



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA  
ADAPTACIÓN DE UNA VIVIENDA EXISTENTE A  
EDIFICIO DE CONSUMO DE ENERGÍA NETA NULO  
MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES TECNOLOGÍAS  
DE ENERGÍAS RENOVABLES: APLICACIÓN A UNA  
VIVIENDA UNIFAMILIAR UBICADA EN FERNÁN NÚÑEZ  
(CÓRDOBA)

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Tecnología Energética para Desarrollo  
Sostenible

AUTOR/A: Núñez Moral, Elena

Tutor/a: Rodríguez Hernández, José Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# Máster Universitario en Tecnología Energética para Desarrollo Sostenible

AUTOR/A: Núñez Moral, Elena

Tutor/a: Rodríguez Hernández, José Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



## **RESUMEN**

En este Trabajo Fin de Máster (TFM) se realizará un estudio que contemple la rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar ubicada en Fernán Núñez (Córdoba) con el ánimo de pueda ser clasificado como edificio de consumo de energía neta nulo. La vivienda cuenta con 274 m<sup>2</sup> construidos, los cuales están distribuidos en tres plantas, una de ellas por debajo del nivel de rasante. El objetivo principal es cumplir con todos los indicadores energéticos expresados en el actual Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE), dando lugar en última instancia a una Calificación Energética alta. Para ello, se contemplarán medidas que afecten tanto a la envolvente térmica del edificio como a sus instalaciones térmicas, haciendo un barrido de las distintas posibilidades en cuanto a la utilización de Energías Renovables (EERR) se refiere. En un primer lugar, se realiza un estudio energético de la situación inicial del edificio previo a la implementación de medidas de mejora. Para ello, la vivienda se va a modelizar mediante la Herramienta Unificada LIDER/CALENER (HULC), software a partir del cual se irán implementando de forma individual las distintas mejoras consideradas, dando como resultado una estimación de ahorro energético por medida que, junto a su coste económico asociado, dará como resultado un plan priorizado de intervención sobre la vivienda, hasta finalmente conseguir de forma holgada el cumplimiento del CTE-HE. En relación con el uso de EERR para dar suministro a las distintas demandas energéticas de la vivienda, remarcar que se contemplarán instalaciones para: i) producción de agua caliente sanitaria (ACS) mediante energía solar (mediante el software CHEQ4); ii) producción de electricidad para autoconsumo con energía solar fotovoltaica (mediante el software PVsyst); y iii) sistema de climatización mediante bomba de calor geotérmica (mediante el software GEO2). Para cada una de ellas, se hará un estudio pormenorizado de la instalación, dando lugar a indicadores de rentabilidad tras la confrontación entre costes derivados de la mejora frente a ahorro energético.

**Palabras Clave:** Rehabilitación energética; Código Técnico de la Edificación (CTE); instalaciones; Herramienta Unificada LIDER/CALENER (HULC); ACS; Bomba de calor; geotermia; fotovoltaica.

# ÍNDICE

## DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFM

- Memoria
- Presupuesto
- Anexos

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVO.....	4
2. NORMATIVA SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA	
2.1. NORMATIVA DE LA UNIÓN EUROPEA.....	7
2.2. NORMATIVA DE ESPAÑA .....	9
2.3. HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER-CALENER (HULC).....	11
3. VIVIENDA OBJETO DE ESTUDIO	
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN INICIAL DE LA VIVIENDA .....	13
3.2. MODELIZACIÓN SITUACIÓN INICIAL DE LA VIVIENDA .....	25
4. PROPUESTAS DE MEJORA	
4.1. CUMPLIMIENTO CTE-HE1.....	33
ADICCIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO .....	34
MEJORA DE HUECOS .....	37
ADICCIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO + MEJORA DE HUECOS.....	38
4.2. CUMPLIMIENTO CTE-HE0.....	39
DEMANDA DE ACS .....	39
DEMANDA DE CLIMATIZACIÓN.....	42
DEMANDA DE ELECTRICIDAD.....	45
5. CONCLUSIONES	
6. BIBLIOGRAFÍA	

## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN
2. SATE
3. HUECOS

4. SISTEMA ACS
5. SISTEMA CLIMATIZACIÓN
6. SISTEMA FOTOVOLTAICO
7. PRESUPUESTO TOTAL

### Índice de figuras

Figura 1. Evolución del consumo de energía primaria global(bp, 2021). .....	1
Figura 2. Distribución porcentual del consumo de energía primaria mundial en 2020, por fuente de energía(bp, 2021).....	2
Figura 3. Distribución porcentual del consumo de energía primaria en España en 2020, por fuente energética(bp, 2021). .....	2
Figura 4. Evolución por sectores de las ktep de energía primaria(IEA, 2019).....	4
Figura 5. Gráfico de la radiación global mensual en Fernán Núñez. ....	46
Figura 6. Gráfico de la carga térmica del edificio para refrigeración.....	103
Figura 7. Gráfico de la carga térmica del edificio para climatización.....	103
Figura 8. Gráfico de la demanda mensual del edificio. ....	104

### Índice de tablas

Tabla 1. Consumo de energía final por sector en España 2019(IEA, 2019). ....	3
Tabla 2. Herramientas para el cálculo de la calificación. ....	10
Tabla 3. Superficie construida en el edificio. ....	15
Tabla 4. Distribución de planta sótano por superficie útil.....	16
Tabla 5. Distribución de planta baja por superficie útil. ....	17
Tabla 6. Distribución de planta uno por superficie útil. ....	18
Tabla 7. Consumos de los electrodomésticos. ....	21
Tabla 8. Valores recomendados de iluminación.....	21
Tabla 9. Número de luminaria según zona en sótano. ....	22
Tabla 10. Número de luminaria según zona en planta baja. ....	23
Tabla 11. Número de luminaria según zona en primera planta. ....	24
Tabla 12. Resumen de consumo de luminarias por planta. ....	24
Tabla 13. Características técnicas de la bomba de calor AGE0 50H. ....	43
Tabla 14. Parámetros eléctricos del módulo fotovoltaico. ....	48
Tabla 15. Datos mecánicos del módulo fotovoltaico. ....	48
Tabla 16. Datos del inversor.....	50
Tabla 17. Balance de resultados de la instalación fotovoltaica. ....	59
Tabla 18. Resumen de HE0 según la tecnología. ....	59
Tabla 19. Comparación de instalaciones individualmente y todas conjuntamente. ....	61
Tabla 20. Unidades de huecos y dimensiones. ....	86
Tabla 21. Resultados CHEQ4 de sistemas de energía auxiliar.....	98
Tabla 22. Demanda mensual del edificio. ....	104

### Índice de imágenes

Imagen 1. Ejemplo de geometría 3D de un edificio en HULC( <i>HERRAMIENTA UNIFICADA, Manual de Usuario, n.d.</i> ). ....	12
---	----

