 25% del cerramiento exterior del edificio.
- Con vistas a la reducción del consumo de energía y a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono, los Estados miembros deberán:
  - Tomar las medidas necesarias para establecer una inspección periódica de las calderas que utilicen combustibles no renovables líquidos o sólidos y tengan una potencia nominal efectiva comprendida entre 20 y 100 kW. Dicha inspección también podrá aplicarse a calderas que utilicen otros combustibles.

- Las calderas con una potencia nominal efectiva de más de 100 kW se inspeccionarán al menos cada dos años. Para las calderas de gas, este período podrá ampliarse a cuatro años.
- Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para la realización de una inspección periódica de los sistemas de aire acondicionado con una potencia nominal efectiva superior a 12 kW.
- En los últimos años se ha observado un aumento del número de sistemas de aire acondicionado en los países europeos meridionales. Esto da lugar a problemas importantes en las horas de máxima sobrecarga, aumentando el coste de la electricidad y perturbando el balance energético de esos países. Debe darse prioridad a estrategias que mejoren el rendimiento térmico de los edificios durante el verano. Para ello debe propiciarse el desarrollo de técnicas de enfriamiento pasivo, fundamentalmente las que mejoran las condiciones ambientales interiores y el microclima alrededor de los edificios.

La presente Directiva establece requisitos en relación con:

- El marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada en los edificios.
- La aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos.
- La aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
- La certificación energética de edificios.
- La inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y, además, la evaluación del estado de la instalación de calefacción con calderas de más de 15 años.

En cuanto al certificado de eficiencia energética, el artículo 7 de la presente directiva dice que los Estados miembros velarán por que, cuando los edificios sean construidos, vendidos o alquilados, se ponga a disposición del propietario o, por parte de este, a disposición del posible comprador o inquilino, según corresponda, un certificado de eficiencia energética. La validez del certificado no excederá de 10 años.

Este certificado deberá incluir valores de referencia tales como la normativa vigente y valoraciones comparativas, con el fin de que los consumidores puedan comparar y evaluar la eficiencia energética del edificio. Además irá acompañado de recomendaciones para la mejora de la relación coste-eficacia de la eficiencia energética.

## B) DIRECTIVA 2010/31/UE

Los objetivos de esta directiva son los mismos que los de su predecesora, la 2002/91/CE, simplemente introduce algunas modificaciones sustantivas en aras de una mayor claridad. [4]

Por ello remarca aspectos como estos:

- Las medidas adoptadas para reducir el consumo de energía de la Unión, junto con un mayor uso de las energías renovables, no sólo permiten cumplir con el protocolo de Kioto, sino también con el compromiso de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2°C y su compromiso de reducir, para 2020, las emisiones totales de gases de efecto invernadero en un 20% como mínimo con respecto a los niveles de 1990.
- Se están creando o adaptando instrumentos financieros y otras medidas de la Unión con objeto de fomentar las medidas relativas a eficiencia energética.
- Los edificios ocupados por las autoridades públicas y los frecuentados habitualmente por el público deben constituir un ejemplo de que los factores medioambientales y energéticos se tienen en cuenta y, en consecuencia, tales edificios deben ser objeto periódicamente de certificación energética.
- Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que cuando se proceda a la sustitución o mejora de los elementos de un edificio que integren la envolvente del edificio y que repercutan de manera significativa en la eficiencia energética de dicha envolvente, se fijen unos requisitos mínimos de eficiencia energética para ellos, con el fin de alcanzar unos niveles óptimos de rentabilidad.

Cuando establezcan los requisitos, los Estados miembros podrán distinguir entre edificios nuevos y edificios existentes, así como entre diferentes categorías de edificios.

Estos requisitos deberán tener en cuenta las condiciones ambientales generales interiores, para evitar posibles efectos negativos, como una ventilación inadecuada, así como las particularidades locales, el uso al que se destine el edificio y su antigüedad.

No se exigirá a los Estados miembros que establezcan unos requisitos mínimos de eficiencia energética que no resulten rentables a lo largo del ciclo de vida útil estimada.

Los requisitos mínimos de eficiencia energética se revisarán periódicamente a intervalos no superiores a cinco años y, en caso

necesario, se actualizarán con el fin de adaptarlos a los avances técnicos del sector de la construcción.

- Edificios de consumo de energía casi nulo.  
Los Estados miembros se asegurarán de que:
  - A más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo, y de que
  - Después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que están ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean edificios de consumo de energía casi nulo.
  
- La Comisión publicará, el 31 de diciembre de 2012 a más tardar y cada tres años después de esa fecha, un informe sobre los avances efectuados por los Estados miembros a la hora de aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo.
  
- Los Estados miembros velarán por que se expida un certificado de eficiencia energética para:
  - Los edificios o unidades de estos que se construyan, vendan o alquilen a un nuevo arrendatario, y
  - Los edificios en los que una autoridad pública ocupe una superficie útil total superior a 500 m<sup>2</sup> y que sean frecuentados habitualmente por el público. El 9 de julio de 2015, este umbral de 500 m<sup>2</sup> se reducirá a 250 m<sup>2</sup>.
  
- Los Estados miembros velarán por que la certificación de la eficiencia energética de los edificios y la inspección de las instalaciones de calefacción y de aire acondicionado se realicen de manera independiente por expertos cualificados o acreditados, tanto si actúan como autónomos como si están contratados por entidades públicas o empresas privadas.

### 1.3.2. NORMATIVA ESPAÑOLA

El gobierno español lleva años trabajando para poner en práctica estas directivas originadas en el Parlamento Europeo y son diversos los planes de ámbito nacional que se han creado para tal fin. [5]

La Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética (E4), aprobada el 28 de noviembre de 2003, identificaba los objetivos de carácter estratégico, así como la senda que la política energética debería recorrer para alcanzar los objetivos de la misma: seguridad de suministro en cantidad y precio, con unos niveles de autoabastecimiento umbrales, tomando en

consideración el impacto medioambiental que su uso conlleva y, el importante componente de la competitividad de nuestra Economía.

Con esta Estrategia, se entrecruzan otras dos en el ámbito de la sostenibilidad: la Estrategia Española del Cambio Climático y Energía Limpia (EECCEL), y el Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010. Y junto a ellas, se formula una cuarta en el lado de la dimensión tecnológica como uno de los principios activadores de los desarrollos anteriores. Con relación a la primera, los mandatos principales provienen de los Planes Nacionales de Asignación (PNA) de derechos de emisión y especialmente por la intensidad de los sectores energéticos.

En un momento en que se hacía necesario intensificar las acciones en la dirección de la mejora de la eficiencia energética, se puso en marcha el primer Plan de Acción (PAE4 2005-2007), de la E4, aprobado por Consejo de Ministros el 8 de julio de 2005, definía medidas prioritarias para iniciar un proceso de tensión sobre todos los sectores, de forma que se disminuyese las tasas de crecimiento en el consumo y en los indicadores de intensidad energética, y especialmente señalase una dirección a seguir.

Con todo esto en marcha, la EECCEL identifica a los sectores difusos (transporte, residencial, comercial e institucional, agrario, residuos y gases fluorados) como responsables del mayor crecimiento de los gases de efecto invernadero (GEI) y propone acciones directas sobre ellas para disminuir en 188,5 MtCO<sub>2</sub> en el quinquenio; en esta dirección señala al PAE4 2008-2012 con un papel importante de esa estrategia.

La EECCEL dedica un capítulo específico a la denominada "energía limpia" que engloba a las renovables y a la eficiencia energética.

En eficiencia, esa estrategia señala claramente la necesidad de incidir especialmente en transporte, equipamiento y ofimática, y residencial con un esfuerzo especial.

Señala igualmente, las acciones siguientes: incentivar campañas de difusión para dar a conocer las potenciales inversiones y su rentabilidad; modificar la estructura tarifaria para inducir cambios de comportamiento; estimular la inversión con medidas financieras y fiscales; y, activar la aplicación de la Directiva sobre servicios energéticos.

Es así como el nuevo Plan de Acción PAE4 2008-2012 se convierte en el nuevo camino a seguir. Son muchos los sectores que se ven afectados por este plan, obviamente aquí se tratará el sector de la edificación e incluso el del equipamiento doméstico y ofimática.

## A) SECTOR EDIFICACIÓN

El Sector Edificación comprende, a efectos de este Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE), los servicios que tienen un mayor peso sobre el consumo energético de los edificios: las instalaciones térmicas (calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria) y las instalaciones de iluminación interior, tanto del sector doméstico como del terciario.

El parque edificatorio español está constituido mayoritariamente por edificios cuyo uso principal es el de vivienda. En el año 2005, el 85% de la superficie construida estaba formada por edificios de viviendas y el 15% restante por edificios destinados a otros usos principalmente administrativo y comercial.

En concreto, 389 millones de m<sup>2</sup> correspondían al sector terciario en sus diferentes usos y el resto 2.300 millones de m<sup>2</sup> al sector doméstico, de los que 1.600 millones de m<sup>2</sup> estaban destinados a viviendas principales.

Según datos del Ministerio de Vivienda el parque de viviendas principales ascendía en el año 2005 a 23.209.842 viviendas, de las que un 68%, es decir, 15.884.170 son viviendas principales y el 7.325.672, el 32%, viviendas no principales.

En número de viviendas principales por Comunidad Autónoma destaca Andalucía (17,4%), Cataluña (15,8%), Comunidad Valenciana (12,3%) y Madrid (11,7%). Entre estas cuatro comunidades superan el 57% de las viviendas principales construidas en nuestro país.

El consumo de energía final en el sector doméstico se distribuye, por usos, de la siguiente forma, para una vivienda media: calefacción (46%), agua caliente sanitaria (21%), iluminación (16%) y aire acondicionado (1%).

El peso del aire acondicionado, dada su estacionalidad, no alcanza a día de hoy valores de consumo importantes, aunque contribuye a generar picos de demanda eléctrica que contribuyen a ocasionar problemas locales en la continuidad del suministro eléctrico en los periodos de verano en que se alcanzan las temperaturas exteriores más altas.

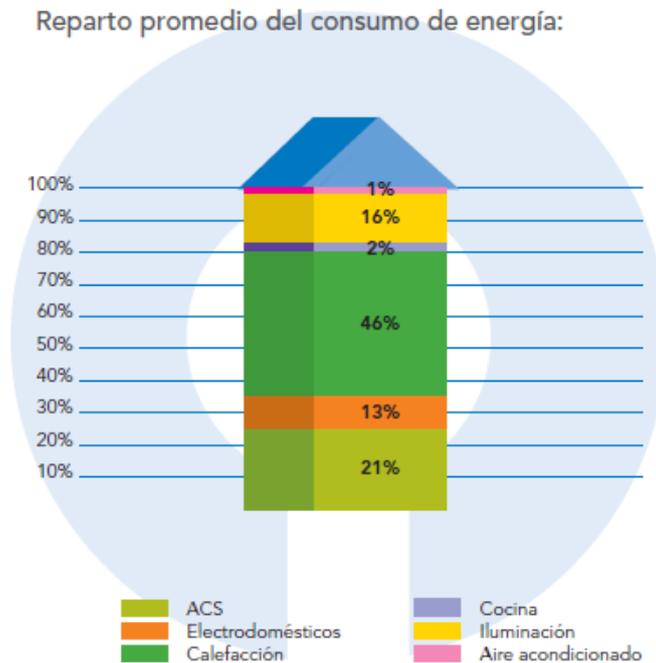


Figura 2. Consumo en los hogares españoles por usos (año 2007). *Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable.*

El resto de consumos (electrodomésticos (13%) y cocinas (2%)) se analizan en la sección correspondiente a Equipamiento Doméstico. Lógicamente, estos porcentajes varían de unas zonas climáticas a otras, siendo el peso de la calefacción mucho menor en las zonas cálidas y el del aire acondicionado mayor y viceversa.

Hay que destacar, en este reparto, como las instalaciones térmicas de la vivienda (calefacción y agua caliente sanitaria) representan dos terceras partes del consumo energético de la vivienda.

También es interesante la comparación de la distribución del consumo de energía en calefacción de un hogar medio español con uno europeo. La climatología española, más suave en invierno, supone que el porcentaje de consumo de calefacción español, respecto al total de la vivienda es el 41,7% frente al 67,9% europeo.

Las medidas de actuación contempladas en el marco de la E4 para alcanzar el ahorro estimado, tienen como objetivo mejorar la eficiencia energética de los edificios y sus instalaciones fijas, así como hacer un uso más eficiente de los mismos, dirigidas al parque de edificios existente y al parque nuevo. Son las siguientes:

Medida 1: rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios.

Se pretende reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración en el sector de edificios existentes, mediante la aplicación de criterios de eficiencia energética en la rehabilitación de su envolvente térmica.

Se entiende por envolvente térmica del edificio, a los efectos de aplicación de esta medida, la que se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables, que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Las actuaciones energéticas sobre la envolvente térmica podrán contemplar soluciones constructivas convencionales y no convencionales. Se entienden por soluciones constructivas convencionales las utilizadas habitualmente en los edificios para reducir su demanda energética, como por ejemplo las que afectan a las fachadas, cubiertas, carpinterías exteriores, vidrios y protecciones solares.

Se entienden como soluciones constructivas no convencionales a las conocidas habitualmente como medidas de "arquitectura bioclimática", como por ejemplo: muros trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, sistemas de sombreado, ventilación natural, etc.

Las exigencias mínimas de eficiencia energética que debe cumplir la envolvente térmica que se rehabilite, son las que tabla en el documento HE1, limitación de demanda energética del Código Técnico de la Edificación.

La mejora de la eficiencia energética global de un edificio existente no significa necesariamente una renovación total del edificio, sino que puede limitarse a aquellas partes que sean más importantes para la eficiencia energética del mismo y tengan una rentabilidad adecuada.

Con el fin de impulsar esta medida de rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios se realizarán las siguientes actuaciones:

- Se creará anualmente una línea de apoyo económico, que será gestionada por cada Comunidad Autónoma y que contribuirá a la viabilidad económica de esta medida.
- Se promoverá que las Administraciones Públicas ejerzan un papel ejemplarizante en la renovación energética de su envolvente térmica.
- Se elaborará un nuevo Plan de Vivienda, desde el Ministerio de Vivienda, dirigido a la rehabilitación urbana y regeneración de las ciudades, para sustituir las viviendas existentes en determinados barrios de las ciudades con elevado déficit de calidad y eficiencia energética, por viviendas más eficientes, de mayor calidad y con

mejores espacios urbanos. Al mismo tiempo que se mejora el parque de viviendas existentes, se estaría también evitando la ocupación de nuevos suelos, que tienen mayores costes en edificación y en transportes, así como en la utilización de un recurso natural como es el suelo.

Medida 2: mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes.

Se pretende reducir el consumo de energía de las instalaciones térmicas existentes de los edificios. Para ello se dispone del Documento Básico HE (Ahorro de energía) del Código Técnico de la Edificación.

Se consideran como instalaciones térmicas, las instalaciones de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas en edificios existentes.

Las actuaciones energéticas consideradas dentro de esta medida serán aquellas que consigan una reducción del consumo de energía convencional, mediante actuaciones en sus instalaciones. Las actuaciones energéticas podrán ser, con carácter orientativo y no limitativo, las siguientes:

- Sustitución de equipos de producción de calor y frío por otros, seleccionados, con un mayor rendimiento energético.
- Sustitución de equipos de movimiento de los fluidos portadores por otros, con un mayor rendimiento energético.
- Utilización de sistemas de enfriamiento gratuito por aire exterior y de recuperación de calor del aire de extracción.

Las exigencias mínimas de eficiencia energética que debe cumplir la instalación que se rehabilite, son las que figuren en la normativa vigente.

Con el fin de impulsar esta medida de rehabilitación de las instalaciones térmicas de los edificios se realizarán las siguientes actuaciones:

- Se creará anualmente una línea de apoyo económico, que será gestionada por cada Comunidad Autónoma y que contribuirá a la viabilidad económica de esta medida.
- Se promoverá que las Administraciones Públicas ejerzan un papel ejemplarizante en la renovación energética de sus instalaciones térmicas.
- La revisión del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), que regula los requisitos mínimos de eficiencia energética de estas instalaciones incorporará la obligación, impuesta por la Directiva 2002/91/CE, de inspeccionar periódicamente las calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y la instalación térmica completa cuando ésta tenga más de 15 años de antigüedad y

asesorar mediante recomendaciones para la mejora de su rendimiento energético a los usuarios.

Medida 3: mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes.

Se pretende reducir el consumo de energía de las instalaciones de iluminación interior. Para ello se dispone el apartado tercero del Documento Básico HE (Ahorro de energía) del Código Técnico de la Edificación. DB-HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Las actuaciones energéticas incluidas dentro de esta medida serán aquellas que consigan una reducción del consumo de energía convencional en la iluminación interior de los edificios, mediante actuaciones en sus instalaciones. Estas actuaciones podrán ser, con carácter orientativo y no limitativo, las siguientes:

- Luminarias, lámparas y equipo: sustitución del conjunto por otro con luminarias de mayor rendimiento, lámparas mayor eficiencia y reactancias electrónicas regulables y que permitan reducir la potencia instalada en iluminación, cumpliendo con los requerimientos de calidad y confort visual reglamentados. En particular se considera la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo.
- Sistemas de control de encendido y regulación de nivel de iluminación: incluirán aquellos sistemas de control por presencia y regulación de nivel de iluminación según el aporte de luz natural, consiguiendo un ahorro eléctrico respecto a la instalación sin control o regulación.
- Cambio de sistema de iluminación: reubicación de los puntos de luz con utilización de las tecnologías anteriores, de forma que se reduzca el consumo eléctrico respecto al sistema actual de iluminación.

Las exigencias mínimas de eficiencia energética que debe cumplir la instalación de iluminación que se rehabilite son las que tablan en el documento HE3, Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del Código Técnico de la Edificación.

Con el fin de impulsar esta medida de rehabilitación de las instalaciones de iluminación interior de los edificios se realizarán las siguientes actuaciones:

- Se creará anualmente una línea de apoyo económico, que será gestionada por cada Comunidad Autónoma y que contribuirá a la viabilidad económica de esta medida.
- Se promoverá que las Administraciones Públicas ejerzan un papel ejemplarizante en la renovación energética de sus instalaciones de iluminación interior.

Medida 4: promover la construcción de nuevos edificios y la rehabilitación de existentes con alta calificación energética.

Como indica el título de la medida, se pretende promover e incentivar la construcción de nuevos edificios y la rehabilitación de existentes con alta calificación energética.

El Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios, establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética.

Están afectados todos los edificios de nueva construcción y las modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes, con una superficie útil superior a 1.000 m<sup>2</sup> donde se renueve más del 25 por cien del total de sus cerramientos.

El certificado de eficiencia energética deberá incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios de forma que se pueda valorar y comparar su eficiencia energética, con el fin de favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía.

La calificación de eficiencia energética asignada al edificio viene expresada por una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

Esta medida trata de promover la construcción o rehabilitación de edificios que alcancen la máxima calificación energética, clases A y B. Con el fin de impulsar esta medida se realizarán las siguientes actuaciones:

- Se creará anualmente una línea de apoyo económico para los edificios que obtengan una alta calificación energética, clases A y B, que será gestionada por cada Comunidad Autónoma y que contribuirá a la viabilidad económica de esta medida.
- Se promoverá que las Administraciones Públicas ejerzan un papel ejemplarizante en la construcción y rehabilitación de sus edificios y en los que promuevan.
- Se aprobará un nuevo Real Decreto que regule la certificación energética para el parque de edificios existentes y que complete al Real Decreto 47/2007/CE para edificios nuevos.
- Complementariamente se podrá incentivar la construcción de edificios con una alta calificación energética, por ejemplo, mediante medidas fiscales o aumento del volumen de edificabilidad por parte de las administraciones competentes.

Medida 5: revisión de las exigencias energéticas en la normativa edificatoria.

Se pretende aumentar las exigencias establecidas en el CTE para los nuevos edificios o aquellos que se rehabiliten.

La Directiva 2002/91/CE, de eficiencia energética de los edificios, obliga a que los requisitos mínimos de eficiencia energética para los edificios nuevos y existentes que fije la normativa, sean revisados periódicamente en intervalos no superiores a 5 años, y en caso necesario, actualizados, con el fin de de adaptarlos a los avances técnicos del sector de la construcción.

Estos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios están contenidos en el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación. Durante el periodo de vigencia de este Plan se procederá a su revisión a través del órgano constituido al efecto por Real Decreto 315/2006, como es el Consejo para la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de la Edificación, dentro del cual se deberá crear un grupo de trabajo que analice las exigencias actuales y proponga nuevas exigencias con viabilidad técnica y económica y que sea compatible con los objetivos energéticos y medioambientales buscados.

Por otro lado, según la Directiva 2002/91/CE, se deberá aprobar un procedimiento de certificación energética para los edificios existentes, que complemente al Real Decreto 47/2007, por el que se aprueba un procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción y rehabilitados.

Se fija como plazo para que estas revisiones entren en vigor el 1 de enero de 2010 para el CTE, y para la certificación energética de edificios existentes el 1 de enero de 2009. Lo anterior empezaría a tener efectos imputables de ahorro energético en este plan, considerando el tiempo necesario para la materialización de los proyectos a partir de 2012 para los edificios nuevos y rehabilitados, así como en los existentes.

Con ello se pretende ser más ambicioso que en el plan de ahorro anterior, concretamente en estos aspectos:

- Medida: "mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes". Se aumenta el objetivo energético previsto en la E4. En concreto, se propone sustituir 34 millones de lámparas en el sector doméstico y actuar sobre el 30% de la superficie iluminada en el sector terciario, frente a los objetivos de la E4 que eran sustituir 19 millones de lámparas y actuar sobre el 21% de la superficie iluminada.
- Medida: "promover la construcción de nuevos edificios y la rehabilitación de existentes con alta calificación energética". Se propone que el 17% de la nueva superficie construida en edificios sea de alta clasificación energética, Clase A o B, para lo que habilita una línea de ayudas.

- Medida: "revisión de las exigencias energéticas en la normativa edificatoria". Se aumentarían las exigencias establecidas en el Código Técnico de la Edificación. Además, según lo establecido en la Directiva 2002/91/CE, se deberá aprobar mediante Real Decreto un procedimiento básico de certificación energética de edificios existentes.

## B) SECTOR EQUIPAMIENTO DOMÉSTICO Y OFIMÁTICA

El Sector Equipamiento Residencial y Ofimática comprende, a efectos de este Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética, el consumo de energía de los electrodomésticos, incluyendo los acondicionadores de aire de uso doméstico de hasta 12 kW de potencia y las cocinas y hornos, y el equipamiento ofimático en general tanto en el sector doméstico, como en el resto de sectores.

El consumo de energía final de este sector se reparte del siguiente modo: el 55% corresponde a los electrodomésticos, el 28% al consumo en las cocinas, el 14% a la ofimática y el resto a los pequeños equipos de aire acondicionado.

A partir de los datos oficiales disponibles del equipamiento de los hogares españoles que Tablan en la Encuesta continua de presupuestos familiares del INE, se ha realizado un análisis de la evolución de la penetración de los electrodomésticos, cocinas, y otros equipos en nuestros hogares, cuyo resumen se encuentra en la tabla siguiente.

EVOLUCIÓN DEL EQUIPAMIENTO DOMÉSTICO					
	2000	2001	2002	2003	2004
Población (millones)	40,5	41,117	41,838	42,717	43,198
Hogares (millones)	13,086	13,486	13,843	14,187	14,528
Cocina eléctrica	23,13%	26,07%	28,26%	32,26%	34,88%
Cocina NO eléctrica	62,70%	60,68%	60,09%	58,37%	56,11%
Cocina mixta	15,76%	14,97%	13,38%	11,20%	10,56%
Frigorífico	99,47%	99,52%	99,58%	99,73%	99,69%
Congelador	28,08%	28,28%	30,54%	31,41%	31,37%
Lavadora	97,70%	97,82%	97,99%	98,26%	98,62%
Lavavajillas	24,56%	25,90%	28,95%	30,91%	32,61%
Microondas	54,28%	60,20%	63,96%	68,72%	73,40%
TV	99,16%	99,23%	99,30%	99,53%	99,71%
HI-FI	59,83%	61,09%	62,08%	62,78%	64,43%
Video	72,23%	73,44%	75,07%	75,23%	75,54%
PC	30,54%	33,53%	36,38%	41,49%	45,00%

Tabla 1. *Evolución del equipamiento doméstico. Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable.*

Se observa que las tasas de equipamiento en los principales equipos consumidores de energía en los hogares alcanzan, prácticamente, al 100% de las viviendas, como frigoríficos, cocinas, lavadoras o televisión.

Por otro lado, el porcentaje de hogares que cuenta con algún equipo de aire acondicionado ha alcanzado en el año 2004 el 25 % de los hogares, según datos elaborados por el IDAE a partir de información del INE.

Sin embargo, su utilización es claramente estacional, vinculada a la climatología, reduciéndose su uso máximo a unos tres meses al año, con acusadas diferencias por zonas geográficas.

Otro de los equipos que está convirtiéndose en un aparato imprescindible en los hogares es el ordenador, equipo con una baja potencia por unidad pero con un elevado número de horas de utilización.

Los equipos que tienen una mayor consumo de energía en el hogar como frigoríficos, congeladores, lavadoras, lavavajillas y hornos disponen de etiquetado energético que informa al comprador de sus características energéticas.

En el mercado español se encuentra una amplia variedad de estos electrodomésticos con etiquetado energético de clase A o superior, según los casos, para toda la gama de potencias y precios. Como ejemplo, la base de datos del IDAE sobre electrodomésticos más eficientes, tiene registrados 2.292 (frigoríficos y congeladores), 1.465 (lavadoras) y 1.116 (lavavajillas) de categoría A o superior, en su caso.

Un hogar medio en España consume cerca de 4000 kWh al año. En el caso de un hogar que dispusiera de todos los equipos de suministro eléctricos, el reparto medio sería el siguiente:

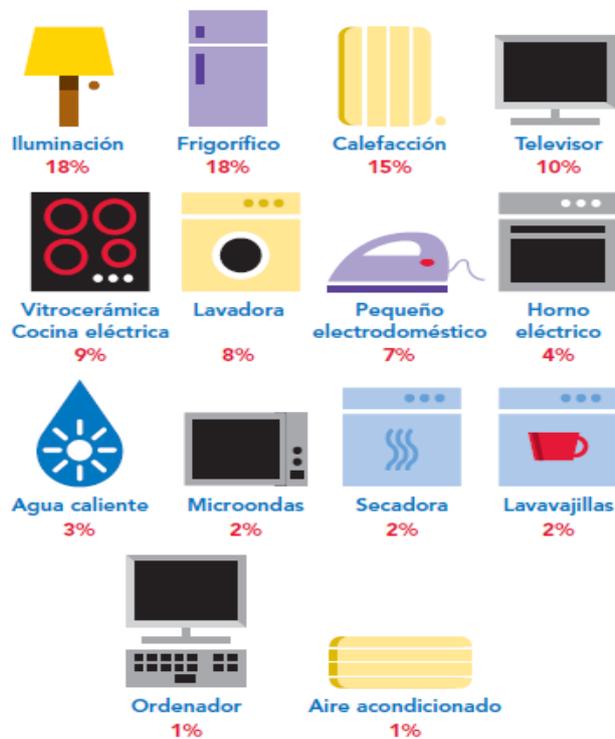


Figura 3. Distribución media del consumo eléctrico. Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable

Las medidas de actuación contempladas para ahorrar tienen como objetivo mejorar la eficiencia energética del equipamiento doméstico y ofimático existente, así como hacer un uso más eficiente del mismo. Para ello se proponen dos medidas:

- Plan Renove de electrodomésticos.
- Plan de Ahorro y Eficiencia Energética en las Administraciones Públicas.

El Plan Renove de electrodomésticos está dirigido a incentivar la retirada de los electrodomésticos existentes y que tienen mayor consumo energético, sustituyéndolos por otros de clase A o superior. Estos planes estarán organizados por las Comunidades Autónomas y comprenden los siguientes electrodomésticos: frigoríficos, congeladores, lavadoras y lavavajillas.

Los Planes Renove realizados durante los años 2006 y 2007 han conseguido que mayoritariamente los electrodomésticos comercializados sean de las clases de eficiencia A y B, tendencia que se irá acentuando hacia la clase A durante la vigencia del nuevo PAEE.

Se considera conveniente el mantenimiento de estos planes de renovación del equipamiento doméstico al acelerar la introducción de equipos más eficientes, que sería más lenta si no existieran. Estos planes tendrán mayor eficacia si están convenientemente reforzados con campañas de formación, información y concienciación dirigidas a los consumidores y a los vendedores de electrodomésticos.

La segunda medida, contempla la realización de planes específicos de Ahorro y Eficiencia Energética dirigidos a las Administraciones Públicas, de acuerdo con lo que señala la Directiva 2006/32/CE. Estos planes comprenderán actuaciones dirigidas a la mejora de la gestión energética de los edificios y sus instalaciones y la valoración de los criterios de eficiencia energética en las compras que realicen.

La puesta en marcha de estos planes se debe realizar con los medios técnicos y humanos con los que cuenta actualmente la Administración Pública, ya que son medidas encaminadas a mejorar la gestión energética de los edificios e instalaciones existentes, por lo que se considera que no tienen que suponer un incremento del gasto público.

### 1.3.3. CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Por lo que respecta al marco normativo sobre eficiencia energética en edificación, de acuerdo con él, los edificios deben proyectarse, construirse, mantenerse y conservarse de forma que se satisfagan una serie de requisitos básicos. Entre ellos se encuentra el requisito básico de ahorro de energía, como así lo establece la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Este requisito de ahorro de energía se desarrolla a su vez en el Código Técnico de la Edificación (CTE) aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. El CTE contiene cinco exigencias básicas en su "Documento

Básico de Ahorro de Energía". De estas cinco exigencias tres afectan específicamente a este Plan de Acción. En concreto una de ellas relativa a la limitación de la demanda de energía para calefacción y refrigeración y otras dos que fijan el rendimiento de las instalaciones térmicas y de iluminación interior de los edificios.

Este nuevo marco normativo entró en vigor en el año 2006, durante la vigencia del Plan de Acción 2005-2007, como transposición parcial de la Directa 2002/91/CE de eficiencia energética de los edificios. Añadiendo además el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) que contiene la obligación de realizar inspecciones periódicas de eficiencia energética a las instalaciones de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria.

Dicho Documento Básico consta de las siguientes secciones:

- HE.1: Limitación de demanda energética (calefacción y refrigeración).
- HE.2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- HE.3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- HE.4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE.5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

Por otro lado a principios del año 2007 se publicó el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, siendo de obligado cumplimiento a los 9 meses de su publicación en el BOE.

A partir de ese momento, los nuevos edificios que se construyan o rehabiliten a partir de cierto tamaño, tendrán obligación que proporcionar al comprador o usuario la calificación energética del mismo, mediante una escala de 7 letras que varía entre la clase A, para los más eficientes, a la clase G, para los menos.

## 1.4. ENERGÍAS RENOVABLES

A medida que una sociedad es más desarrollada, consume más energía. Pero la energía que se obtiene del carbón, del petróleo y del gas no se renueva, se va agotando año tras año.

Lo inteligente es ir aprovechando otras fuentes de energía que están en nuestro entorno: viento, sol, residuos, etc., las cuales son renovables, no se agotan y además no contaminan el ambiente, lo que significa una doble ventaja para los ciudadanos.

### 1.4.1. ALTERNATIVAS A LAS ENERGÍAS CONVENCIONALES

A día de hoy disponemos de las siguientes energías renovables [6]:

a) Energía solar: existen dos vías principales para el aprovechamiento de la radiación solar:

- Energía solar térmica, que consiste en utilizar la radiación del sol para calentar un fluido que, en función de su temperatura, se emplea para producir agua caliente o incluso vapor.
- Energía solar fotovoltaica, se realiza a través de la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica mediante el llamado efecto fotovoltaico. Esta se produce mediante "células solares" que están fabricadas con materiales semiconductores, como el silicio, que generan electricidad cuando incide sobre ellos la radiación solar.

b) Energía eólica: utilizan la energía cinética contenida en el viento para producir electricidad mediante los denominados aerogeneradores.

Existen dos tipos de instalaciones eólicas:

- Aisladas, para generar electricidad en lugares remotos para autoconsumo.
- Parques eólicos, formados por un conjunto de aerogeneradores, para venta a la red de la electricidad generada.

c) Energía hidráulica: el aprovechamiento de la energía potencial del agua procedente de un salto para producir energía eléctrica es lo que se conoce como energía hidráulica. El agua mueve una turbina cuyo movimiento de rotación es transferido mediante un eje a un generador de electricidad. Se considera que este tipo de energía es renovable cuando la potencia es inferior a 10 MW.

Existen fundamentalmente dos tipos de centrales hidroeléctricas:

- Centrales de agua fluyente: aquellas que captan una parte del caudal circulante por un río y lo conducen a la central para ser turbinado. Después este caudal es devuelto al cauce del río.
  - Centrales a pie de presa: aquellas situadas aguas debajo de los embalses destinados a usos hidroeléctricos o a otros fines como abastecimiento de agua a poblaciones o riegos. Tienen la ventaja de almacenar la energía (el agua) y poder emplearla en los momentos en los que más se necesite.
- d) Energía de la biomasa: es una fuente energética basada en el aprovechamiento de materias orgánicas de origen vegetal o animal, incluyendo los productos y subproductos resultantes de su transformación.

Bajo la denominación de biomasa se recogen materiales energéticos de muy diversas clases: residuos forestales, residuos agrícolas leñosos, herbáceos, residuos de procesos industriales diversos, cultivos energéticos, etc. Pueden también incluirse bajo la denominación de biomasa, los biocombustibles, que tienen su principal aplicación en el transporte.

Las aplicaciones de la biomasa se pueden englobar en dos grupos:

- Aplicaciones domésticas e industriales que funcionan mediante la combustión directa de la biomasa.
  - Aplicaciones vinculadas a la aparición de nuevos recursos y nuevas técnicas de transformación, como la gasificación y la pirólisis de la biomasa.
- e) Energía mareomotriz y de las olas: los mares y los océanos son inmensos colectores solares de los cuales se puede extraer energía de orígenes diversos (oleajes, mareas y gradientes térmicos).

La energía liberada por el agua de mar en sus movimientos de ascenso y descenso de las mareas (flujo y refluo) se aprovecha en las centrales mareomotrices, haciendo pasar el agua a través de turbinas hidráulicas.

La energía de las olas es producida por los vientos y resulta muy irregular. Esto ha llevado a multitud de tipos de máquinas para su aprovechamiento.

Por último, la conversión de energía térmica oceánica es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m de profundidad.

Para el aprovechamiento es suficiente una diferencia de 20 °C. Las ventajas de esta fuente de energía se asocian a que es un salto térmico permanente y benigno desde el punto de vista medioambiental.

- f) Energía geotérmica: es la manifestación de la energía térmica acumulada en rocas o aguas que se encuentran a elevada temperatura en el interior de la tierra.

Para el aprovechamiento en zonas con condiciones térmicas especiales, por ejemplo las zonas volcánicas, se hace circular en ellas un fluido que transporta hasta la superficie el calor acumulado en las zonas calientes.

La energía generada en función de su temperatura es aprovechada, bien para producir electricidad, o bien para el calentamiento de agua y calefacción.

La energía geotérmica tiene la principal ventaja de que su impacto ambiental es mínimo, y tiene rendimientos que le permiten competir con el petróleo. Pero sus principales desventajas son que requieren de grandes inversiones y que los campos geotérmicos son relativamente escasos y muchas veces se ubican en zonas desfavorables.

#### 1.4.2. VENTAJAS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

El consumo de energía es necesario para el desarrollo económico y social. Las razones por las que se hace necesario utilizar fuentes energéticas diferentes a las convencionales son, por ejemplo, las siguientes:

- Las energías no renovables se van agotando.
- Pueden producir impactos negativos en el medio ambiente.
- No aseguran el abastecimiento energético desde el exterior.

Las energías renovables proceden del sol, del viento, del agua de los ríos, del mar, del interior de la tierra y de los residuos. Hoy por hoy, constituyen un complemento a las energías convencionales fósiles (carbón, petróleo, gas natural) cuyo consumo actual, cada vez más elevado, está provocando el agotamiento de los recursos y graves problemas ambientales.

Se pueden destacar las siguientes ventajas de las energías renovables respecto a las convencionales:

	<b>E. RENOVABLES</b>	<b>E. CONVENCIONALES</b>
<b>VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES</b>	No producen emisiones de CO <sub>2</sub> y otros gases contaminantes a la atmósfera.	Sí emiten CO <sub>2</sub> y otros gases contaminantes.
	No generan residuos de difícil tratamiento.	La energía nuclear y los combustibles fósiles generan residuos que suponen durante generaciones una amenaza para el medioambiente.
	Son inagotables.	Son finitos.
<b>VENTAJAS ESTRATEGICAS</b>	Son autóctonas.	Existen sólo en un número limitado de países.
	Disminuyen la dependencia del exterior.	Los combustibles fósiles son importados en un alto porcentaje.
<b>VENTAJAS SOCIOECONOMICAS</b>	Crean cinco veces más puestos de trabajo que las convencionales.	Crean muy pocos puestos de trabajo respecto a su volumen de negocio.
	Han permitido a España desarrollar tecnologías propias.	Utilizan en su gran mayoría tecnología importada.

Tabla 2. *Ventajas de las energías renovables respecto de las energías convencionales. Guía de energía solar. Madrid 2006.*

### 1.4.3. MARCO LEGAL

#### A) NORMATIVA EUROPEA

Como ya se ha hecho referencia en el apartado de introducción, a nivel europeo se sigue la DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. [7]

En esta directiva, que sustituye a otras anteriores, se considera que el control de energía en Europa y la mayor utilización de la energía procedente de fuentes renovables, junto con el ahorro energético y una mayor eficiencia energética, constituyen una parte importante del paquete de medidas necesarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para cumplir el Protocolo de Kioto, con vistas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero más allá de 2012.

El Consejo Europeo de marzo de 2007 aprobó el objetivo de alcanzar una cuota del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo total de energía de la UE en 2020.

Estas son algunas de las ideas fundamentales que promueve esta directiva a favor del uso de energías renovables:

- Cada Estado miembro adoptará un plan de acción nacional en materia de energía renovable. Este plan determinará los objetivos relacionados con las cuotas de energía procedentes de fuentes renovables consumidas en el transporte, electricidad, producción de frío y calor en 2020.
- Para alcanzar los objetivos fijados, los Estados miembros dedicarán un porcentaje significativo de sus recursos financieros a la investigación y el desarrollo en materia de tecnologías de energías renovables.
- La ayuda pública será necesaria para alcanzar los objetivos de la Comunidad.
- Se fomentará la utilización de aplicaciones más eficientes de la energía procedente de fuentes renovables mediante las normas y códigos de edificación.
- Deben acelerarse el desarrollo de proyectos como el RTE-E (Red Transeuropea de Energía). La interconexión entre países facilita la integración de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables.
- Con el fin de certificar a los clientes finales el porcentaje de energía procedente de fuentes renovables, los Estados miembros velarán por que se expida una garantía de origen. Los Estados miembros se encargarán de que se expidan, se transfieran y se cancelen electrónicamente y sean exactas, fiables y resistentes al fraude.
- Una garantía de origen especificará, como mínimo:
  - la fuente energética a partir de la cual se ha producido la energía y las fechas de inicio y finalización de su producción;
  - si la garantía de origen se refiere a: electricidad, o calor y/o frío;
  - la identidad, situación, tipo y capacidad de la instalación donde se ha producido la energía;
  - si la instalación se ha beneficiado, y en qué medida, de ayudas a la inversión, si la unidad de energía se ha beneficiado, y en qué medida, de cualquier otra forma de un sistema de apoyo nacional y el tipo de sistema de apoyo;
  - la fecha de entrada en funcionamiento de la instalación, y

- la fecha y el país de emisión y un número de identificación único.

## B) NORMATIVA ESPAÑOLA

Hace ya algunos años, se presentó el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010.

Su revisión originó El Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010.

En la actualidad está vigente el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020.

Por su parte, el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, prevé la elaboración de un Plan de Energías Renovables para su aplicación en el período 2011-2020 (PER 2011-2020). [8]

En España, el objetivo se traduce en que las fuentes renovables representen al menos el 20% del consumo de energía final en el año 2020 —mismo objetivo que para la media de la UE—, junto a una contribución del 10% de fuentes de energía renovables en el transporte para ese año.

Para ello el PANER se encarga, en líneas generales, de analizar todos los aspectos influyentes en dicho objetivo:

- Previsiones de consumo final de energía 2010-2020.
- Objetivos y trayectoria de las energías renovables.
- Medidas para alcanzar los objetivos, como procedimientos administrativos, especificaciones técnicas, disposiciones relativas a la información, instaladores, infraestructuras urbanas, etc.
- Y por último, realiza ciertas evaluaciones sobre las medidas tomadas, la contribución previsible de las tecnologías de energía renovable, el impacto en el empleo, las emisiones evitadas, etc.

En este caso nos centraremos en resaltar aquellos aspectos relacionados con la energía solar:

Para empezar, las medidas que se piensan tomar para conseguir los objetivos establecidos en el sector solar son las siguientes:

Denominación y referencia de la medida	Tipo de medida	Resultado Esperado	Grupo y/o actividad a la que se destina	Existente o en proyecto	Fechas de inicio y final de la medida
1. Medidas de difusión, promoción y adaptación reglamentaria de las instalaciones solares (fotovoltaicas, térmicas y termoeléctricas) para fomentar su penetración horizontal en todos los sectores	Financiera Reglamentaria Campaña de información	Cambio de actitud hacia la energía solar	Administración Pública Instaladores Promotores y usuarios finales	Existente	2010-2020
2. Desarrollo de los mecanismos necesarios para fomentar las instalaciones de desalación basadas en tecnologías solares (térmica de baja temperatura, fotovoltaica y termoeléctricas)	Financiera	Facilitar el despegue de nuevos usos para las tecnologías solares.	Administración Pública Promotores Centros tecnológicos y de investigación	En proyecto	2011-2020
3. Impulso de proyectos para la optimización de las instalaciones solares térmicas que incluyan soluciones integrales (ACS, calefacción y refrigeración).	Financiera Campaña de información	Optimización de los sistemas solares Mejora de rentabilidad	ESE, Centros tecnológicos, fabricantes, instaladores y usuarios.	En ejecución y en proyecto	2010-2020
4. Medidas para la profesionalización del sector y para fomento del cambio de percepción de los usuarios mediante la difusión de las ventajas de la energía solar así como de los derechos y obligaciones de sus usuarios.	Campaña de difusión	Cambio de actitud hacia la energía solar	Instaladores Promotores y usuarios finales	En proyecto	2011-2020

Tabla 3. *Medidas específicas en el sector solar. PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 - 2020*

Por otro lado, con objeto de definir las especificaciones técnicas dentro del sector de las energías renovables, se ha estructurado una clasificación de las instalaciones o sistemas de energías renovables en fase comercial y de los equipos que conforman esos sistemas.