Imagen 2. Plano de la vivienda.....	14
Imagen 3. Distribución de planta sótano. ....	15
Imagen 4. Distribución de planta baja. ....	16
Imagen 5. Distribución de primera planta. ....	17
Imagen 6. Distribución de luminarias en planta baja. ....	23
Imagen 7. Distribución de luminarias en primera planta.....	24
Imagen 8. Cumplimiento de HE1, calidad de la envolvente térmica. ....	26
Imagen 9. Demanda anual de la vivienda. ....	27
Imagen 10. Cumplimiento HE0, verificación de límites. ....	28
Imagen 11. Resultados de demandas, consumos y emisiones. ....	29
Imagen 12. Indicador global de emisiones. ....	29
Imagen 13. Indicadores parciales de emisiones.....	30
Imagen 14. Indicador del consumo global de energía primaria no renovable. ....	30
Imagen 15. Indicador parcial del consumo de energía primaria no renovable.....	31
Imagen 16. Clasificación de la demanda de calefacción. ....	32
Imagen 17. Clasificación de la demanda de refrigeración.....	32
Imagen 18. Tabla CTE-HE1, valores límite de transmitancia.....	34
Imagen 19. Composición del SATE ( <i>Componentes de Un SATE - Artículos Técnicos SATE, n.d.</i> ).....	35
Imagen 20. Resultados de incorporar SATE. ....	36
Imagen 21. Resultados de mejorar los huecos.....	37
Imagen 22. Resultados al cambiar huecos.....	38
Imagen 23. Demanda anual de la vivienda. ....	38
Imagen 24. Plano de la vivienda con las dos cubiertas a distinto nivel.....	39
Imagen 25. Sistema de ACS ubicado en la cubierta. ....	41
Imagen 26. Valores mensuales de la producción de energía térmica con termosolar. ...	41
Imagen 27. Resultados en HULC al introducir la instalación termosolar. ....	41
Imagen 28. Gráfico de la demanda mensual del edificio. ....	42
Imagen 29. Introducción de la bomba de calor geotérmica en HULC. ....	44
Imagen 30. Resultado de HULC al introducir el sistema geotérmico. ....	44
Imagen 31. Consumo eléctrico de la vivienda horario. ....	45
Imagen 32. Distribución horaria de los consumos eléctricos de la vivienda, PVsyst. ...	46
Imagen 33. Esquema de la instalación fotovoltaica, PVsyst. ....	47
Imagen 34. Sistema de fijación para cubiertas planas. ....	49
Imagen 35. Sistema fotovoltaico ubicado en la cubierta. ....	49
Imagen 36. Elección de canalizaciones, según UNE 61537:2007 y ITC-BT-20. ....	51
Imagen 37. Situación de las canalizaciones, según ITC-BT-20.....	51
Imagen 38. AISCAN-BMPI-1030(JCarlos, n.d.). ....	52
Imagen 41. Interruptor diferencial Revalco( <i>Diferencial 4P 63A 30mA REVALCO RV31 A, n.d.</i> ).....	53
Imagen 42. Interruptor automático general( <i>Interruptor En Carga NG160 NA - 160 A -4 Polos - Schneider - 28267   One-Elec.Com, n.d.</i> ).....	55
Imagen 43. Descargador de sobretensiones tipo 2, Citel( <i>Descargador de Sobretensión PV - Tipo 2 Con Tecnología VG, n.d.</i> ).....	56
Imagen 44. Fusible gPV de DPElectric( <i>491629 En POWERALIA, n.d.</i> ).....	56
Imagen 45. Interruptor magnetotérmico de Schneider( <i>C120H 4P 80A D 15000A 415V MINIATURE CIR SCHNEIDER ELECTRIC A9N18523, n.d.</i> ).....	56
Imagen 46. Cuadro general seleccionado 5271 / 5271PF(5271   <i>Cajas de Distribución de Superficie   Arelos   Envolventes   Solera, n.d.</i> ).....	58
Imagen 47. Instalación fotovoltaica, HULC.....	59

Imagen 48. Resultados en HULC al introducir la instalación fotovoltaica. ....	59
Imagen 49. Resultados HE0 con todos los sistemas.....	60
Imagen 50. Resultados de demandas, consumos y emisiones, todos los sistemas. ....	61
Imagen 51. Zona climática según CTE. ....	80
Imagen 52. Caudales mínimos para ventilación del caudal constante en locales habitables. ....	81
Imagen 53. Datos administrativos. ....	81
Imagen 54. Datos generales. ....	82
Imagen 55. Composición del cerramiento cimentación. ....	82
Imagen 56. Composición del cerramiento cubiertas. ....	83
Imagen 57. Composición del cerramiento estructura horizontal. ....	83
Imagen 58. Composición del cerramiento cerramientos. ....	84
Imagen 59. Composición del cerramiento estructura portante. ....	85
Imagen 60. Composición del cerramiento particiones interiores. ....	85
Imagen 61. Características de las ventanas. ....	87
Imagen 62. Características de la puerta. ....	87
Imagen 63. Plano de la vivienda superior.....	88
Imagen 64. Alzado de la vivienda. ....	88
Imagen 65. Plano de la vivienda otras perspectivas_1.....	89
Imagen 66. Plano de la vivienda otras perspectivas_2.....	89
Imagen 67. Sistema de climatización. ....	90
Imagen 68. Sistema de climatización propiedades básicas. ....	90
Imagen 69. Sistema de climatización boca de impulsión. ....	90
Imagen 70. Sistema de ACS. ....	90
Imagen 71. Sistema de ACS con termoeléctrico. ....	91
Imagen 72. Sistema de ACS propiedades básicas. ....	91
Imagen 73. Características técnicas de la unidad de climatización. ....	91
Imagen 74. Características técnicas del termoeléctrico.....	92
Imagen 75. Composición del cerramiento cimentación tras agregar aislante. ....	93
Imagen 76. Composición del cerramiento cubiertas tras agregar aislante.....	94
Imagen 77. Composición del cerramiento estructura portante tras agregar aislante. ....	94
Imagen 78. Composición del cerramiento cerramientos tras agregar aislante. ....	95
Imagen 79. Modificación del grupo de vidrio y marco. ....	95
Imagen 80. Tabla extraída del anejo F, demanda de referencia de ACS.....	97
Imagen 81. Características según el tipo de suelo. ....	102
Imagen 82. Bomba de calor, AGE0 50H. ....	105
Imagen 83. Tabla resistencia del suelo. ....	107
Imagen 84. Distancia entre paneles. ....	114
Imagen 85. Extracto de tabla ejemplos de métodos de instalación proporcionando las indicaciones para determinar las corrientes admisibles de la norma UNE-HD 60364-5-52. ....	115
Imagen 86. Extracto de factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30°C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en el aire. ....	116
Imagen 87. Extracto de factores de reducción para grupos de varios circuitos o de varios cables unipolares.....	116
Imagen 88. Extracto de corrientes admisibles en amperios tabla C.52.1 de UNE-HD 60364-5-52.....	117
Imagen 89. Extracto de tabla ejemplos de métodos de instalación proporcionando las indicaciones para determinar las corrientes admisibles de la norma UNE-HD 60364-5-52. ....	118

Imagen 90. Extracto de corrientes admisibles en amperios tabla C.52.1. de UNE-HD  
60364-5-52..... 119

## **GLOSARIO**

ACS: Agua Caliente Sanitaria.  
ASIT: Asociación Solar de la Industria Térmica.  
CTE: Código Técnico de la Edificación.  
DB HE: Documento Básico de Ahorro de Energía.  
EPS: Poliestireno expandido.  
GEI: Gases de efecto invernadero.  
HE: Exigencias básicas de ahorro de energía.  
HR: Exigencias básicas de protección frente al ruido.  
HS: Exigencias básicas de salubridad.  
HULC: Herramienta Unificada Lider-Calener.  
IDAE: Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía.  
MW: Lana mineral.  
PAE4+: Plan de acción de ahorro y eficiencia energética.  
PF: Espuma Fenólica.  
PU: Poliuretano.  
RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas.  
SATE: Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior.  
SE: Exigencias básicas de seguridad estructural.  
SI: Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.  
SUA: Exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad.  
TIR: Tasa interna de retorno.  
UE: Unión europea.  
VAN: Valor actual neto.  
VEEI: Valor de límite de la eficiencia energética de la instalación.  
XPS: Poliestireno extruido.

# **MEMORIA**

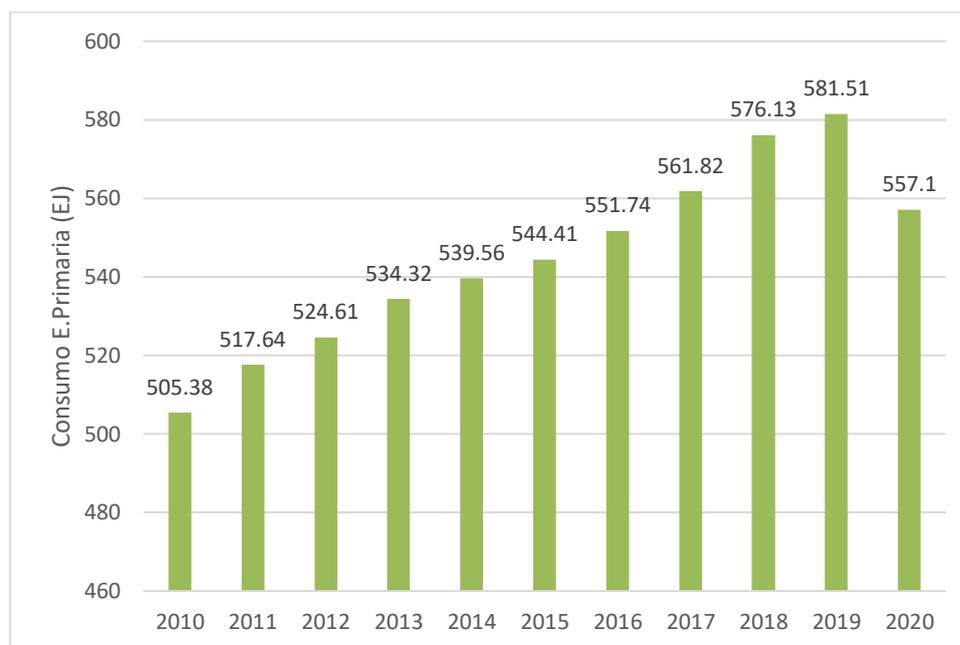


# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES

La energía actualmente es un problema muy importante para un gran número de países, debido a que su consumo está aumentando gradualmente como se puede observar en el gráfico siguiente a lo largo de los años hasta 2019. Sin embargo, esta evolución se ha visto frenada por la emergencia sanitaria que estamos atravesando, aunque se volverá al patrón anterior una vez se recupere esta situación (*Energías Renovables. Lo Que Hay Que Saber* - ROLDÁN VILORIA, JOSÉ - Google Libros, n.d.).

**Figura 1. Evolución del consumo de energía primaria global (bp, 2021).**

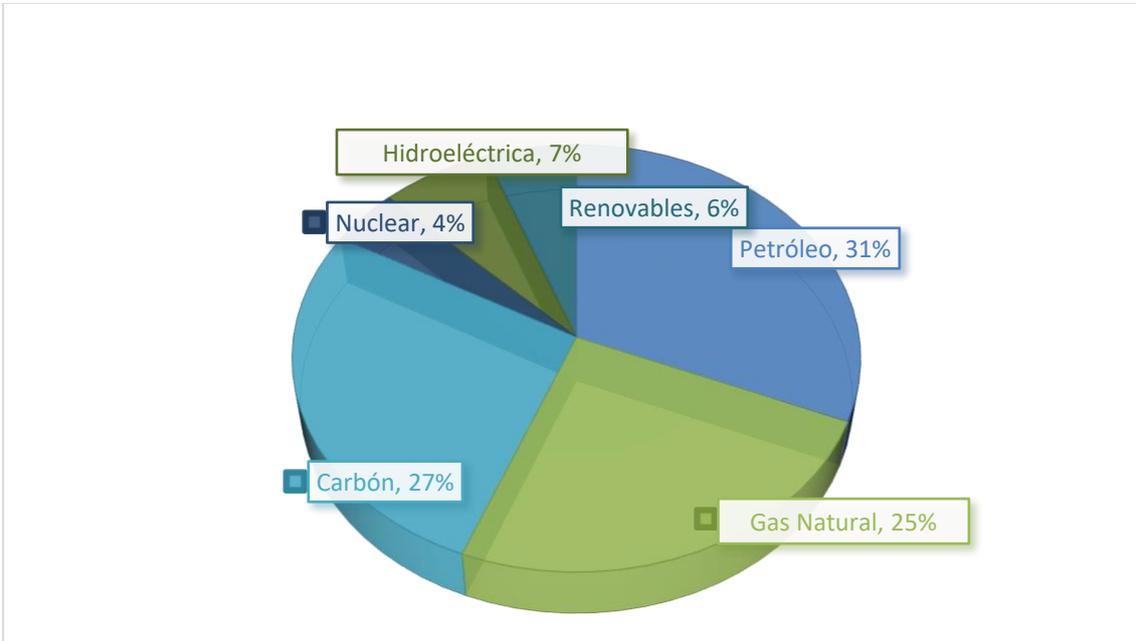


Esta nueva realidad geopolítica y del mercado energético está acelerando, aún más, la transición energética hacia una energía limpia, y aumentando la independencia energética de Europa frente a los combustibles fósiles.

Un 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero son procedentes del consumo de energía. Como consecuencia de esto la energía es uno de los principales desafíos en la actualidad a nivel mundial, por tanto, hay objetivos globales que se pretenden conseguir, los cuales son seguridad de suministro, competitividad y sostenibilidad ambiental. Anteriormente era posible atacar los problemas referentes a la seguridad de suministro y la competitividad de manera independiente en cada país. Sin embargo, el impacto ambiental ha modificado esta situación, ya que las emisiones de

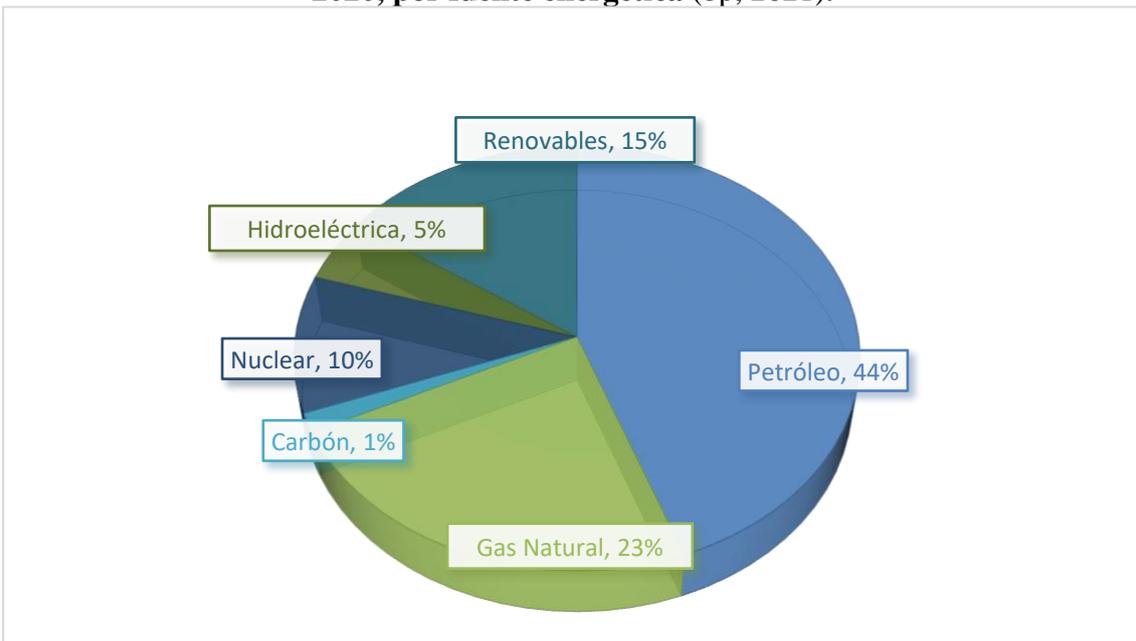
GEI tienen unos efectos globales, por lo que se debe trabajar en este tema de forma conjunta con todos los países, principalmente los que más consumen.