Atendiendo al tipo de energías renovables, las tecnologías de esta índole se han clasificado en 11 sectores distintos y 22 sistemas de energías renovables.

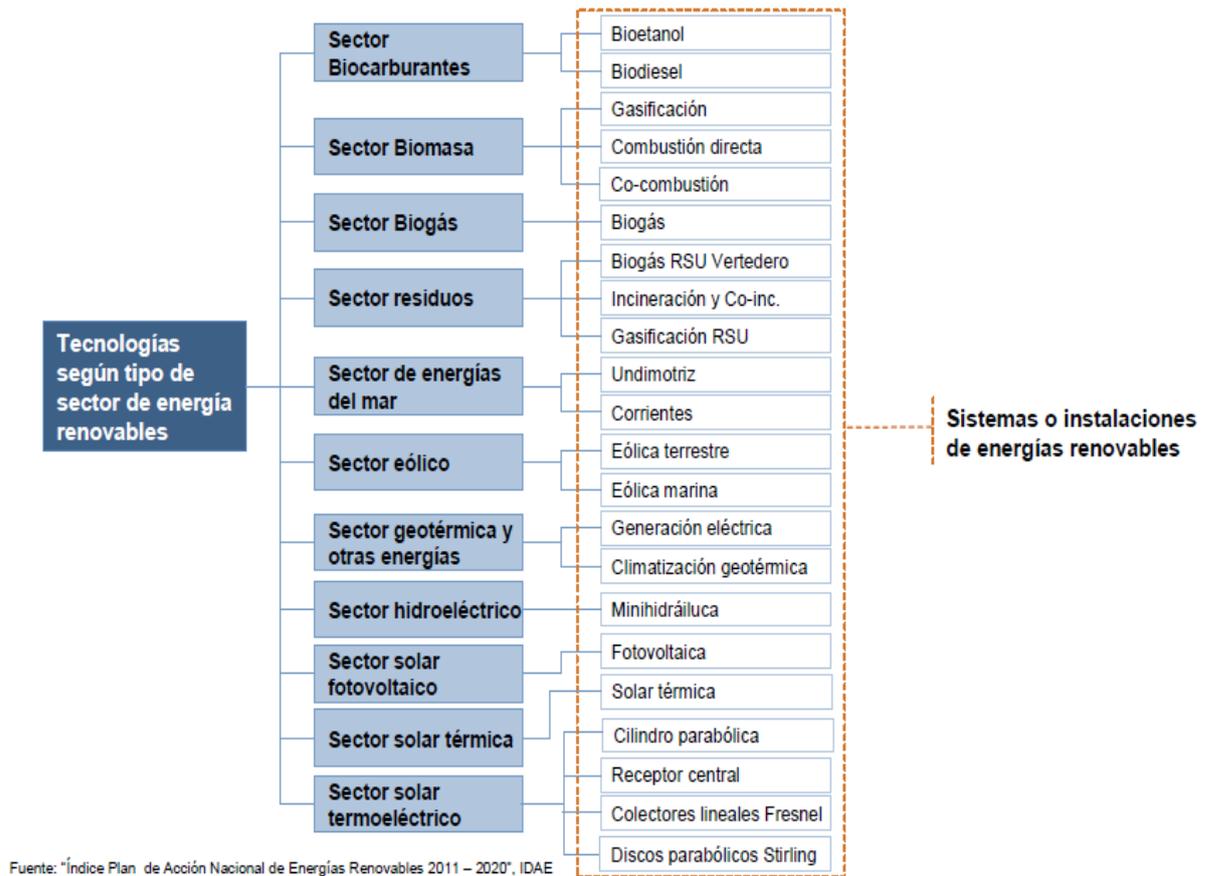


Figura 4. Identificación de sistemas y equipos. PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 - 2020

Para determinar los equipos que serán objeto de análisis y caracterización de especificaciones técnicas, se han establecido una identificación de los principales equipos pertenecientes a cada sistema o instalación de energías renovables dentro de los sectores definidos en el PANER 2011 – 2020.

Del estudio realizado, los equipos principales para el sector que nos interesa son:

- Sector fotovoltaico: módulos fotovoltaicos, inversores, seguidores, acumuladores eléctricos (baterías) y subestación eléctrica.
- Sector solar térmico: captadores solares, acumuladores, intercambiadores de calor y bombas de circulación.

Otro de los objetivos que se persigue es la implantación de sistemas de certificación o sistemas de cualificación equivalentes para instaladores de calderas y estufas de biomasa, sistemas solares térmicos y fotovoltaicos, etc.

Dentro del ámbito de los profesionales con competencias reconocidas para ejercer la actividad de instalador dentro del marco establecido por la Directiva 2009/28/CE, el Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales recoge las siguientes cualificaciones profesionales:

REFERENCIAS	CUALIFICACION PROFESIONAL	COMPETENCIA GENERAL	UNIDADES DE COMPETENCIA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Familia Profesional: Energía y agua</li> <li>Nivel: 2</li> <li>Código: ENA 190</li> </ul>	Montaje y mantenimiento de instalaciones solares térmicas	Realizar el montaje, puesta en servicio, operación y mantenimiento de instalaciones solares térmicas, con la calidad y seguridad requeridas y cumpliendo la normativa vigente	UC0601_2: Replantear instalaciones solares térmicas UC0602_2: Montar captadores, equipos y circuitos hidráulicos de instalaciones solares térmicas UC0603_2: Montar circuitos y equipos eléctricos de instalaciones solares térmicas. UC0604_2: Poner en servicio y operar instalaciones solares térmicas UC0605_2: Mantener instalaciones solares térmicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Familia Profesional: Energía y agua</li> <li>Nivel: 2</li> <li>Código: ENA 261</li> </ul>	Montaje y mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas	Efectuar el montaje, puesta en servicio, operación y mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas con la calidad y seguridad requeridas y cumpliendo la normativa vigente	UC0835_2: Replantear instalaciones solares fotovoltaicas UC0836_2: Montar instalaciones solares fotovoltaicas UC0837_2: Mantener instalaciones solares fotovoltaicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Familia Profesional: Energía y agua</li> <li>Nivel: 3</li> <li>Código: ENA 264</li> </ul>	Organización y proyectos de instalaciones solares térmicas	Promocionar instalaciones, desarrollar proyectos y gestionar el montaje y mantenimiento de instalaciones solares térmicas controlando los resultados obtenidos, aplicando las técnicas y procedimientos requeridos en cada caso, optimizando los recursos humanos y los medios disponibles, con la calidad exigida, cumpliendo la reglamentación vigente y en condiciones de seguridad	UC0842_3: Determinar la viabilidad de proyectos de instalaciones solares UC0846_3: Desarrollar proyectos de instalaciones solares térmicas UC0847_3: Organizar y controlar el montaje de instalaciones solares térmicas UC0848_3: Organizar y controlar el mantenimiento de instalaciones solares térmicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Familia Profesional: Energía y agua</li> <li>Nivel: 3</li> <li>Código: ENA 263</li> </ul>	Organización y proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas	Promocionar instalaciones, desarrollar proyectos y gestionar el montaje y mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas aisladas y conectadas a red, aplicando las técnicas y procedimientos requeridos en cada caso, optimizando los recursos, con la calidad requerida, cumpliendo la reglamentación vigente y en condiciones de seguridad	UC0842_3: Determinar la viabilidad de proyectos de instalaciones solares. UC0843_3: Desarrollar proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas. UC0844_3: Organizar y controlar el montaje de instalaciones solares fotovoltaicas. UC0845_3: Organizar y controlar

Tabla 4. *Cualificaciones profesionales con competencia reconocidas para ejercer la actividad de instalador. PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 - 2020*

Dentro de los grupos de instaladores objeto de estudio del PANER 2011-2020, atendiendo a la normativa actual vigente, las empresas autorizadas se pueden dividir en dos grupos:

a) Empresa instaladora habilitada cuyo ámbito de actuación profesional esté regulado por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas, aprobados por

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. Dentro de este grupo de instaladores habilitados estarían recogidas las instalaciones de calderas y estufas de biomasa, sistemas solares térmicos, sistemas geotérmicos superficiales y bombas de calor a pequeña escala. Todo este conjunto de sistemas de energía renovables se consideran instalaciones térmicas en los edificios dentro del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.

b) Empresa instaladora cuyo ámbito de actuación profesional esté regulado por el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus Instrucciones Técnicas, aprobados por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. Dentro de este grupo de instaladores autorizados estarían recogidos los sistemas fotovoltaicos.

Dentro del grupo de instalaciones térmicas (instalaciones de calderas y estufas de biomasa, sistemas solares térmicos, sistemas geotérmicos superficiales y bombas de calor a pequeña escala), dependiendo del tamaño de la instalación, las funciones encomendadas al instalador habilitado pueden variar. Desde el punto de vista de la tramitación administrativa de una instalación térmica se pueden dar tres casos dependiendo de su tamaño:

1) No será preceptiva la presentación de documentación alguna, y por tanto no será necesaria la autorización administrativa cuando:

- La potencia térmica nominal total de la instalación es inferior a 5kW.
- Las instalaciones de ACS por medio de calentadores instantáneos calentadores acumuladores, termos eléctricos cuando la potencia técnica nominal de cada uno de ellos por separado o de su suma sea menor a 70 kW.
- Los sistemas solares consistentes en un único elemento prefabricado.

2) En caso de que la potencia térmica este comprendida entre los 5 y los 70 kW, la instalación deberá ser diseñada, calculada, ejecutada y probada por un instalador habilitado o técnico competente, que será el responsable de la elaboración de una memoria técnica para su autorización administrativa, que se realizará de acuerdo con el procedimiento indicado por la Comunidad Autónoma, y se tramitará una vez finalizado el montaje de la instalación.

3) Las instalaciones de potencia térmica mayor de 70 kW, también deben ser ejecutadas por instaladores habilitados, si bien se requiere la elaboración de un proyecto previo y dirección de obra por parte de técnicos competentes (Ingenieros o Ingenieros Técnicos).

Para el caso de instalaciones fotovoltaicas ocurre algo similar. Según la ITC-BT-04 del Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, dependiendo del tamaño de la instalación, se podrá requerir o no la implicación de un instalador autorizado (según lo dispuesto en el Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo) en las distintas fases de un

proyecto para una nueva instalación correspondiente a generadores o convertidores.

En este sentido, desde el punto de vista de la tramitación administrativa de una instalación fotovoltaica se pueden dar dos casos dependiendo de su tamaño:

1) En caso de que la potencia eléctrica sea inferior o igual a 10 kW, la instalación deberá ser diseñada, calculada, ejecutada y probada por una empresa instaladora o técnico titulado competente, que será el responsable de la elaboración de una memoria técnica de diseño (MTD) para su autorización administrativa, que se realizará de acuerdo con el procedimiento indicado por la Comunidad Autónoma, y se tramitará una vez finalizado el montaje de la instalación.

2) Las instalaciones de potencia eléctrica mayor de 10 kW, también deben ser ejecutadas por empresas instaladoras, si bien se requiere la elaboración de un proyecto.

Por último, se muestra un cuadro en el que se determinan los instaladores autorizados para cada fase de la instalación:

	<b>TIPO DE INSTALACION</b>	<b>CALCULO Y DISEÑO</b>	<b>EJECUCION</b>	<b>DIRECCION DE OBRA</b>	<b>PRUEBAS FINALES</b>	<b>MANTENIMIENTO OBLIGATORIO</b>
INSTALACIONES TERMICAS	Instalación con potencia térmica comprendida entre 0 y 5 kW	Instalador habilitado o titulado competente	Instalador habilitado	No necesita	Instalador habilitado	Empresa habilitada
	Instalación con potencia térmica comprendida entre 5 y 70 kW	Instalador habilitado o titulado competente	Instalador habilitado	No necesita	Instalador habilitado	Empresa habilitada
	Instalación con potencia térmica mayor 70 kW	Titulado competente (Ingeniero o Ingeniero Técnico)	Instalador habilitado	Titulado competente (Ingeniero o Ingeniero Técnico)	Instalador habilitado bajo supervisión del director de la obra	Empresa habilitada
INSTALACIONES FOTVOLTAICAS	Instalación con potencia eléctrica menor 10 Kw	Empresa instaladora	Empresa instaladora	No necesita	Empresas instaladora	Empresas instaladora
	Instalación con potencia eléctrica mayor 10 kW	Titulado competente (Ingeniero o Ingeniero Técnico)	Empresa instaladora	Titulado competente (Ingeniero o Ingeniero Técnico)	Empresa instaladora bajo supervisión del director de la obra	Empresas instaladora

Tabla 5. Principales agentes que intervienen en las distintas fases de desarrollo de proyectos de instalaciones térmicas e instalaciones fotovoltaicas. PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES DE ESPAÑA (PANER) 2011 - 2020

## 1.5. ENERGÍA SOLAR

### 1.5.1. INTRODUCCIÓN

La energía solar es la energía contenida en la radiación solar que es transformada mediante los correspondientes dispositivos, en forma térmica o eléctrica, para su consumo posterior allá donde se necesite. El elemento encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía útil es el panel solar, pudiendo ser de dos clases: captadores solares térmicos y módulos fotovoltaicos. [6]

### 1.5.2. ENERGIA SOLAR TÉRMICA

Nos vamos a centrar en este tipo de energía, puesto que será una solución para disminuir el consumo eléctrico de la vivienda que estamos tratando.

#### a) Definición:

Consiste en el aprovechamiento de la energía procedente del sol para transferirla a un medio portador de calor, generalmente agua o aire., la tecnología actual permite también calentar agua con el calor solar hasta producir vapor y posteriormente obtener energía eléctrica.

#### b) Aplicaciones:

- Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Es la principal aplicación de la energía solar térmica para el sector doméstico y de servicios.

El agua caliente sanitaria se usa a una temperatura de 45°C, temperatura a la que se puede llegar fácilmente con captadores solares planos que pueden alcanzar como temperatura media 80°C.

Se considera que el porcentaje de cubrimiento del ACS anual es aproximadamente del 60%; se habla de este porcentaje y no superior, para que en la época de mayor radiación solar no sobre energía.

La energía aportada por los captadores debe ser tal que en los meses más favorables aporte el 100%. El resto de las necesidades que no aportan los captadores se obtiene de un sistema auxiliar, que habitualmente suele ser gasóleo, gas o energía eléctrica.

Con este porcentaje, de cubrimiento los periodos de amortización son reducidos.

- Calefacción de baja temperatura

La energía solar térmica puede ser un complemento al sistema de calefacción, sobre todo para sistemas que utilicen agua de aporte a menos de 60°C.

Para calefacción con aporte solar, el sistema que mejor funciona es el de suelo radiante, ya que la temperatura del fluido que circula a través del

circuito es de unos 45°C, fácilmente alcanzables mediante captadores solares.

- Calentamiento de agua de piscinas  
El uso de colectores puede permitir el apoyo energético en piscinas al exterior alargando el periodo de baño, mientras que en instalaciones para uso de invierno, en las épocas de poca radiación solar, podrán suministrar una parte pequeña de apoyo a la instalación convencional. Además hay que tener en cuenta que el RITE prohíbe el calentamiento de piscinas descubiertas con fuentes de energía convencionales.
  - Aire acondicionado mediante máquinas de absorción  
Uno de los campos de máximo desarrollo de las instalaciones solares térmicas que se verá en un plazo breve de años será la de los colectores de vacío o planos de alto rendimiento que produzcan ACS, calefacción en invierno y, mediante máquinas de absorción, produzcan frío en verano. La utilización de la energía solar térmica para todos estos sistemas juntos es la mejor forma de aprovechar la instalación, debido a que el uso sólo para ACS y calefacción produce algún excedente en verano, provocando sobrecalentamientos en la instalación que es necesario evitar mediante algún sistema de los existentes.
- c) Una instalación solar térmica está formada por varios sistemas:
- Sistema de captación  
Formado por captadores solares conectados entre sí. Captan la energía solar para transformarla en energía térmica, aumentando la temperatura del fluido que circula por la instalación.

El tipo de captador más extendido es el captador solar plano que consigue aumentos de temperatura de 60°C a un coste reducido. Estos captadores están indicados para la producción de agua caliente.

El captador plano está formado por una placa metálica que se calienta con su exposición al sol; esta placa es de color negro de forma que no refleja los rayos del sol.

Normalmente la placa está colocada en una caja con cubierta de vidrio. Por el interior de la caja se hace circular el agua a través de un serpentín o un circuito de tubos de forma que el calor se transmite al fluido.

El efecto que se produce es similar al de un invernadero, la luz del sol atraviesa la placa de vidrio y calienta la placa ennegrecida. El vidrio en una "trampa solar", pues deja pasar la radiación solar (onda corta) pero no deja salir la radiación térmica que emite la placa ennegrecida (onda

larga) y como consecuencia, esta placa caliente y transmite el calor al líquido que circula por los tubos.

Existen también en el mercado los captadores solares de vacío. Consisten en tubos de metal que recubren el tubo metálico que contiene el fluido de trabajo dejando entre ambos una cámara que actúa como aislante. Tienen un rendimiento elevado, pero también lo es su precio.

- Sistema de acumulación  
Consiste en almacenar la energía térmica en un depósito de acumulación para su posterior utilización.  
El agua caliente obtenida mediante el sistema de captación, es conducida hasta donde se va a utilizar. Puede ser directamente, como es el caso del calentamiento del agua de una piscina.

En aplicaciones de ACS o calefacción la demanda no siempre coincide con el momento en el que hay suficiente radiación, por tanto si se quiere aprovechar al máximo las horas de sol, será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día en que esto sea posible y utilizarla cuando se produzca la demanda.

Está formada por uno o varios depósitos de agua caliente. Su dimensión deberá ser proporcional al consumo estimado y debe cubrir la demanda de agua caliente de uno o dos días.

- Sistema de distribución  
En este sistema se engloban todos los elementos destinados a la distribución y acondicionamiento a consumo: control, tuberías y conducciones, vasos de expansión, bombas, purgadores, válvulas, etc.

También forma parte el sistema de apoyo basado en energías convencionales, necesarias para prevenir las posibles faltas derivadas de la ausencia de insolación y hacer frente a los picos de demanda.

### 1.5.3. ASPECTOS GENERALES DE LA ENERGÍA SOLAR

#### Compatibilidad

Los sistemas solares térmicos y fotovoltaicos son técnicamente independientes entre sí, es decir, de un mismo panel no se puede obtener al mismo tiempo calor y energía eléctrica. Sin embargo, son instalaciones perfectamente compatibles y se pueden tener, en una misma instalación, paneles solares térmicos para ACS o calefacción y paneles solares fotovoltaicos para la producción de energía eléctrica o para su venta a la red.

### Amortización

Hay distintos factores que determinan el periodo de amortización de una instalación: el correcto cálculo de las necesidades, la optimización del sistema, una adecuada instalación y calidad de materiales, las subvenciones públicas obtenidas y, principalmente, su uso.

En término medio, las instalaciones térmicas quedan amortizadas aproximadamente a los 4-6 años.

### Vida útil

En el caso de los sistemas solares térmicos, las instalaciones poseen un periodo de vida superior a los 25 años.

### Rendimiento

En la energía solar térmica, los captadores solares no sólo captan los rayos del sol durante los días despejados; la radiación durante los días nublados también es aprovechada. Sin embargo, durante los largos periodos de clima adverso será necesario aportar más energía mediante los sistemas convencionales de apoyo para mantener la temperatura óptima de uso.

### Mantenimiento

Las instalaciones solares requieren un mantenimiento mínimo, y de carácter preventivo. Dos aspectos a tener en cuenta son, por un lado asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los paneles y, por el otro, mantenerlos limpios, concretamente las caras expuestas al sol.

En el caso de la energía solar térmica es necesario tener precaución con las bajas temperaturas. Para evitar la congelación del fluido lo normal es añadir anticongelante, o vaciar el circuito cuando la temperatura alcance un valor determinado. En el caso de largos periodos de inactividad de la instalación solar (en verano sobre todo), es recomendable tapar los captadores solares para evitar que el fluido alcance una temperatura demasiado elevada.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA OBJETO DE ESTUDIO



Se va a trabajar sobre un proyecto facilitado por el profesor Don Francisco Javier Medina para la asignatura de Gestión Integral del Proceso Edificatorio.

### 2.1. EMPLAZAMIENTO. PLANO DE SITUACIÓN

Se trata de una vivienda unifamiliar aislada situada en la población de Vilamarxante (Valencia). Proyectada en la calle nº 8 de una urbanización de la localidad.

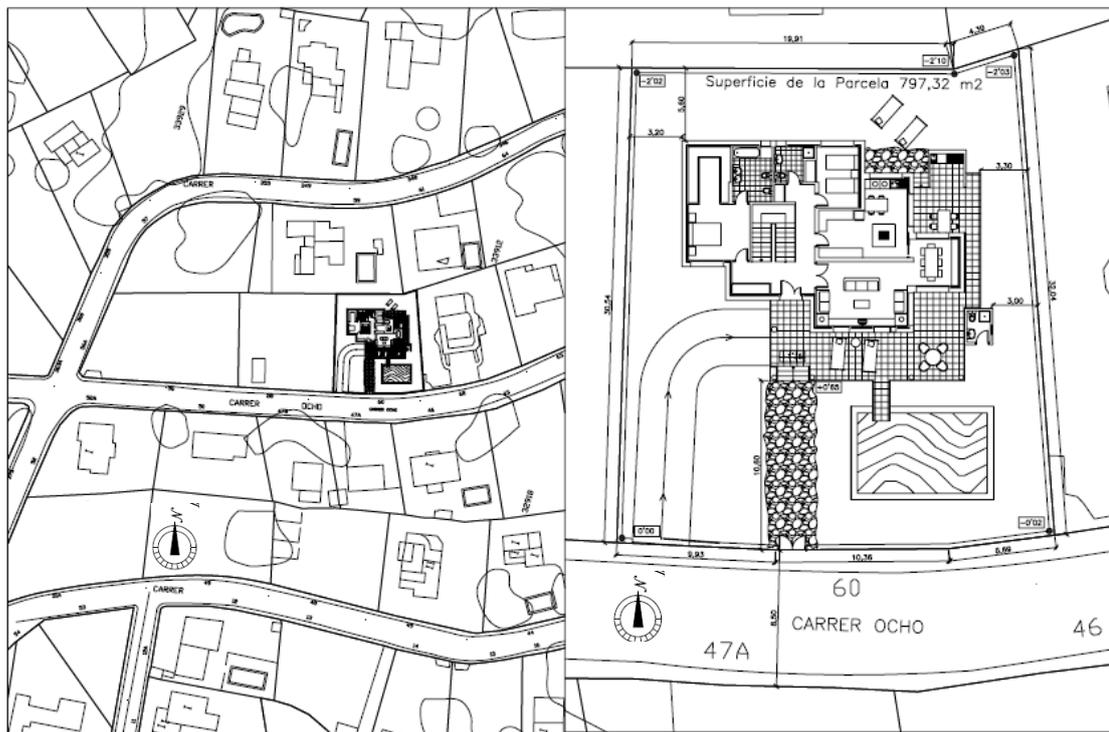


Figura 5. Plano de situación y emplazamiento

### 2.2. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

La parcela tiene una forma sensiblemente rectangular con la fachada a la calle nº 8. Ésta, formada por tres tramos, tiene una longitud total de 26.98 m. La orografía de la parcela está inclinada, pues en la fachada que da a la calle, el terreno está a cota cero y en el linde trasero se sitúa a +2 m. El solar está dotado de los servicios urbanísticos de agua potable, energía eléctrica, red de alcantarillado, pavimentación, encintado de aceras y alumbrado público.

### 2.3. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La vivienda se desarrolla a partir de un semisótano, aprovechando el desnivel de la parcela, planta baja y planta alta.

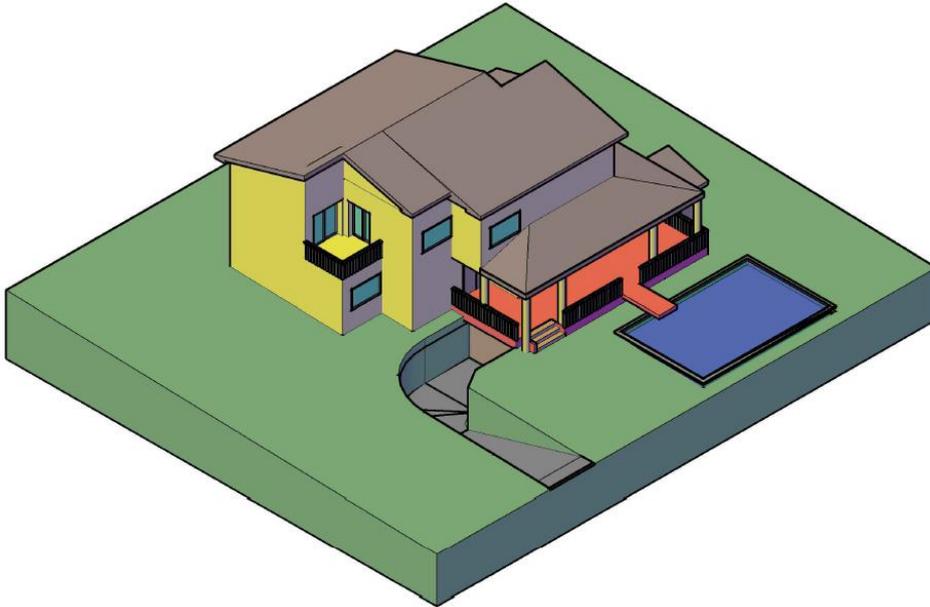


Figura 6. Simulación 3D de la vivienda a tratar

- Planta semisótano:  
Presenta un garaje con capacidad para dos vehículos, con una superficie útil de  $57.9 \text{ m}^2$  y una superficie total construida de  $70.6 \text{ m}^2$ .

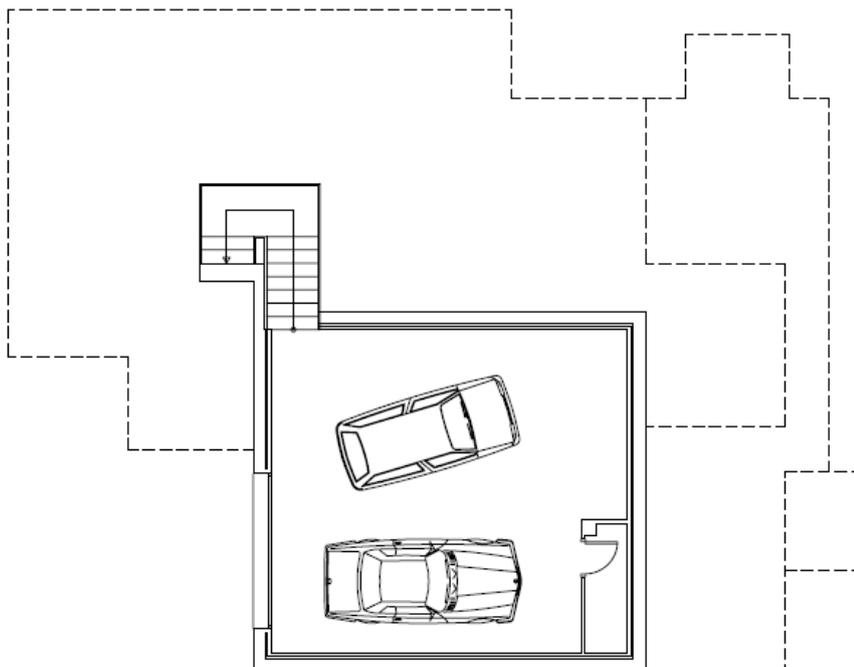


Figura 7. Plano de distribución de la planta semisótano

- Planta baja:

La planta baja tiene una superficie útil de 155.41 m<sup>2</sup> y una superficie total construida de 188.24 m<sup>2</sup>. Consta de los siguientes elementos:

	<b>ELEMENTOS</b>		<b>SUPERFICIE UTIL (m<sup>2</sup>)</b>
<b>PLANTA BAJA</b>	1	ESCALERA	9,47
	2	DISTRIBUIDOR	17,06
	3	SALON-COMEDOR	31,23
	4	COCINA	21,07
	5	ASEO	4,37
	6	DORMITORIO 1	10,57
	7	DORMITORIO PRINCIPAL	13,19
	8	VESTIDOR	8,47
	9	BAÑO 1	8,36
	10	BAÑO EXTERIOR	2,83
	11	TERRAZA CUBIERTA (50%)	48,98
	12	TERRAZA DESCUBIERTA (0%)	20,64
	13	PAELLERO	4,3

Tabla 6. Cuadro de superficies de la planta baja

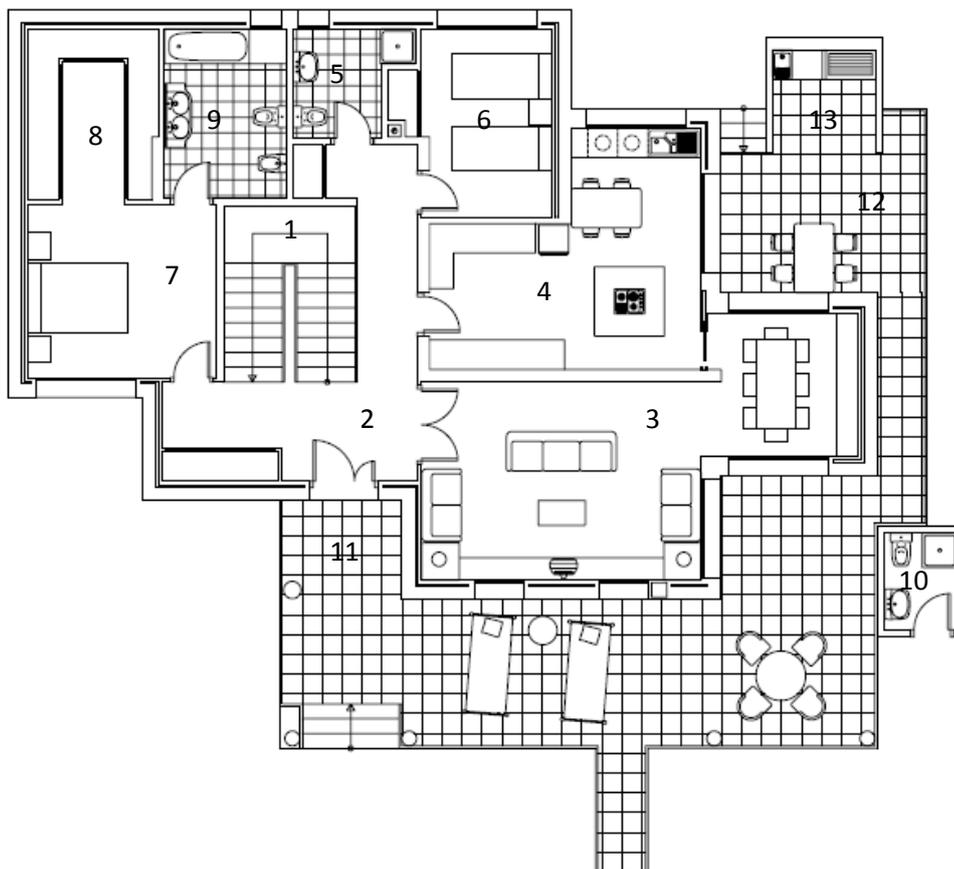


Figura 8. Plano de distribución de la planta baja

- Planta primera:

La planta alta tiene una superficie útil de 73.97 m<sup>2</sup> y una superficie total construida de 93.33 m<sup>2</sup>. Consta de los siguientes elementos:

	<b>ELEMENTOS</b>	<b>SUPERFICIE UTIL (m<sup>2</sup>)</b>
<b>PLANTA ALTA</b>	14 ESCALERA	9,47
	15 DISTRIBUIDOR	29,81
	16 DORMITORIO 2	12,12
	17 DORMITORIO 3	12,06
	18 BAÑO 2	7,64
	19 TERRAZA CUBIERTA (50%)	5,73
	20 TERRAZA DESCUBIERTA (0%)	14,19
	21 TERRAZA DESCUBIERTA (0%)	6,83

Tabla 7. Cuadro de superficies de la planta primera

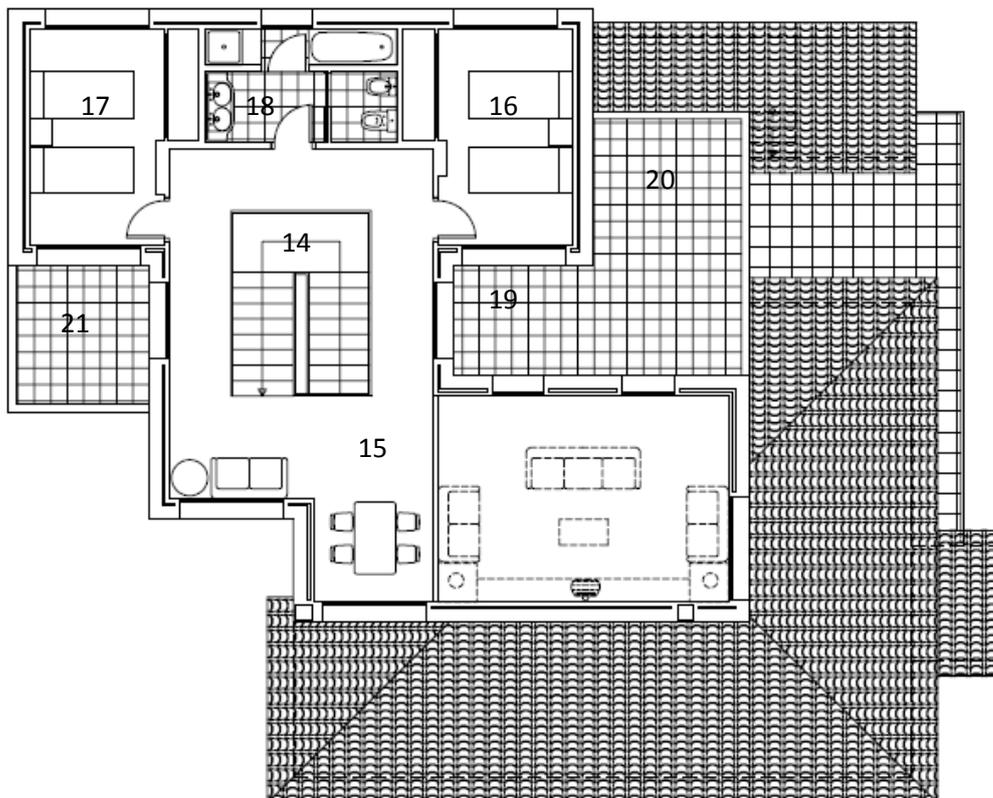


Figura 9. Plano de distribución de la planta primera

- Sección 1-1'

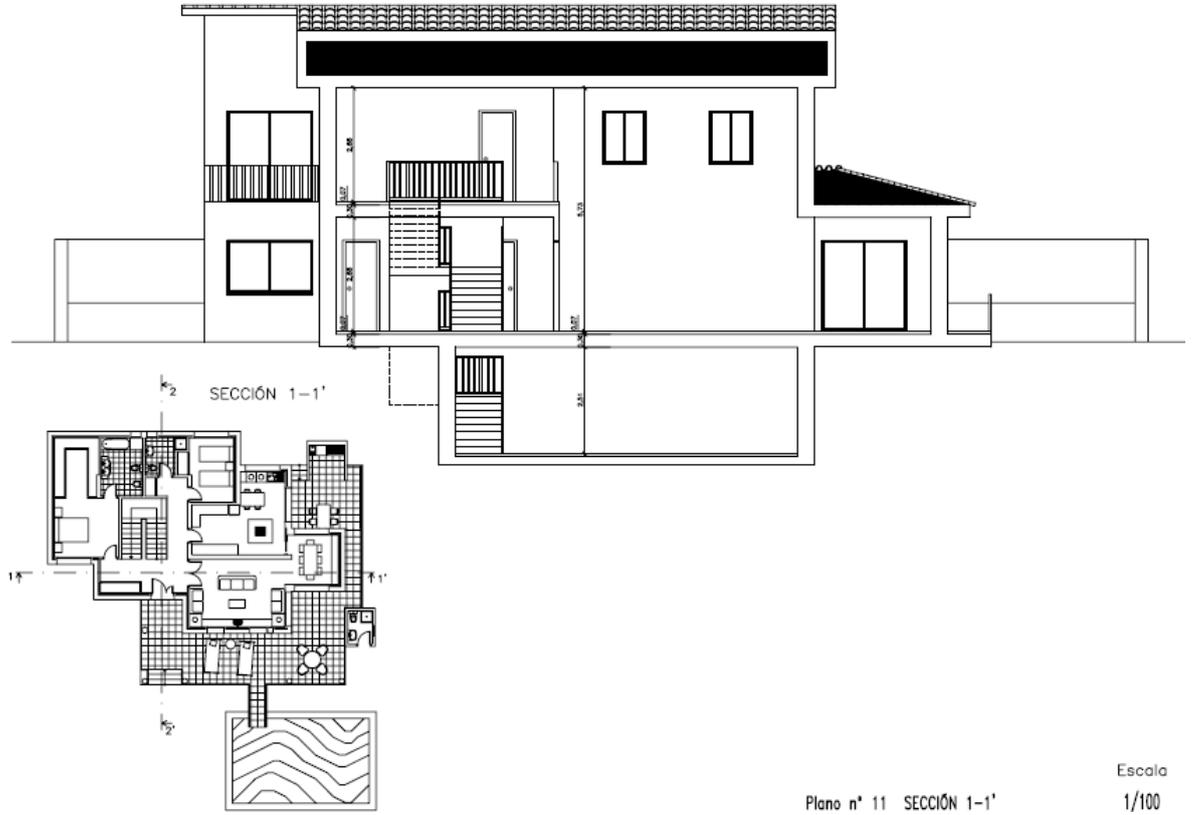


Figura 10. Plano de la sección 1-1'

- Sección 2-2'

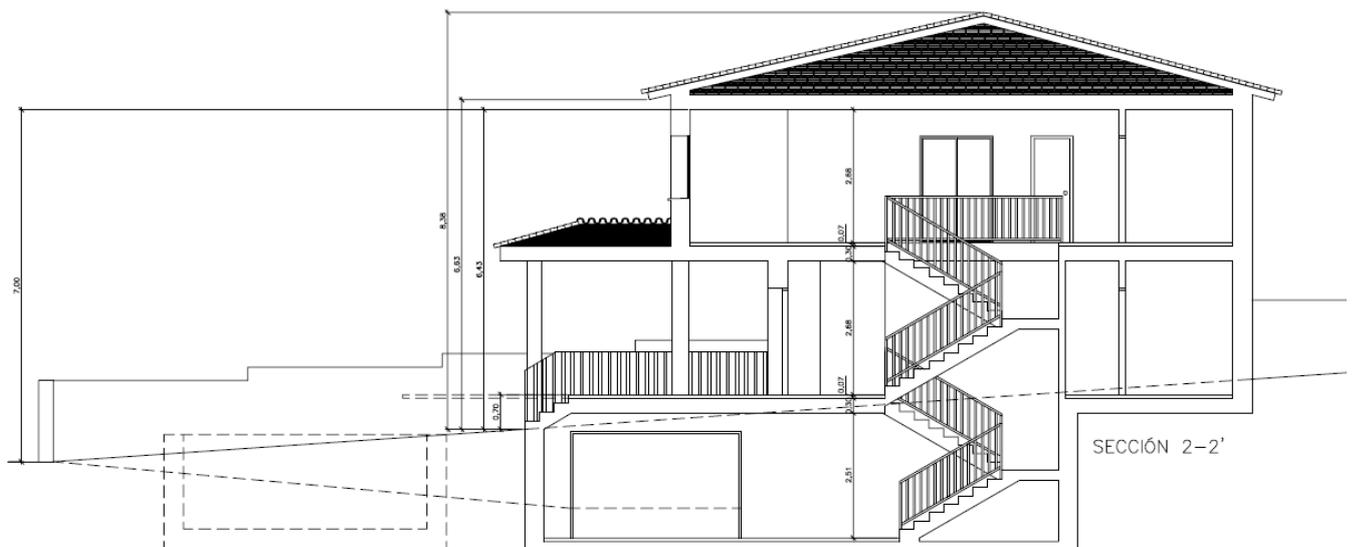


Figura 11. Plano de la sección 2-2'

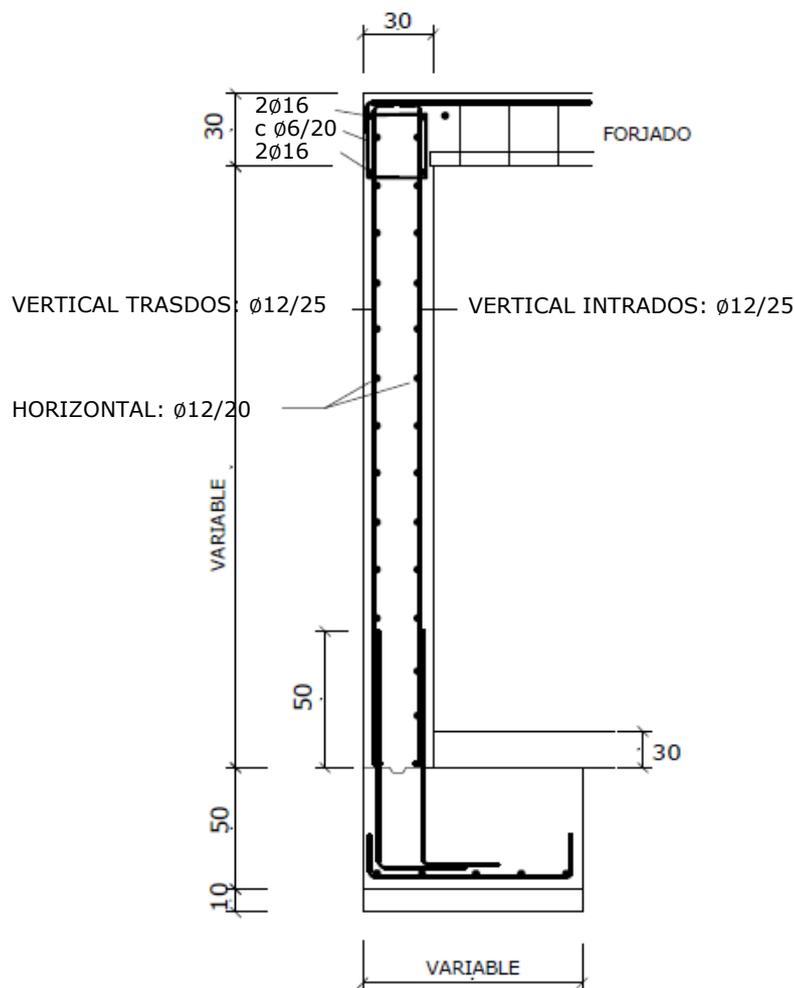
Se debe puntualizar que en los planos de sección no está representada la cámara sanitaria que separa el forjado de planta baja del terreno en toda su superficie, excepto la zona que cubre el garaje.