**Figura 2. Distribución porcentual del consumo de energía primaria mundial en 2020, por fuente de energía (bp, 2021).**



De forma similar al patrón que se rige en el mundo, el consumo energético español principalmente proviene de productos petrolíferos. En concreto entorno al 44% del consumo de energía primaria en España en el año 2020 se estimó que se originaba de productos petrolíferos, seguido del gas natural con un 23% del consumo.

**Figura 3. Distribución porcentual del consumo de energía primaria en España en 2020, por fuente energética (bp, 2021).**



Para conseguir las fuentes de energía fósiles es necesaria su importación, ya que España carece de estos productos, haciendo a España un país dependiente energéticamente. La dependencia en España se encuentra en torno al 75% - 80%, siendo esta muy superior a la media europea del 54%. Nuestro grado de abastecimiento se sitúa en un 20%, esto tiene como consecuencia que aumente nuestra vulnerabilidad respecto a las fluctuaciones en los costes internacionales, y a las discontinuidades ocasionales en el suministro que se puedan producir (IDAE, 2016).

El Pacto Verde Europeo pretende superar el reto climático mediante la descarbonización energética a efectos del 2050. El camino hacia la descarbonización energética consiste en la reducción de los GEI entre un 80% y un 95% que se conseguirá a partir de un modelo en el que el vector energético se cambie por otros de menor emisión, la generación eléctrica esté basada en renovables y por último el establecimiento de medidas de eficiencia energética reduciendo intensidad de energía final. Con este modelo se reduciría la consumición de combustibles fósiles y con ello la dependencia energética (Comisión Europea, 2019; Deloitte, n.d.; *La Eficiencia Energética | Fichas Temáticas Sobre La Unión Europea | Parlamento Europeo*, n.d.).

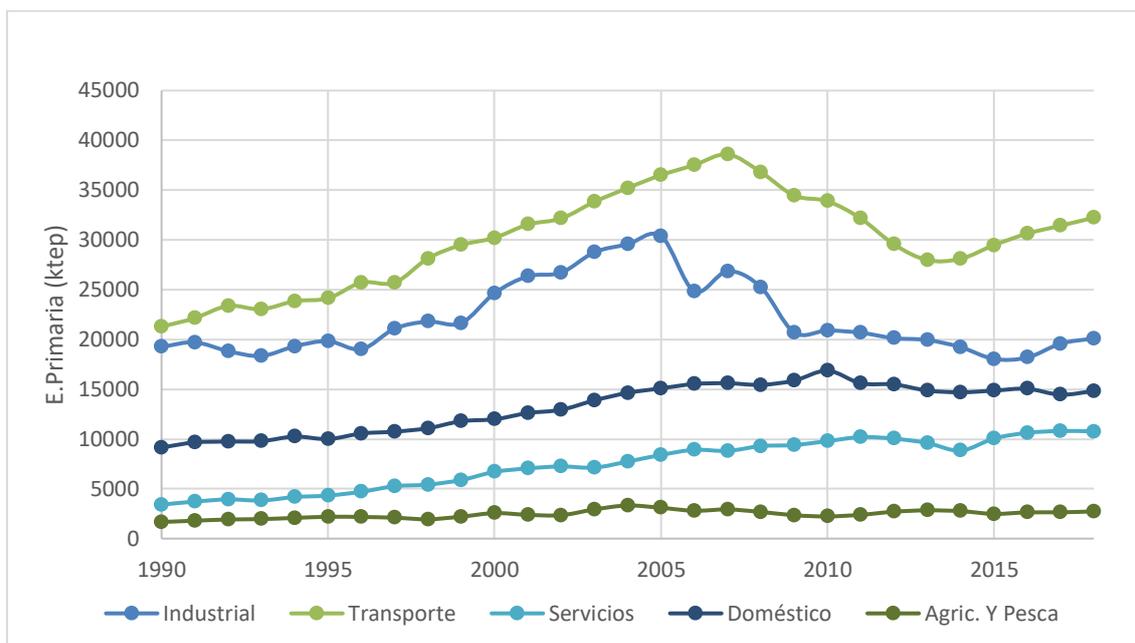
Hablando de los sectores, en los años setenta se establecieron una serie de medidas de ahorro la cuales han hecho junto con mejoras de los procesos industriales que el sector industrial actualmente haya pasado a segundo plano en lo relacionado a la consumición de energía final y se sitúa el sector transporte el primer puesto en este ranking.

**Tabla 1. Consumo de energía final por sector en España 2019 (IEA, 2019).**

Sector	Consumo de energía final en España (%)
<b>Transporte</b>	40,82
<b>Industrial</b>	24,66
<b>Doméstico</b>	18,19
<b>Servicios</b>	12,71
<b>Agricultura, pesca y otros</b>	3,61

En España la evolución del ritmo de crecimiento que presentan los sectores tiende a aumentar, siendo el sector servicios el que más varia, seguido del sector doméstico y de agricultura y pesca.

**Figura 4. Evolución por sectores de las ktep de energía primaria (IEA, 2019).**



En concreto, en lo referente al consumo energético global del país el sector de la edificación tiene una incidencia notable. En Europa sobre el 35% de los edificios tienen más de 50 años, esto hace que el consumo energético de los edificios sea un 40% y el 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En particular, en España hay un total de 25,7 millones de viviendas aproximadamente que forman el sector inmobiliario del país, de los cuales entre el 50% y el 75% fueron construidos antes de el año 1979 en el que se estableció la primera directiva europea sobre eficiencia energética, y sobre el 92% antes del 2006, año en el que entró en vigor del Código Técnico de la Edificación (*Vivienda: Más de 10 Millones de Viviendas Esperan El Dinero Europeo Para Su Rehabilitación | Economía | Cinco Días*, n.d.). Como consecuencia de ello hay un total de más de 10 millones de inmuebles que se encuentran en una situación de rehabilitación. Esto conlleva un posible escenario de actuación mediante las reformas de edificios y sistemas de energía.

## 1.2. OBJETIVO

Este proyecto presenta el objetivo de desarrollar un estudio del punto de partida energético de una vivienda unifamiliar ubicada en Fernán Núñez, Córdoba. Con este objetivo se emplea la Herramienta Unificada Lider-Calener, software reconocido por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y que es empleado en España para:

1. Justificar el cumplimiento del presente Documento Básico de Ahorro de Energía.
2. Realizar certificaciones energéticas de edificios.

Una vez conocida la situación energética inicial de la vivienda se procederá a cumplir con el CTE y a realizar un estudio de cuales son las mejores medidas de eficiencia energética que se podrán implementar. Para ello se hará uso de los siguientes softwares:

- CHEQ 4, ha sido creado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía y la Asociación Solar de la Industria Térmica con el objetivo de ayudar con la validación del cumplimiento de la contribución solar mínima que se encuentra definida en la sección HE4 incluida en DB HE del CTE (*CHEQ4*, n.d.).
- GEO2, programa en el que se calcula el sistema de geotermia. El software dimensiona los distintos parámetros que intervienen en el sistema, para diferentes diseños de intercambiador enterrado. Ha sido creado por CIAT junto con la Universidad Politécnica de Valencia (*CIAT - Actualidad : CIAT Participa En Una Jornada Sobre Hibridación de Energías Renovables En La Edificación*, n.d.).
- CLIMA, se trata de un software de simulación térmica del edificio con el cual se determina la máxima carga térmica (invierno y verano) del edificio (UPV Universitat Politècnica de València, 2020).
- PVsyst, herramienta de diseño de sistemas fotovoltaicos.