#### 2.4. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

- Cimentación

Está resuelta mediante zapata aislada para el pilar y corrida para los muros de carga.

En ambos casos se coloca previamente una capa de 10 cm de hormigón de regulación y se realiza una limpieza de fondos.



#### MURO DE HORMIGON ARMADO 30 cm

HORMIGON DE LIMPIEZA = 10 cm

HORMIGON: HA-25/B/20/IIa

ACERO ARMADURAS: B-500S

Figura 12. *Detalle de la cimentación y el muro de hormigón*

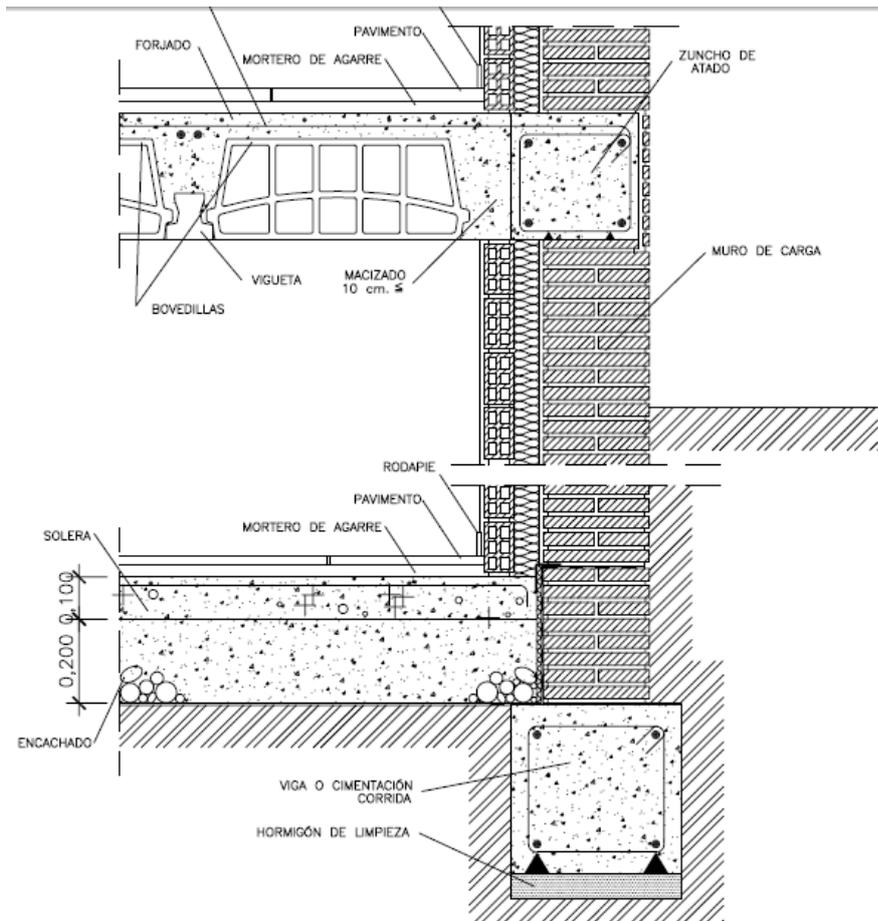


Figura 13. Detalle de zapata corrida, arranque del muro de carga de ladrillo y solera del semisótano.

- Estructura

Arranca con un muro de hormigón en semisótano y un pilar de hormigón armado.

La estructura portante se realiza fundamentalmente mediante muros de carga, bien de hormigón o de fábrica de ladrillo cerámico.

Los forjados serán unidireccionales de canto total 30 cm (25+5cm), constituido por semiviguetas pretensadas de hormigón armado.

El forjado sobre el que se levanta la planta baja se divide en dos zonas, la que cubre el garaje se realiza como los demás forjados de la vivienda. El resto de forjado es de tipo sanitario y se realizará con viguetas autorresistentes, bovedillas de hormigón y capa de compresión de 5cm con malla electrosoldada.

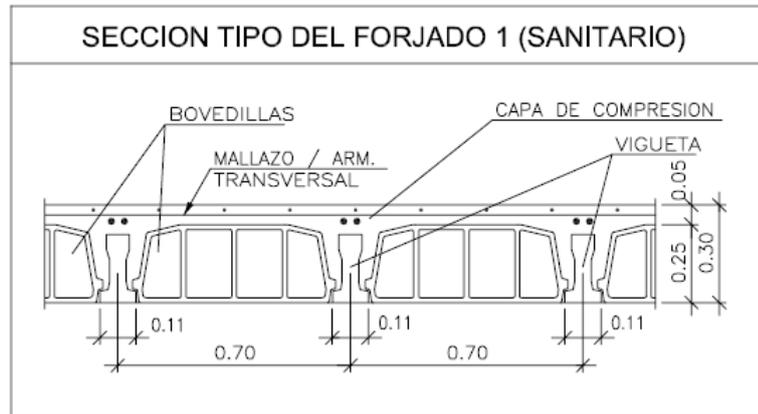


Figura 14. Detalle de la parte sanitaria en el forjado 1

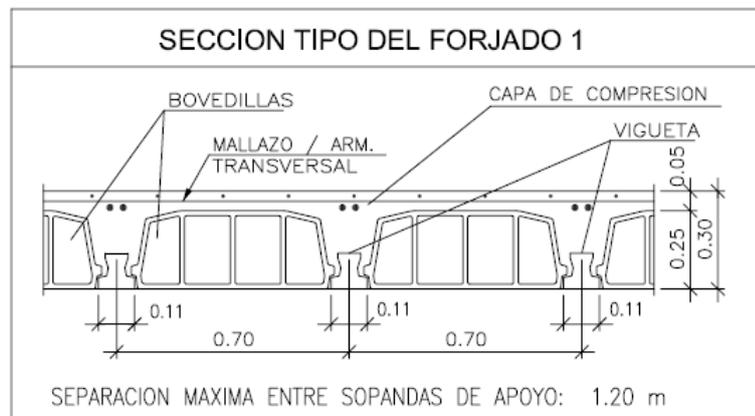


Figura 15. Detalle de la parte no sanitaria del forjado 1 y tipología del resto de forjados.

- Cubiertas

Por una parte se dispondrán diversas cubiertas planas, transitables, formadas por una capa de hormigón celular, con capa de regularización de mortero, impermeabilización mediante membrana bicapa, aislamiento térmico con paneles de poliestireno extruido de 60 mm, capa de aireación formada por geocompuesto de trenzado de polietileno, geotextil de polipropileno bajo film de polietileno y pavimento de baldosín catalán sobre capa de mortero.

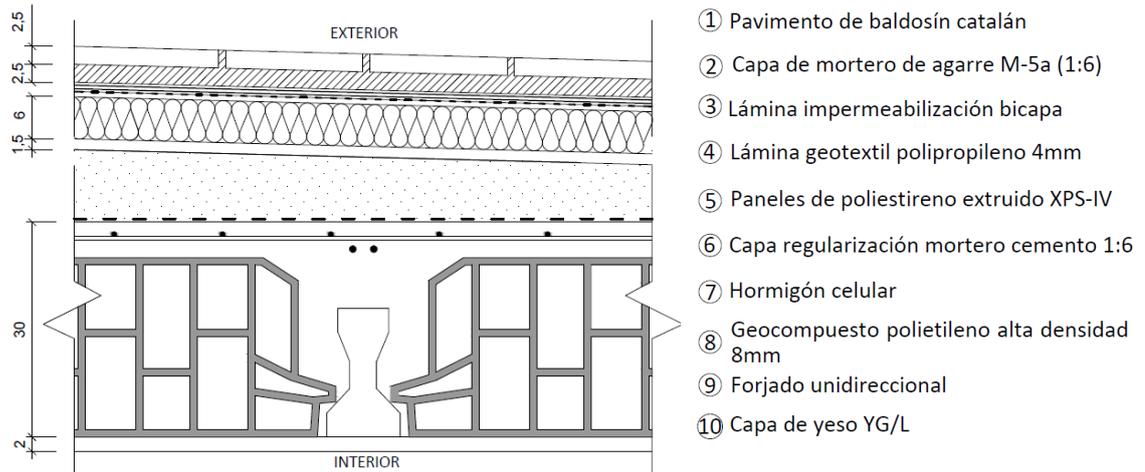


Figura 16. Detalle de las terrazas transitables

Por otra parte cubriendo, en general toda la casa, se dispondrá una cubierta de teja curva cerámica, aislamiento térmico con lana de roca, formación de pendientes con tabicón de ladrillo hueco, tablero de bardos cerámicos, capa de regularización y acabado fratasado.

En forjados inclinados el tejado se colocará sobre chapa ondulada de fibrocemento, fijada sobre rastreles de madera, clavados al soporte resistente mediante tirafondos, el aislamiento será a base de lana de roca.

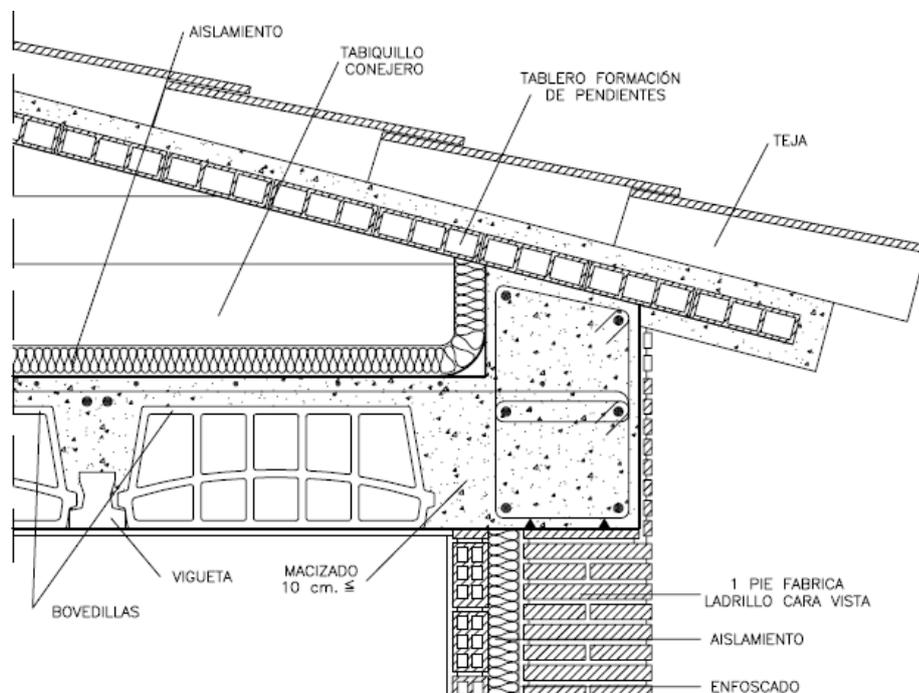


Figura 17. Detalle de la cubierta de teja curva

- Cerramientos

El cerramiento exterior estará formado por una hoja exterior vista de 1 pie de fábrica de ladrillo cerámico de 24x11.5x3 cm, enfoscado de la hoja interior con mortero de cemento hidrofugado M-40 (1:6), aislamiento a base de paneles de lana de roca tipo I de 40 mm de espesor, doblado con tabique de 7 cm de espesor, realizado con fábrica de ladrillo cerámico de 24x11.5x7 cm.

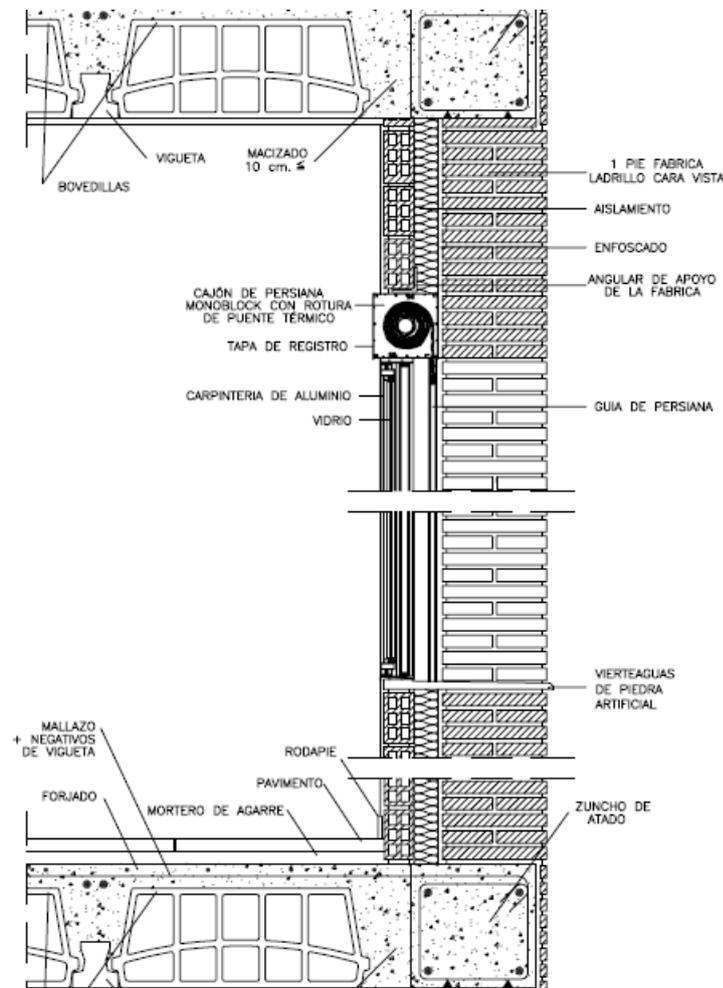


Figura 18. Detalle del cerramiento exterior

- Carpintería

La carpintería exterior será de aluminio lacado en color. Se instalarán persianas arrollables de lamas de aluminio de 40 mm.

- Acristalamiento

Todo el acristalamiento en exteriores se realizará con doble vidrio aislante incoloro de 6 mm en el interior, cámara de aire de 8 mm, sellada perimetralmente y vidrio incoloro de 6 mm en el exterior, con doble sellado de butilo y polisulfuro, con perfiles de neopreno.

### 3. APLICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO HE1 AHORRO DE ENERGÍA



### 3.1. INTRODUCCIÓN

El Documento Básico HE Ahorro de Energía tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía. [9]

Tanto el objetivo del requisito básico "Ahorro de energía", como las exigencias básicas, se establecen en el artículo 15 de la Parte I del CTE y se presentan a continuación:

1. Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable.
2. Para ello, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en este Documento Básico.
3. El Documento Básico "DB HE Ahorro de energía" especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

Además, el artículo 15.1 hace una referencia a la envolvente y a los procedimientos de verificación:

Los edificios dispondrán de una envolvente que limite la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función de diversos factores como el clima de la localidad, el uso del edificio, sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, etc.

Cabe reseñar también que existen diversos procedimientos de verificación para la correcta aplicación de dicho DB, para ello:

- a) En el proyecto se optará por uno de los dos procedimientos alternativos de comprobación siguientes:
  - **opción simplificada**, controla la demanda energética de un edificio mediante la limitación de los parámetros característicos de su envolvente térmica. Se comprueba comparando los valores obtenidos en el cálculo con los valores límite permitidos.
  - **opción general**, basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción.

En ambas opciones se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos y se limitan las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire, para unas condiciones normales de utilización de los edificios.

b) durante la construcción de los edificios se comprobarán las indicaciones descritas en el apartado 5 (construcción).

### 3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS

El apartado 3.1.2 del DB-HE1 clasifica los espacios existentes en un edificio de la siguiente manera:

- Los espacios interiores de los edificios se clasifican en espacios habitables y espacios no habitables. Según terminología del DB-HE1:
  - a) **Espacio habitable:** Espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.
  - b) **Recinto habitable:** Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:
    - habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
    - aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
    - quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
    - oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
    - cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso;
    - zonas comunes de circulación en el interior de los edificios;
    - cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.
  - c) **Espacio no habitable:** Espacio formado por uno o varios recintos no habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.
  - d) **Recinto no habitable:** Recinto interior no destinado al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. Serían, por ejemplo, los garajes, trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.

- A efectos de cálculo de la demanda energética, los espacios habitables se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:
  - a) Espacios con carga interna baja: espacios en los que se disipa poco calor.  
Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos.
  - b) Espacios con carga interna alta: espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición anterior.
  
- A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se caracterizan por el exceso de humedad interior. Existen diversas categorías:
  - a) Espacios de clase de higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas.
  - b) Espacios de clase de higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar.
  - c) Espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

### 3.3. MÉTODO DE CÁLCULO. OPCIÓN SIMPLIFICADA

Esta opción busca conseguir los siguientes objetivos:

- Limitar la demanda energética de la vivienda.
- Limitar la presencia de condensaciones en la superficie y el interior de los cerramientos.
- Limitar las infiltraciones de aire en huecos y lucernarios.

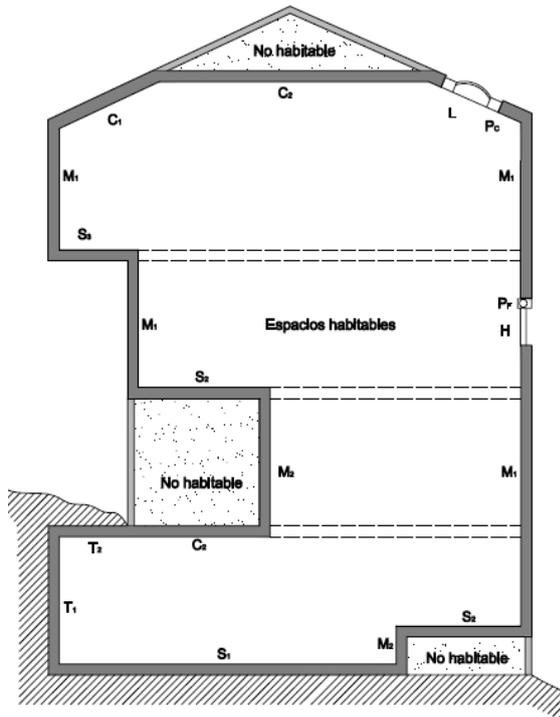
Para aplicar la opción simplificada, se deben cumplir las condiciones siguientes:

- Superficie de huecos en cada fachada menor al 60%.
- Superficie que ocupan lucernarios en cubierta menor al 5%.
- Se aplicará esta opción a los cerramientos nuevos para los casos de rehabilitación.

El DB-HE1 define la envolvente térmica de un edificio como el conjunto de todos los cerramientos que limitan:

- Los espacios habitables del exterior
- Los espacios habitables de los no habitables.

Así lo muestra la siguiente figura:



#### CUBIERTAS

- C<sub>1</sub>: en contacto con el aire
- C<sub>2</sub>: en contacto con un espacio no habitable
- P<sub>c</sub>: puente térmico (contorno de lucernario > 0,5 m<sup>2</sup>)
- L: lucernario

#### FACHADAS

- M<sub>1</sub>: muro en contacto con el aire
- M<sub>2</sub>: muro en contacto con espacios no habitables
- P<sub>F1</sub>: puente térmico (contorno de huecos > 0,5 m<sup>2</sup>)
- P<sub>F2</sub>: puente térmico (pilares en fachada > 0,5 m<sup>2</sup>)
- P<sub>F3</sub>: puente térmico (cajas de persiana > 0,5 m<sup>2</sup>)
- H: huecos

#### SUELOS

- S<sub>1</sub>: apoyados sobre el terreno
- S<sub>2</sub>: en contacto con espacios no habitables
- S<sub>3</sub>: en contacto con el aire exterior

#### CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

- T<sub>1</sub>: muros en contacto con el terreno
- T<sub>2</sub>: cubiertas enterradas
- T<sub>3</sub>: suelos a una profundidad mayor de 0,5 m

Figura 19. Esquema de la envolvente térmica de un edificio. DB-HE1

Los coeficientes de transmisión térmica de los cerramientos de la vivienda que forman la envolvente térmica se deben comparar con los valores que la normativa exige en la tabla siguiente.

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos <sup>(2)</sup>	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

<sup>(2)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

<sup>(3)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Tabla 8. Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m<sup>2</sup>K. DB-HE1

Los valores de la tabla anterior están clasificados en función de la zona climática. Para obtener esta, la normativa nos facilita el Apéndice D.

En dicho apéndice explica que la determinación de la zona climática se obtiene a partir de una tabla en función de la diferencia de altura que exista entre la localidad donde se ubica el edificio y la capital de su provincia.

Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la de su capital de provincia.

En este caso, la capital de provincia es Valencia (Zona B3) y la vivienda se encuentra en Vilamarxante, que está situada a más de 200 m por encima de la capital, por tanto su zona es C2.

Una vez obtenida la zona climática, la normativa aporta una tabla donde expone los valores límite de transmitancia térmica medios para los cerramientos y las particiones interiores.

#### ZONA CLIMÁTICA C2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Llim}: 0,32$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52  $\text{W/m}^2\text{K}$  se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

Tabla 9. Valores límite de los parámetros característicos medios. DB-HE1

### 3.3.1. TRANSMITANCIA

La inercia térmica es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente. [10]

Los edificios de gran inercia térmica tienen variaciones térmicas más estables ya que el calor acumulado durante el día se libera en el periodo nocturno, esto quiere decir que a mayor inercia térmica mayor estabilidad térmica.

La función de los cerramientos es aislar los espacios internos del ambiente exterior, por tanto, han de tardar en reaccionar a los cambios de temperatura, es decir, han de tener una gran inercia térmica. Así funcionan como acumuladores de la energía térmica.

Para calcular la transmitancia del cerramiento es necesario conocer los materiales que lo componen y algunas características determinadas como su espesor, la transmitancia de cada uno de ellos y su conductividad, estas últimas las encontraremos en el Catálogo del CTE.

Con todo ello se genera una tabla en la que se obtiene una conductividad total del cerramiento y mediante la fórmula que aparece en el apéndice E del DB-HE1 se obtendrá su transmitancia térmica total que será comparada con la máxima permitida en la zona climática C2.

- FACHADA

A) LA FACHADA ESTÁ COMPUESTA POR:

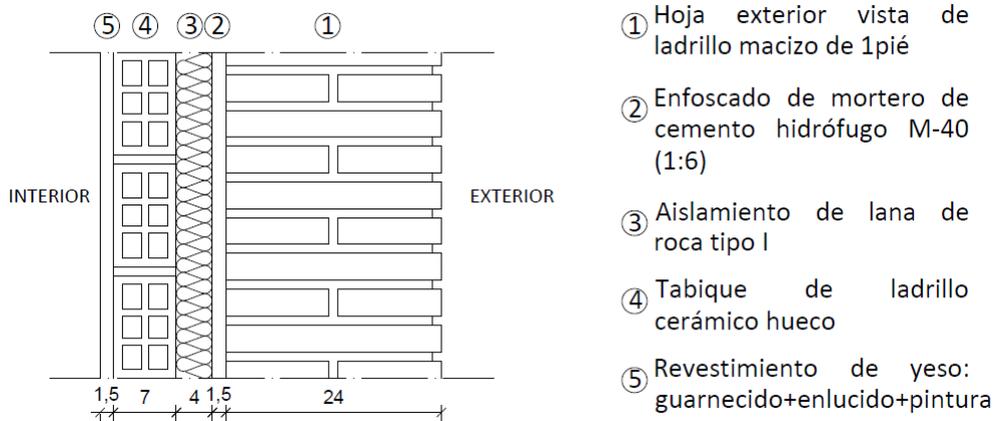


Figura 20. Sección de la fachada

B) LA TABLA ES LA SIGUIENTE:

	Espesor [e] (m)	Conductividad [ $\lambda$ ] (W/mK)	Resistencia [R] ( $m^2K/W$ )
<b>EXTERIOR</b>	-	-	0,040
<b>1PIE LCV</b>	0,240	0,850	0,282
<b>ENF CMTO HIDROF</b>	0,015	1,300	0,011
<b>AISLANTE</b>	0,040	0,050	0,800
<b>FABRICA LH</b>	0,070	0,320	0,218
<b>REV YESO</b>	0,015	0,570	0,026
<b>INTERIOR</b>	-	-	0,130
<b>TOTALES</b>			<b>1,507</b>

Tabla 10. Valores de la transmitancia térmica del cerramiento

C) LA CONDUCTIVIDAD PARA EL EXTERIOR Y EL INTERIOR SE OBTIENE DEL APÉNDICE "E" DEL DB-HE1:

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Tabla 11. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>K/W. tabla E1 del apéndice E del DB-HE1

D) LOS DATOS OBTENIDOS DEL CATÁLOGO DEL CTE SON LAS TRANSMITANCIAS Y LAS CONDUCTIVIDADES DE LOS SIGUIENTES MATERIALES:

- D.1. LADRILLO CARAVISTA
- D.2. MORTEROS
- D.3. AISLAMIENTO
- D.4. LADRILLO HUECO
- D.5. YESOS

Como se observa en la tabla, la resistencia térmica total del cerramiento es:  $R_t = 1,507 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Según el apéndice E, la transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_t}$$

Por ello  $U = 0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$ , que es menor que la  $U_{\text{máx}}$  que nos da el CTE para la zona C2 que es de  $0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ , por lo tanto el cerramiento objeto de estudio **sí cumple** con el DB-HE1.

### 3.3.2. CONDENSACIONES

En este caso recurriremos al apéndice G cuyas condiciones exteriores para el cálculo de condensaciones son las siguientes:

1. Se tomarán como temperatura exterior y humedad relativa exterior los valores medios mensuales de la localidad donde se ubique el edificio.
2. Para las capitales de provincia, los valores que se usarán serán los contenidos en la tabla G.1.

3. En el caso de localidades que no sean capitales de provincia y que no dispongan de registros climáticos contrastados, se supondrá que la temperatura exterior es igual a la de la capital de provincia correspondiente minorada en 1 °C por cada 100 m de diferencia de altura entre ambas localidades.

La humedad relativa para dichas localidades se calculará suponiendo que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia.

4. El procedimiento a seguir para el cálculo de la humedad relativa de una cierta localidad a partir de los datos de su capital de provincia es el siguiente:
- cálculo de la presión de saturación, según el apartado G.3.1
  - cálculo de la presión de vapor
  - cálculo de la presión de saturación
  - cálculo de la humedad relativa (G.2)
5. Si la localidad se encuentra a menor altura que la de referencia se tomará para dicha localidad la misma temperatura y humedad que la que corresponde a la capital de provincia.

La localidad donde se encuentra la vivienda a tratar es Vilamarxante, situada a 250 m sobre el nivel del mar, más de 200 m por encima de la capital correspondiente, que es Valencia.

Por tanto, los datos climáticos mensuales se consiguen minorando las temperaturas de Valencia 2 °C cada mes:

LOCALIDAD		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
VILAMARXANTE	Tmed	8,4	9,4	10,6	12,5	15,4	19,1	22	22,5	20,3	16,3	11,7	8,9
	Hrmed	63	61	60	62	64	66	67	69	68	67	66	64

Tabla 12. Datos climáticos mensuales de la ciudad de Vilamarxante, a partir de la tabla G.2 del apéndice G del DB-HE1

A continuación y siguiendo el apéndice G, concretamente el punto G.1.2.2, para el cálculo de condensaciones intersticiales se tomará una temperatura del ambiente interior igual a 20°C para todos los meses del año, y una humedad relativa del ambiente interior en función de la clase de higrometría del espacio, que en este caso es de clase 3 o inferior, por tanto, humedad del 55%.

La temperatura exterior de la localidad en la que se ubica la vivienda corresponde a la temperatura media del mes de enero, en este caso 8,4 °C. Y la humedad relativa exterior en este mes es de 63%.

Por tanto ya tenemos:

$$T_{\text{interior}} = 20 \text{ °C} \quad T_{\text{exterior}} = 8.4 \text{ °C} \quad Hr_{\text{interior}} = 55 \% \quad Hr_{\text{exterior}} = 63 \%$$

Seguiremos con las fórmulas del apartado G.2.2. Condensaciones Intersticiales

### A) DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA

1 La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados de la misma, así como de las resistencias térmicas superficiales interior  $R_{si}$  y exterior  $R_{se}$ , y de las resistencias térmicas de cada capa ( $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ).

2 El procedimiento a seguir para el cálculo de la distribución de temperaturas es la de calcular la resistencia térmica total del elemento constructivo.

Para ello se calcula la temperatura superficial exterior, la temperatura en cada una de las capas que componen el elemento constructivo y la temperatura superficial interior, todo ello según las fórmulas del apartado G.2.2.1 Distribución de temperatura.

3 Se considera que la distribución de temperaturas en cada capa es lineal.

### B) DISTRIBUCIÓN DE LA PRESIÓN DE VAPOR DE SATURACIÓN

Se determinará la distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo de un muro formado por varias capas, a partir de la distribución de temperaturas obtenida anteriormente.

La presión de vapor de saturación se calculará con una fórmula del apartado G.3.1, Cálculo de la presión de saturación de vapor, concretamente aquella que se utiliza cuando la temperatura ( $\theta$ ) es mayor o igual a 0 °C

### C) DISTRIBUCIÓN DE PRESIÓN DE VAPOR

Por último, la distribución de vapor a través del cerramiento se calculará mediante las expresiones que aparecen en el apartado G.2.2.3 Distribución de presión de vapor.

Con todo ello los resultados y la conclusión final se detallan en la siguiente tabla:

	Espesor [e] (m)	Conductividad [λ] (W/mK)	Resistencia T. [R] (m <sup>2</sup> K/W)	Resistencia al vapor [μ] (adimensional)	Sdn* (m)	Distribución de Temperaturas	Distribución de Presión de Vapor	Distribución Presión de Saturación de Vapor
EXTERIOR	-	-	0,040	-	-	8,708	708,372	1124,400
1PIE LCV	0,240	0,85	0,282	10	2,400	10,879	1118,041	1301,580
ENF CMTO HIDROF	0,015	1,30	0,011	10	0,150	10,963	1143,645	1308,530
AISLANTE	0,040	0,05	0,800	1	0,040	17,121	1150,473	1962,050
FABRICA LH	0,070	0,32	0,218	10	0,700	18,799	1269,960	2168,899
REV YESO	0,015	0,57	0,026	6	0,090	18,999	1285,323	2196,150
INTERIOR	-	-	0,130	-	-	20,000	1285,323	2336,950
TOTALES			1,507		3,380			
*Sdn = espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua							P.V. < P.V.SAT → POR LO TANTO NO HAY CONDENSACIÓN	

El valor de la transmitancia se obtiene del catálogo del CTE  
 La conductividad es el resultado de dividir:  $e/\lambda$   
 El valor de la resistencia al vapor se obtiene del catálogo del CTE  
 La Sdn es el resultado de multiplicar:  $e*\mu$

Tabla 13. Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones de la fachada según los cálculos realizados

La gráfica del gradiente térmico tiene este aspecto:

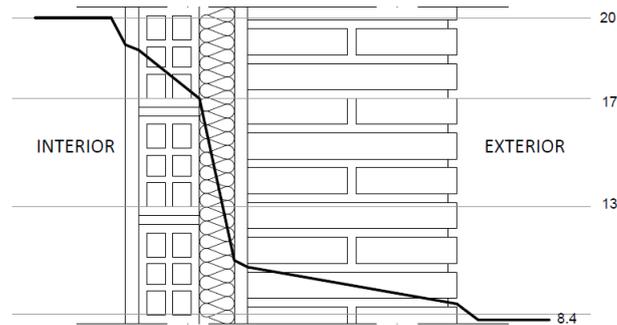


Figura 21. Gráfica del gradiente térmico de la fachada

Y la gráfica que compara la presión de saturación y la presión de vapor es la siguiente:

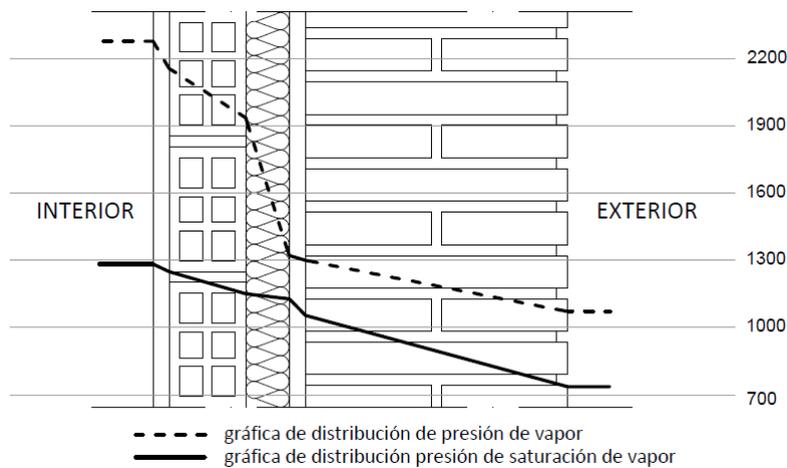


Figura 22. Gráfica comparativa de las presiones de la fachada

Como se puede apreciar, las gráficas no se cruzan en ningún momento, esto es un indicador de que la fachada no sufrirá condensaciones.

### 3.3.3. CUBIERTA INCLINADA

A) LA CUBIERTA ESTÁ COMPUESTA POR:

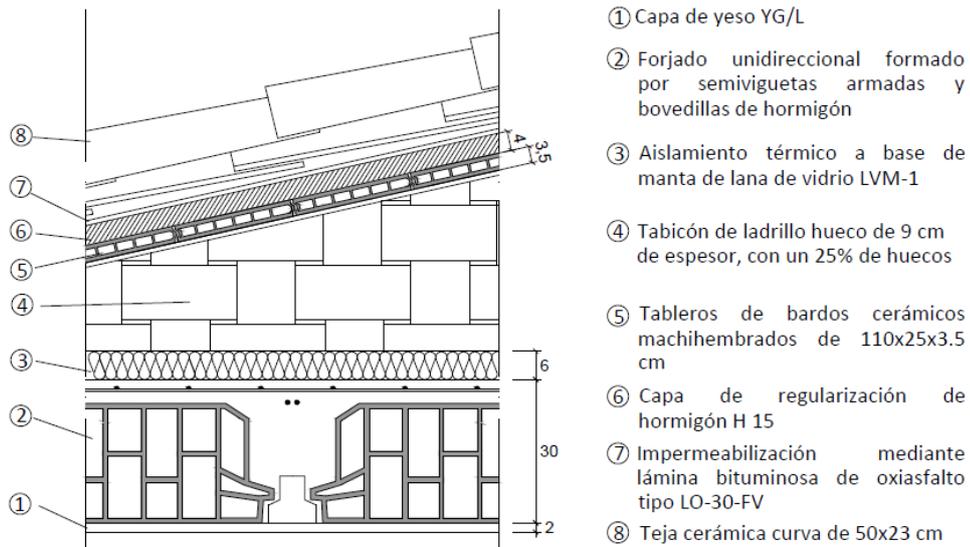


Figura 23. Sección de la cubierta

En este caso se procede a seguir el apartado 1.3.1 Particiones Interiores, del Apéndice E, puesto que tratamos un elemento que separa el interior (espacio habitable), de la buhardilla (espacio no habitable).

La transmitancia térmica  $U$  es igual a  $U_p \cdot b$ , donde  $U_p$  es el valor de transmitancia del forjado y  $b$  es el coeficiente de reducción a aplicar, que se obtendrá de la tabla E.7 en función de la situación del aislamiento térmico, del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la parte interior y el cerramiento.

Nos situamos en el caso 1, por ser un espacio ligeramente ventilado (grado de estanquidad 3).

El área del cerramiento del espacio no habitable en contacto con el ambiente exterior,  $A_{ue}$ , tiene un valor de  $152 \text{ m}^2$ .

El área del cerramiento del espacio habitable en contacto con el no habitable,  $A_{iu}$ , es de  $122 \text{ m}^2$ .

Por tanto su relación  $A_{iu}/A_{ue} = 0,8$

Siguiendo la tabla obtenemos el coeficiente  $b$  que tiene un valor de  $0,94$

$A_{iu}/A_{ue}$	No aislado <sub>ue</sub> - Aislado <sub>iu</sub>	
	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00
$0.25 \leq 0.50$	0,97	0,99
$0.50 \leq 0.75$	0,96	0,98
$0.75 \leq 1.00$	0,94	0,97
$1.00 \leq 1.25$	0,92	0,96
$1.25 \leq 2.00$	0,89	0,95
$2.00 \leq 2.50$	0,86	0,93
$2.50 \leq 3.00$	0,83	0,91
>3.00	0,81	0,90

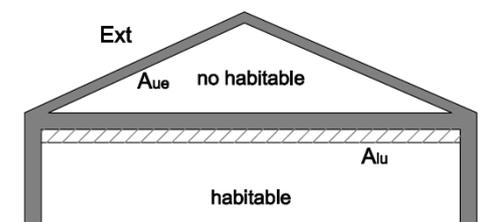


Tabla 14. Coeficiente de reducción de temperatura  $b$ . Espacios habitables en contacto con no habitables

B) LA TABLA ES LA SIGUIENTE:

	Espesor [e] (m)	Conductividad [ $\lambda$ ] (W/mk)	Resistencia T. [R] ( $m^2K/W$ )	Resistencia al vapor [ $\mu$ ]	Sdn* (m)	Distribución de Temperaturas	Distribución de Presión de Vapor	Distribución Presión de Saturación de Vapor
EXTERIOR	-	-	0,100	-	-	9,11	727,79	1155,23
AISLAMIENTO	0,060	0,050	1,200	1	0,06	17,57	729,18	2007,71
FORJADO	0,300	1,429	0,210	80	24,00	19,05	1282,56	2201,01
CAPA DE YESO	0,020	0,570	0,035	6	0,12	19,29	1285,32	2237,59
INTERIOR	-	-	0,100	-	-	20,00	1285,32	2336,95
TOTALES			1,645		24,18			
*Sdn = espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua							P.V. < P.V.SAT → POR LO TANTO NO HAY CONDENSACIÓN	

Tabla 15. Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones de la cubierta según los cálculos realizados

Como se observa en la tabla, la resistencia del forjado es:  $R_t=1,645 m^2K/W$ , luego la transmitancia  $U_p=0,60 W/m^2K$ .

Multiplicando la transmitancia del forjado con el coeficiente b obtenemos una transmitancia total de  $U = 0,57 W/m^2K$ , que es mayor que la  $U_{m\acute{a}x}$  que nos da el CTE para la zona C2 ( $0,41 W/m^2K$ ), por lo tanto el cerramiento objeto de estudio **no cumple** con el DB-HE1.

C) LA GRÁFICA DEL GRADIENTE TÉRMICO ES LA SIGUIENTE:

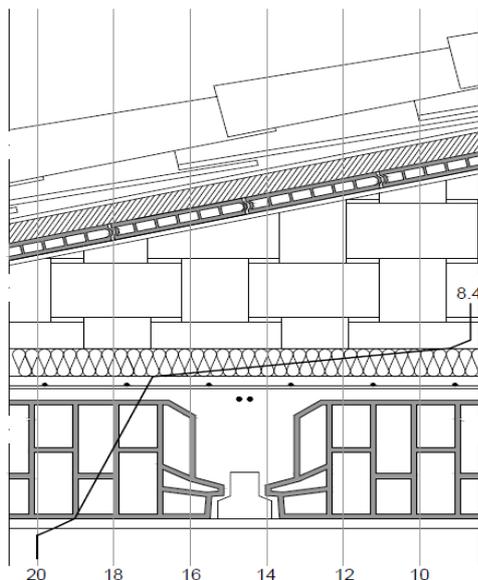


Figura 24. Gráfica del gradiente térmico de la cubierta

D) LA GRÁFICA COMPARATIVA DE PRESIONES ES LA SIGUIENTE:

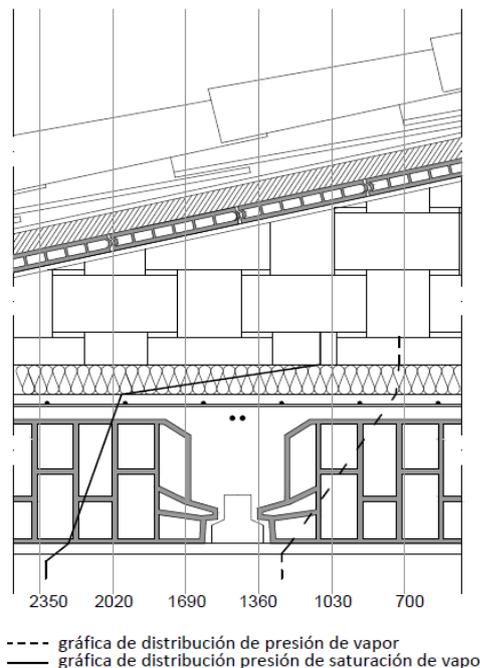


Figura 25. Gráfica comparativa de las presiones de la cubierta

Al igual que ocurría con la fachada, las gráficas no se cruzan en ningún momento, esto indica que la cubierta no sufrirá condensaciones.

Eligiendo un aislante con menor conductividad se cumpliría con la transmitancia máxima.

### 3.3.4. FORJADO SANITARIO

Cabe reseñar que la altura de la cámara sanitaria es variable debido a la inclinación del terreno, así que siguiendo el Apéndice E, apartado 1.3.2, se considera que la altura  $h$  es inferior o igual a 1 m y que la profundidad  $z$  respecto al nivel del terreno es igual o inferior a 0.5 m. Cumpliendo con la figura siguiente:

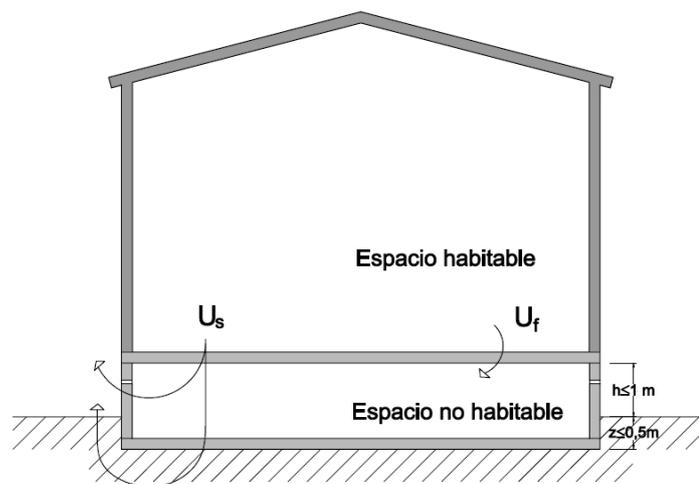


Figura 26. Condicionantes para la cámara sanitaria

#### A) EL FORJADO SANITARIO ESTÁ COMPUESTO POR:

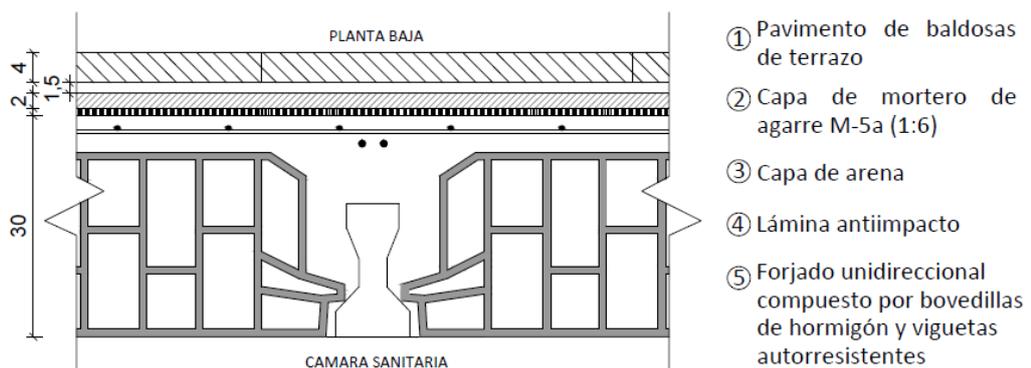


Figura 27. Sección del forjado sanitario

La transmitancia térmica del suelo sanitario  $U_s$  viene dada por la tabla E.9, en función de la longitud característica  $B'$  del suelo en contacto con la cámara y su resistencia térmica  $R_f$  calculada mediante la expresión (E.2) despreciando las resistencias térmicas superficiales.