Finalmente se concluye con el análisis técnico económico de todas las situaciones posibles de mejora.



# **CAPÍTULO 2. NORMATIVA SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Las normas que rigen el actual proyecto se indican a continuación:

- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética.
- Directiva 2018/844/UE por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE y la Directiva 2012/27/UE.
- Directiva 2018/2002/UE, relativa a la eficiencia energética.
- Real Decreto 235/2013, por el que se aprueba la Certificación Energética de los edificios.
- Real Decreto 1027/2007, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas.
- Real Decreto 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- CTE DB-HE 2019, Documento Básico HE Ahorro de Energía.

## **2.1. NORMATIVA DE LA UNIÓN EUROPEA**

En la Unión Europea las políticas energéticas están diseñadas con un objetivo claro, el de fomentar el avance de la sociedad y están instauradas con el fin de conseguir un mercado de la energía competitivo y asequible, certeza de suministro energético y sostenibilidad del sector energético (Parlamento Europeo, 2021).

La Unión Europea promueve el desarrollo europeo hacia una sociedad de consumo eficiente con bajas emisiones de GEI y renueva su normativa constantemente para hacer real la transición hacia las energías renovables y limpias. Este proceso conlleva un gran número de beneficios tanto para el planeta, como para el desarrollo social y tecnológico del país (*Energía*, n.d.).

Debido a que cada vez era más relevante la reducción del consumo y el despilfarro energético para la Unión Europea. En 2007 el Consejo Europeo aprobó un plan energético de la Directiva 2012/27/UE que estableció los siguientes objetivos en todos los Estados miembros para 2020:

- Disminuir el consumo energético en un 20% a partir de mejoras en la eficiencia energética.
- Disminuir un 20% las emisiones de GEI en comparación a los niveles de 1990.
- Incrementar en un 20% la participación de las fuentes de energías renovables en el consumo energético.

Posteriormente se propuso el nuevo horizonte para 2030, en el que se propuso una meta del aumento de eficiencia energética en un 30%. A su vez la expectativa para 2050 es la reducción de emisiones de GEI entre un 80% y un 90% respecto al nivel de 1990, a través del cambio del vector energético, el uso de energías renovables y el establecimiento de medidas de eficiencia energética las cuales conlleven la reducción de la intensidad de la energía final, como se ha mencionado anteriormente (Deloitte, n.d.).

La directiva europea 2010/31/UE promueve la eficiencia energética de los edificios, para ello tiene en cuenta las condiciones climáticas exteriores y singularidades locales, también las exigencias ambientales interiores y la rentabilidad en términos de coste-eficiencia. Esta directiva fue modificada en 2018 (2018/844/UE) y junto con la Directiva 2018/2002/UE relativa a la eficiencia energética, tienen como objetivo que el parque inmobiliario presente en todos los Estados miembro cuente con una alta eficiencia energética y sea descarbonizado antes de 2050 y con ello lograr los objetivos mencionados anteriormente relacionados con la eficiencia y los GEI (*La Eficiencia Energética | Fichas Temáticas Sobre La Unión Europea | Parlamento Europeo*, n.d.).

La directiva europea 2010/31/UE cita: *“Todos los estados miembro deberán tomar medidas para que a partir de 2020 todos los edificios de nueva planta sean de consumo de energía casi nulo (2018 en el caso de edificios públicos).”*

Un edificio de consumo de energía casi nulo es definido en la Directiva 2010/31/UE como: *“Edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto. La cantidad casi nula o muy baja de energía debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”*(Parlamento Europeo y Consejo, 2010).

Los requisitos establecidos por la Directiva son los siguientes:

- Establecer una normativa común genérica del proceso a realizar para el cálculo de la eficiencia energética del inmueble o parte de este.
- Establecer unos requerimientos mínimos de eficiencia energética de nuevos inmuebles o partes de este.
- Requisitos mínimos de eficiencia energética de:
  - Reformas considerables de inmuebles o elementos de estos.
  - Al actuar sobre elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio y esto conlleve un cambio importante sobre la eficiencia energética de la envolvente cuando se realice la modificación o se sustituya.
  - Mejora, sustitución o instalación de instalaciones técnicas de los edificios.
- Planes nacionales que tiene la finalidad de aumentar la cantidad de edificios de consumo de energía casi nulo.
- Realización de la certificación energética de los edificios o partes de este edificio.
- Realización de un reconocimiento regular de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado de edificios.
- Sistemas de control autónomo respecto a los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección (Parlamento Europeo y Consejo, 2010).

La Directiva modificada sobre la eficiencia energética de los edificios 2018/844/UE introdujo estrategias de renovación a largo plazo:

- Nuevas estrategias de cada miembro de la Unión Europea que deben establecerse para renovar el sector de la edificación, tanto públicos como privados, y así lograr el plan energético de 2050.
- Transformar los edificios en «edificios de consumo de energía casi nulo».
- Se apoya la actualización de todos los edificios con tecnologías inteligentes (*La Eficiencia Energética / Fichas Temáticas Sobre La Unión Europea / Parlamento Europeo*, n.d.).

## 2.2. NORMATIVA DE ESPAÑA

Con el objetivo de satisfacer los acuerdos del Protocolo de Kioto, fue elaborado la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia Horizonte 2012 por el gobierno. Esta estrategia pretendía propulsar el uso de las energías renovables, el desarrollo económico y la defensa del medio ambiente, para ello se actúa principalmente en el sector energético y el transporte reduciendo los gases de efecto invernadero.

Una de las líneas que ha elaborado el Gobierno de España es la Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012, más conocida como E4. En el Plan de acción de ahorro y eficiencia energética para el periodo 2008-2012 (PAE4+) se incluyen las medidas para los principales sectores consumidores de energía, es decir, para el sector transporte, el sector de la edificación y el sector servicios. El sector en el cual se puede producir un mayor potencial de ahorro energético y de emisiones de CO<sub>2</sub> es el sector transporte.

Tras las directivas europeas citadas anteriormente en España se instauran una serie de reglamentos con las cuales los edificios cumplen con los requerimientos esenciales de seguridad y habitabilidad y a su vez impulsan la reducción de la demanda de energía del edificio, así como de las instalaciones consumidoras de energía.

- Certificación Energética de los edificios, aprobado por Real Decreto 235/2013.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas, aprobado por Real Decreto 1027/2007.
- Documento Básico Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006(IDAE, 2017).

### Certificación de Eficiencia Energética de Edificios

A través de esta certificación al edificio estudiado se determina una calificación energética según varios aspectos que afectan a la demanda de energía, como la calidad de sus instalaciones de consumo de energía, y de sus características constructivas (aislamiento, puentes térmicos, cerramientos...).