B) LA TABLA ES LA SIGUIENTE:

	Espesor [e] (m)	Conductividad [ $\lambda$ ] (W/mk)	Resistencia T. [R] ( $m^2K/W$ )	Resistencia al vapor [ $\mu$ ]	Sdn* (m)	Distribución de Temperaturas	Distribución de Presión de Vapor	Distribución Presión de Saturación de Vapor
FORJADO	0,300	1,43	0,210	80	24,00	17,69	1224,54	2021,69
CAPA ARENA	0,020	2,000	0,010	50	1,00	18,13	1246,64	2079,75
MORTERO CEM	0,015	1,300	0,012	10	0,15	18,64	1249,96	2147,31
PAVIMENTO TERRAZO	0,040	1,300	0,031	40	1,60	20,00	1285,32	2336,95
TOTALES			0,262		26,75			
*Sdn = espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua							P.V. < P.V.SAT → POR LO TANTO NO HAY CONDENSACIÓN	

Tabla 16. Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones del forjado sanitario según los cálculos realizados

Según los cálculos realizados, la resistencia térmica total del forjado despreciando las resistencias superficiales es de  $0,262 m^2k/W$  y B' tiene un valor de  $3,24 m$ .

Así que siguiendo los valores de la tabla E.9 que más se aproximen a estos, se obtiene la transmitancia térmica del forjado,  $U_s = 1,14 W/m^2K$ .

Este es mayor que la  $U_{m\acute{a}x}$  que nos da el CTE para suelos, pues es así como se debe considerar, que es  $0,50 W/m^2K$ .

Por lo tanto el cerramiento objeto de estudio **no cumple** con el DB-HE1.

Cumpliría añadiendo un aislamiento de gran espesor o con una baja conductividad.

C) LA GRÁFICA DEL GRADIENTE TÉRMICO ES LA SIGUIENTE:

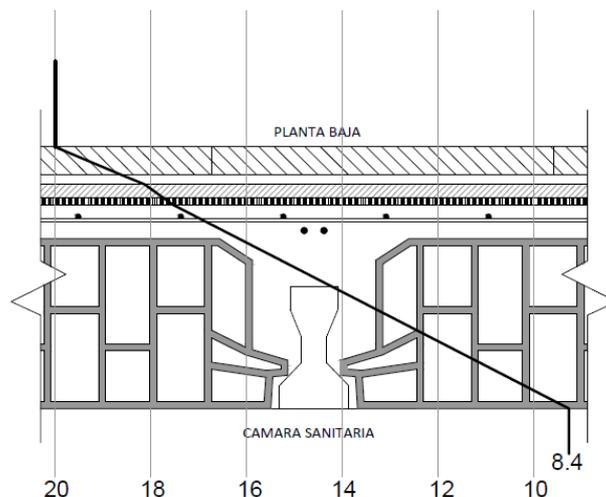


Figura 28. Gráfica del gradiente térmico del forjado sanitario

D) LA GRÁFICA COMPARATIVA DE PRESIONES ES LA SIGUIENTE:

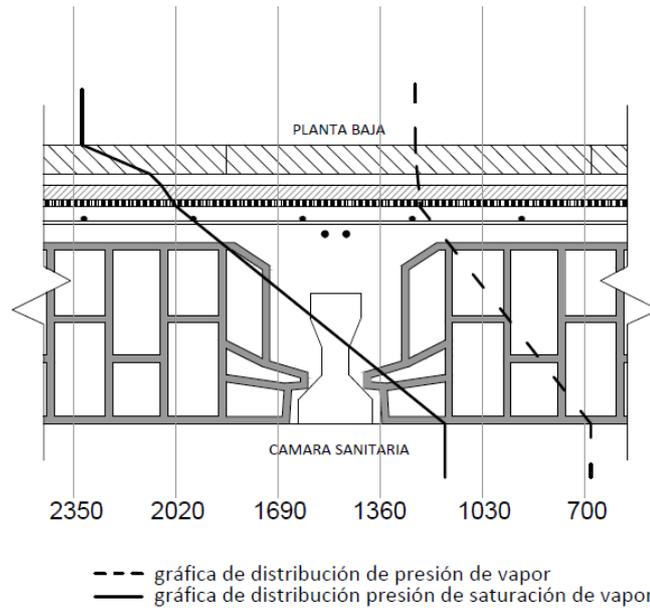


Figura 29. Gráfica comparativa de las presiones del forjado sanitario

### 3.3.5. CUBIERTA PLANA TRANSITABLE

A) LA CUBIERTA PLANA ESTÁ COMPUESTA POR:

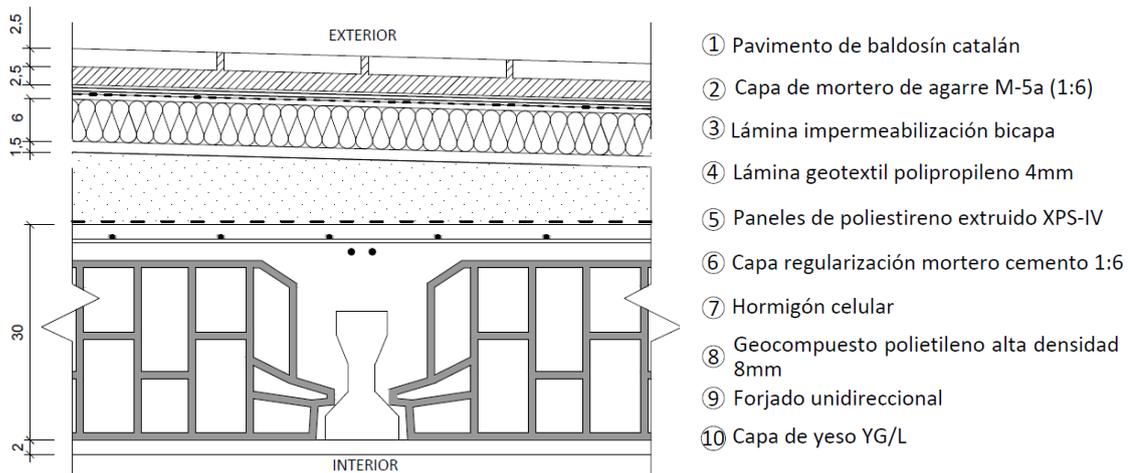


Figura 30. Sección de la cubierta plana transitable

B) LA TABLA ES LA SIGUIENTE:

	Espesor [e] (m)	Conductividad [λ] (W/mk)	Resistencia T. [R] (m <sup>2</sup> K/W)	Resistencia al vapor [μ]	Sdn* (m)	Distribución de Temperaturas	Distribución de Presión de Vapor	Distribución Presión de Saturación de Vapor
EXTERIOR	-	-	0,04	-	-	8,57	702,45	1114,99
PAVIMENTO	0,025	1	0,025	30	0,75	8,68	705,86	1123,33
MORTERO CEM	0,025	1,300	0,019	10	0,25	8,77	706,99	1129,78
IMPERMEABILIZACIÓN	0,0015	0,250	0,006	6000	9	8,80	747,88	1131,81
GEOTEXTIL	0,0005	0,220	0,002	10000	5	8,80	770,61	1132,57
AISLAMIENTO	0,060	0,028	2,143	100	6	18,23	797,87	2093,24
MORTERO CEM	0,015	1,300	0,012	10	0,15	18,28	798,55	2099,91
HORMIGON CELULAR	0,050	1,150	0,043	60	3	18,47	812,18	2125,24
GEOCOMPUESTO	0,0008	0,500	0,002	100000	80	18,48	1175,72	2126,18
FORJADO	0,300	1,300	0,210	80	24	19,40	1284,77	2252,36
CAPA YESO	0,020	0,570	0,035	6	0,12	19,56	1285,32	2274,07
INTERIOR	-	-	0,10	-	-	20,00	1285,32	2336,95
TOTALES			2,637		128,27			
*Sdn = espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua							P.V.< P.V.SAT → POR LO TANTO NO HAY CONDENSACIÓN	

Tabla 17. Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones de la cubierta plana transitable según los cálculos realizados

Según los cálculos realizados, la resistencia térmica total de la cubierta plana es de 2,6 m<sup>2</sup>k/W. Por lo tanto, su transmitancia es 0,38 W/m<sup>2</sup>k, inferior al valor límite que impone el CTE de 0,41 W/m<sup>2</sup>k.

Por lo tanto el cerramiento objeto de estudio **sí cumple** con el DB-HE1.

Además, los valores de la distribución de presión de vapor son inferiores a los de presión saturada, por tanto, no habrá condensaciones.

C) LA GRÁFICA DEL GRADIENTE TÉRMICO ES LA SIGUIENTE:

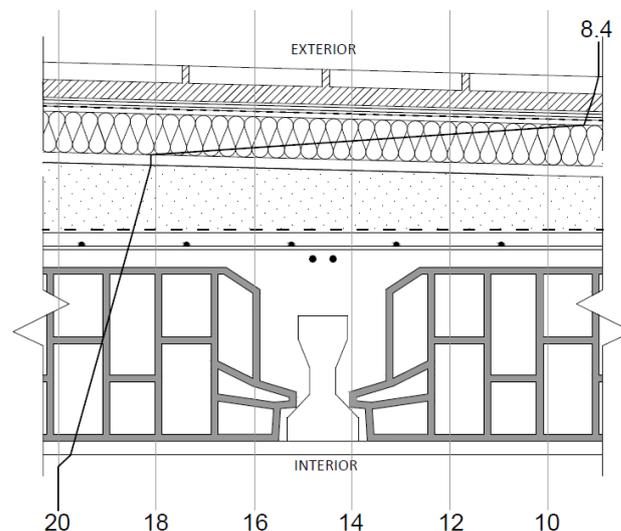


Figura 31. Gráfica del gradiente térmico de la cubierta plana transitable

D) LA GRÁFICA COMPARATIVA DE PRESIONES ES LA SIGUIENTE:

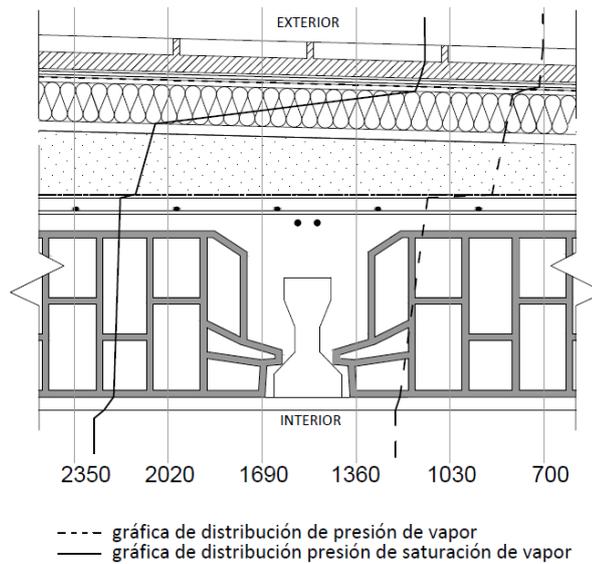


Figura 32. Gráfica comparativa de las presiones de la cubierta plana transitable

### 3.3.6. FORJADO SOBRE GARAJE

Se trata del mismo forjado que el sanitario con la salvedad de que las viguetas empleadas son distintas.

Al recaer a un espacio no habitable, el proceder es exactamente igual que en la cubierta inclinada.

Estamos en el caso 1, y el área del cerramiento de un espacio en contacto con el otro es el mismo, por lo que su relación es  $A_{iu}/A_{ue} = 1$ .

De esta manera obtenemos  $b$ , cuyo valor es 0,7.

A) LA TABLA ES LA SIGUIENTE:

	Espesor [e] (m)	Conductividad [ $\lambda$ ] (W/mk)	Resistencia [R] ( $m^2K/W$ )	Resistencia al vapor [ $\mu$ ]	Sdn* (m)	Distribución de Temperaturas	Distribución de Presión de Vapor	Distribución Presión de Saturación de Vapor
EXTERIOR	-	-	0,17	-	-	11,674	822,150	1305,000
FORJADO	0,300	1,12	0,210	80	24,000	15,719	1237,707	1840,440
CAPA ARENA	0,020	2,000	0,010	50	1,000	15,911	1191,437	1870,150
MORTERO CEM	0,015	1,300	0,012	10	0,150	16,133	1184,756	1905,000
PAVIMENTO TERRAZO	0,040	1,300	0,031	40	1,600	16,726	1113,892	2000,500
INTERIOR	-	-	0,17	-	-	20,000	1285,323	2336,950
TOTALES			0,602		26,750			
*Sdn = espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua							P.V. < P.V.SAT → POR LO TANTO NO HAY CONDENSACIÓN	

Tabla 18. Valores obtenidos de transmitancia y condensaciones del forjado sobre el garaje

Su resistencia total es de 0,602 W/mk, por lo que su transmitancia es 1,66 W/m<sup>2</sup>K, que multiplicado por el coeficiente b, se queda en 1,16 W/m<sup>2</sup>K, obviamente, al igual que en el caso anterior, la ausencia de aislamiento provoca unos resultados muy superiores al límite permitido.

Por lo tanto, el cerramiento objeto de estudio **no cumple** con el DB-HE1.

La tabla también nos indica que, al menos, no se producirán condensaciones.

### 3.3.7. CARPINTERÍA EXTERIOR

Se dispone de un solo sistema de carpintería exterior de aluminio con el valor  $U_{H,m} = 2,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Y el vidrio es incoloro, acristalamiento doble de 6 mm con cámara de aire de 8 mm, su valor aproximado es  $U_{H,v} = 2,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Los detalles de la carpintería se pueden consultar en los planos para dicho fin, en el anexo A del PFG.

- Cálculo de la transmitancia térmica de los huecos

<b>Cálculo de la transmitancias térmica de huecos</b>	<b>P-1</b>
FM fracción del hueco ocupada por el marco	0,14
$U_{hv}$ transmitancia térmica de la parte semitransparente	2,80
$U_{hm}$ transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	2,10
<b><math>U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =</math></b>	<b>2,70</b>
<b><math>F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot a] =</math></b>	<b>0,46</b>

<b>Cálculo de la transmitancias térmica de huecos</b>	<b>V-1</b>
FM fracción del hueco ocupada por el marco	0,29
$U_{hv}$ transmitancia térmica de la parte semitransparente	2,80
$U_{hm}$ transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	2,10
<b><math>U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =</math></b>	<b>2,60</b>
<b><math>F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot a] =</math></b>	<b>0,39</b>

<b>Cálculo de la transmitancias térmica de huecos</b>	<b>V-2</b>
FM fracción del hueco ocupada por el marco	0,36
$U_{hv}$ transmitancia térmica de la parte semitransparente	2,80
$U_{hm}$ transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	2,10
<b><math>U_h = (1-FM)U_{hv} + FMU_{hm} =</math></b>	<b>2,55</b>
<b><math>F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot a] =</math></b>	<b>0,35</b>

<b>Cálculo de la transmitancias térmica de huecos</b>	<b>V-3</b>
FM fracción del hueco ocupada por el marco	0,44
U <sub>hv</sub> transmitancia térmica de la parte semitransparente	2,80
U <sub>hm</sub> transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	2,10
<b>U<sub>h</sub> = (1-FM)U<sub>hv</sub> + FMU<sub>hm</sub> =</b>	<b>2,49</b>
<b>F = F<sub>s</sub>·[(1-FM)·g+FM·0,04·U<sub>m</sub>·α] =</b>	<b>0,31</b>

<b>Cálculo de la transmitancias térmica de huecos</b>	<b>P-8</b>
FM fracción del hueco ocupada por el marco	0,18
U <sub>hv</sub> transmitancia térmica de la parte semitransparente	2,80
U <sub>hm</sub> transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario	2,10
<b>U<sub>h</sub> = (1-FM)U<sub>hv</sub> + FMU<sub>hm</sub> =</b>	<b>2,67</b>
<b>F = F<sub>s</sub>·[(1-FM)·g+FM·0,04·U<sub>m</sub>·α] =</b>	<b>0,44</b>

### ZONA CLIMÁTICA C2

Huecos (U <sub>Hm</sub> ) y (U <sub>Fm</sub> )							
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)		A · U	Resultados por orientación	
N	1ud P-8	4,38	2,67		11,71	SA =	18,13
	4uds V-1	10	2,60		26,00		SA·U =
	3uds V-2	3,75	2,55		9,56	U <sub>Hm</sub> = SA·U / SA =	2,61
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U	F	A · U	A · F (m <sup>2</sup> )	Resultados Tipos
E	2uds P-8	8,76	2,67	0,44	23,424	3,854	SA = 13,76
	2uds V-1	5	2,60	0,39	12,999	1,950	SA·U = 36,42
							SA·F = 5,80
							U <sub>Hm</sub> = SA·U / SA = 2,65
							F <sub>Hm</sub> = SA·F / SA = 0,42
O	1ud P-8	4,38	2,67	0,44	11,712	1,927	SA = 4,38
							SA·U = 11,71
							SA·F = 1,93
							U <sub>Hm</sub> = SA·U / SA = 2,67
							F <sub>Hm</sub> = SA·F / SA = 0,44
S	2uds P-8	8,76	2,67	0,44	23,424	3,854	SA = 21,44
	3uds V-1	7,5	2,60	0,39	19,499	2,925	SA·U = 56,53
	2uds V-2	2,5	2,55	0,35	6,370	0,875	SA·F = 8,89
	1ud P-1	2,68	2,70	0,46	7,241	1,233	U <sub>Hm</sub> = SA·U / SA = 2,64
							F <sub>Hm</sub> = SA·F / SA = 0,41

FACHADA	% DE SUPERFICIE DE HUECOS	TRANSMITANCIA LIMITE (para zona C2, tabla 9)	RESULTADO W/m <sup>2</sup> K	CUMPLE
NORTE	15	3,4	2,61	SI
SUR	23	4,3	2,64	SI
ESTE	12,7	3,9	2,65	SI
OESTE	4	4,4	2,67	SI

Tabla 19. Tablas y cálculos de transmitancia en carpintería exterior



## 4. CONSUMO ENERGÉTICO DE LA VIVIENDA SITUACIÓN INICIAL



#### 4.1. APLICACIÓN DEL PROGRAMA DESIGNBUILDER

El programa Designbuilder es una herramienta de simulación energética, desarrollada para simplificar el proceso de modelado y análisis de resultados, permitiendo optimizar en tiempo y presupuesto la evaluación de proyectos. [11]

Es un completo interfaz de usuario para el motor de simulación térmica dinámica EnergyPlus.

Estas son algunas de sus principales funciones:

- Permite obtener información precisa del comportamiento térmico del edificio y su renderizado en imagen y video en cualquier etapa del proceso de diseño.
- Agiliza el diseño y el proceso de evaluación proporcionando información desde el principio, cuando las alternativas de diseño aún están abiertas.
- DesignBuilder posee un precio competitivo y lo que es aún más importante, su aprendizaje y aplicación se rentabiliza desde el primer momento.
- Su interfaz intuitivo y plantillas prediseñadas lo convierten en una herramienta formativa muy didáctica.
- Le permite diseñar edificios energéticamente eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Su aplicación en este PFG se ha desarrollado de la siguiente manera:

Para empezar se dibujan las plantas y se levantan los cerramientos. Incluso se genera la cubierta y las terrazas de manera que la simulación se aproxime lo máximo posible a la edificación real.

A continuación se dibujan las puertas y ventanas existentes en los cerramientos, incluso carpintería interior.

Además se puede definir cada zona de la vivienda según el uso que tenga e introducir las características que creamos convenientes, iluminación natural, artificial, uso de cocina, material de oficina, nivel de ocupación...

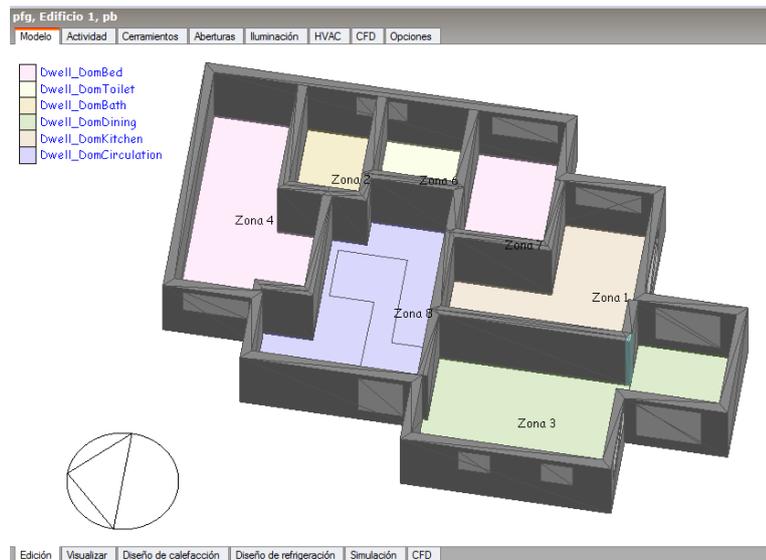


Figura 33. Planta baja

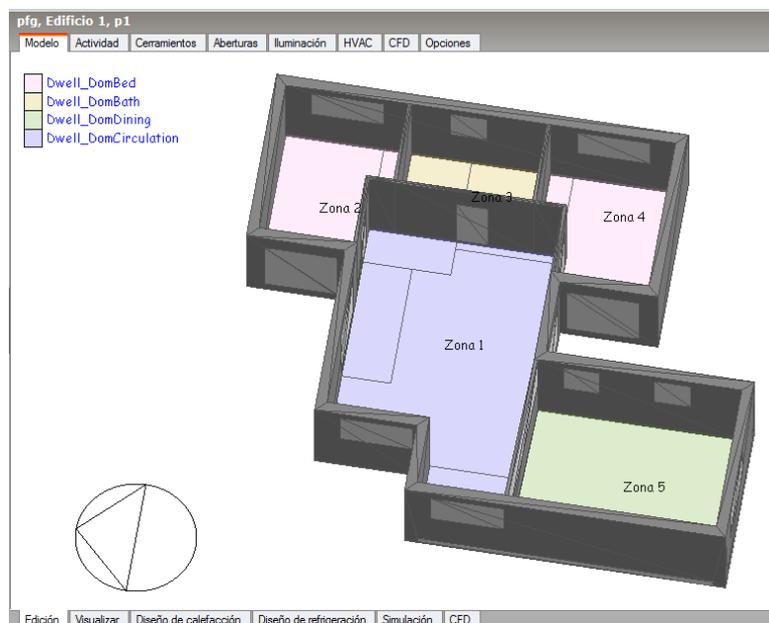


Figura 34. Planta primera

Al finalizar los dibujos, se introducen los datos específicos según el proyecto, dentro de las posibilidades que tiene el programa, como los materiales que forman las diferentes capas de cada cerramiento, sus espesores, acabados, tipo de carpintería, tipología de aislamiento... de la misma manera que los datos anteriores, quedando una visualización de la vivienda de la siguiente manera:

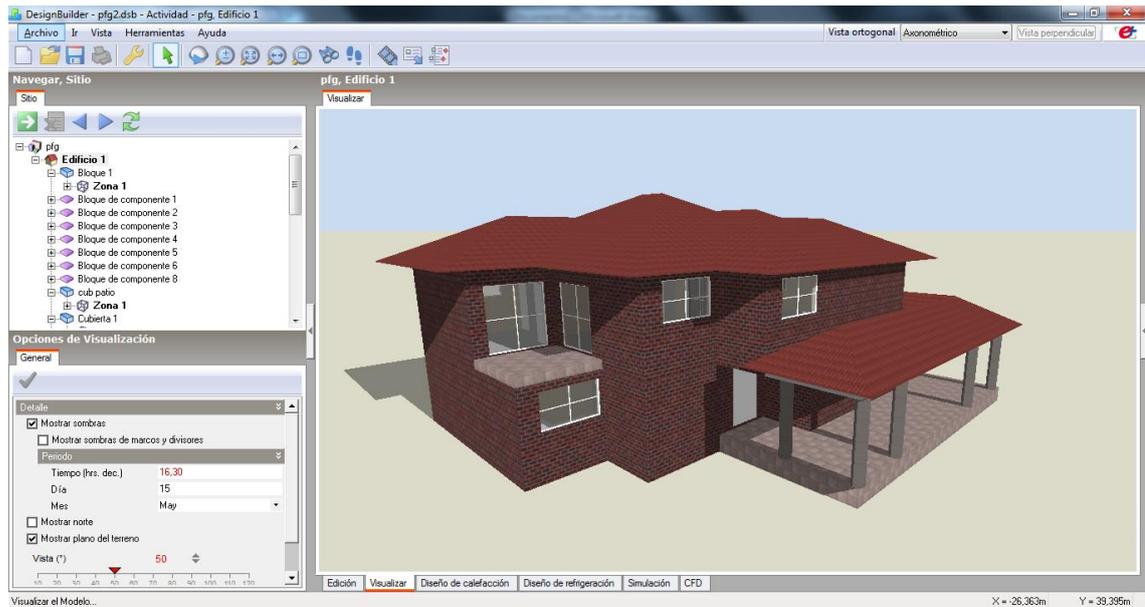


Figura 35. Visualización de la vivienda

Con la vivienda terminada se procede a la introducción de datos de ámbito energético como:

- Sistema de calefacción y refrigeración, que en este caso se dispone de un sistema de climatización formado por una consola compacta de condensación por aire, por bomba de calor agua-aire, frío/calor y su conducción formado por paneles rígidos de fibra de vidrio de 25 mm de espesor, con difusores de aluminio anodizado. Capacidad calorífica 5900 w.
- Producción de agua caliente sanitaria, que en este caso se conseguirá mediante un calentador eléctrico situado en la cocina y que distribuirá el agua caliente a todas las zonas húmedas de la vivienda.
- Se tendrá en cuenta la ventilación natural y el sombreado en los huecos.

Con todas las condiciones introducidas, el programa realiza los cálculos pertinentes y aporta un amplio abanico de datos y gráficas.

Se eligen aquellos que son de interés. En este caso se desea conocer el consumo de energía eléctrica usada para calefacción y refrigeración de la vivienda a lo largo de un año.

El consumo de energía usada para el calentamiento del agua caliente sanitaria, se obtendrá mediante un método de cálculo llamado: curvas  $f$  (f-Chart).

4.2. DATOS DE CONSUMO INICIALES

A) Calefacción y refrigeración

Los datos que calcula el programa y su representación gráfica se muestran a continuación:

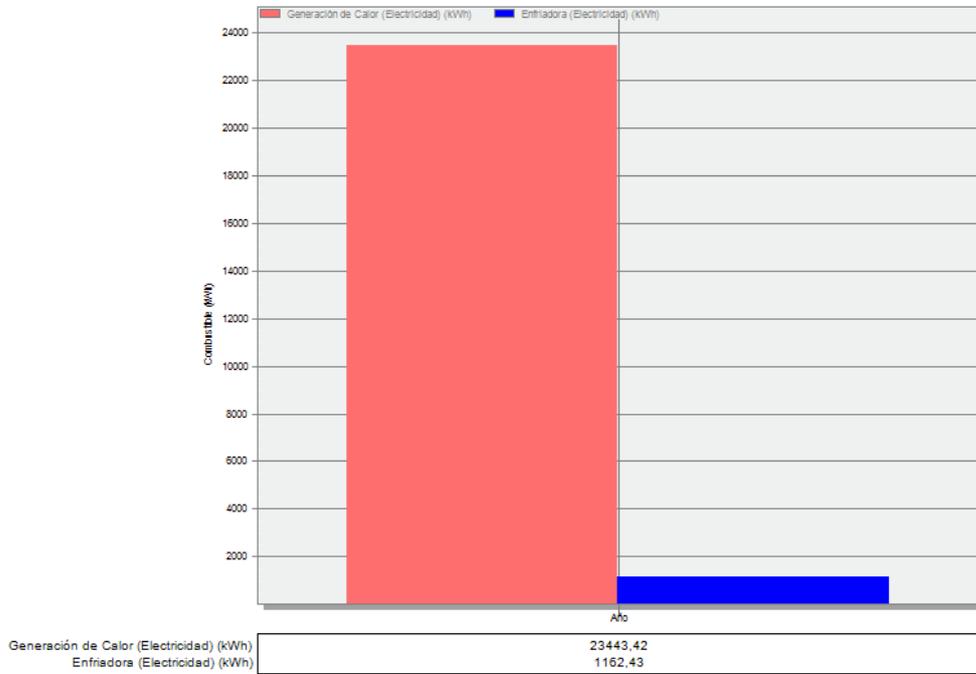


Figura 36. Desglose del consumo energético a nivel anual

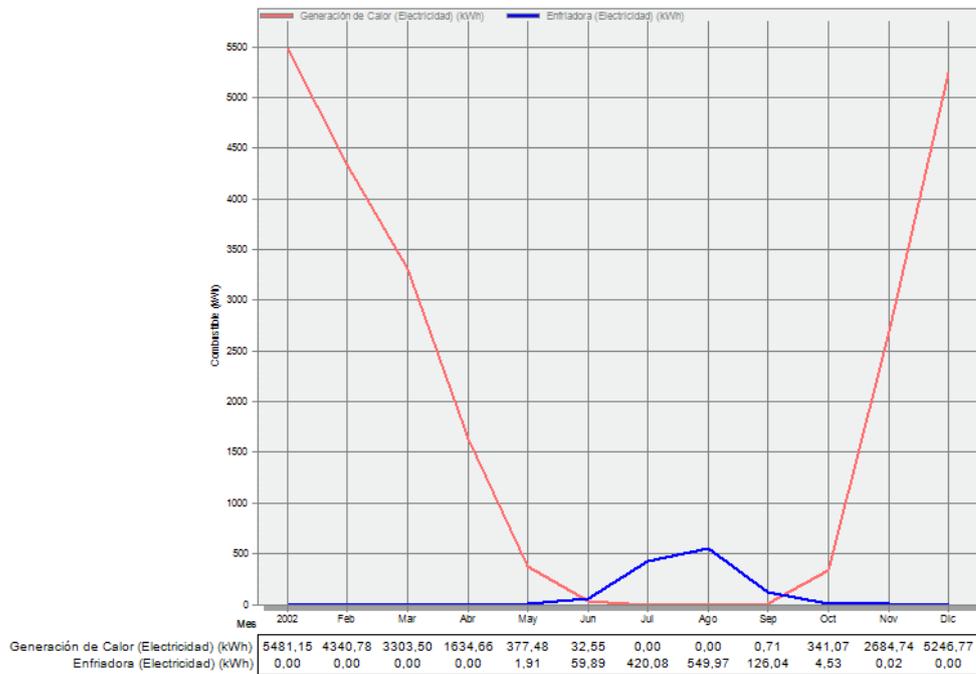


Figura 37. Desglose del consumo energético a nivel mensual

Se observa en ellas el gran consumo de electricidad en los meses más fríos como son diciembre, enero y febrero, debido al uso de la calefacción. La refrigeración se hace patente en los meses de julio y agosto, aunque de forma mucho más discreta.

El elevado uso de la calefacción viene motivado por el objetivo de conseguir, en el interior de la vivienda, una temperatura que se sitúe entre los 20 y 23 grados, de manera que se disfrute de una sensación de confort durante todo el año.

Esta situación provoca que sea innecesario el uso de estufas, calefactores, ventiladores, etc., en las épocas de temperaturas más extremas.

El programa facilita esta información en la siguiente gráfica, donde se observa como la temperatura media anual ronda los 21 °C:

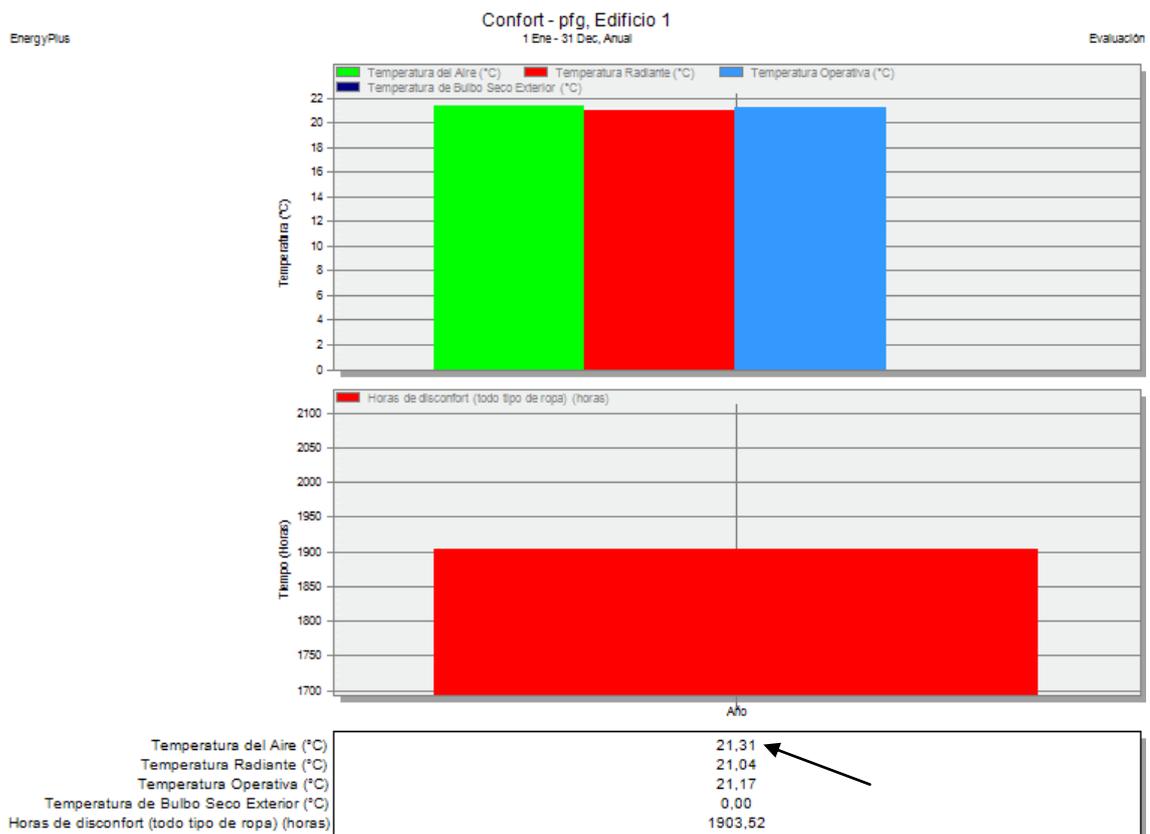


Figura 38. Confort, temperaturas medias anuales

#### B) Agua Caliente Sanitaria

Para obtener la energía necesaria para calentar el ACS, se utilizará un método de cálculo llamado: curvas  $f$  (f-Chart), que aparece detallado en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, publicado por IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). [12]

Este método de cálculo se utiliza para obtener la cobertura energética de un sistema solar, información que se calculará en posteriores apartados de este PFG, y el primero de sus pasos es la valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a ACS.

Estas cargas caloríficas determinan la cantidad de calor necesaria mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la siguiente expresión:

$$Q_a = C_e \cdot C \cdot N \cdot (t_{ac} - t_r)$$

Donde:

$Q_a$ :	Carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (J/mes)
$C_e$ :	Calor específico. Para el agua es 4187 (J/KgA°C)
$C$ :	Consumo diario de ACS (l/día)
$N$ :	Número de días del mes
$t_{ac}$ :	Temperatura del agua caliente de acumulación (°C)
$t_r$ :	Temperatura del agua de red (°C)

Como se aprecia en la fórmula, serán necesarios los valores de temperatura media del agua de red, escogeremos los datos de la ciudad de Valencia ya que se reflejan sólo los datos de capitales de provincia en la tabla 4 del Pliego de Condiciones Técnicas antes mencionado.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
<b>Valencia</b>	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3

Tabla 20. Temperatura mínima media del agua de la red general, en °C, obtenida a partir de medidas directas. (CENSOLAR)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

	<b>Ce</b>	<b>N</b>	<b>t<sub>ac</sub></b>	<b>t<sub>r</sub></b>	<b>C</b>	<b>Q<sub>a</sub> (J)</b>	<b>kWh*</b>
<b>Enero</b>	4187	31	60	8	180	1214899920	337,47
<b>Febrero</b>	4187	28	60	9	180	1076226480	298,95
<b>Marzo</b>	4187	31	60	11	180	1144809540	318,00
<b>Abril</b>	4187	30	60	13	180	1062660600	295,18
<b>Mayo</b>	4187	31	60	14	180	1074719160	298,53
<b>Junio</b>	4187	30	60	15	180	1017441000	282,62
<b>Julio</b>	4187	31	60	16	180	1027992240	285,55
<b>Agosto</b>	4187	31	60	15	180	1051355700	292,04
<b>Septiembre</b>	4187	30	60	14	180	1040050800	288,90
<b>Octubre</b>	4187	31	60	13	180	1098082620	305,02
<b>Noviembre</b>	4187	30	60	11	180	1107880200	307,74
<b>Diciembre</b>	4187	31	60	8	180	1214899920	337,47
<b>ANUAL</b>		<b>365</b>				<b>13131018180</b>	<b>3647,51</b>

\*1kWh = 3600000 J

Tabla 21. Energía necesaria para calentar el agua destinada al consumo doméstico.

## C) Datos de Consumo Totales

Una vez obtenidos los datos de calefacción, refrigeración y ACS, se puede determinar el consumo total anual de la vivienda objeto de estudio:

	<b>Calefacción (kWh)</b>	<b>Refrigeración (kWh)</b>	<b>ACS (kWh)</b>	<b>Consumo Total (kWh)</b>
<b>Enero</b>	5481,15	0,00	337,47	5818,62
<b>Febrero</b>	4340,78	0,00	298,95	4639,73
<b>Marzo</b>	3303,5	0,00	318,00	3621,50
<b>Abril</b>	1634,66	0,00	295,18	1929,84
<b>Mayo</b>	377,48	1,91	298,53	677,92
<b>Junio</b>	32,55	59,89	282,62	375,06
<b>Julio</b>	0,00	420,08	285,55	705,63
<b>Agosto</b>	0,00	549,97	292,04	842,01
<b>Septiembre</b>	0,71	126,04	288,90	415,65
<b>Octubre</b>	341,07	4,53	305,02	650,62
<b>Noviembre</b>	2684,74	0,02	307,74	2992,50
<b>Diciembre</b>	5246,77	0,00	337,47	5584,24
<b>TOTAL</b>	<b>23443,41</b>	<b>1162,44</b>	<b>3647,51</b>	<b>28253,36</b>

Tabla 22. *Energía total consumida en un año*

Se puede observar como el valor del consumo máximo es hasta quince veces el del consumo mínimo, esto viene motivado por la gran necesidad de consumir energía en los meses invernales, para mantener la vivienda en un estado de confort.

La representación gráfica de dichos datos se muestra a continuación:

### Consumo energético inicial (kWh)

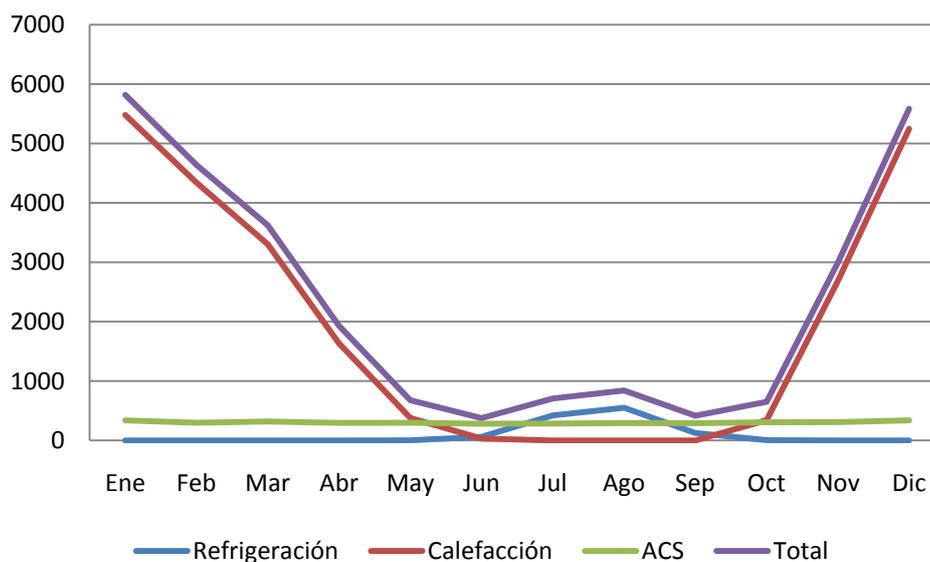


Figura 39. *Consumo energético inicial*

Una vez más se observa con claridad como la calefacción es la que marca la tendencia del consumo global.

Por último, teniendo el consumo total cuyo valor es de 28253,36 kWh, y conociendo el precio actual de la electricidad, que se sitúa en torno a los 0,14 €/kWh (precio a junio de 2011, sin impuestos), podemos obtener el gasto económico que supone el uso, básicamente, del aire acondicionado y la caldera a lo largo del año, que es de 3955,47 €.

Así que el siguiente objetivo debe ser disminuir ese consumo de electricidad. Dentro de las múltiples posibilidades que existen, en este caso se va a optar por la instalación de paneles solares para la producción de ACS con la correspondiente disminución de uso de la caldera eléctrica.

Y como segunda opción, se optará por mejorar el aislamiento en los cerramientos, con el fin de disminuir el uso del aparato de climatización.

## 5. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA



A continuación se va a proceder al cálculo y dimensionado de la instalación solar térmica que permitirá disminuir el consumo de electricidad en la vivienda y, por tanto, mejorar su eficiencia energética.

Para obtener dicha instalación se seguirá minuciosamente el Documento Básico HE4, Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, del CTE. [13]

### 5.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y DEMANDA DE ACS

La instalación solar se ha diseñado para sustituir en el máximo de sus posibilidades, el empleo de la caldera individual como generador principal de agua caliente sanitaria de la vivienda. Pasando esta a ser un sistema auxiliar en el caso de que la instalación solar no pueda cubrir la demanda de ACS, en especial en los meses de invierno.