La clasificación está diseñada a través de varias letras que estiman el grado de eficiencia del edificio, siendo la letra G la que representa el edificio de menor eficiencia y la A el de mayor eficiencia. El grado de eficiencia se calcula según el valor del consumo de energía necesario para satisfacer la demanda energética del edificio, cuando el edificio se encuentra en condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

Hay una serie de herramientas a través de las cuales es posible realizar este cálculo:

**Tabla 2. Herramientas para el cálculo de la calificación.**

	HULC	CE3	CE3X	CERMA
<b>Vivienda existente</b>	X	X	X	X
<b>Vivienda nueva construcción</b>	X			X
<b>Terciario existente</b>	X	X	X	
<b>Terciario nueva construcción</b>	X			

#### Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE)

A través de este reglamento se establecen en las instalaciones de calefacción, climatización y producción de ACS, las cuales se dedican a satisfacer el confort térmico e higiénico, las exigencias mínimas que deben presentar estas instalaciones en materia de la eficiencia energética (Reglamento de Instalaciones Térmicas de Los Edificios, 2013).

#### Código Técnico de la Edificación (CTE)

Este código fija en los edificios y sus instalaciones unos mínimos requerimientos básicos de calidad que deben satisfacer, referente a iluminación, aislamiento, instalaciones de energía solar, térmica y fotovoltaica, con el fin de disminuir el consumo de energía de los edificios, y para que una parte de este consumo proceda de fuentes limpias.

Los requerimientos que se exigen respecto a la seguridad y habitabilidad de los edificios establecidos en la LOE se recogen en el CTE.

Los documentos básicos son los siguientes:

- Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)
- Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)
- Exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad (SUA)
- Exigencias básicas de salubridad (HS)
- Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR)
- Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

Cuando se realizan una nueva edificación o se realizan cambios considerables en una construcción existente las exigencias a las que se deben ceñir sobre eficiencia energética y energías renovables, las cuales se encuentran recogidas en el documento mencionado. (*Código Técnico de La Edificación / Idae, n.d.*).

El Documento Básico de ahorro de Energía presenta la siguiente estructura tras su última reforma:

- Exigencia básica HE0: *“Limitación del consumo energético. El consumo energético de los edificios se limita en función de la zona climática de invierno de su ubicación, del uso previsto del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención (Ministerio de Transportes, 2022)”*.
- Exigencia básica HE1: *“Condiciones para el control de la demanda energética. Los edificios dispondrán de una envolvente térmica de características tales que limite las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico en función de la zona climática de su ubicación, del régimen de verano y de invierno, del uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, del alcance de la intervención. Las características de los elementos de la envolvente térmica en función de su zona climática serán tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables. Así mismo, las características de las particiones interiores limitarán la transferencia de calor entre unidades de uso, y entre las unidades de uso y las zonas comunes del edificio. Se limitarán los riesgos debidos a procesos que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la envolvente térmica, tales como las condensaciones (Ministerio de Transportes, 2022)”*.
- Exigencia básica HE2: *“Condiciones de las instalaciones térmicas. Las instalaciones térmicas de las que dispongan los edificios serán apropiadas para lograr el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio (Ministerio de Transportes, 2022)”*.
- Exigencia básica HE3: *“Condiciones de las instalaciones de iluminación. No aplica al sector residencial (Ministerio de Transportes, 2022)”*.
- Exigencia básica HE4: *“Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria. Los edificios satisfarán sus necesidades de ACS y de climatización de piscina cubierta empleando en gran medida energía procedente de fuentes renovables o procesos de cogeneración renovables; bien generada en el propio edificio o bien a través de la conexión a un sistema urbano de calefacción (Ministerio de Transportes, 2022)”*.
- Exigencia básica HE5: *“Generación mínima de energía eléctrica. En los edificios con elevado consumo de energía eléctrica se incorporarán sistemas de generación de energía eléctrica procedente de fuentes renovables para uso propio o suministro a la red (Ministerio de Transportes, 2022)”*.

### **2.3. HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER-CALENER (HULC)**

La justificación del cumplimiento de la normativa del CTE DB-HE 2019 y la emisión de un informe de Certificación energética se consigue a través de la Herramienta Unificada Lider-Calener.

No es necesario utilizar HULC para redactar el documento que verifique el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación ni para realizar los cálculos que comprueben su verificación, sino que se puede utilizar cualquier herramienta siempre que emita la justificación de todo lo necesario, sigan la metodología para el cálculo de este que está recogido en el DB-HE 2019 y en el documento reconocido condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios y este firmado por el técnico responsable. Sin

embargo, debe estar inscritos en el Registro General y tratarse de documentos reconocidos los procedimientos para la calificación de eficiencia energética de un edificio.

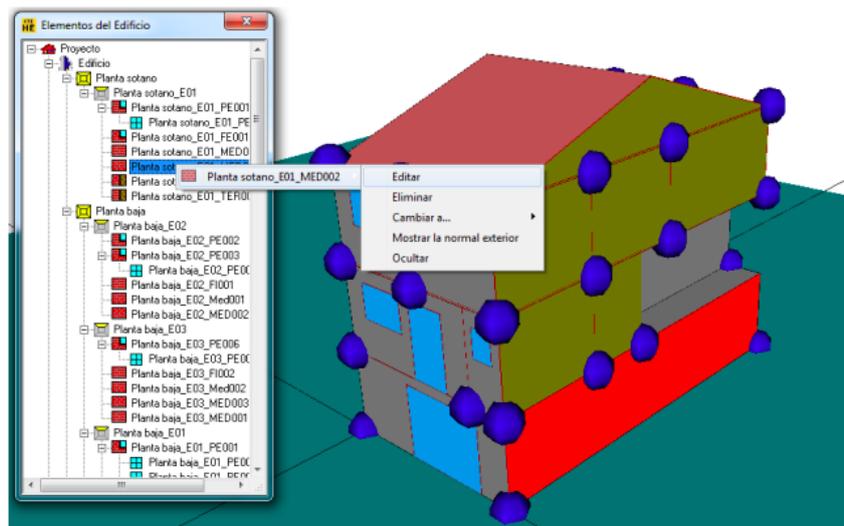
El software comprueba los siguientes apartados del DB-HE 2019 (Ministerio de Fomento y AICIA, 2013):

- 3.1 y 3.2 de la sección HE0.
- 3.1.1.3, 3.1.1.4, 3.1.2 y 3.1.3.3 de la sección HE1.
- 3.1 de la sección HE4.
- 3.1 de la sección HE5.

Por lo tanto, la Herramienta Unificada Lider-Calener es empleada para el cálculo del consumo energético y de la demanda energética y para la Certificación energética de Edificios.

El procedimiento de HULC es definir un edificio creando una representación 3D de este, en la cual se definen la construcción y la geometría del edificio.

**Imagen 1. Ejemplo de geometría 3D de un edificio en HULC(HERRAMIENTA UNIFICADA, Manual de Usuario, n.d.).**



# **CAPÍTULO 3. VIVIENDA OBJETO DE ESTUDIO**

## **3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN INICIAL DE LA VIVIENDA**

A continuación, se describe en detalle el punto de partida en el que se encuentra la vivienda objeto de estudio. En este apartado se realiza una recopilación de datos con el fin de conocer y modelar el edificio, para así obtener la situación energética inicial del edificio. Se procederá a definir el año de construcción, su ubicación, orientación, distribución y los elementos constructivos de los que se forma.

### Año de construcción

El año de construcción de la vivienda fue 2019, posteriormente se ha realizado una reforma que ha sido superior al 25% del tamaño de la vivienda, con el fin de modelar una vivienda con una mejor situación energética. Esto ha sido posible con la introducción de mejoras constructivas y de instalaciones eficiente y con un menor impacto ambiental.

### Ubicación del edificio

El edificio está ubicado en la calle Juan Mañas Cortés, Fernán Núñez, Córdoba, Andalucía.