Por el principio de circulación, la instalación se clasifica como instalación por circulación forzada, ya que existe una bomba que mueve el fluido a lo largo del circuito primario de la instalación.

- El esquema general de la instalación será la siguiente:

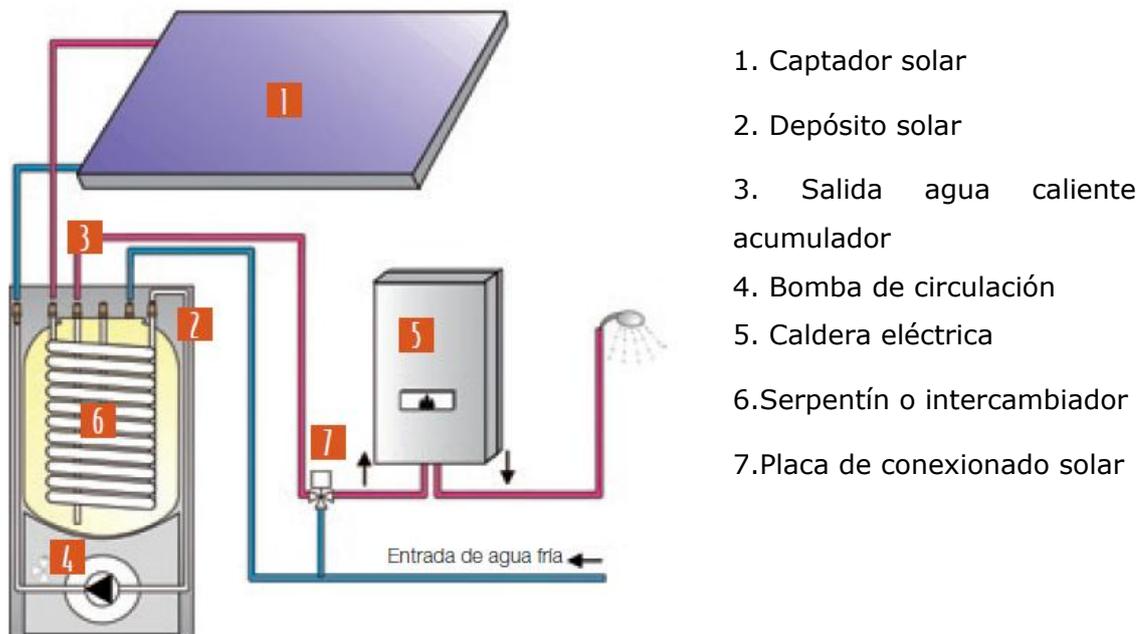


Figura 40. Esquema Drain Pack. Energía Solar Térmica. Catálogo Fagor

La temperatura de distribución del ACS que se ha considerado en el diseño de la instalación es de 45°C en los puntos de consumo, y la de acumulación de 60°C.

El porcentaje de ocupación empleado será del 100%, ya que se considera la vivienda como residencia principal.

Para empezar con el diseño de la instalación, debemos saber cuál será la demanda de agua caliente sanitaria, teniendo en cuenta que la temperatura de referencia para esta será de 60°C.

La tabla 3.1 del DB-HE4 nos indica que para una vivienda unifamiliar, la demanda es de **30l por persona y día**.

A continuación, nos indica que el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando unos valores mínimos que relacionan el número de dormitorios con el número de personas.

En este caso la vivienda dispone de cuatro dormitorios, por lo que le corresponden seis personas.

Conociendo la demanda por persona y el número total de personas, se obtiene el caudal necesario para abastecer de ACS a los inquilinos en un día, por lo tanto es la cantidad de agua caliente que los colectores deben ser capaces de producir. La demanda total es de **180 l/día**.

## 5.2. RADIACIÓN SOLAR Y CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

Las zonas que se definen en la figura 3.1 Zonas climáticas, tienen en cuenta la radiación solar global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), si la vivienda objeto de estudio se sitúa en la zona IV, significa que recibe una radiación solar global de entre 4,6 y 5,0 kWh/m<sup>2</sup>.

El objetivo de la instalación solar es satisfacer la mayor demanda energética posible.

En verano es muy posible que llegue a cubrir el 100% del consumo de ACS debido la radiación mencionada, pero en invierno existirá un déficit energético que debe cubrirse con un sistema auxiliar.

Según la tabla 2.1, puesto que el sistema de energía auxiliar será la caldera eléctrica ya instalada, y conociendo la zona climática y la demanda total de ACS, comprobamos que la **contribución mínima** de nuestra instalación solar térmica debe ser del **60%**.

El CTE aconseja que, con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100%, se adoptarán ciertas medidas, por ejemplo, desviar los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes, como podría ser la piscina.

En su defecto se recomienda dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes a través de equipos específicos o mediante circulación nocturna del circuito primario.

### 5.3. PREDIMENSIONADO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

Según el apartado 3.3.3.1 del DB-HE4, el área total de los captadores tendrá un valor tal que cumpla la siguiente condición:

$$50 < V/A < 180$$

Donde A será el área total de los captadores, expresada en m<sup>2</sup>, y V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diario M:  $V = M$ . [14]

Teniendo en cuenta las condiciones citadas y que el consumo diario medio de ACS es de 180 l/día se predimensiona la superficie de captadores:

$$A_{\text{mín}} = 1 \leq A \leq 3,6 = A_{\text{máx}}$$

### 5.4. SISTEMA DE CAPTACIÓN

Se ha seleccionado el Colector solar SOL 2800 H selectivo. La apariencia y características técnicas son las siguientes [15]:



Figura 41. Captador SOL 2800 H selectivo. Escosol, de Salvador Escoda S.A.

Área total (m <sup>2</sup> )	2,82
Área de apertura (m <sup>2</sup> )	2,72
Área del absorbedor (m <sup>2</sup> )	2,63
Peso en vacío (kg)	36,3
Volumen (l)	1,50
Dimensiones totales (mm)	2307 x 1206 x 99
Máximo y mínimo ángulo de inclinación	20° / 80°
Rendimiento óptico (área absorbedor/apertura)	0,711
Factor de pérdidas a <sub>1</sub> (área absorbedor/apertura) (W/m <sup>2</sup> K)	3,168
Factor de pérdidas a <sub>2</sub> (área absorbedor/apertura) (W/m <sup>2</sup> K)	0,010
Presión de funcionamiento máxima (bar)	10

Tabla 23. Datos técnicos del captador SOL 2800 H selectivo. Escosol, de Salvador Escoda S.A.

Según el CTE, al utilizar captadores absorbentes de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un inhibidor de los iones de cobre y hierro.

### 5.5. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

a) Pérdidas por orientación e inclinación.

El apartado 3.5 del DB-HE4 tiene por objeto determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles.

Para empezar, se define el ángulo de inclinación y el de acimut, representados en la figura siguiente:

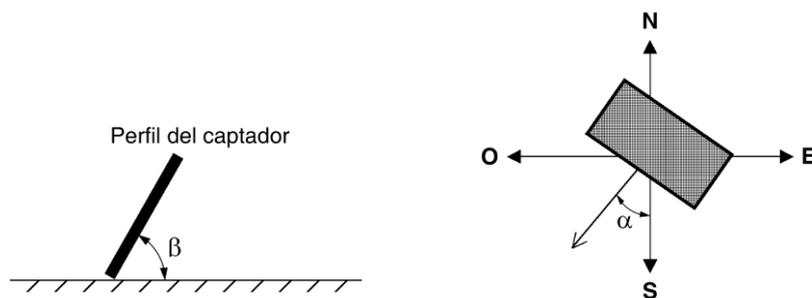


Figura 42. Orientación e inclinación de los módulos. CTE, DB-HE4

El CTE considera como orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los siguientes valores:

- Demanda constante anual: la latitud geográfica;
- Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Demanda preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

En este sentido decir que la orientación correcta se tiene sólo con la elección del faldón donde irá el captador. En cuanto a la inclinación, al tratarse de una demanda constante anual, se forzarán a los paneles a tener una inclinación lo más próxima posible a la latitud geográfica.

El ángulo de inclinación  $\beta$  se define como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. En este caso la cubierta tiene una pendiente del 22%, por lo tanto, su ángulo de inclinación está alrededor de los 12,5°.

Cabe decir que la latitud de Valencia es de 39,5° y que el soporte inclinado a instalar nos proporciona un rango limitado de posiciones, entre 20° y 30°. Así que a los paneles se les forzarán a tener una inclinación de 39,5° en total, tal y como se ve en la figura:

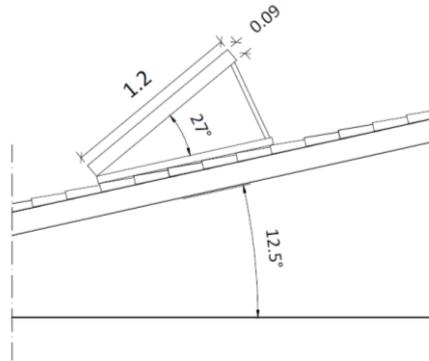


Figura 43. Posición del captador en la cubierta

El ángulo de acimut  $\alpha$ , se define como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del modulo y el meridiano del lugar. La orientación escogida para los captadores es dirección sur, por lo que el valor del ángulo de acimut es cero.

Sabiendo esto, determinamos en la siguiente figura los límites para la inclinación en el caso de  $\theta = 41^\circ$ . En el caso general, las perdidas máximas para este concepto son del 10%, por ello, la referencia para obtener los valores de inclinación mínimo y máximo, será la zona rallada (90%-95%), estos valores se obtienen mediante los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut.

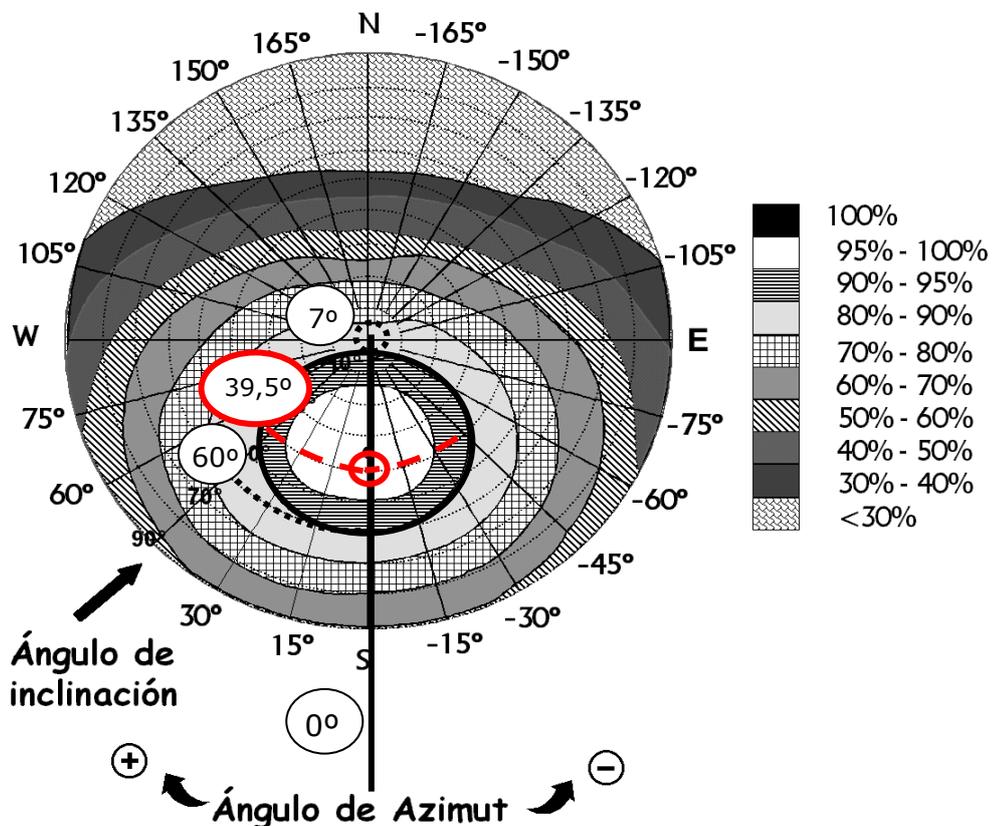


Figura 44. Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación. CTE, DB-HE4

Primero decir que, como se puede comprobar en la figura, las condiciones de los paneles a instalar, inclinación a  $39,5^\circ$ , nos sitúa en la zona blanca, muy cerca del punto central, ello se traduce en que las pérdidas por orientación e inclinación son inferiores a un 5%.

A continuación se corrigen los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de  $41^\circ$ :

- a) Inclinación máxima =  $60^\circ - (41^\circ - 39,5^\circ) = 58,5^\circ$
- b) Inclinación mínima =  $7^\circ - (41^\circ - 39,5^\circ) = 5,5^\circ$

Por lo tanto, esta instalación, de inclinación  $39,5^\circ$ , cumple los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

#### b) Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

Este apartado tiene como objetivo calcular las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidirá sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

Tal y como se aprecia en el plano de emplazamiento recogido en el apartado 2, descripción de la vivienda, ésta es una vivienda unifamiliar aislada, rodeada de solares sin edificar o con edificaciones de similar altura que, en ningún caso, podrían provocar sombras a la superficie de captación solar.

### 5.6. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

- Sistema de acumulación

El CTE aconseja que el sistema de acumulación esté constituido por un sólo depósito, en posición vertical y ubicado en zonas interiores.

Además debe cumplir con la condición:  $50 < V/A < 180$ , siendo  $A = 2,63 \text{ m}^2$

$$\mathbf{V_{\text{mín}} = 131,5 \leq V \leq 473,4 = V_{\text{máx}}}$$

Se ha seleccionado el interacumulador CV-200-M1P. La apariencia y características técnicas son las siguientes:

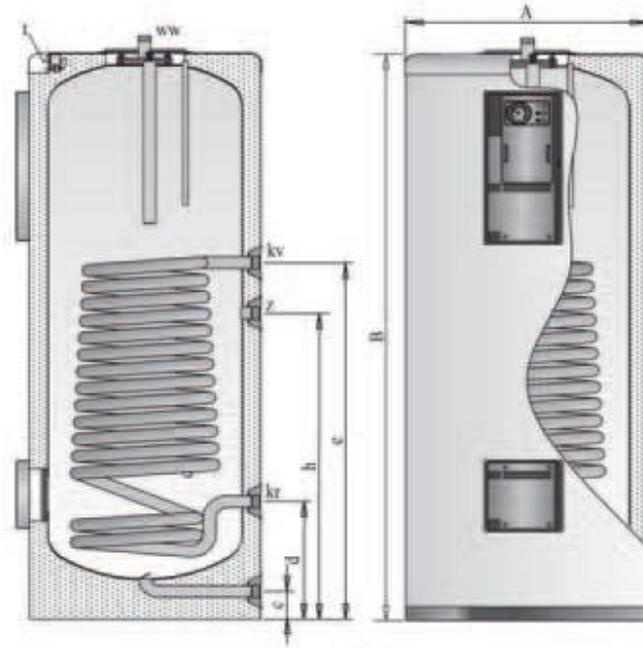


Figura 45. Interacumulador CV-200-M1P. Solar Energy, de Salvador Escoda S.A.

Capacidad (l)	200
Temperatura máxima permitida de ACS (°C)	90
Presión máxima permitida de ACS (bar)	8
Superficie serpentín (m <sup>2</sup> )	1,4
Temperatura máxima del circuito de calentamiento (°C)	200
Potencia serpentín (kW)	64
Caudal primario (m <sup>3</sup> /h)	5,5
Pérdida de presión (mbar)	75
Peso (vacío) (kg)	85
Dimensiones Ax B (mm)	620 x 1205

Tabla 24. Datos técnicos del interacumulador CV-200-M1P. Solar Energy, de Salvador Escoda S.A.

El sistema de almacenamiento estará situado en la terraza trasera de la primera planta. El CTE indica que el depósito esté en zonas interiores, así que se realizará una pequeña obra de fábrica para encerrarlo en un recinto donde se ubicarán todos los elementos necesarios para la instalación.

Se escoge este lugar por estar prácticamente encima del muro de carga de la planta inferior, de manera que la zona del forjado que lo recibe no lo acuse en demasía.

Además, de esta manera, no se elimina espacio en el interior de la vivienda.

Cabe añadir que esta ubicación facilita su acceso para mantenimiento o reparación y está muy cerca del sistema de captación.

- Sistema de intercambio

Es el encargado de traspasar la energía que han sido capaces de obtener los captadores solares y cederla al sistema de acumulación. La solución elegida para el intercambio de energía entre el circuito primario y el secundario es la de un intercambiador incorporado al acumulador.

El CTE exige que para el caso de intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

En este caso, siendo la superficie útil de intercambio 1,4 m<sup>2</sup> y la superficie total de captación 2,63 m<sup>2</sup>, la relación es de 0,53, por lo tanto cumple.

- Fluido de trabajo

Es el fluido encargado de recoger y transmitir la energía captada por el absorbedor. Se selecciona según el fabricante. En este caso, y siguiendo el Manual de Energía Solar de la casa Salvador Escoda S.A., el líquido de trabajo será Escoglicol Plus FLD 160. Está compuesto por propolenglicol y sales inorgánicas anticorrosivas, su pH se sitúa en el rango que exige el CTE, entre 5 y 9. Bajo ningún concepto la salinidad del agua del circuito primario excederá de 500 mg/l totales de sales solubles.

Tampoco excederá el contenido en sales de calcio de 200 mg/l y el límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua se situará en los 50 mg/l.

- Circuito hidráulico

El fabricante proporciona diferentes sistemas de conexión rápido en instalaciones de energía solar térmica, tanto para montaje interior como para exterior.

En este caso se elige el sistema de conexión ESCOLINE SPLIT Cu, puesto que el tubo de cobre además de tener unas altas prestaciones en cuanto a resistencia, corrosión, etc., es más económico que el acero inoxidable.

El material aislante es de tipo EROFLEX, caucho sintético de PDM, ligero, flexible de celdas cerradas, resistente a temperaturas de hasta 125°C.

El tubo es de cobre, según DIN EN 1057, con identificación, para evitar confusión de impulsión/retorno.

Su sección es 10 x 8 mm.

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema se hará lo más corta que sea posible, se evitará al máximo los codos y en los tramos horizontales existirá pendiente del 1% como mínimo.

El caudal del fluido portador estará comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m<sup>2</sup> de red de captadores.

- Bomba de circulación

La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores siguientes:

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
Sistema pequeño	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores

Tabla 25. Potencia eléctrica máxima de la bomba. Tabla 3.4.4 Bombas de circulación. DB-HE4

La dimensión de la instalación es tan reducida que la pérdida de carga es prácticamente nula, por ello será suficiente un modelo como el siguiente:

Bomba COMFORT UP 15-14BXU de 25 W de potencia, de la marca GRUNDFOS, presión máxima 10 bares, carcasa con válvula de corte y válvula de retención incorporadas. Con programador de 24 horas. [16]



Figura 46. Bomba de circulación COMFORT UP 15-14 BXU. GRUNDFOS

- Vaso de expansión

El vaso de expansión de una instalación térmica será siempre cerrado, tiene la función de absorber las variaciones de volumen del fluido calor-portante, contenido en el circuito solar cuando varía su temperatura, manteniendo la presión entre límites preestablecidos e impidiendo, al mismo tiempo, pérdidas y reposiciones de la masa de fluido.

Para la determinación de la capacidad del vaso de expansión se deben tener en cuenta dos aspectos; el volumen de la instalación y el coeficiente de dilatación del fluido.

Tras los cálculos pertinentes, se comprueba que el volumen total de la instalación es de 26,14l y el coeficiente de expansión, según el manual de energía solar térmica de Salvador Escoda S.A. es de 3,59% para una temperatura máxima de 90°C.

Por tanto el vaso de expansión debe tener una capacidad mínima de 2l, teniendo en cuenta que no se prevé evaporación por estancamiento del medio de transferencia de calor.

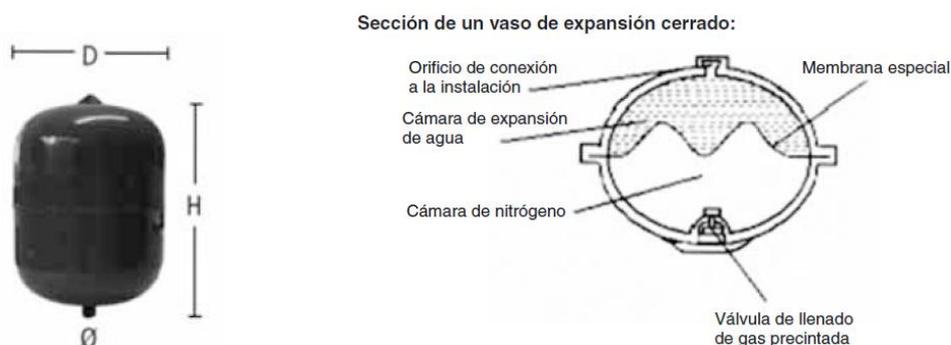


Figura 47. Vaso de expansión, modelo 5 SMF. Salvador Escoda S.A.

Modelo	5 SMF
Capacidad (l)	5
Presión máxima (bar)	10
Precarga (bar)	2,5
Conexión de agua Ø	3/4"
D (mm)	200
H (mm)	240
Temperatura máxima (°C)	130

Tabla 26. Datos técnicos del vaso de expansión, modelo 5 SMF. Salvador Escoda S.A.

- Sistema de control

Según el CTE, el sistema de control se encargará de asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones, controlando los circuitos y los sistemas de protección y seguridad.

Actuará y estará ajustado de manera que la bomba no esté en marcha cuando la diferencia de temperatura sea menor de 2 °C y no esté parada cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2 °C.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores. El sensor de la temperatura de acumulación se colocará en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

Además controlará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura de tres grados superior a la de congelación del fluido.

Los tres elementos principales de un sistema de regulación y control son:

- i) Sensores: se encargan de medir las variables a controlar en la instalación, las temperaturas.
- ii) Regulador: es el dispositivo que genera una señal de control a partir del valor variable controlada y el punto de consigna. Pueden ser termostatos o reguladores proporcionales.
- iii) Actuador: es el elemento que al recibir la señal de control actúa sobre la variable de operación, regulando en general el flujo de materia o energía. Pueden ser relés, contactores, válvulas de control, etc.

Se optará por el siguiente sistema de control, de la misma casa comercial:

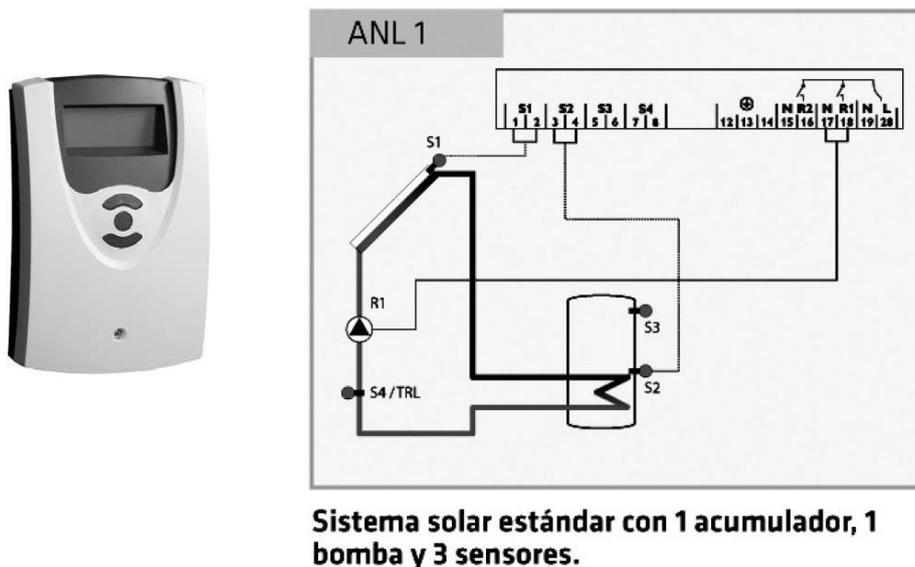


Figura 48. Regulación solar. STRG Centralita control de 2 circuitos. Salvador Escoda S.A.

- Sistemas varios

A continuación se detallan otros elementos necesarios para la correcta instalación de la placa solar y el circuito hidráulico:

#### A) Purgadores y drenajes

Se dispondrá de un sistema de purga en los puntos más altos de los circuitos primario y secundario de la instalación, con el fin de garantizar que no quede aire dentro de ellos que pueda causar corrosión.

El volumen útil del botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup> y será manual.

#### B) Sistema de llenado

Se incorporará un sistema de llenado automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado.

Nunca podrá rellenarse el circuito primario de agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita cualquier aditivo para su correcto funcionamiento.

Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire.

#### C) Sistema de protección contra sobrecalentamientos

El sistema de control evitará que se produzcan sobrecalentamientos. En el caso de dispositivos automáticos, se evitará de manera especial las pérdidas de fluido anticongelante, el relleno con una conexión directa a la red y el control del sobrecalentamiento mediante el gasto excesivo de agua de red.

Se realizará un circuito capaz de resistir la presión máxima previsible.

Se evitará que los colectores reciban la totalidad del flujo solar durante las horas de más radiación en verano.

Se colocará un disipador de calor que sea capaz de dispersar el excedente de calor.

#### D) Sistema de protección frente a heladas

El sistema de protección frente a heladas lo realiza el fluido de trabajo que resulta eficiente dado que la vivienda objeto de estudio se encuentra en una zona en que el riesgo de heladas es pequeño y la temperatura mínima histórica no es excesivamente baja.

#### E) Estructura soporte

Tal y como indica el CTE, el sistema de fijación de captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, y su posición, la adecuada para evitar que se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Se optará por el sistema soportación de aluminio de la misma casa que el captador.

Para un captador de bandeja horizontal sobre cubierta inclinada tipo teja será necesario: un perfil básico (1), dos soportes inclinados que regularán la inclinación de la bandeja entre 20° y 30° (2), un fijador del captador (3<sup>a</sup>) y dos ganchos de tejado (4).



Figura 49. Elementos que componen el sistema soportación de aluminio. Solar Energy. Salvador Escoda S.A.

## 5.7. MANTENIMIENTO

El Documento Básico HE4, en su apartado 4, define dos escalones complementarios de actuación para englobar todas las operaciones necesarias, durante la vida de la instalación, para asegurar su funcionamiento, aumentar su fiabilidad y prolongar su duración.

Estas son: el plan de vigilancia y el plan de mantenimiento preventivo.

a) El plan de vigilancia es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Las actuaciones a realizar se resumen en la tabla siguiente:

**Tabla 4.1**

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas.
CIRCUITO PRIMARIO	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

<sup>(1)</sup> IV: inspección visual

Tabla 27. Plan de vigilancia para el mantenimiento de la instalación solar térmica

b) El plan de mantenimiento es una serie de inspecciones visuales, verificaciones de actuaciones, etc., que aplicados a la instalación deben permitir mantener, dentro de los límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación, por tener esta una superficie de captación menor a 20 m<sup>2</sup>.

Este plan debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento incluirá todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

A continuación se presentan diferentes tablas donde se detallan las operaciones de mantenimiento a realizar y su periodicidad:

- Sistema de captación:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original. IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores

\* Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.1.

(1) IV: inspección visual

Tabla 28. Plan de mantenimiento para el sistema de captación

- Sistema de acumulación:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Tabla 29. Plan de mantenimiento para el sistema de acumulación

- Sistema de intercambio:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

<sup>(1)</sup> CF: control de funcionamiento

Tabla 30. *Plan de mantenimiento para el sistema de intercambio*

- Circuito hidráulico:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

<sup>(1)</sup> IV: inspección visual  
<sup>(2)</sup> CF: control de funcionamiento

Tabla 31. *Plan de mantenimiento para el circuito hidráulico*

- Sistema eléctrico y de control:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

<sup>(1)</sup> CF: control de funcionamiento

Tabla 32. *Plan de mantenimiento para el sistema eléctrico y de control*

- Sistema de energía auxiliar:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

<sup>(1)</sup> CF: control de funcionamiento

Tabla 33. *Plan de mantenimiento para el sistema de energía auxiliar*

### 5.8. ESQUEMA Y PLANOS DE LA INSTALACIÓN

El esquema general de la instalación quedaría de la siguiente manera:

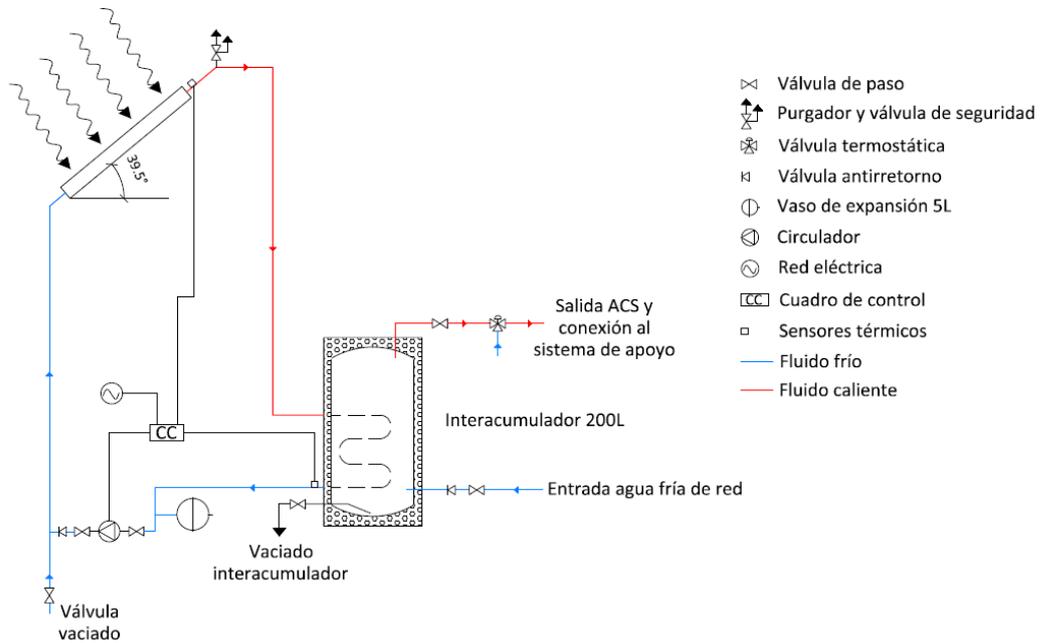


Figura 50. Esquema de la instalación de la placa solar y sus componentes

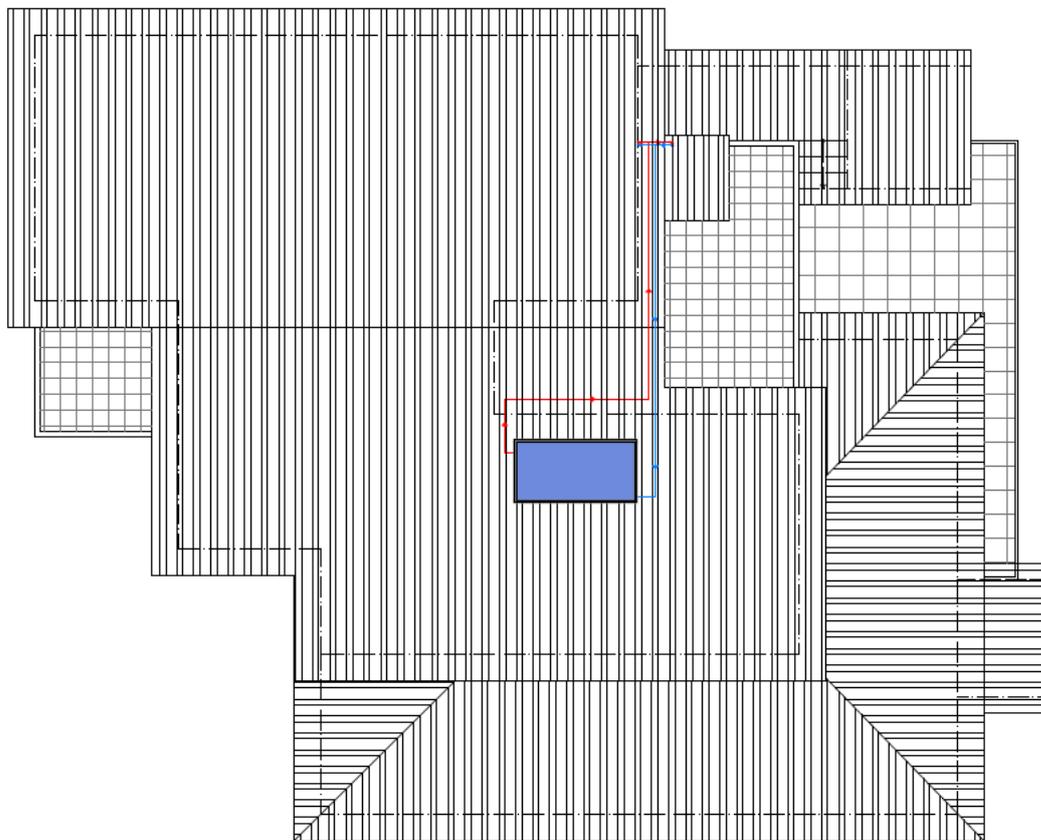


Figura 51. Plano de cubierta con la instalación de la placa solar

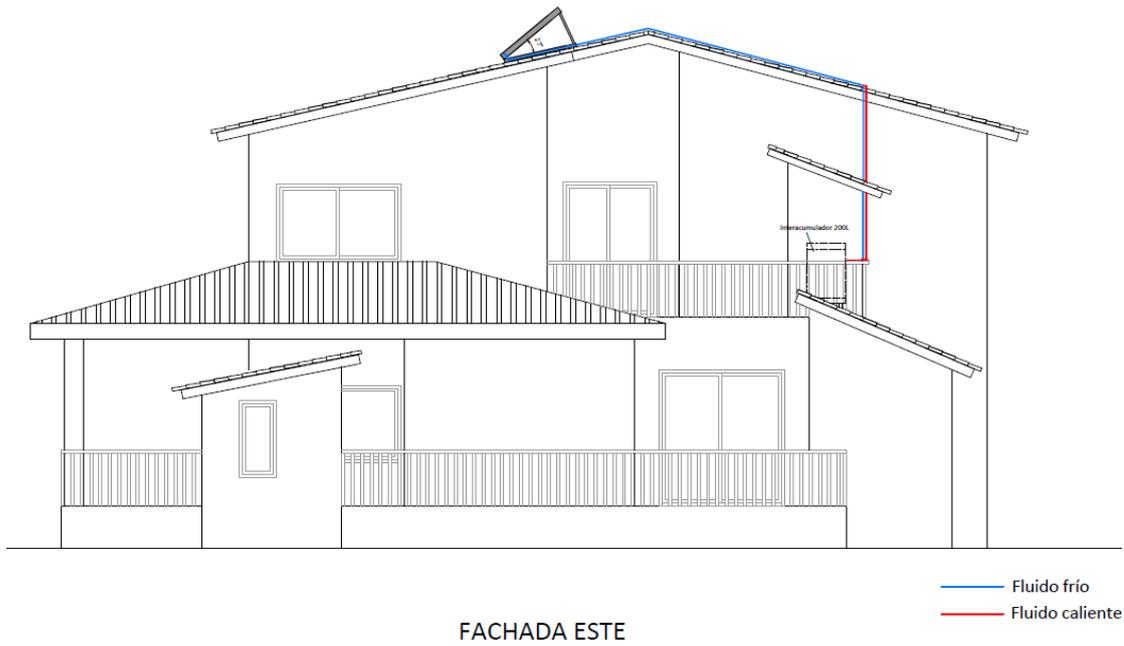


Figura 52. Plano de la fachada este con la instalación de la placa solar

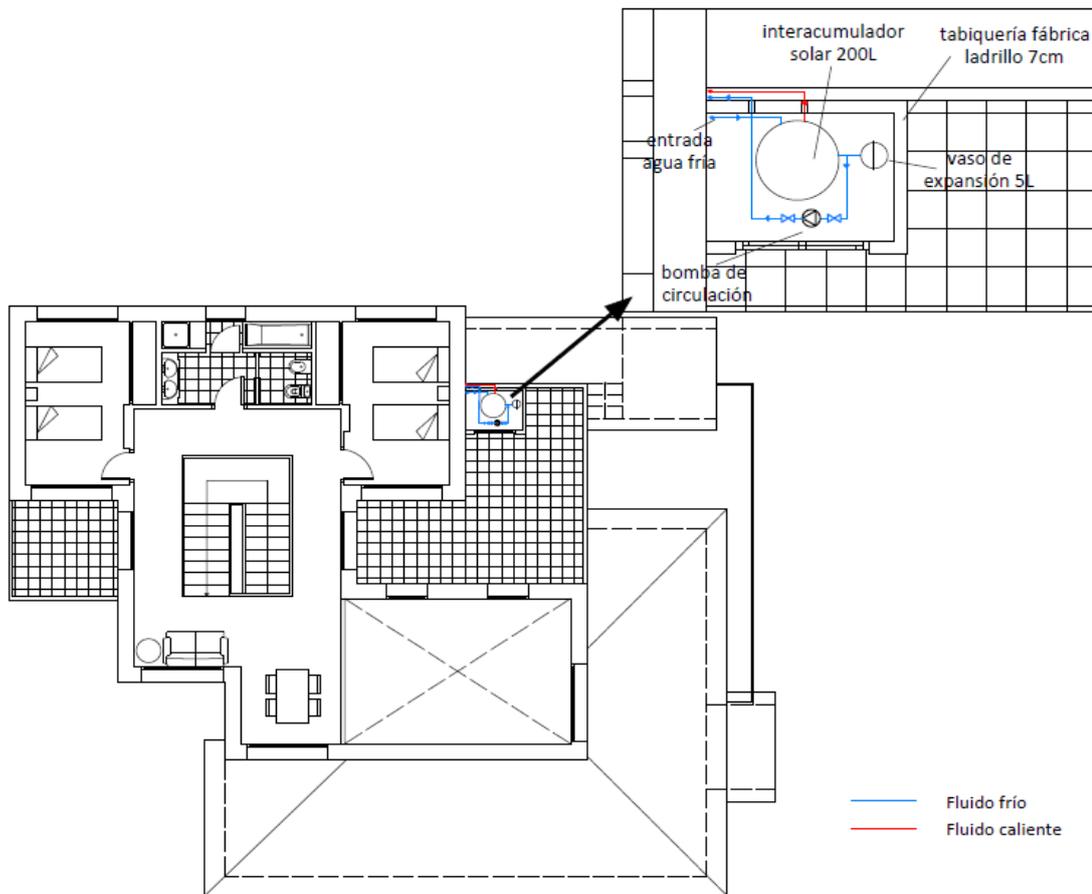


Figura 53. Plano de planta primera con la instalación

El resto de planos y estos mismos se pueden ver a escala en el Anexo B de este PFG.



## 6. MEJORAS EN LOS CERRAMIENTOS



En este capítulo se buscarán alternativas en materiales y espesores, relativas al aislamiento de los cerramientos y la carpintería exterior, buscando la mejor opción para disminuir el consumo energético.

La situación inicial se resume en la siguiente tabla:

Elementos constructivos	Espesor (cm)	Aislamiento (conductividad en W/mk)	CONSUMO ENERGÉTICO	CALEFACCIÓN	
				Cubiertas inclinadas	6
Cubiertas planas	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,028$		REFRIGERACIÓN	
Fachada	4	Lana de roca $\lambda = 0,05$		1162,43	kWh
Forjado sanitario	SIN AISLAMIENTO			ACS	
Acrilamiento Carpintería Ext.	Doble incoloro 6/8/6 mm Air			3647,51	kWh
				TOTAL	
				28253,36	kWh

Tabla 34. Datos de la situación inicial

### 6.1. ALTERNATIVA 1

En este caso se pretende conseguir que todos los cerramientos, al menos, cumplan con el mínimo exigible por el DB-HE1.

Tomando como referencia los datos obtenidos en el apartado 3 de este PFG, aquellos cerramientos que más precisan mejoras son; la cubierta inclinada y el forjado sanitario.

Por ello, se aumenta el espesor del aislamiento de la cubierta inclinada y se propone una solución al forjado sanitario, en el que se incluya un aislamiento de 6 cm de poliestireno extruido.

Las modificaciones se indican en la siguiente tabla:

Elementos constructivos	Espesor (cm)	Aislamiento (conductividad en W/mk)
Cubiertas inclinadas	10	Lana de vidrio $\lambda = 0,05$
Cubiertas planas	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,028$
Fachada	4	Lana de roca $\lambda = 0,05$
Forjado sanitario	6	Poliestireno extruido XPS, $\lambda = 0,038$
Acrilamiento carpintería exterior	Doble incoloro 6/8/6 mm Air	

Tabla 35. Datos de los cerramientos en la alternativa 1

Y los resultados obtenidos se observan a continuación:

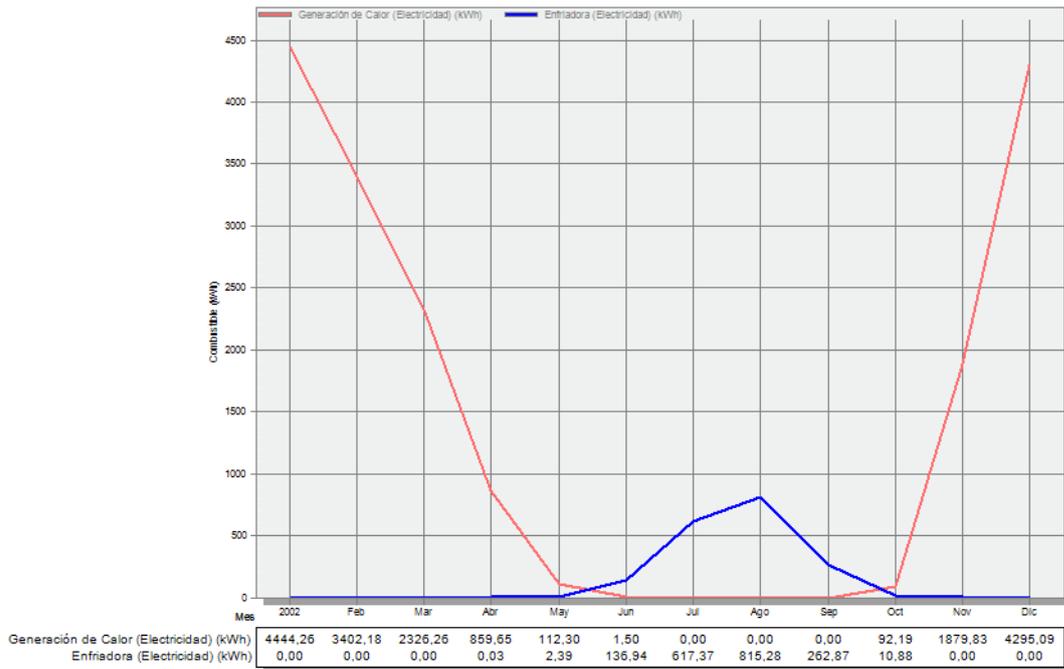


Figura 54. Desglose de consumo energético a nivel mensual. Alternativa 1

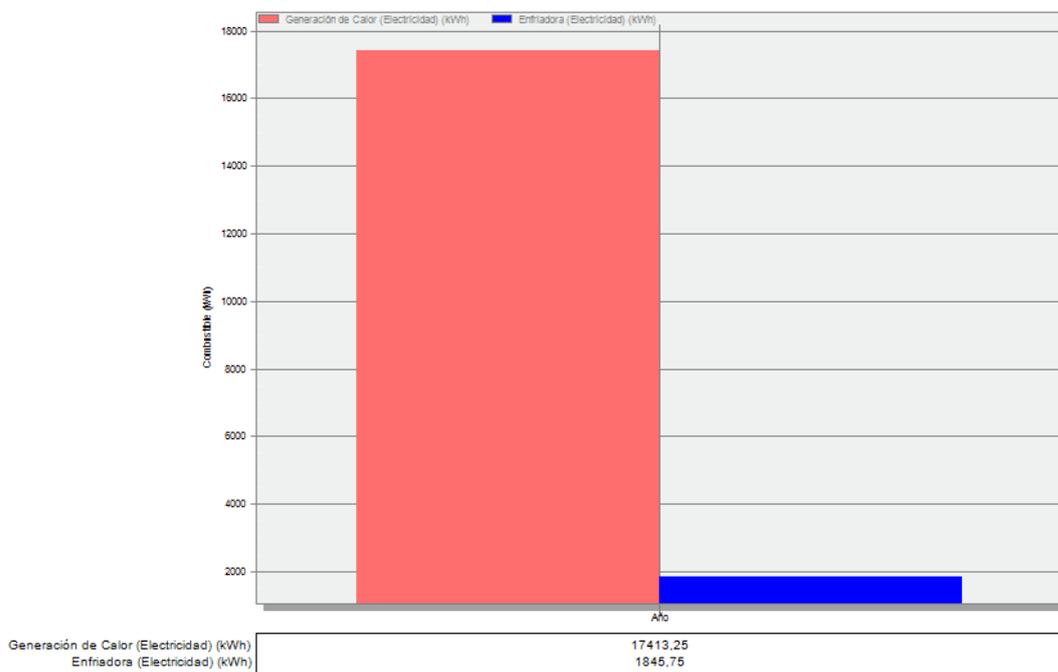


Figura 55. Desglose de consumo energético a nivel anual. Alternativa 1

Se puede comprobar que el consumo en calefacción ha disminuido radicalmente, la diferencia respecto a la situación inicial es superior a los 6000 kWh.