Sus coordenadas geográficas son:

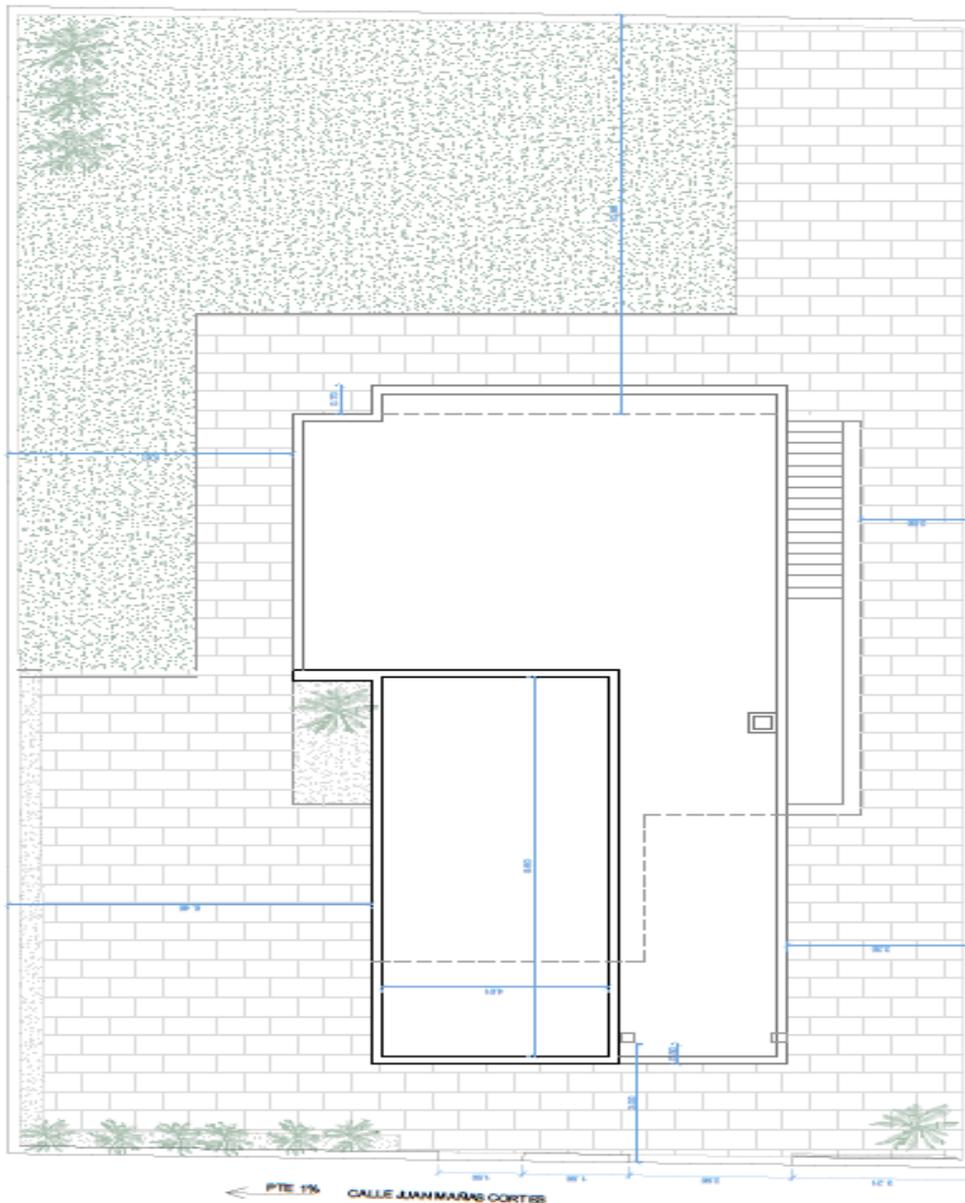
- Latitud: 37, 67°
- Longitud: - 4, 72°

### Orientación

La vivienda a analizar presenta una orientación sur.

A continuación, se presenta una imagen del plano de la vivienda, para una mejor interpretación de esta.

**Imagen 2. Plano de la vivienda.**



### Distribución de la vivienda

Se trata de una vivienda unifamiliar aislada que está compuesta por tres plantas. Una de estas plantas está bajo rasante y las dos restantes sobre rasante.

La parcela presenta una superficie total construida de 273,89 m<sup>2</sup>, la cual se encuentra distribuida de la siguiente forma: 132,40 m<sup>2</sup> de superficie construida de la planta del sótano, de la planta baja unos 97,03 m<sup>2</sup> de superficie construida y finalmente 44,55 m<sup>2</sup> de superficie construida de la primera planta.

**Tabla 3. Superficie construida en el edificio.**

Planta	m <sup>2</sup>
Sótano	132,40
Planta baja	97,03
Primera planta	44,55
Total	273,89

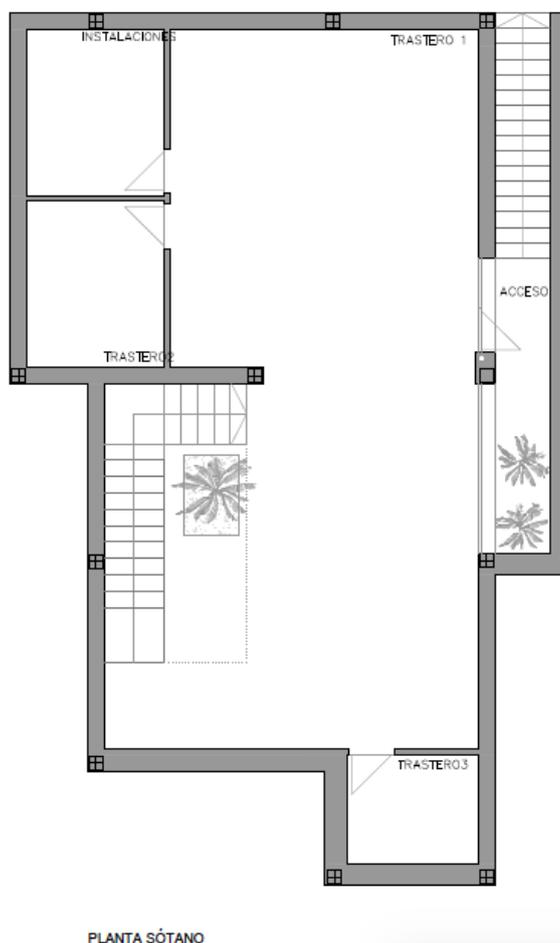
Sin embargo, la superficie construida no coincide con la superficie útil o acondicionada de la vivienda, ya que la zona acondicionada se distribuye en la planta baja y primera planta.

Plano de distribución en planta de la vivienda

A continuación, se muestra un plano de la distribución de cada planta y a su vez la superficie que ocupa cada uno de sus espacios.

- Distribución de planta sótano: Esta planta está dividida en 5 zonas, todos ellos destinados a trasteros y sala de instalaciones por lo que no está acondicionado.