6.2. ALTERNATIVA 2

Esta vez se mantendrán los materiales, pero su conductividad será menor.

El acristalamiento de la carpintería exterior también será sustituido, la alternativa es un acristalamiento doble con una cámara de aire superior a la inicial.

Se puede apreciar en la siguiente tabla:

Elementos constructivos	Espesor (cm)	Aislamiento (conductividad en W/mk)
Cubiertas inclinadas	8	Lana de vidrio $\lambda = 0,031$
Cubiertas planas	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$
Fachada	4	Lana de roca $\lambda = 0,031$
Forjado sanitario	6	Poliestireno extruido XPS, $\lambda = 0,032$
Acristalamiento carpintería exterior		Doble incoloro 6/13/6 mm Air

Tabla 36. Datos de los cerramientos en la alternativa 2

Los resultados que se han obtenido son los siguientes:

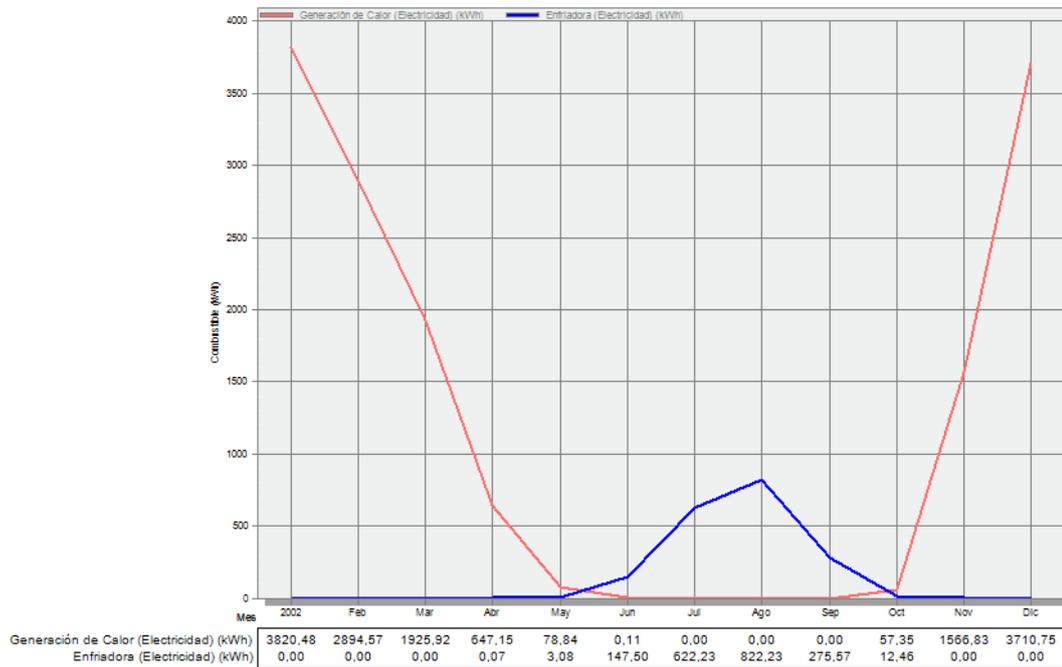


Figura 56. Desglose de consumo energético a nivel mensual. Alternativa 2

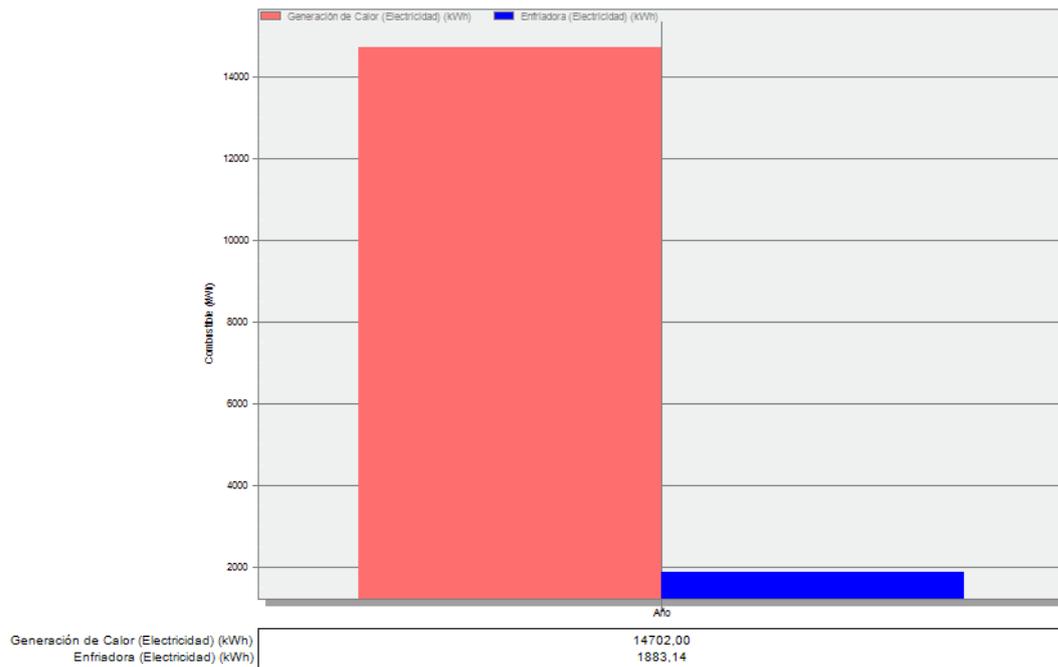


Figura 57. Desglose de consumo energético a nivel anual. Alternativa 2

Como se puede observar comparando las gráficas de ambas alternativas, se mantiene la tendencia, pero la cantidad de energía demandada para la calefacción sigue disminuyendo, esta vez la diferencia, respecto a la alternativa anterior es de 2711 kWh.

Respecto a la situación inicial, la diferencia se aproxima a los 9000 kWh.

La refrigeración, sin embargo, presenta un ligero aumento.

### 6.3. ALTERNATIVA 3

Por último, se propone una alternativa que presenta aquellos materiales con menor conductividad, como puede ser el poliestireno extruido de  $\lambda = 0,025$  W/mk, incluso aumentando su espesor, con el fin de conseguir en los cerramientos, la mejor transmitancia posible.

El acristalamiento se sustituye por uno de baja emisividad, cuya transmitancia es mejor que las alternativas anteriores.

De manera que los cambios son los siguientes:

Elementos constructivos	Espesor (cm)	Aislamiento (conductividad en W/mk)
Cubiertas inclinadas	8	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$
Cubiertas planas	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$
Fachada	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$
Forjado sanitario	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$
Acristalamiento carpintería exterior		Doble 6/12/6 mm be 0,03-0,01

Tabla 37. Datos de los cerramientos en la alternativa 3

Los resultados obtenidos al introducir estas modificaciones son los siguientes:

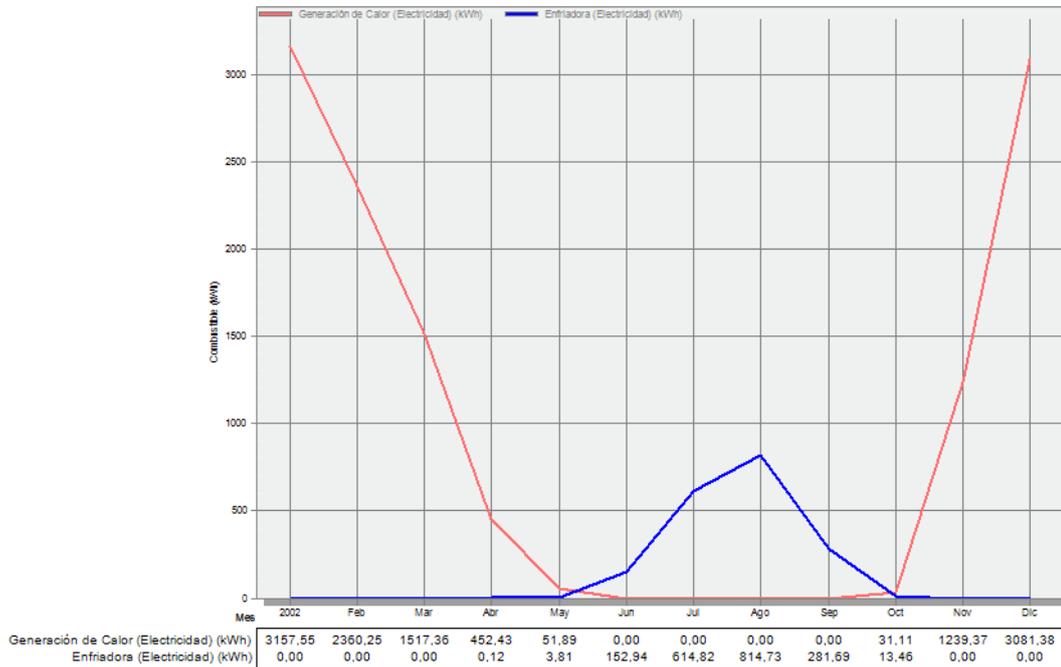


Figura 58. Desglose de consumo energético a nivel mensual. Alternativa 3

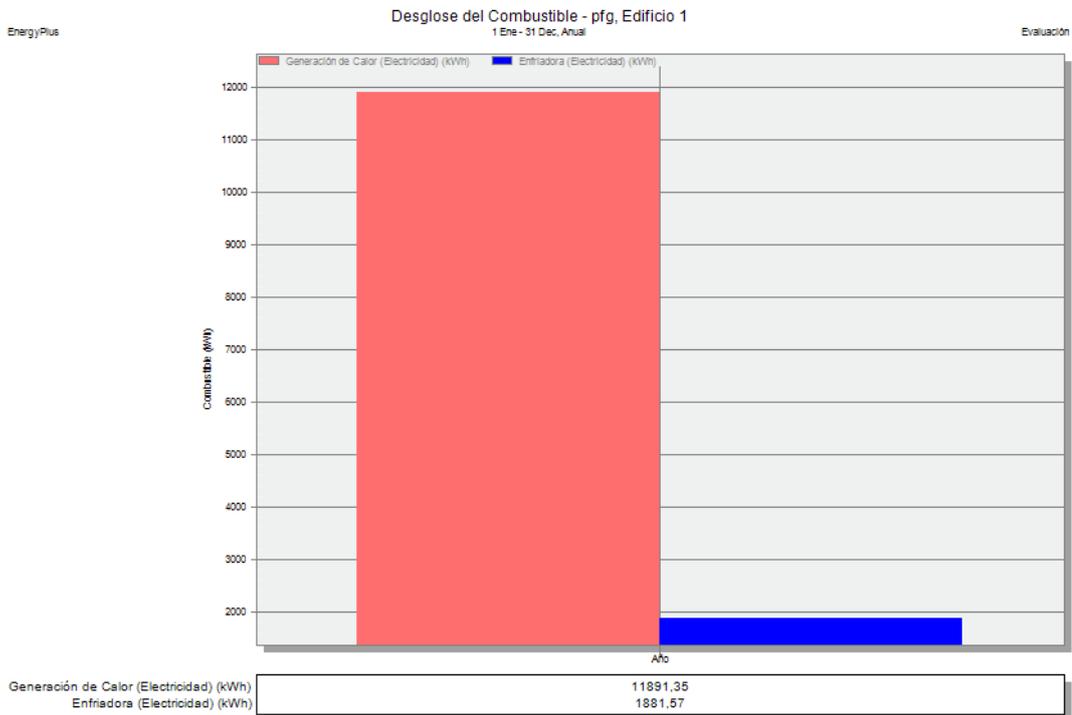


Figura 59. Desglose de consumo energético a nivel anual. Alternativa 3

De nuevo se aprecia un descenso de la cantidad de energía consumida después de los cambios realizados, pero esta vez es menor, aproximadamente 3000 kWh.

Esto indica que se está llegando al límite de transmitancia de los cerramientos, es decir, para seguir disminuyendo el consumo de calefacción, los espesores del material aislante deberían ir aumentando hasta valores exagerados.

A modo de resumen de los datos obtenidos, se presentará una comparativa entre las tres opciones y la situación inicial.

#### 6.4. COMPARATIVA ENTRE ALTERNATIVAS

A continuación se puede apreciar que la diferencia de consumo entre las diversas alternativas es evidente, especialmente la calefacción, que es el gran causante del consumo, desciende de forma notable con las medidas propuestas.

Consumo energético (kWh)	Calefacción	Refrigeración	ACS	Consumo Total	Ahorro Energético
<b>Situación inicial</b>	23443,42	1162,43	3647,51	28253,36	0
<b>Alternativa 1</b>	17413,25	1845,75	3647,51	22906,51	5346,85
<b>Alternativa 2</b>	14702,00	1883,14	3647,51	20232,65	8020,71
<b>Alternativa 3</b>	11891,35	1881,57	3647,51	17420,43	10832,93

Tabla 38. Datos comparativos de consumo y ahorro energético

El descenso de consumo es evidente, prueba de ello es que el consumo total anual de la alternativa 3 es inferior al consumo, sólo en calefacción, de la situación inicial.

En la grafica siguiente se observa con mayor claridad.

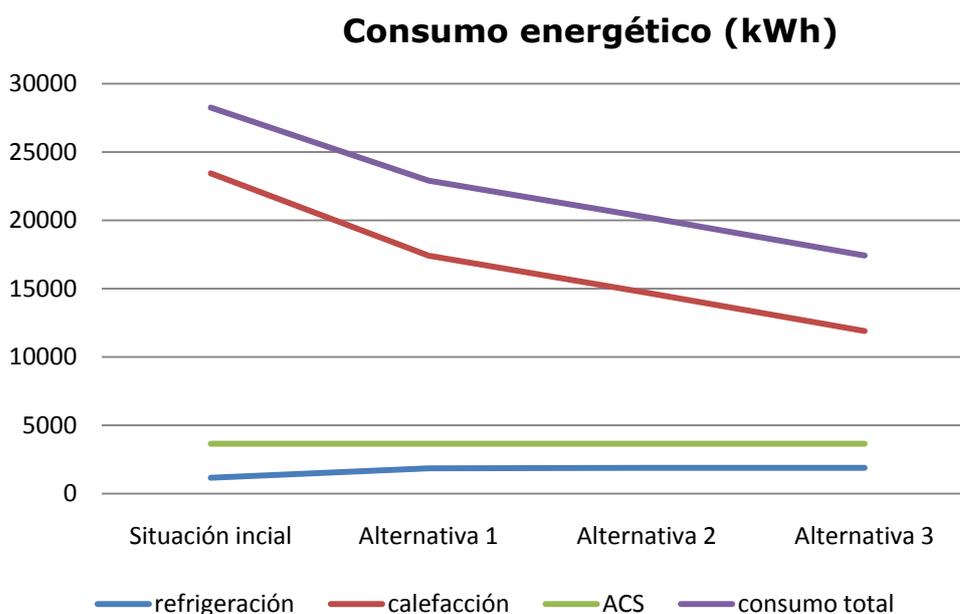


Figura 60. Gráfica de la evolución del consumo energético

## 7. ANÁLISIS ECONÓMICO



En este capítulo se va a analizar la repercusión económica que tendrá la aplicación de las diferentes propuestas, tanto de la placa solar como de las mejoras en los cerramientos, inversión inicial, ahorro económico, período de amortización, etc.

### 7.1. INSTALACIÓN DE LA PLACA SOLAR

Para estimar la repercusión económica de la instalación de la placa solar, antes se tendrá que obtener la cobertura energética de esta, es decir, su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir la demanda de ACS.

Para ello, se utilizará el método de cálculo llamado: curvas  $f$  (f-Chart), ya comentado en el apartado 4 de este PFG.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento solar de instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

#### 7.1.1. COBERTURA ENERGÉTICA

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Para empezar se deben obtener las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a producción de ACS.

Estos han sido calculados en el capítulo 4 de este PFG, el cuadro resumen es el siguiente:

Durante el año, la energía total necesaria es de 3647,51 kWh, su reparto mensual se muestra a continuación:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
337,47	298,95	318,00	295,18	298,53	282,62	285,55	292,04	288,90	305,02	307,74	337,47

Tabla 39. *Energía consumida mensual para calentamiento del ACS*

- El siguiente paso es calcular la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador. Una vez obtenido, se calculará el parámetro  $D_1$ .

$$D_1 = \text{Energía absorbida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a = S_c F_r'(\tau\alpha)R_1 N$$

Donde:

$$S_c: \quad \text{Superficie del captador (m}^2\text{)}$$

- $R_1$ : Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (MJ/m<sup>2</sup>)
- $N$ : Número de días del mes
- $F_r'(\tau\alpha)$ : Factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n [(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n] (F_r'/F_r)$$

donde:

- $F_r(\tau\alpha)_n$ : Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador
- $(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$ : Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).
- $F_r'/F_r$ : Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95

	$S_c$	$R_1$ (MJ/m <sup>2</sup> )	$N$	$F_r'(\tau\alpha)$	$E_a$ (MJ)	$E_a$ (kJ)	$D_1$
<b>Enero</b>	2,63	7,6	31	0,753	466,580	466579,88	0,38
<b>Febrero</b>	2,63	10,6	28	0,753	587,780	587779,75	0,55
<b>Marzo</b>	2,63	14,9	31	0,753	914,742	914742,14	0,80
<b>Abril</b>	2,63	18,1	30	0,753	1075,352	1075351,77	1,01
<b>Mayo</b>	2,63	20,6	31	0,753	1264,677	1264677,05	1,18
<b>Junio</b>	2,63	22,8	30	0,753	1354,587	1354586,76	1,33
<b>Julio</b>	2,63	23,8	31	0,753	1461,132	1461131,74	1,42
<b>Agosto</b>	2,63	20,7	31	0,753	1270,816	1270816,26	1,21
<b>Septiembre</b>	2,63	16,7	30	0,753	992,175	992175,39	0,95
<b>Octubre</b>	2,63	12	31	0,753	736,705	736705,08	0,67
<b>Noviembre</b>	2,63	8,7	30	0,753	516,882	516881,79	0,47
<b>Diciembre</b>	2,63	6,6	31	0,753	405,188	405187,79	0,33

Tabla 40. Cálculos obtención energía absorbida por el captador y parámetro  $D_1$

- A continuación se calcularán las pérdidas de energía en el captador. Con ellas se obtendrá el parámetro  $D_2$ .

**$D_2 = \text{Energía perdida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$**

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p = S_c F_r' U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2$$

Donde:

$S_c$ : Superficie del captador (m<sup>2</sup>)

$F_r' U_L = F_r U_L (F_r'/F_r)$

donde:

$F_r U_L$ : Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador)

$t_a$ : Temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas

$\Delta t$ : Período de tiempo considerado, en segundos (s)

$K_1$ : Factor de corrección por almacenamiento, que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = [\text{kg acumulación}/(75S_c)]^{-0.25}$$

$K_2$  Factor de corrección, para A.C.S., que relaciona la temperatura mínima de A.C.S., la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = (11,6 + 1,18 t_{ac} + 3,86 t_r - 2,32 t_a) / (100 - t_a)$$

donde:

$t_{ac}$  = Temperatura mínima requerida del A.C.S.

$t_r$  = Temperatura del agua de red

$t_a$  = Temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas

	Sc	Fr'UL	ta	Δt	k1	k2	Ep (kJ)	D2
<b>Enero</b>	2,63	0,00258	12	1116000	0,92	0,971	595410,96	0,49
<b>Febrero</b>	2,63	0,00258	13	1008000	0,92	1,000	547483,87	0,51
<b>Marzo</b>	2,63	0,00258	15	1116000	0,92	1,060	627606,64	0,55
<b>Abril</b>	2,63	0,00258	17	1080000	0,92	1,122	628132,67	0,59
<b>Mayo</b>	2,63	0,00258	20	1116000	0,92	1,126	627467,27	0,58
<b>Junio</b>	2,63	0,00258	23	1080000	0,92	1,129	586320,10	0,58
<b>Julio</b>	2,63	0,00258	26	1116000	0,92	1,133	584260,95	0,57
<b>Agosto</b>	2,63	0,00258	27	1116000	0,92	1,064	541194,00	0,51
<b>Septiembre</b>	2,63	0,00258	24	1080000	0,92	1,063	544642,41	0,52
<b>Octubre</b>	2,63	0,00258	20	1116000	0,92	1,077	600567,85	0,55
<b>Noviembre</b>	2,63	0,00258	16	1080000	0,92	1,045	591715,27	0,53
<b>Diciembre</b>	2,63	0,00258	13	1116000	0,92	0,955	579243,44	0,48

Tabla 41. Cálculos obtención energía perdida por el captador y parámetro D2

- En el último paso se debe calcular, con la ecuación que se muestra a continuación, el coeficiente  $f$  y aplicarlo a la demanda energética.

Así se obtiene la cantidad de energía que cubre la placa solar, y por consiguiente, la necesidad aproximada del uso del sistema de apoyo convencional.

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

	<i>f</i>	<i>f</i> (%)	Demanda (kWh)	Cobertura (kWh)	Apoyo sist convencional (kWh)
<b>Enero</b>	0,33	32,9	337,5	111,0	226,5
<b>Febrero</b>	0,46	46,0	299,0	137,5	161,5
<b>Marzo</b>	0,64	64,2	318,0	204,0	114,0
<b>Abril</b>	0,77	77,5	295,2	228,7	66,4
<b>Mayo</b>	0,87	86,9	298,5	259,5	39,0
<b>Junio</b>	0,95	95,0	282,6	268,4	14,2
<b>Julio</b>	0,99	99,3	285,6	283,5	2,0
<b>Agosto</b>	0,89	89,1	292,0	260,2	31,9
<b>Septiembre</b>	0,74	74,4	288,9	214,9	74,0
<b>Octubre</b>	0,55	55,2	305,0	168,2	136,8
<b>Noviembre</b>	0,39	39,5	307,7	121,5	186,3
<b>Diciembre</b>	0,29	28,6	337,5	96,6	240,9
<b>Media anual</b>		<b>65,7</b>	<b>3647,5</b>	<b>2354,0</b>	<b>1293,5</b>

Tabla 42. Cálculos obtención de la cobertura real de la placa solar

### Rendimiento energético (kWh)

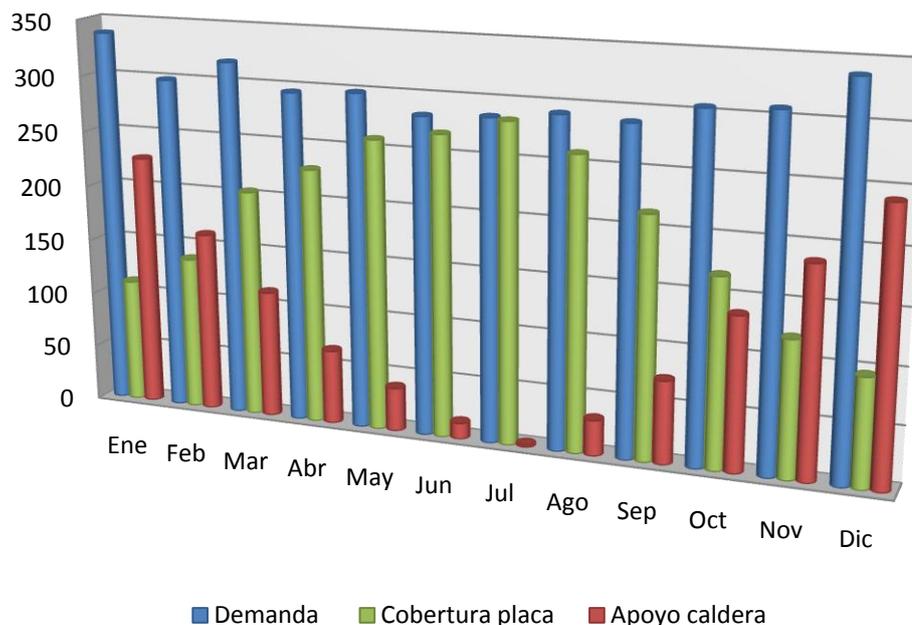


Figura 61. Gráfica de la aportación real de la placa solar

Como se puede apreciar, tanto en la tabla como en la gráfica, durante los meses de verano, la aportación de la caldera se ve disminuida considerablemente, haciendo prácticamente innecesario su uso, con el consiguiente ahorro que esto supone.

En cambio, se puede apreciar como en los meses invernales, será imprescindible la aportación de la caldera eléctrica para cubrir la demanda

energética, ya que la menor radiación solar en esas fechas imposibilita a la placa abastecer tal cantidad de energía.

En ningún mes del año, la contribución solar real sobrepasa el 110 % de la demanda energética, ni en más de tres meses seguidos el 100 %. Por lo tanto, no será necesario adoptar las medidas de precaución que aconseja el CTE para el sobrecalentamiento de la instalación.

### 7.1.2. AHORRO ECONÓMICO

Para obtener el ahorro económico global que aporta la instalación solar, se procede a comparar el beneficio obtenido por el ahorro energético, con el coste de la inversión realizada.

Según el presupuesto de la instalación, que se puede consultar en el Anexo C de este PFG, el importe de la instalación completa es de 3355 €.

Y el beneficio mensual por el ahorro energético, se ve a continuación:

	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Demanda (kWh)</b>	<b>Gasto inicial (€)</b>	<b>Cobertura (kWh)</b>	<b>Ahorro (€)</b>	<b>Apoyo sist convencional (kWh)</b>	<b>Coste actual uso caldera (€)</b>
<b>Enero</b>	32,9	337,5	47,2	111,0	15,54	226,5	31,7
<b>Febrero</b>	46,0	299,0	41,9	137,5	19,24	161,5	22,6
<b>Marzo</b>	64	318,0	44,5	204,0	28,57	114,0	16,0
<b>Abril</b>	77	295,2	41,3	228,7	32,02	66,4	9,3
<b>Mayo</b>	87	298,5	41,8	259,5	36,33	39,0	5,5
<b>Junio</b>	95	282,6	39,6	268,4	37,57	14,2	2,0
<b>Julio</b>	99	285,6	40,0	283,5	39,70	2,0	0,3
<b>Agosto</b>	89	292,0	40,9	260,2	36,42	31,9	4,5
<b>Septiembre</b>	74	288,9	40,4	214,9	30,08	74,0	10,4
<b>Octubre</b>	55,2	305,0	42,7	168,2	23,55	136,8	19,1
<b>Noviembre</b>	39,5	307,7	43,1	121,5	17,01	186,3	26,1
<b>Diciembre</b>	28,6	337,5	47,2	96,6	13,52	240,9	33,7
	<b>65,7</b>	<b>3647,5</b>	<b>510,7</b>	<b>2354,0</b>	<b>329,6</b>	<b>1293,5</b>	<b>181,1</b>

Tabla 43. *Repercusión económica de la cobertura de la placa solar*

### Diferencia en el gasto (€)

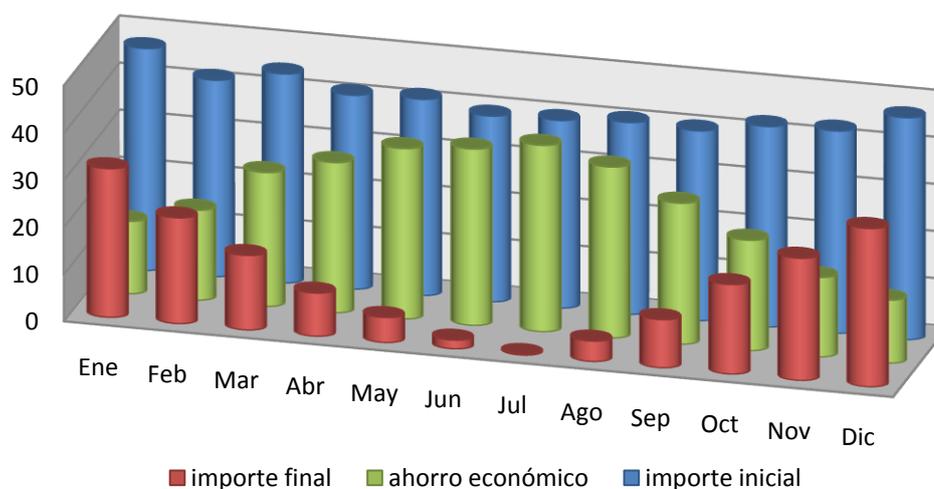


Figura 62. Gráfica de la repercusión económica de la cobertura de la placa solar

Siendo la inversión de 3355 €, y el ahorro anual 329,6 €, la instalación solar térmica se amortizaría en un período aproximado de 10 años.

#### 7.2. MEJORAS EN LOS CERRAMIENTOS

La idea de este apartado es comparar los precios de las diferentes alternativas si se hubiesen planteado en la fase de proyecto, por ello, el precio de los materiales no incluirá la mano de obra ni los medios auxiliares.

Para empezar, se define el coste de cada material aislante y acristalamientos por metro cuadrado. Estos valores se extraen de la base de datos IVE 07/08.

Espesor (cm)	Aislamiento	Precio (€/m <sup>2</sup> )
6	Lana de vidrio $\lambda = 0,05$	3
6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,028$	14
4	Lana de roca $\lambda = 0,05$	3
10	Lana de vidrio $\lambda = 0,05$	5
6	Poliestireno extruido XPS, $\lambda = 0,038$	18
8	Lana de vidrio $\lambda = 0,031$	15
4	Lana de roca $\lambda = 0,031$	6
6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$	14
4	Poliestireno extruido XPS, $\lambda = 0,034$	18
8	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$	18
<b>ACRISTALAMIENTO</b>		
Doble incoloro 6/8/6 mm Air		34
Doble incoloro 6/13/6 mm Air		34
Doble 6/12/6 mm be 0,03-0,01		33

Tabla 44. Precios básicos de los materiales aislantes y acristalamiento

Para continuar, se refleja la cantidad de metros cuadrados totales que debe cubrir cada material, según el elemento constructivo en el que se ubique.

Elementos constructivos		Superficie a aislar (m <sup>2</sup> )	
Cubiertas inclinadas		122	
Cubiertas planas		27,5	
Fachada		417,5	
Forjado sanitario		122	
Acristalamiento			
Uds	Abertura	Sup. Parcial (m <sup>2</sup> )	Sup. Total (m <sup>2</sup> )
7	P-8	3,58	25,06
9	V-1	1,89	17,01
5	V-2	0,84	4,2
2	V-3	0,42	0,84
		47,11	

Tabla 45. Superficies a cubrir por los materiales aislantes y acristalamiento

Así pues, se calcula el coste de cada alternativa propuesta y los resultados son los siguientes:

- Situación inicial

La inversión en material aislante y acristalamiento realizado en el proyecto es la siguiente:

Elementos constructivos	Espesor (cm)	Aislamiento (conductividad en W/mk)	Precio (€/m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Importe (€)
Cubiertas inclinadas	6	Lana de vidrio $\lambda = 0,05$	3	122	366
Cubiertas planas	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,028$	14	27,5	385
Fachada	4	Lana de roca $\lambda = 0,05$	3	417,5	1252,5
Forjado sanitario	SIN AISLAMIENTO		0	122	0
Acristalamiento Carp. Ext.	Doble incoloro 6/8/6 mm Air		34	47,11	1601,74
					<b>3605,24</b>

Tabla 46. Inversión en material aislante de la situación inicial

- Alternativa 1

La inversión propuesta en la alternativa 1 es la siguiente:

Elementos constructivos	Espesor (cm)	Aislamiento (conductividad en W/mk)	Precio (€/m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Importe (€)
Cubiertas inclinadas	10	Lana de vidrio $\lambda = 0,05$	5	122	610
Cubiertas planas	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,028$	14	27,5	385
Fachada	4	Lana de roca $\lambda = 0,05$	3	417,5	1252,5
Forjado sanitario	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,038$	18	122	2196
Acristalamiento Carp. Ext.	Doble incoloro 6/8/6 mm Air		34	47,11	1601,74
					<b>6045,24</b>

Tabla 47. Inversión en material aislante de la alternativa 1

- Alternativa 2

La inversión propuesta en la alternativa 2 es la siguiente:

Elementos constructivos	Espesor (cm)	Aislamiento (conductividad en W/mk)	Precio (€/m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Importe (€)
Cubiertas inclinadas	8	Lana de vidrio $\lambda = 0,031$	15	122	1830
Cubiertas planas	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$	14	27,5	385
Fachada	4	Lana de roca $\lambda = 0,031$	6	417,5	2505
Forjado sanitario	6	Poliestireno extruido XPS, $\lambda = 0,032$	14	122	1708
Acristalamiento Carp. Ext.		Doble incoloro 6/13/6 mm Arg	34	47,11	1601,74
					<b>8029,74</b>

Tabla 48. *Inversión en material aislante de la alternativa 2*

- Alternativa 3

La inversión propuesta en la alternativa 3 es la siguiente:

Elementos constructivos	Espesor (cm)	Aislamiento (conductividad en W/mk)	Precio (€/m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Importe (€)
Cubiertas inclinadas	8	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$	18	122	2196
Cubiertas planas	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$	14	27,5	385
Fachada	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$	14	417,5	5845
Forjado sanitario	6	Poliestireno extruido XPS $\lambda = 0,025$	14	122	1708
Acristalamiento Carp. Ext.		Doble 6/12/6 mm be 0,03-0,01	33	47,11	1554,63
					<b>11688,6</b>

Tabla 49. *Inversión en material aislante de la alternativa 3*

Por lo tanto el cuadro resumen es el siguiente:

	Inversión (€)	Consumo energético (kWh)	Gasto anual (€)	Ahorro energético (kWh)	Ahorro económico (€)	Amortización (años)
<b>Situación inicial</b>	3605,24	24605,85	3444,82	-	-	-
<b>Alternativa 1</b>	6045,24	19259,00	2696,26	5346,85	748,56	8,08
<b>Alternativa 2</b>	8029,74	16585,14	2321,92	8020,71	1122,90	7,15
<b>Alternativa 3</b>	11688,63	13772,92	1928,21	10832,93	1516,61	7,71

Tabla 50. *Cuadro resumen de la repercusión económica*

Como se puede apreciar, el periodo de amortización es muy parejo entre las diferentes alternativas, así que este no será un factor definitivo a la hora de decidirse por una u otra opción.

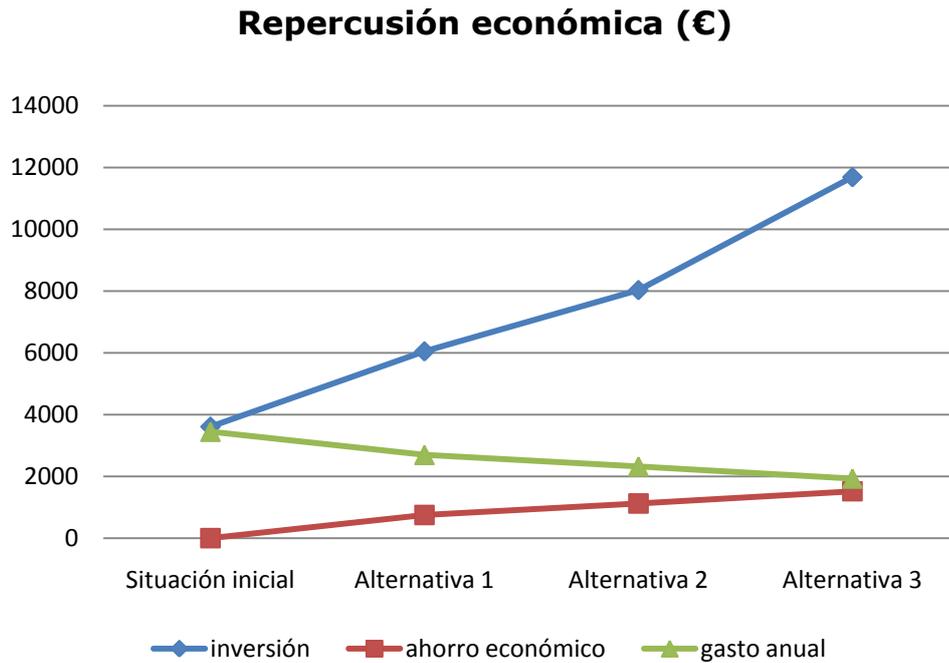


Figura 63. Gráfica de la repercusión económica de la mejora en cerramientos

Como se puede apreciar tanto en la gráfica como en la tabla, a medida que se aumenta la inversión, el consumo energético disminuye, y con él, el gasto anual.

Si se utiliza el ahorro económico en costear la inversión de las mejoras, se obtiene el periodo de amortización.

Elegir una alternativa u otra depende de la elección de cada individuo y de su poder adquisitivo. Según los datos, parece que la alternativa 2 es la opción más acertada pues, invirtiendo más que la alternativa 1 y menos que la alternativa 3, su amortización es más rápida, y su ahorro económico importante.

La alternativa 1, salvo que se disponga de poco poder adquisitivo, parece la más desfavorable, ya que el ahorro económico anual es pequeño y para amortizarlo se necesita un periodo de tiempo mayor.

La alternativa 3 no puede ser menospreciada. Es cierto que se invierte más que en el caso 2, y que su amortización se consigue prácticamente en el mismo tiempo, pero el beneficio anual, una vez amortizado, es mayor.

Por ello, a largo plazo, esta alternativa es la más rentable.



## 8. CONCLUSIONES



Para finalizar, se engloba el ahorro energético y económico que producen ambos temas tratados.

El consumo energético de cada situación se puede contemplar a continuación:

<b>Consumo energético (kWh)</b>	<b>Inicio</b>	<b>Alternativa 1 + placa solar</b>	<b>Alternativa 2 + placa solar</b>	<b>Alternativa 3 + placa solar</b>
<b>Enero</b>	5818,62	4670,76	4046,98	3384,0
<b>Febrero</b>	4639,73	3563,67	3056,06	2521,74
<b>Marzo</b>	3621,50	2440,2	2039,87	1631,31
<b>Abril</b>	1929,84	926,1	713,67	519,00
<b>Mayo</b>	677,92	153,70	120,93	94,71
<b>Junio</b>	375,06	152,7	161,86	167,19
<b>Julio</b>	705,63	619,4	624,23	616,82
<b>Agosto</b>	842,01	847,2	854,11	846,61
<b>Septiembre</b>	415,65	336,9	349,59	355,71
<b>Octubre</b>	650,62	239,9	206,59	196,33
<b>Noviembre</b>	2992,50	2066,1	1753,10	1425,64
<b>Diciembre</b>	5584,24	4536,0	3951,65	3322,28
	<b>28253,36</b>	<b>20552,54</b>	<b>17878,66</b>	<b>15081,41</b>

Tabla 51. *Consumo energético global para cada caso*

Se puede comprobar que la disminución de consumo energético durante los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, es muy importante según se va pasando de un caso a otro, tanto, que en el caso 3, los datos de dichos meses apenas son un 60% del valor inicial.

Al contrario ocurre los meses de junio, julio, agosto y septiembre, donde se experimenta una fuerte bajada en el primer caso, con respecto a la situación inicial, pero que a partir de ese momento, se observa un ligero aumento de una opción a otra.

Su representación gráfica, que ayudará a tener una imagen comparativa más visual, es la siguiente:

### Consumo energético (kWh)

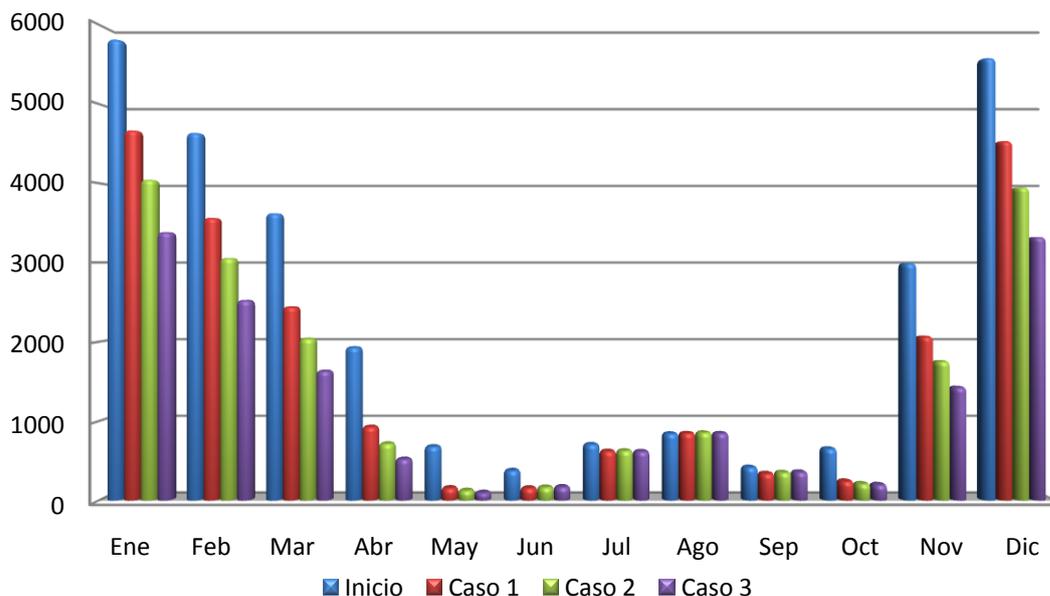


Figura 64. Gráfica del consumo energético global en cada caso

Se observa como el consumo es muy bajo en los meses centrales del año, condición muy positiva y que cumpliría con los objetivos europeos de crear viviendas autosuficientes. No se puede decir lo mismo de los meses invernales, donde el uso de la calefacción aumenta en demasía el consumo energético.

Respecto al apartado económico, la tabla siguiente expone el gasto mensual y anual para cada caso:

Importe (€)	Inicio	Alternativa 1 + placa solar	Alternativa 2 + placa solar	Alternativa 3 + placa solar
<b>Enero</b>	814,61	653,91	566,58	473,77
<b>Febrero</b>	649,56	498,91	427,85	353,04
<b>Marzo</b>	507,01	341,63	285,58	228,38
<b>Abril</b>	270,18	129,66	99,91	72,66
<b>Mayo</b>	94,91	21,52	16,93	13,26
<b>Junio</b>	52,51	21,38	22,66	23,41
<b>Julio</b>	98,79	86,71	87,39	86,36
<b>Agosto</b>	117,88	118,60	119,58	118,53
<b>Septiembre</b>	58,19	47,16	48,94	49,80
<b>Octubre</b>	91,09	33,58	28,92	27,49
<b>Noviembre</b>	418,95	289,25	245,43	199,59
<b>Diciembre</b>	781,79	635,04	553,23	465,12
	<b>3955,47</b>	<b>2877,36</b>	<b>2503,01</b>	<b>2111,40</b>

Tabla 52. Gasto económico global en cada caso

Su representación gráfica es la siguiente:

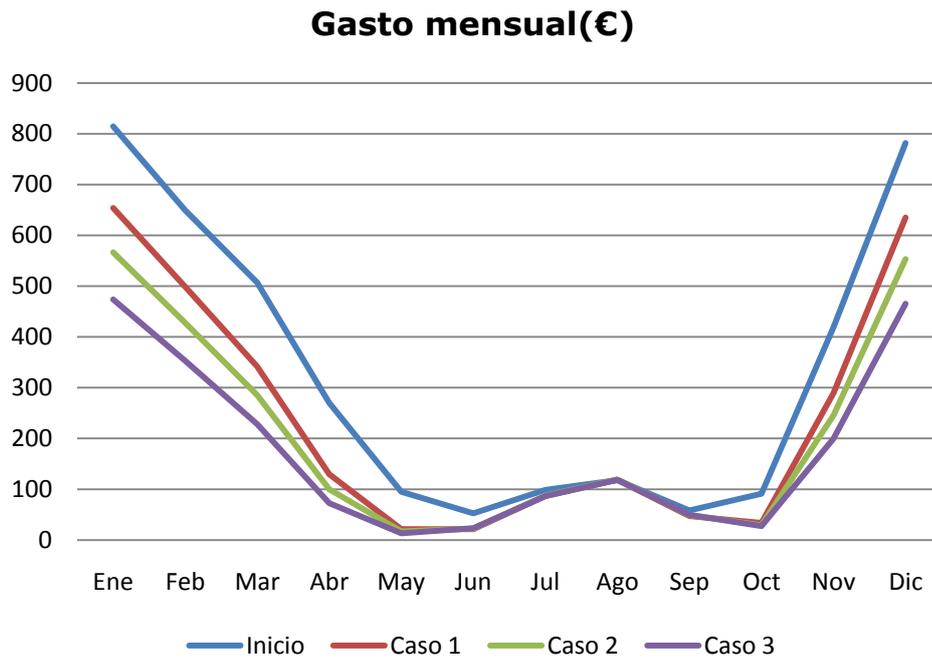


Figura 65. Gráfica de la repercusión económica global a nivel mensual

Por enfatizar en las diferencias a nivel anual, se dispone la siguiente gráfica de evolución del gasto económico:

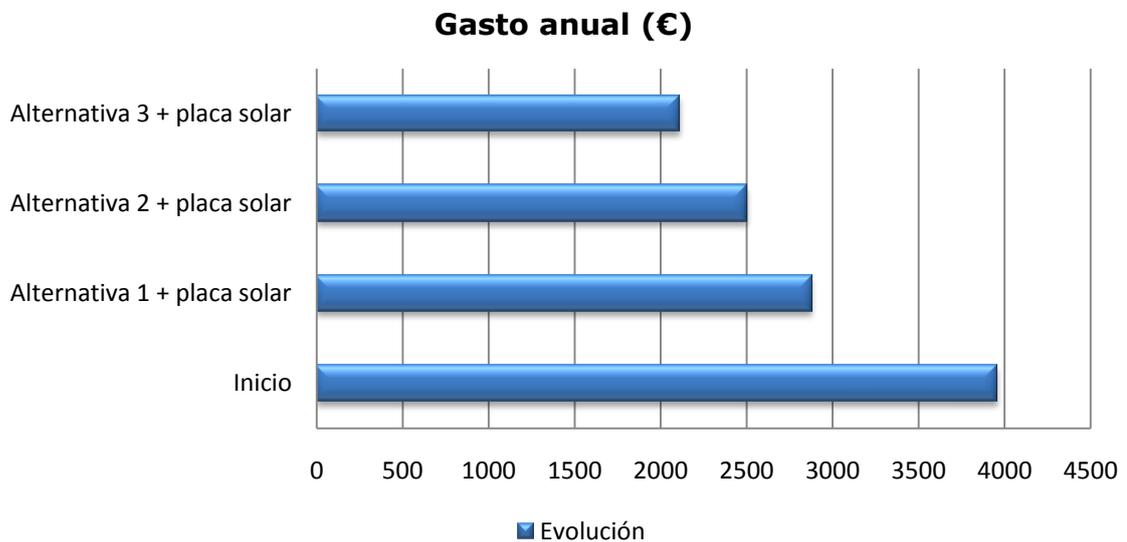


Figura 66. Gráfica de la repercusión económica global a nivel anual

En ella se aprecia con claridad la gran diferencia en la despesa económica entre la situación inicial y los distintos casos. Llegando, prácticamente, a doblar el coste anual de la opción 3.

Por último, y aprovechando que el programa designbuilder proporciona esta información, no estaría demás comprobar la evolución en las emisiones de CO<sub>2</sub> y comprobar en qué grado, las medidas planteadas ayudan a combatir el cambio climático.

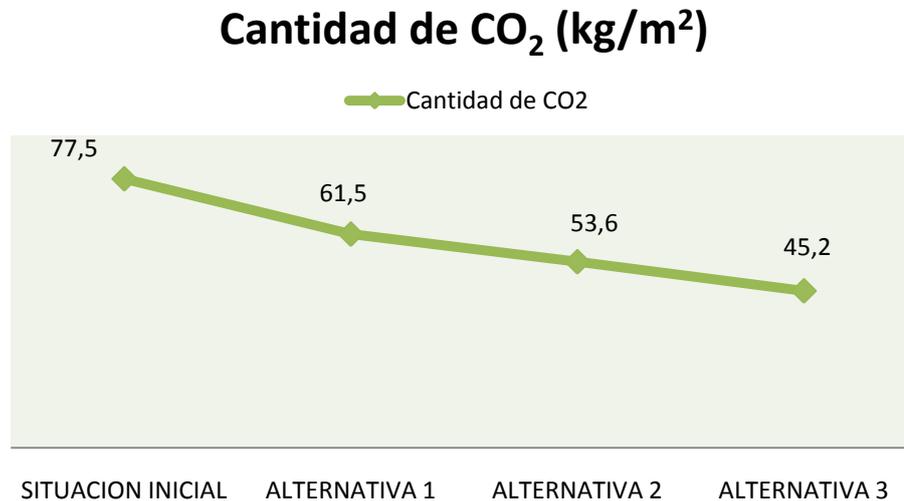


Figura 67. Gráfica de la evolución de la emisión de CO<sub>2</sub>

Como se puede apreciar, el descenso en las emisiones de CO<sub>2</sub> es evidente, llegando a reducir, en la alternativa 3, las cantidades en aproximadamente un 60%. Con ello se demuestra que las mejoras aplicadas, no sólo reducen los costes anuales, sino que además, colaboran en la lucha contra el cambio climático.

En esta simulación se aprecia claramente cómo, a pesar de la considerable inversión inicial, la rentabilidad es enorme, se amortiza en poco tiempo y el beneficio a largo plazo es muy importante.

El ejemplo más claro lo aporta la opción 3, donde se invierten aproximadamente 15000 €, es una suma importante, pero con ello se consigue reducir a la mitad el gasto anual y se amortizaría en 8 años.

Es decir, por 175 € al mes, de media, se dispone de agua caliente sanitaria y una temperatura en el interior de la vivienda de 21 °C todo el año.

Y, todo ello, aplicando tan sólo dos medidas de mejora, la instalación solar térmica y las mejoras en los cerramientos, pero las opciones a desarrollar y aplicar son múltiples, los materiales ecológicos, el uso de la domótica, las instalaciones fotovoltaicas, las geotérmicas... muchas son las herramientas de que disponemos para llegar a crear edificios autosuficientes, ya que en eso consiste la construcción sostenible.

En España se tiene la idea preconcebida de que, mantener la vivienda a una temperatura de confort, que ronde los 21 °C, de forma constante a lo largo del año, es innecesario y extremadamente caro.

Sin embargo, nos vemos obligados a usar ventiladores y aparatos de aire acondicionado en verano, y calefactores y estufas en invierno, y aún así, la sensación de bienestar no es del todo completa.

Qué deben pensar en los países nórdicos, donde apenas tienen horas de sol y el frío es mucho más duro que aquí. Y, sin embargo, visten de verano en el interior de sus casas y no lo hacen por sumas elevadas de dinero.

Este proyecto es un pequeño ejemplo de que todavía nos queda un largo camino por recorrer. El objetivo debe ser reducir el consumo energético y con ello ayudar al medio ambiente, o al menos, perjudicarlo lo menos posible, pero no tiene por qué ser acosta de nuestra comodidad.

Este debe ser y es el gran objetivo europeo y mundial respecto a la edificación, desarrollar proyectos, desde su inicio, con criterios bioclimáticos, creando edificaciones autosuficientes y aprovechando al máximo las condiciones climatológicas de su entorno, sin perjudicar lo más mínimo al medio ambiente.



## 9. BIBLIOGRAFÍA



[1]\_ PFC; LA PROPUESTA SOSTENIBLE EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES. AUTOR: Arantxa Cubas Maestro. TUTOR: Luis Ángel Tejero Catalá.

[2]\_ Dirección Web:

<http://www.arqhys.com/construccion/futuro-viviendas.html>

[3]\_ DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

[4]\_ DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios. (Refundición).

[5]\_ Plan de acción E4 2008-2012

[6]\_ Guía de energía solar. Madrid 2006

[7]\_ DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

[8]\_ Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020.

[9]\_ CTE, Documento básico HE1. Limitación de demanda energética.

[10]\_ Dirección web: instituto para la diversificación y ahorro de la energía

[www.IDAE.es](http://www.IDAE.es)

[11]\_ Dirección web:

<http://www.designbuilder.es>

[12]\_ Pliego de Condiciones Técnicas de Baja Temperatura. IDAE

[13]\_ CTE, Documento básico HE4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

[14]\_ Manuales de energías renovables. Energía solar térmica. IDAE

[15]\_ Manual de Energía Solar de la casa Salvador Escoda S.A

[16]\_ Catálogo de la casa comercial Grundfos

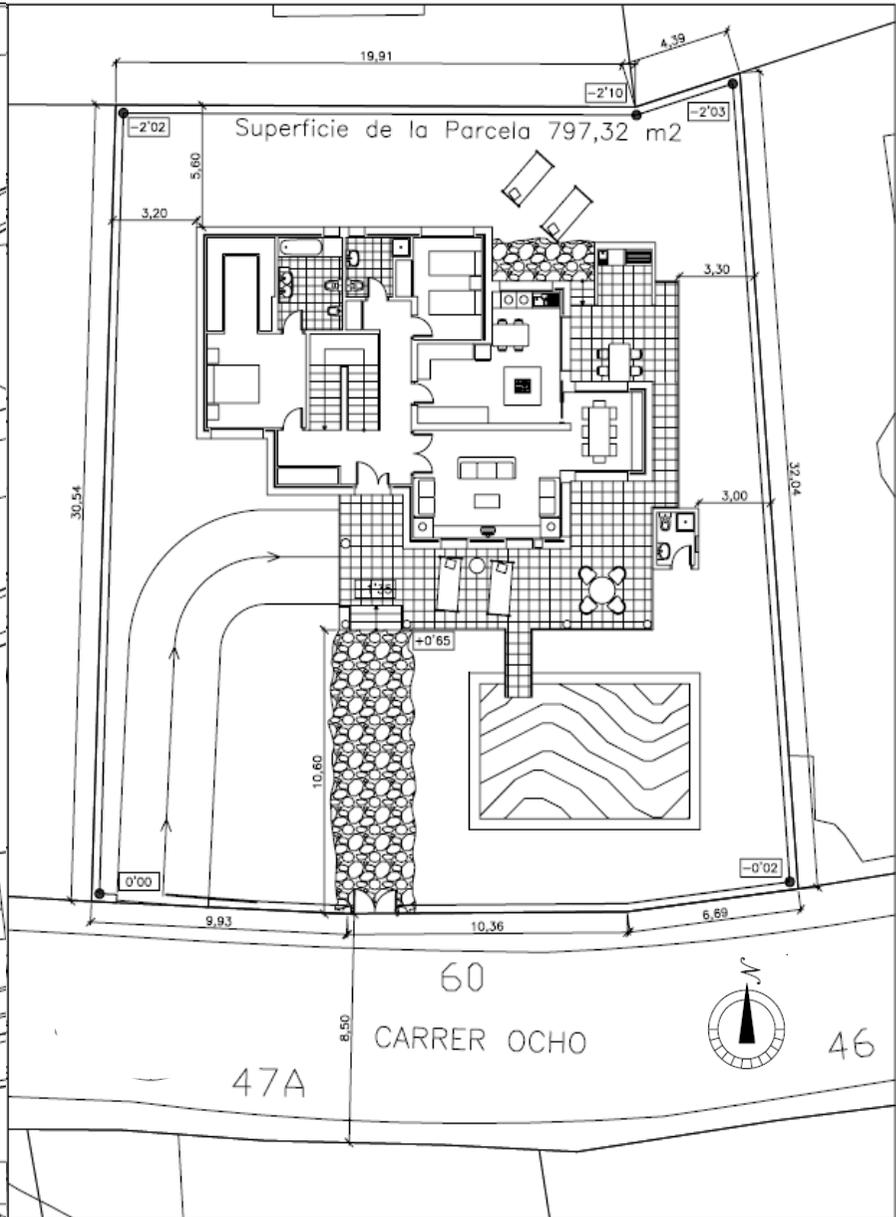


# ANEXO A

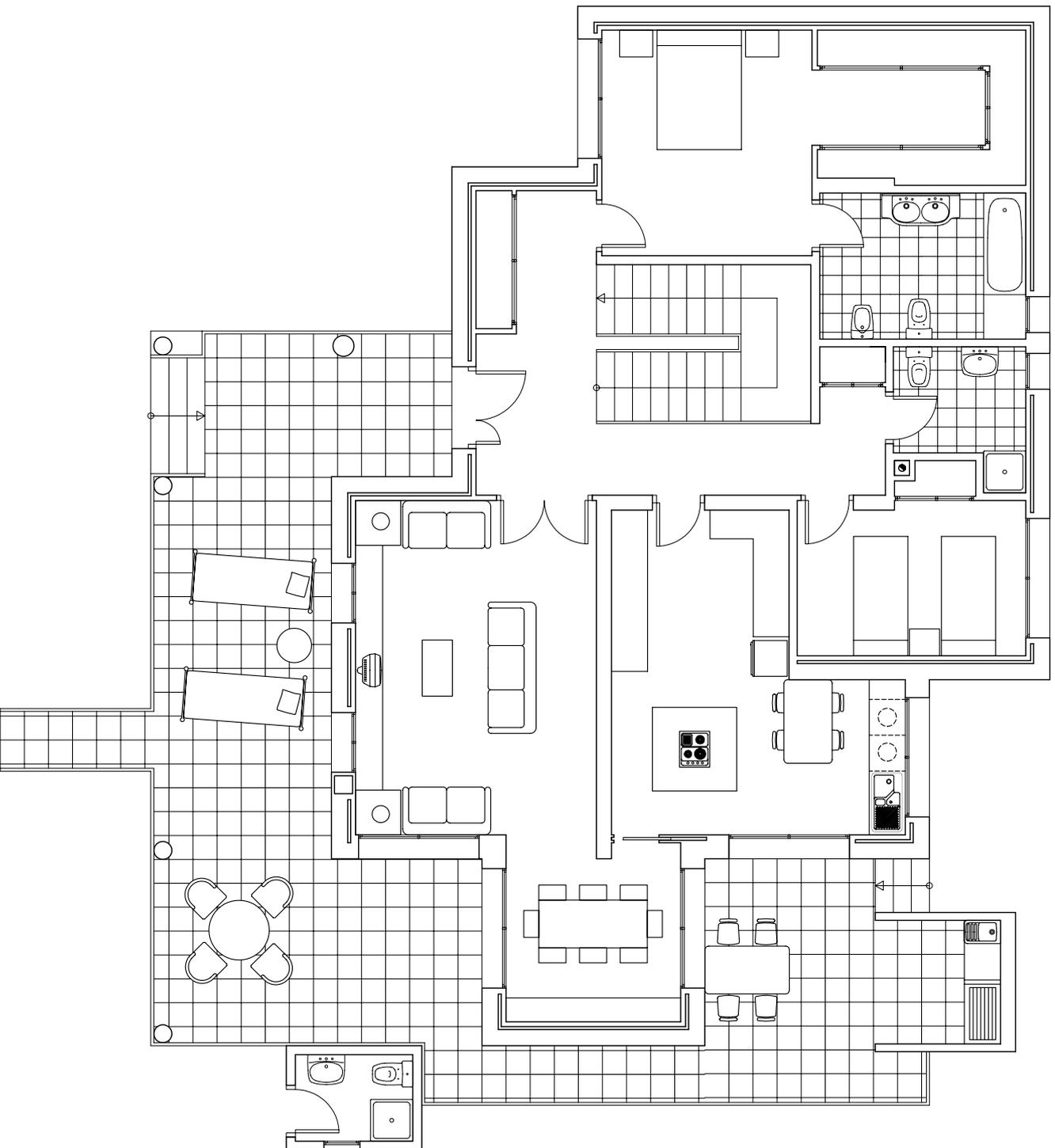
## PLANOS DE LA VIVIENDA

- Emplazamiento
- Distribución PB
- Distribución P1
- Cubierta
- Fachadas S-O
- Fachadas N-E
- Sección 1-1'
- Sección 2-2'
- Sección fachada
- Carpintería PB
- Carpintería P1
- Detalles carpintería





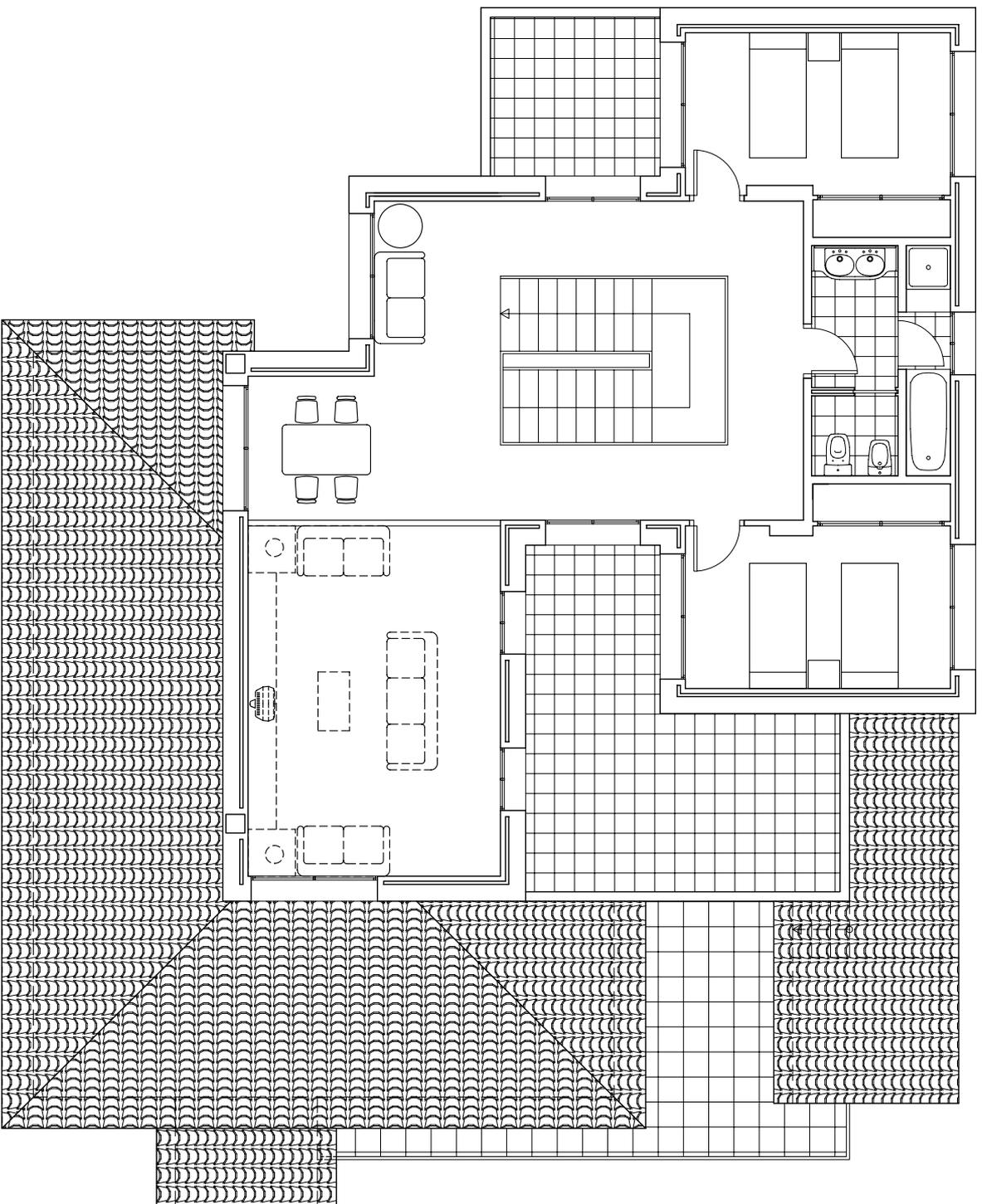
Plano n° 01 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO Escalas 1/1200 - 1/250



Plano nº 03 DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA

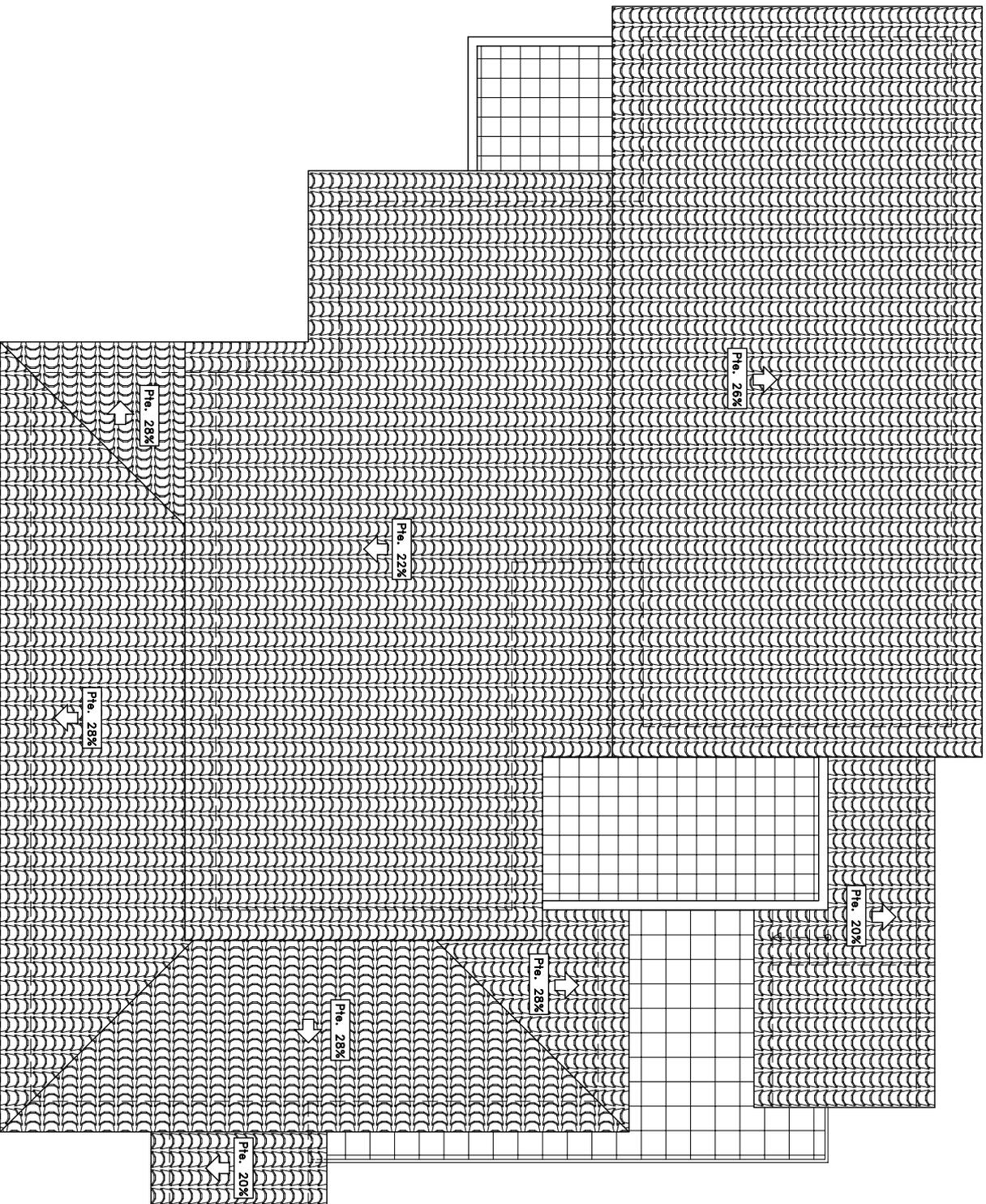
Escala

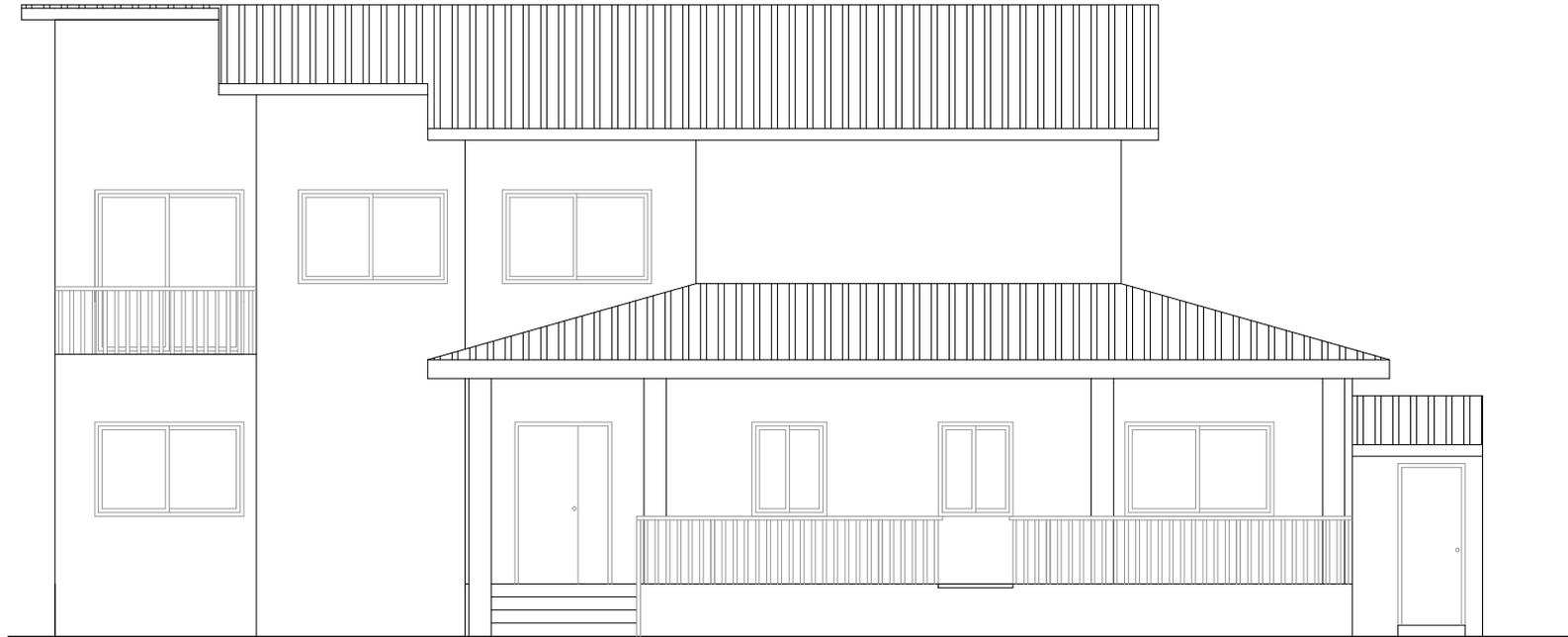
1/100



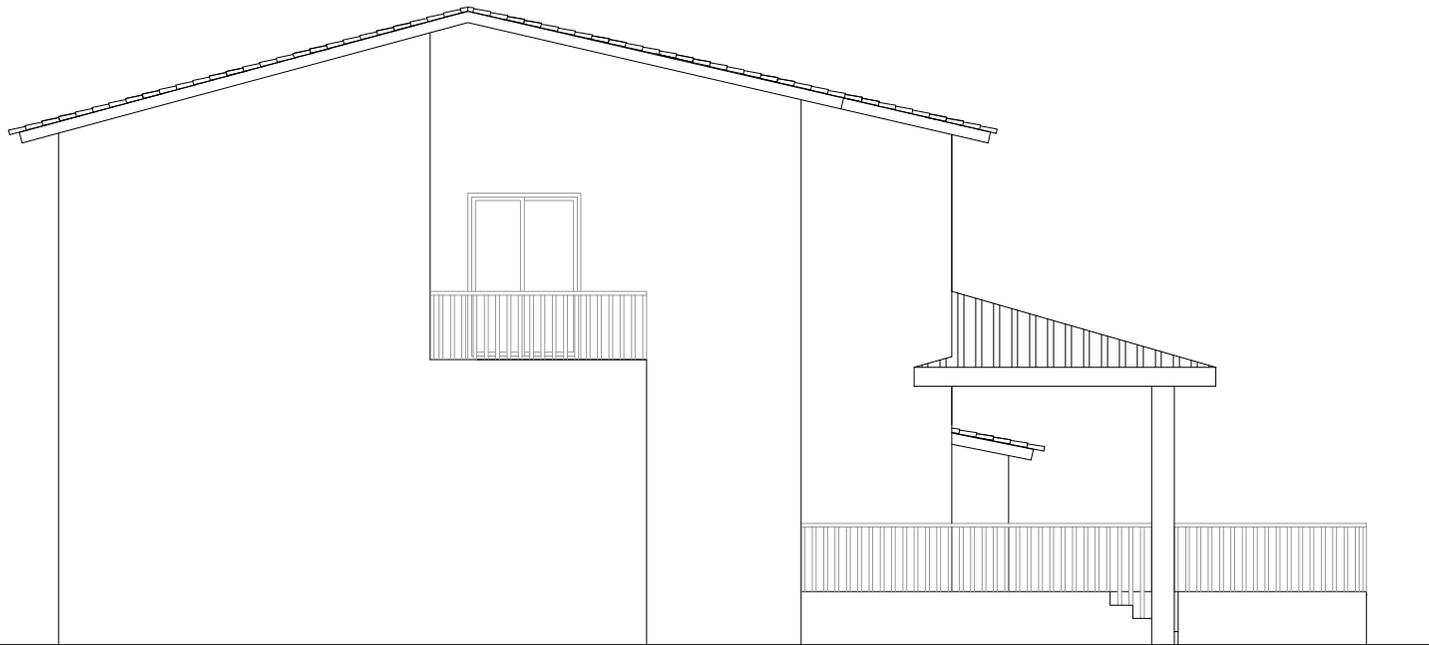
Plano n° 04 DISTRIBUCIÓN PLANTA PRIMERA

Escala  
1/100

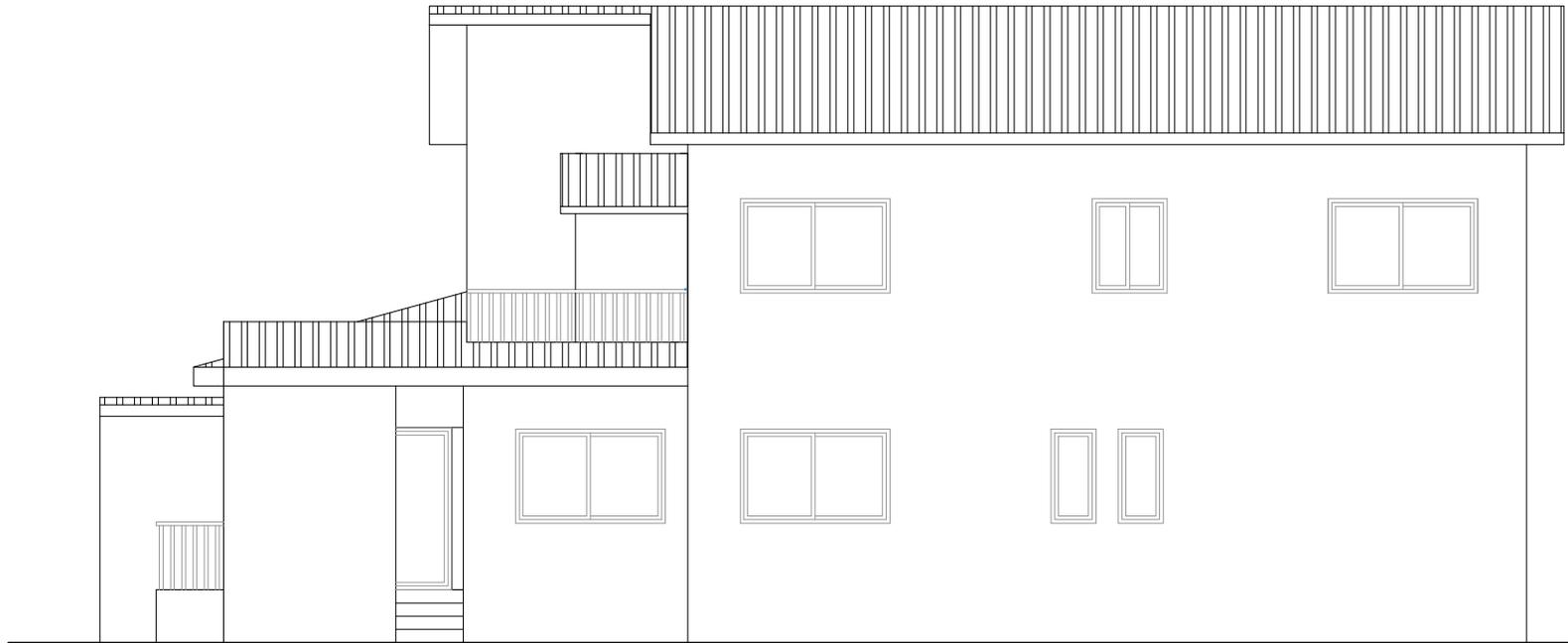




FACHADA PRINCIPAL (Sur)



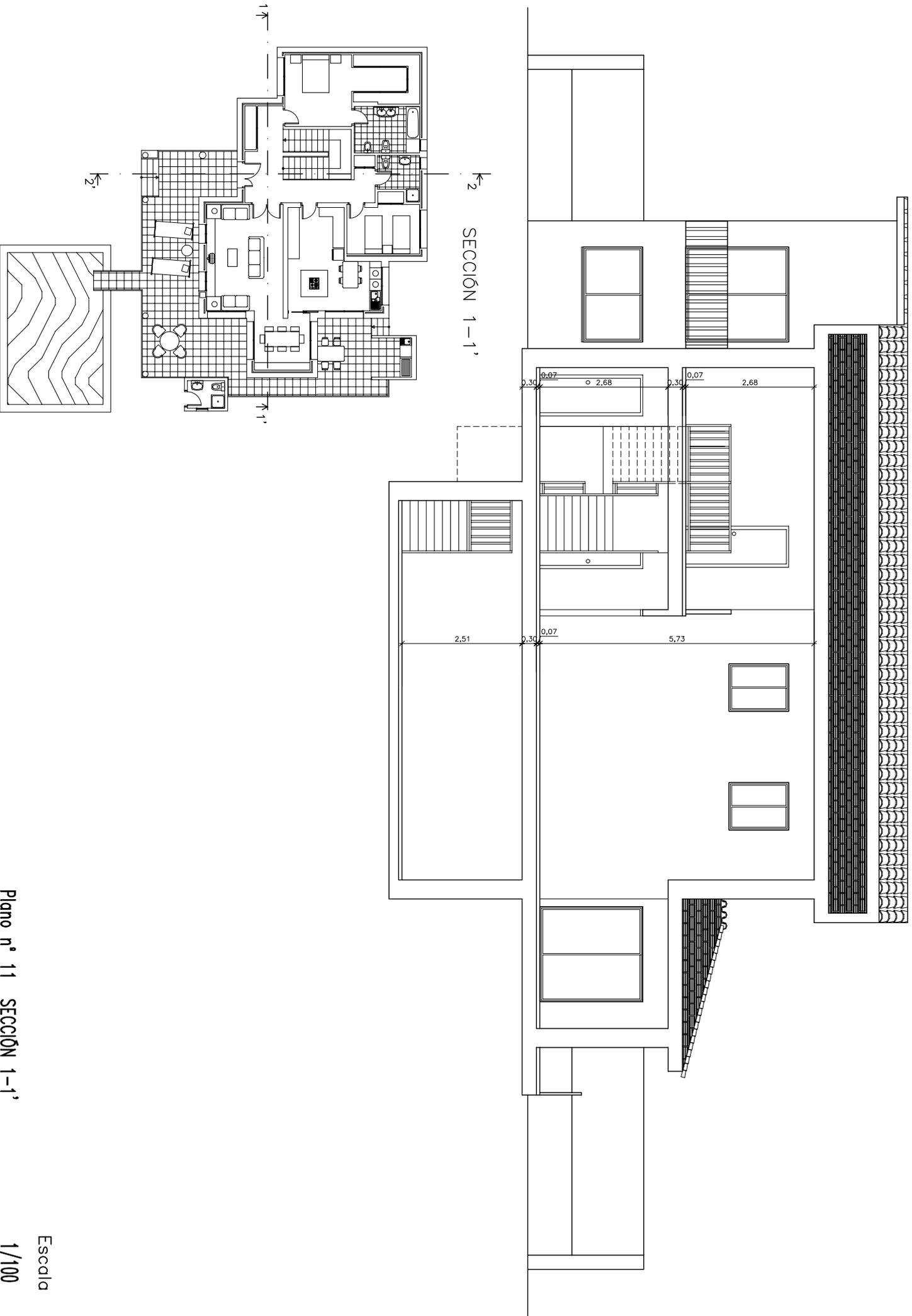
FACHADA LATERAL IZQUIERDA (Oeste)



FACHADA POSTERIOR NORTE

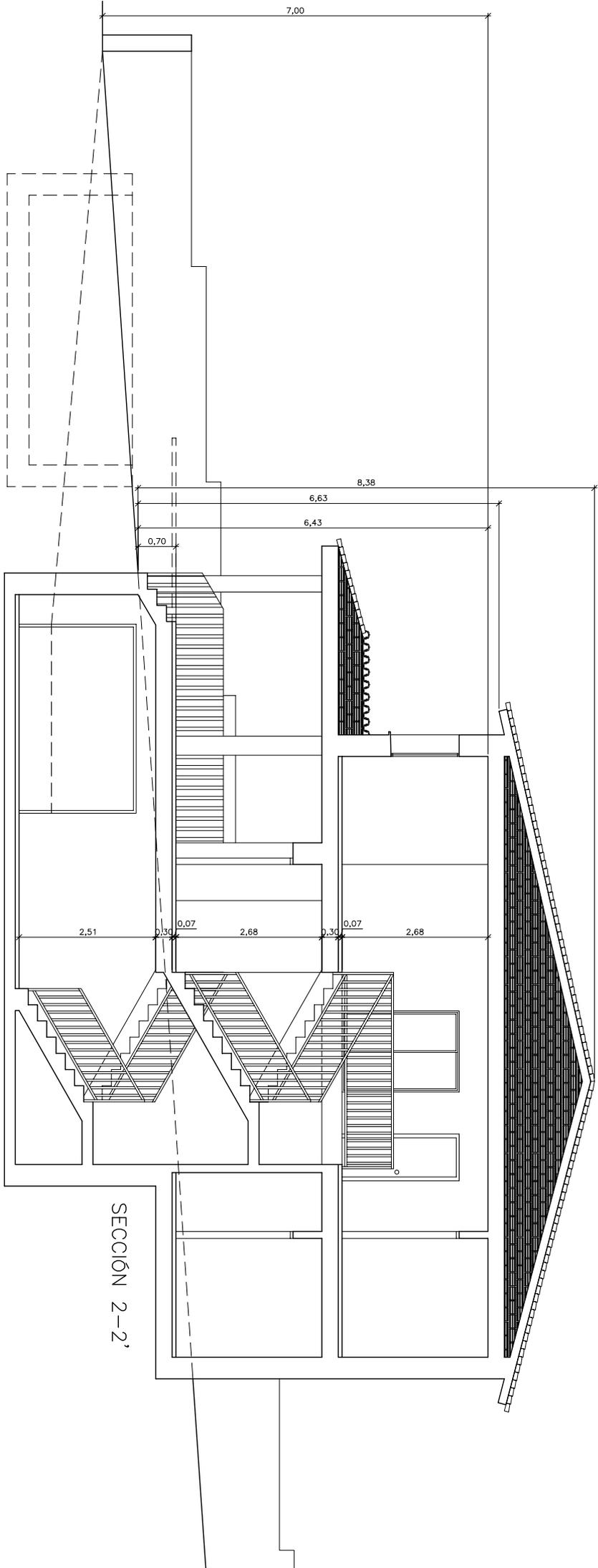
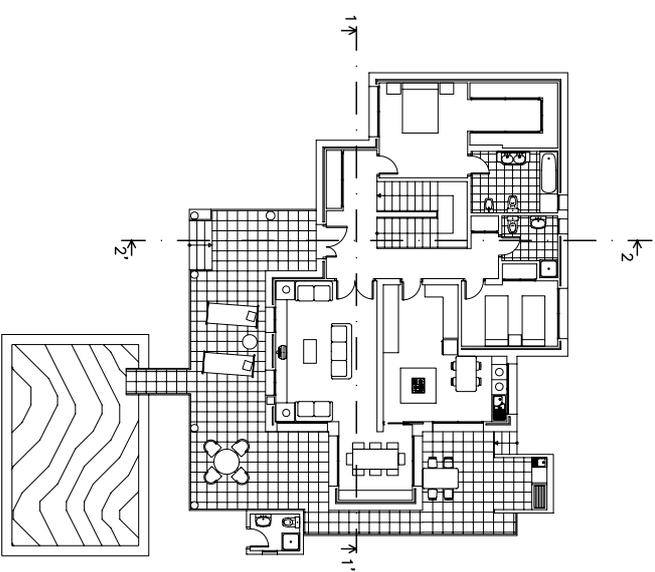


FACHADA LATERAL DERECHA (Este)



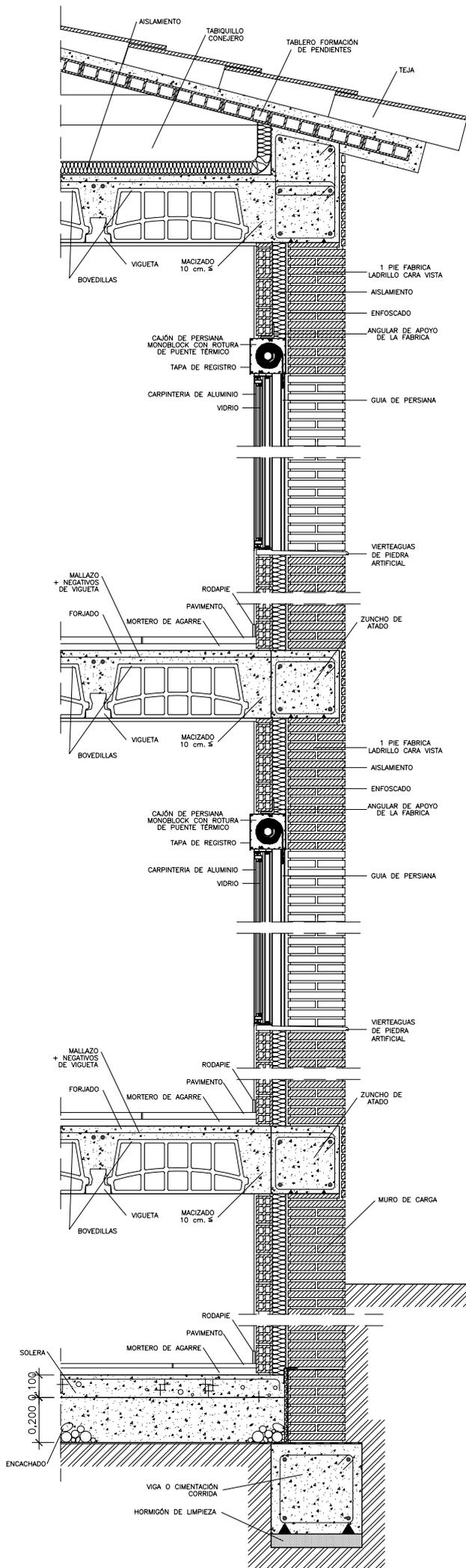
Plano n° 11 SECCIÓN 1-1'

Escala  
1/100



Plano n° 12 SECCIÓN 2-2'

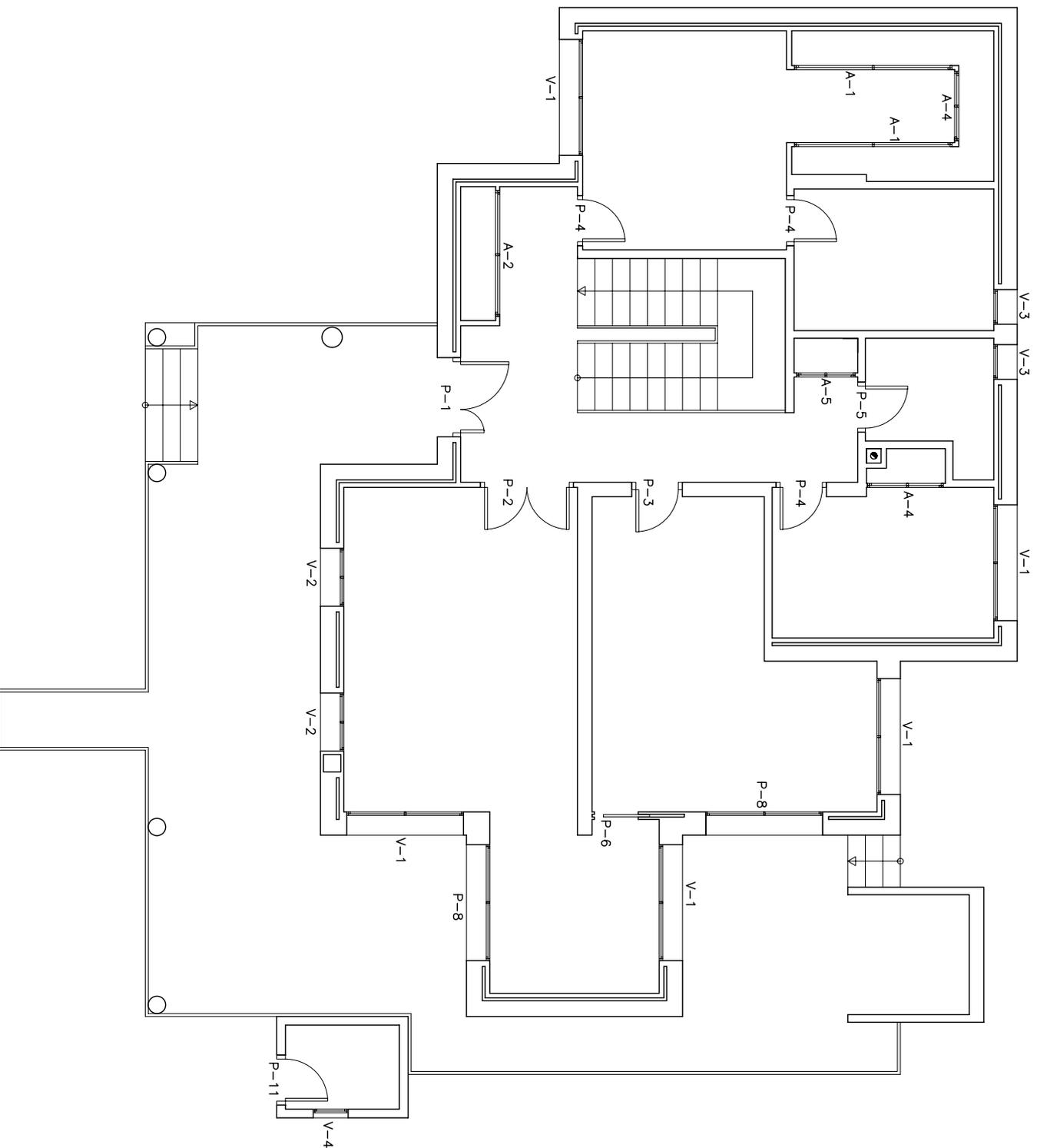
Escala  
1/100

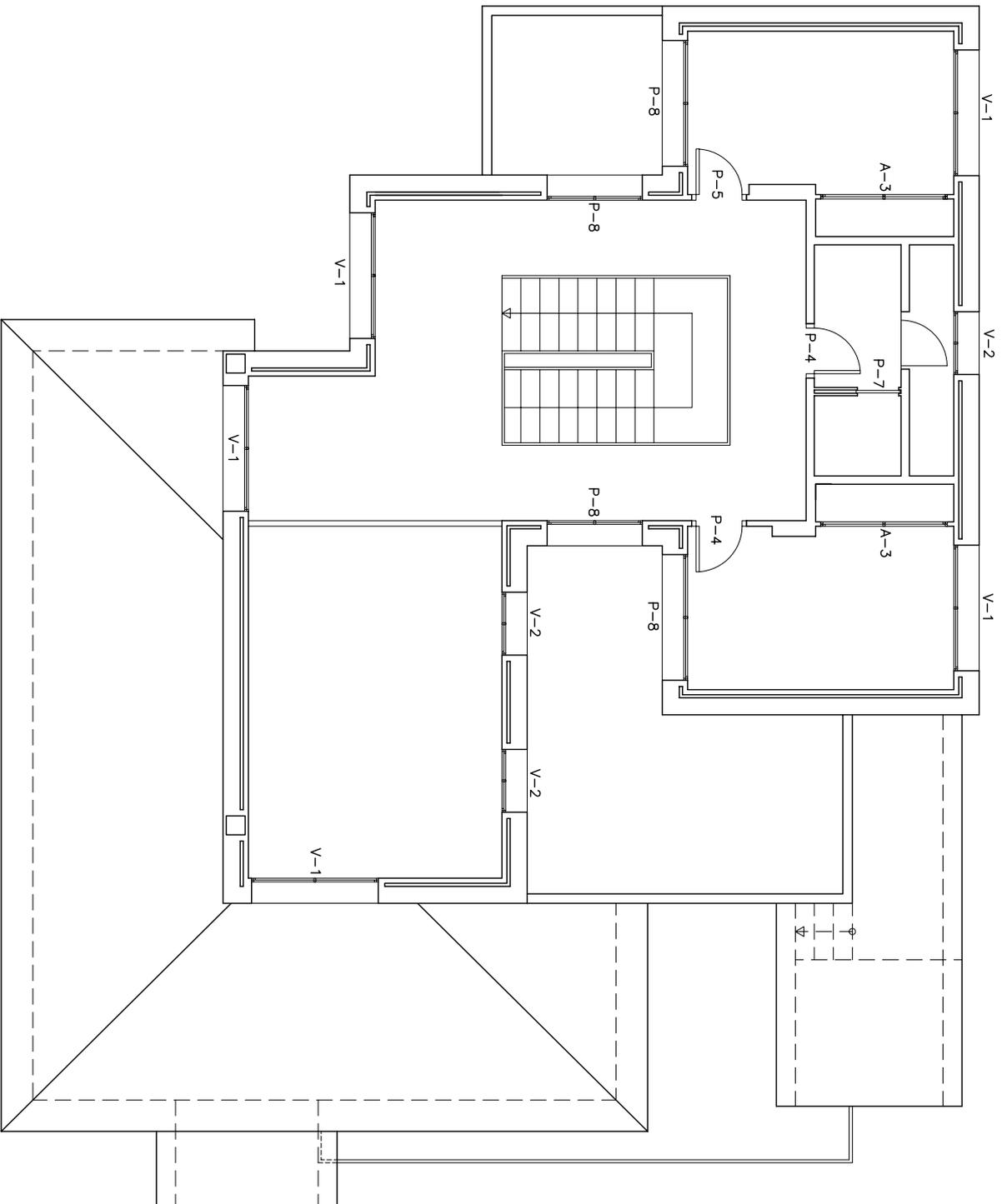


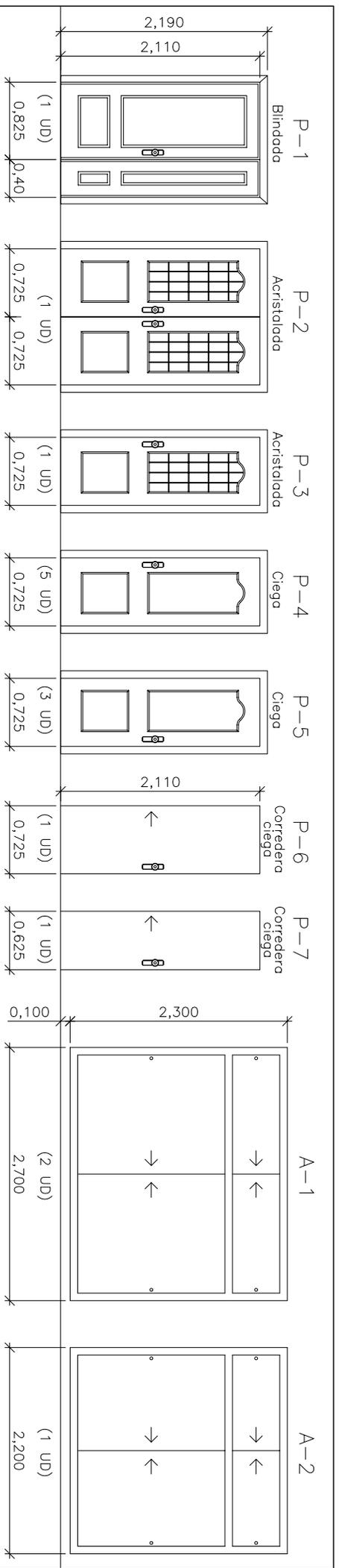
Plano n° 20 DETALLE CONSTRUCTIVO. SECCIÓN FACHADA

1/25

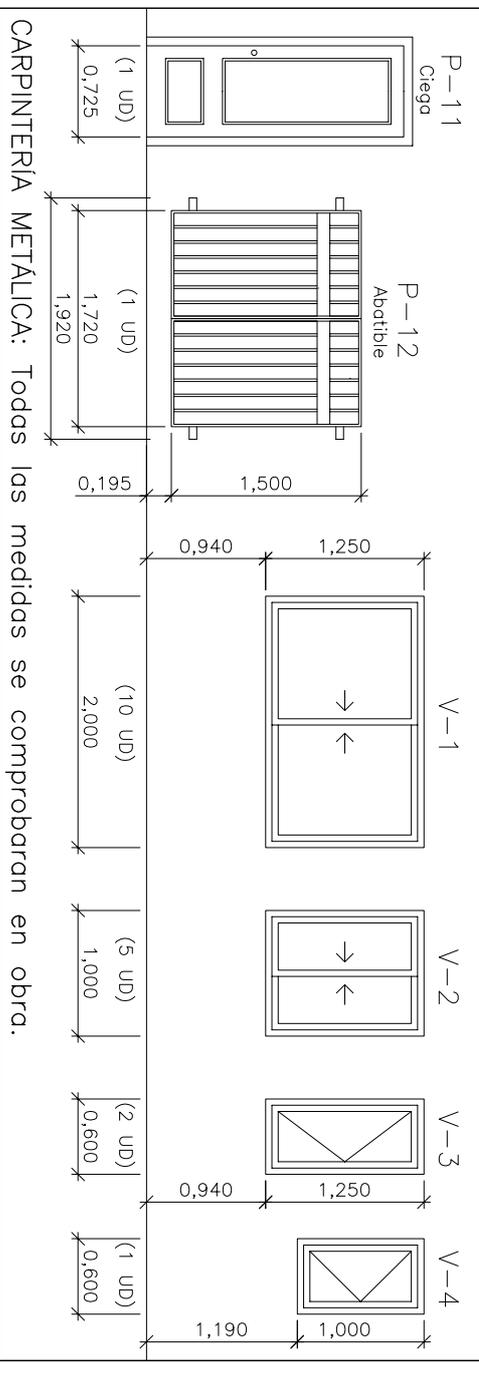
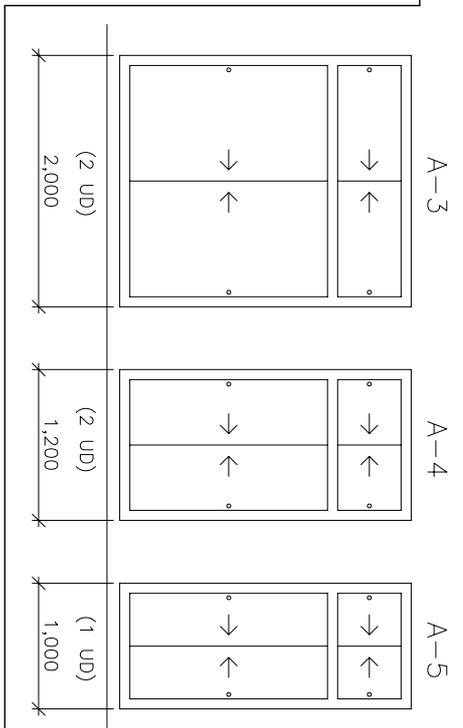
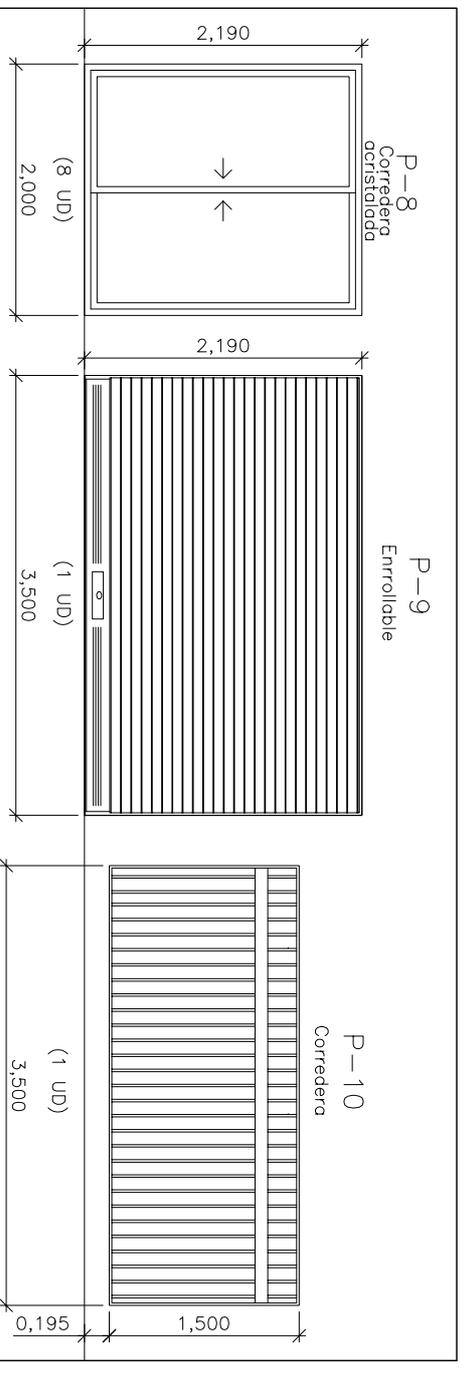
Escalía







CARPINTERÍA MADERA: Todas las medidas se comprobaran en obra.



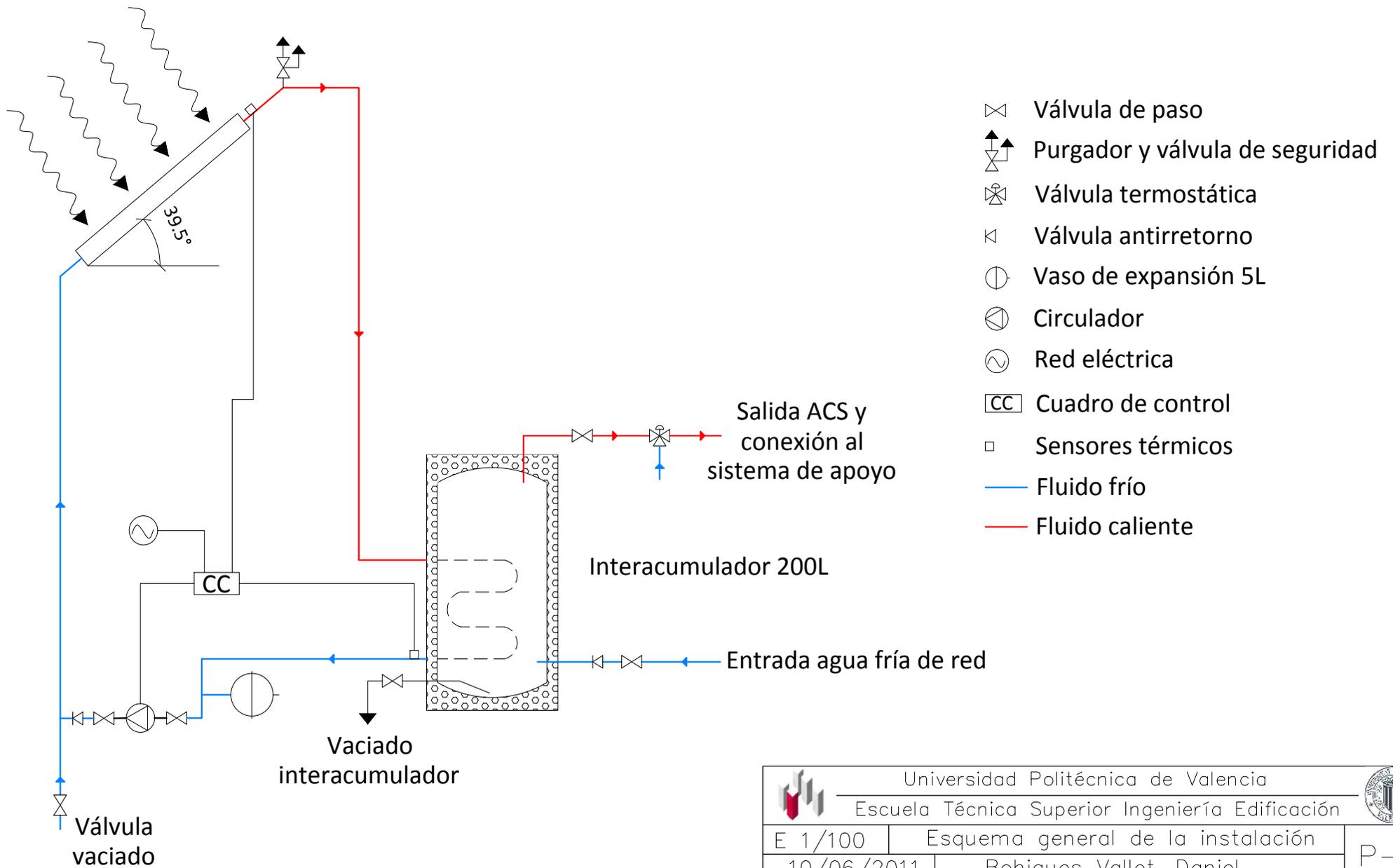
CARPINTERÍA METÁLICA: Todas las medidas se comprobaran en obra.

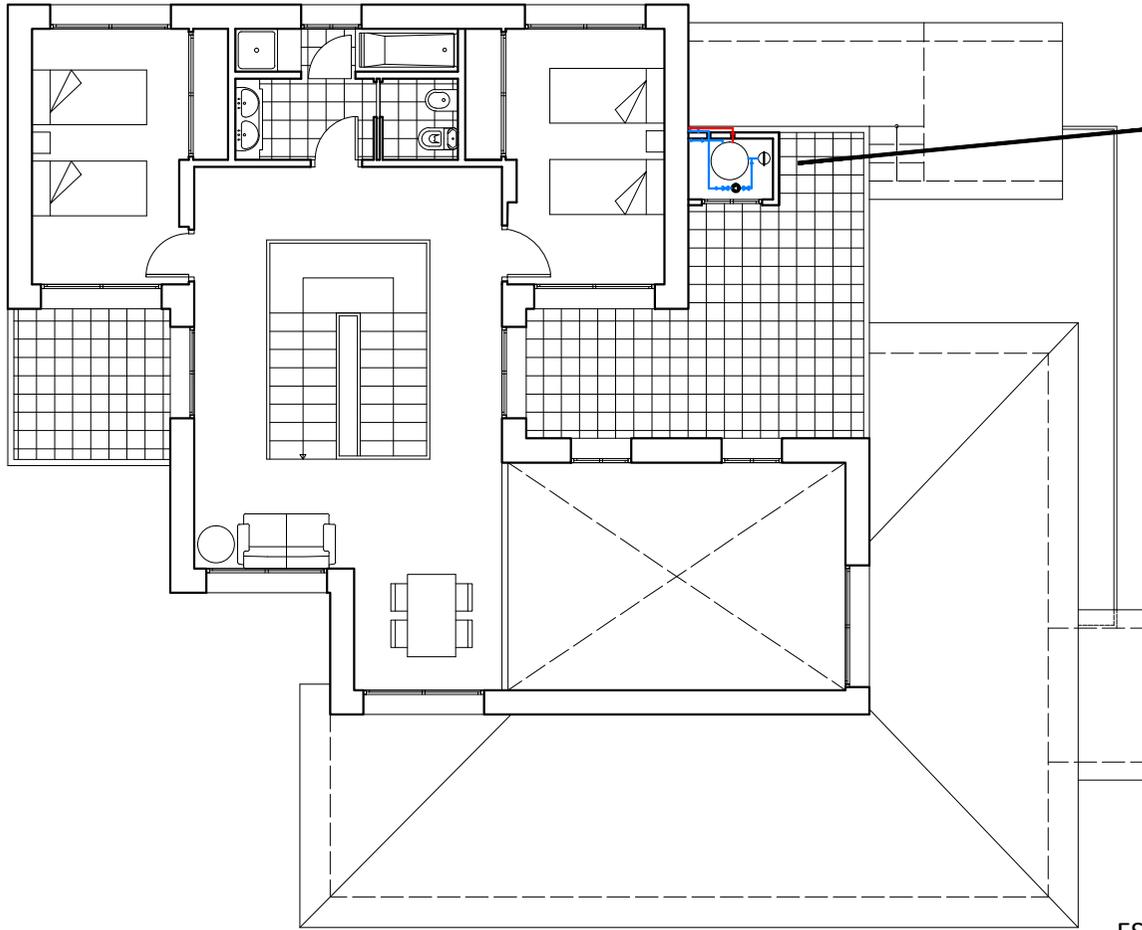
## ANEXO B

### PLANOS DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

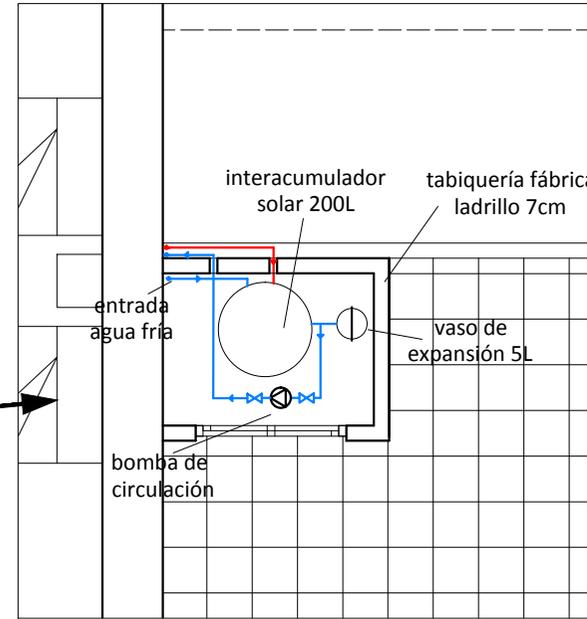
- Esquema general de la instalación
- Ubicación de la instalación en planta primera
- Fachada posterior (norte)
- Fachada lateral derecha (este)
- Plano cubierta







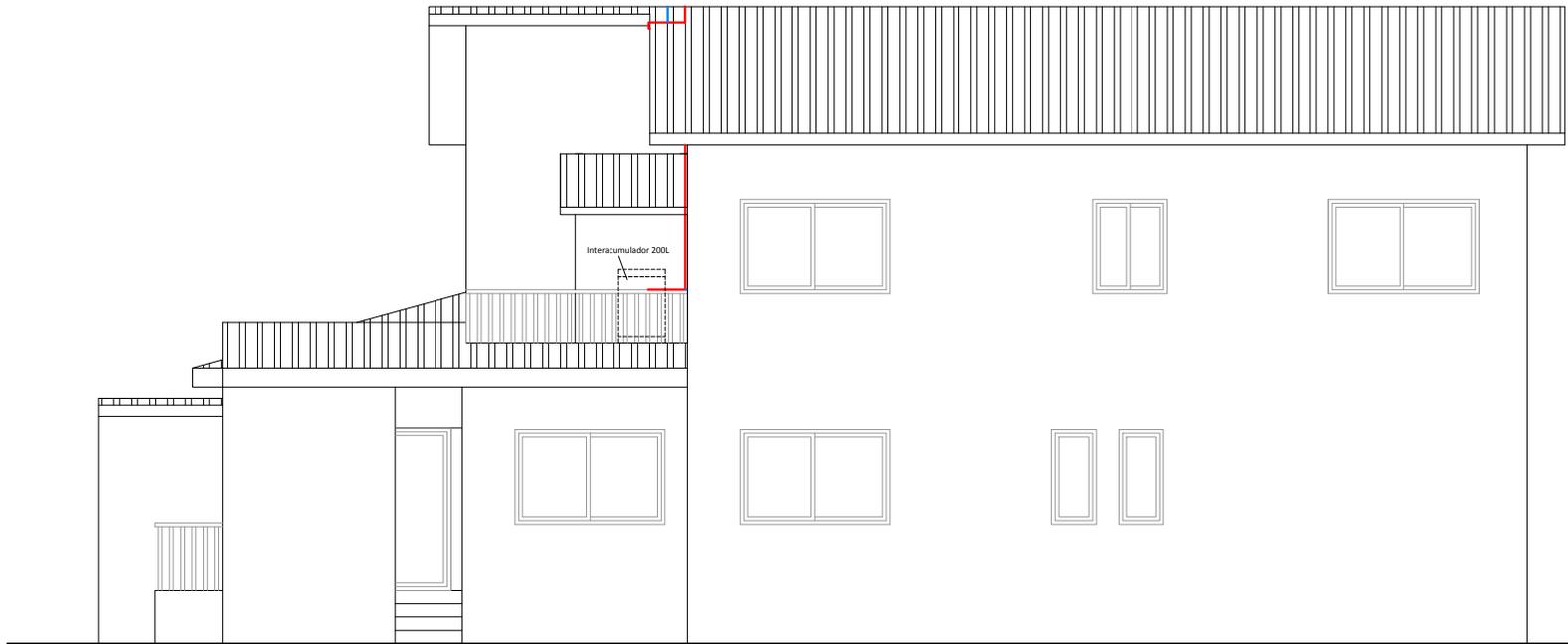
ESCALA 1/125



ESCALA 1/50

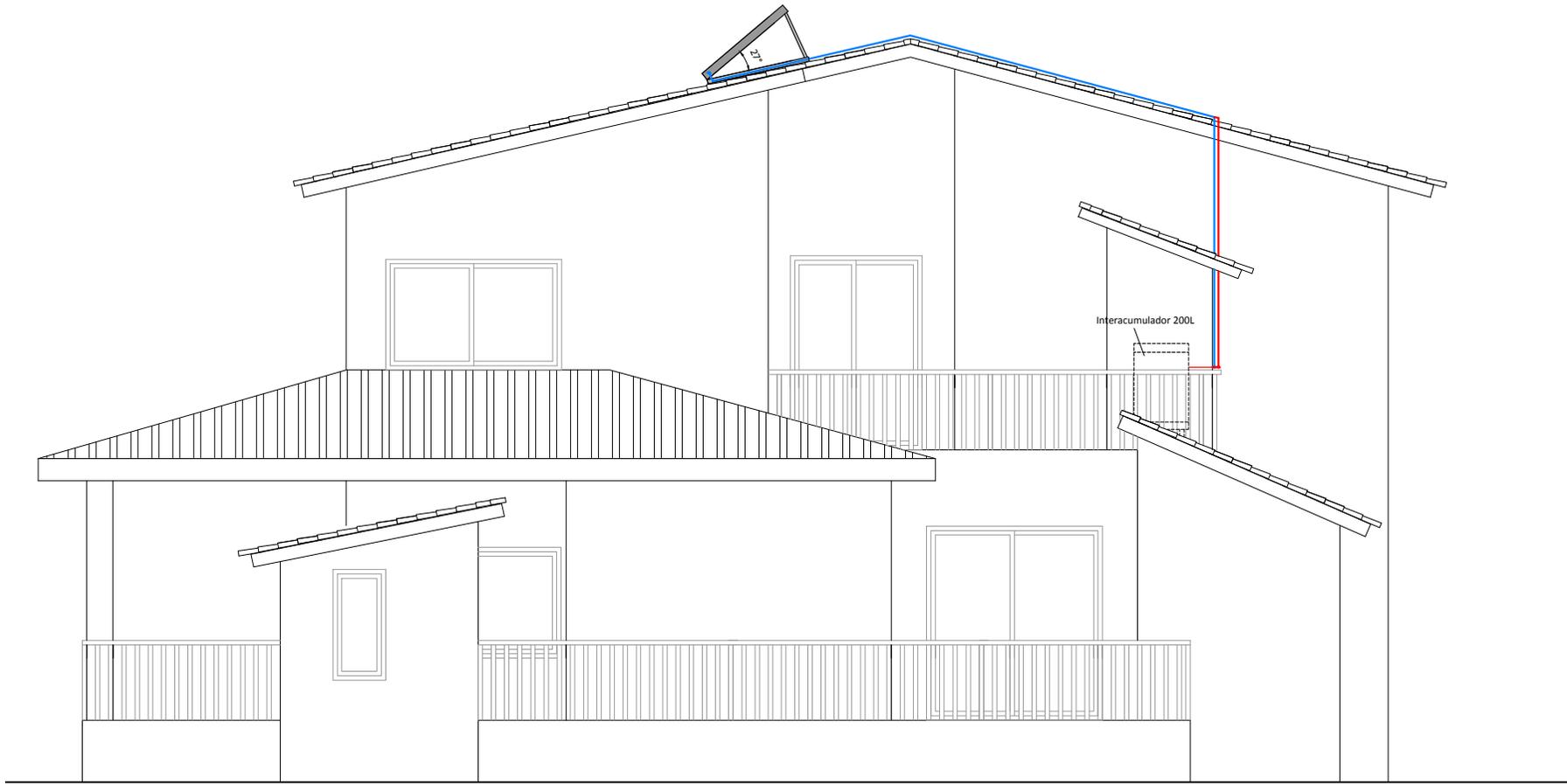
— Fluido frío  
 — Fluido caliente





FACHADA NORTE

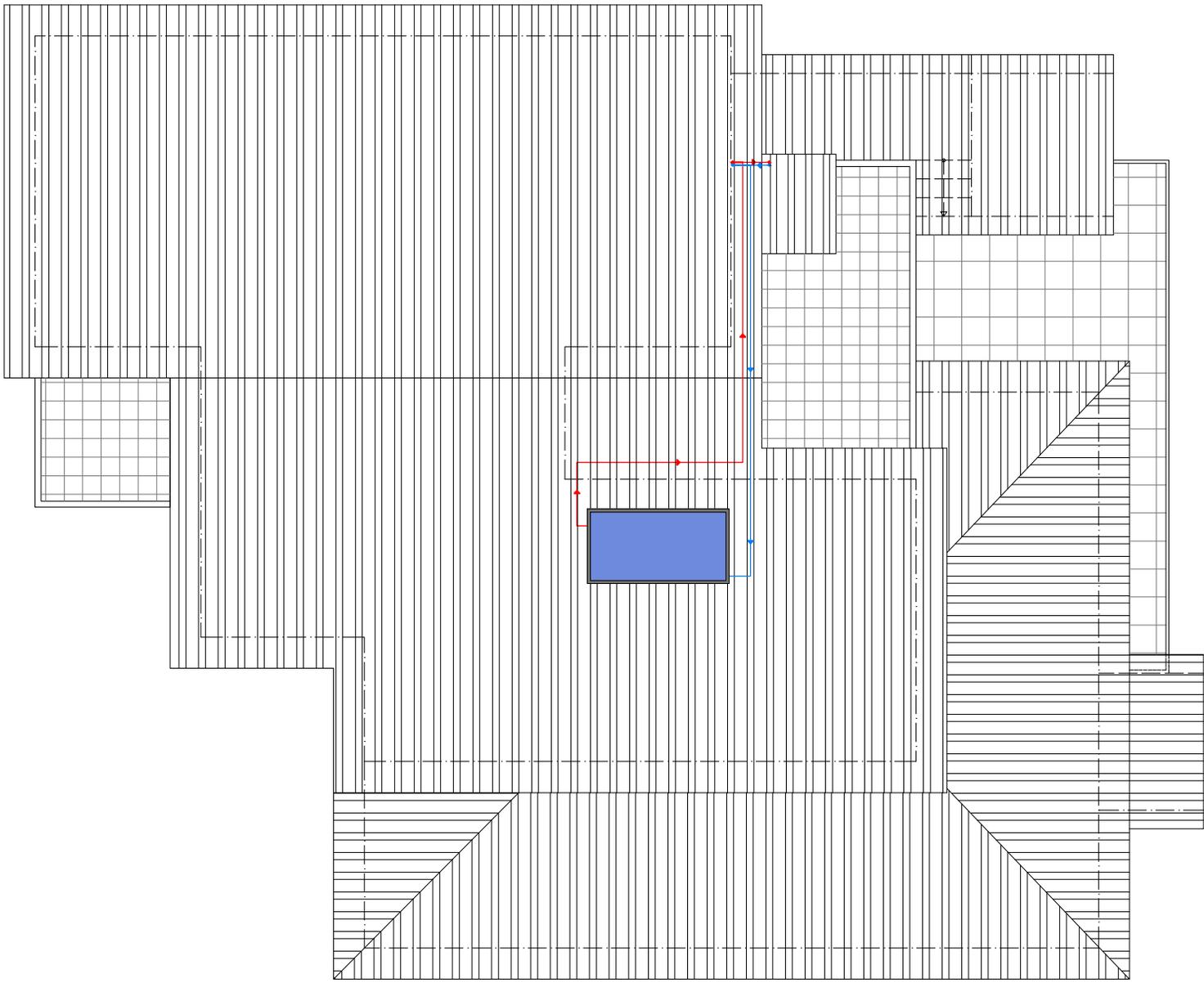
— Fluido frío  
 — Fluido caliente



FACHADA ESTE

— Fluido frío  
 — Fluido caliente

		P-4
Universidad Politécnica de Valencia Escuela Técnica Superior Ingeniería Edificación		
E 1/75	Fachada lateral derecha (este)	Bohigues Vallet, Daniel
10/06/2011		



Universidad Politécnica de Valencia



Escuela Técnica Superior Ingeniería Edificación

E 1/100

Plano de cubierta

10/06/2011

Bohigues Vallet, Daniel

P-5

# ANEXO C

## PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA



<b>PRESUPUESTO</b>
--------------------

Cant.	Ud.	Descripción	Precio (€)	Importe (€)
<b>CAPÍTULO 1 INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA</b>				
1	u	<b>Colector solar plano ESCOSOL SOL 2800H</b> Colector solar plano vidriado con marcado CE de 2,63 m2 de superficie útil, carcasa de aluminio y aislamiento térmico de lana de vidrio, homologado según el RD 891/1980, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento, según DB HE-4 del CTE.	661	661
1	u	<b>Estructura metálica inclinación 1 captador</b> Instalación de conjunto de perfiles de aluminio y pletinas de sujeción para 1 captador solar, abrazaderas de sujeción del perfil y pletinas de acero inoxidable para forjado inclinado, según DB HS y DB HE-4 del CTE	407	407
1	u	<b>Interacumulador CV-200-M1P 200l. Solar Energy</b> Interacumulador en acero esmaltado según DIN 4753, de 200 l de capacidad, para instalación de agua caliente sanitaria de hasta 10 bar a 90°C, circuito primario de serpentín cónico de alto rendimiento, con superficie de 1,4 m2. Incluye purgador automático en alimentación o parte superior (según tipo, horizontal o vertical), válvulas de corte (entrada, salida, vaciado..), alimentación eléctrica protegida, fijaciones y soportes, para montaje en posición mural-vertical, electrificable mediante resistencia eléctrica en el secundario, con protección catódica por ánodo de magnesio e indicador de su estado, totalmente instalado, conexionado y en correcto estado de funcionamiento, incluso pruebas.	1190	1190
1	u	<b>Fluido trabajo Escoglicol Plus FLD 160</b> Llenado del circuito primario del intercambiador (10 l) mediante un fluido no tóxico con efecto anticongelante e inhibidores anticorrosivos con protección de temperaturas hasta -27 °C, según DB HE-4 del CTE. Mezclado, vertido y comprobado en el circuito primario.	50	50
1	u	<b>Circulador COMFORT UP 15-14 BXU. GRUNDFOS</b> Circulador para circuitos de recirculación en instalaciones de agua caliente hasta 10 bar de presión y 110 °C de temperatura, con regulador para caudal 0-1.6 m3/h y 0-0.8 mca de presión, selector de tres velocidades y condensador incorporado, incluso juego de racores para conexión con la tubería, todo ello instalado conexionado y en correcto estado de funcionamiento.	106	106
1	u	<b>Vaso de expansión 5 SMF. Salvador Escoda</b> Vaso de expansión con marcado CE de 12 litros de capacidad, fabricado en acero inoxidable con membrana resistente al anticongelante y a altas temperaturas, para instalaciones de energía solar térmica, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento según DB HE-4 del CTE	32	32

1	u	<b>Centralita de regulación Salvador Escoda</b> Centralita multisistema con marcado CE, dispositivos visibles de funcionamiento, sistemas básicos de funcionamiento programables, contadores caloríficos, limitadores de temperatura y lectura digital de temperaturas, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento según DB HE-4 del CTE.	242	242
25	m	<b>Sistema de conexionado rápido solar Cu 10</b> Sistema de conexionado rápido en instalaciones de energía solar térmica para montaje interior y exterior. Incorpora cable para conexión de la sonda solar. Material aislante tipo AEROFLEX, caucho sintético de EPDM, ligero, flexible de celdas cerradas, libre de PVC y CFC. Resistencia a la temperatura hasta 125°C (en continuo) y brevemente 175°C (temperatura de parada de los colectores). Tubo de cobre según DIN EN 1057 con identificación, para evitar confusión, de impulsión/retorno., incluso garras de sujeción, totalmente instalada y comprobada	22	550
6	u	<b>Válvula de esfera de 18 mm</b> Válvula de esfera de 18 mm de latón niquelado, presión nominal 16 atm y paso total, totalmente instalada y comprobada.	8	48
1	u	<b>Válvula de seguridad circ prim-purg</b> Válvula de seguridad de resorte con cuerpo de latón, cromada y diamantada. Apta para instalaciones de ACS. Temperatura máxima de utilización 140°C y tarada a una presión de 6 bar. Totalmente instalada, comprobada y en correcto funcionamiento según DB HE-4 del CTE.	50	50
1	u	<b>Adaptador T salida ACS</b> Adaptador T para salida de ACS con marcado CE, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento.	7	7
2	u	<b>Valv retn rosc latón ø20mm</b> Válvula de retención roscada de latón, de 20 mm de diámetro nominal y presión nominal 16 atm, totalmente instalada y comprobada.	6	12

**TOTAL CAPÍTULO 1 .....3355€**