**Imagen 3. Distribución de planta sótano.**

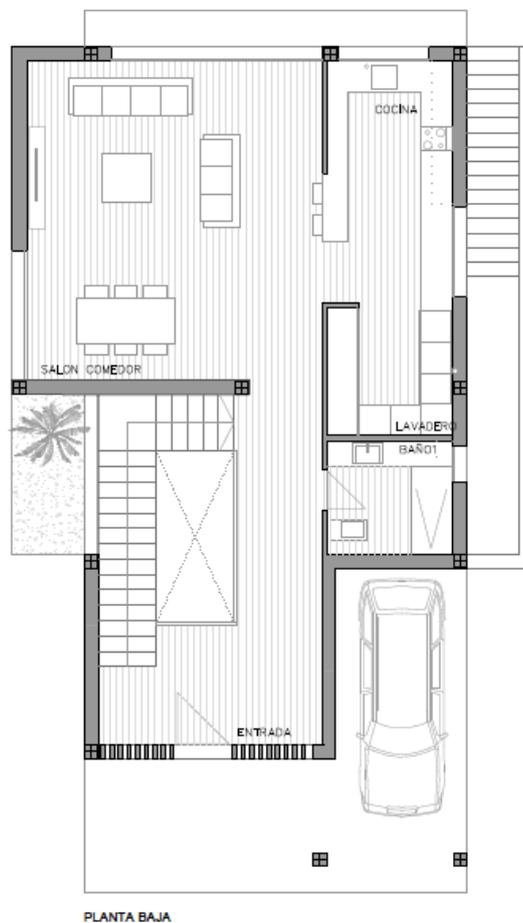


**Tabla 4. Distribución de planta sótano por superficie útil.**

Zona	m <sup>2</sup>
Trastero 1	75,95
Trastero 2	7,60
Trastero 3	4,80
Sala de instalaciones	7,60
Acceso	6,50

- Distribución de planta baja: Esta planta está dividida en 5 espacios, la entrada, un baño, una cocina, un salón – comedor y un lavadero, su distribución se muestra en la siguiente figura y las dimensiones de cada espacio en la próxima tabla.

**Imagen 4. Distribución de planta baja.**

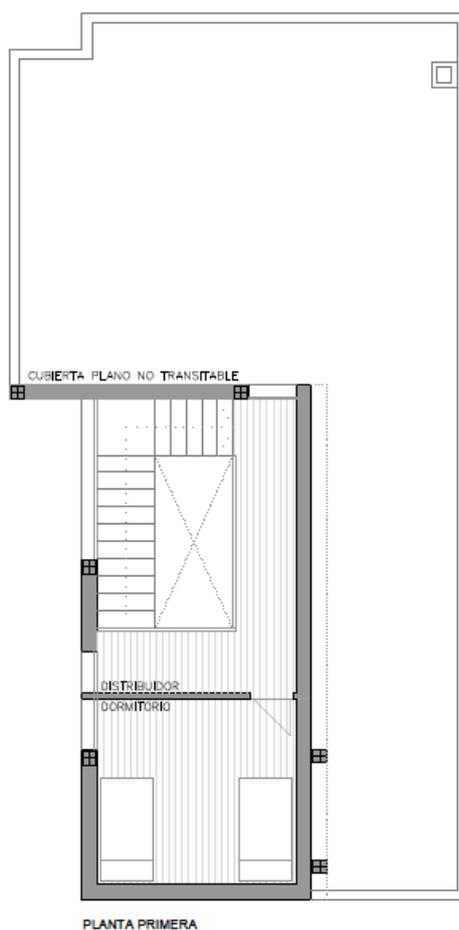


**Tabla 5. Distribución de planta baja por superficie útil.**

Zona	m <sup>2</sup>
<b>Entrada</b>	16,18
<b>Baño 1</b>	5,28
<b>Cocina</b>	11,20
<b>Salón - comedor</b>	35,35
<b>Lavadero</b>	6,00

- Distribución de la primera planta: Esta planta se encuentra dividida en dos zonas, el distribuidor y el dormitorio, se observa en la siguiente figura y su superficie útil en la siguiente tabla.

**Imagen 5. Distribución de primera planta.**



**Tabla 6. Distribución de planta uno por superficie útil.**

Zona	m <sup>2</sup>
<b>Distribuidor</b>	9,80
<b>Dormitorio</b>	13,73

Un dato importante a señalar es la zona climática de la vivienda, la cual se obtiene según la zona geográfica en la que está ubicada, es importante ya que según el valor asignado a ese lugar el CTE presenta unos límites a cumplir más o menos restrictivos.

En concreto, en nuestro edificio ubicado en Fernán Núñez, Córdoba, con una altitud sobre el nivel del mar de 314 m, la zona climática correspondiente es C4, obtenida del anexo B sobre zonas climáticas del documento básico HE ahorro de energía. En el ANEXO I se encuentra la tabla a partir de la cual se ha obtenido este valor.

#### Elementos constructivos

- Cimentación, se trata de un elemento horizontal, el cual se encuentra en contacto con el terreno. Presenta la siguiente composición de exterior hacia interior:
  - Arena y grava [ $1700 < d < 2200$ ], 20 cm de espesor.
  - Polietileno baja densidad, 1 cm de espesor.
  - Hormigón en masa  $2000 < d < 2300$ , 10 cm de espesor.
  - Hormigón armado  $2300 < d < 2500$ , 60 cm de espesor.
  - Mortero de cemento o cal para albañilería, 1 cm de espesor.
  - Gres cuarzo  $2600 < d < 2800$ , 10 cm de espesor.
- Estructura portante, se trata de un elemento vertical, el cual se encuentra en contacto con el terreno. Presenta la siguiente composición de exterior hacia interior:
  - Polietileno alta densidad, 2 cm de espesor.
  - Polietileno baja densidad, 1 cm de espesor.
  - Hormigón armado  $2300 < d < 2500$ , 30 cm de espesor.
  - Tabicón de LH doble [ $60 \text{ mm} < E < 90 \text{ mm}$ ], 7 cm de espesor.
  - Enlucido de yeso  $1000 < d < 1300$ , 1 cm de espesor.
- Estructura horizontal, se trata de un elemento horizontal, el cual separa los espacios de cada planta. Presenta la siguiente composición de exterior hacia interior:
  - FR Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm, 25 cm de espesor
  - Hormigón con áridos ligeros  $1600 < d < 1800$ , 5 cm de espesor.
  - Mortero de cemento o cal para albañilería, 1 cm de espesor.
  - Gres cuarzo  $2600 < d < 2800$ , 10 cm de espesor.
- Cerramientos, se trata de un elemento vertical, el cual se encuentra en contacto con el exterior. Presenta la siguiente composición de exterior hacia interior:
  - Mortero de cemento o cal para albañilería, 2 cm de espesor.
  - Tabicón de LH triple [ $100 \text{ mm} < E < 110 \text{ mm}$ ], 10 cm de espesor.

- EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]], 4 cm de espesor.
  - Cámara de aire ligeramente ventilada vertical, 2 cm de espesor.
  - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm], 6 cm de espesor.
  - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300, 1 cm de espesor.
- Cubiertas, se trata de un elemento horizontal, el cual se encuentra en contacto con el exterior. Presenta la siguiente composición de exterior hacia interior:
    - Betún fieltro o lámina, 2 cm de espesor.
    - Hormigón con arcilla expandida como árido, 5 cm de espesor.
    - Mortero de cemento o cal para albañilería, 2 cm de espesor.
    - Betún fieltro o lámina, 2 cm de espesor.
    - Polipropileno 25% fibra vidrio, 2 cm de espesor.
    - EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]], 5 cm de espesor.
    - Polipropileno 25% fibra vidrio, 5 cm de espesor.
    - Mortero de cemento o cal para albañilería, 2 cm de espesor.
    - FR Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm, 25 cm de espesor.
    - Hormigón con áridos ligeros 1800 < d < 2000, 5 cm de espesor.
  - Particiones interiores, se trata de un elemento vertical que se encarga de dividir las zonas interiores de una planta. Presenta la siguiente composición de exterior hacia interior.
    - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300, 1 cm de espesor.
    - ½ pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm, 11,5 cm de espesor.
    - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300, 1 cm de espesor.
  - Carpinterías y vidrios exteriores, se trata de los huecos de la vivienda, son elementos verticales.

Hay un total de 7 ventanas, las cuales presentan vidrios dobles en posición vertical (VER\_DC\_4-12-4) y el marco es de PVC de dos cámaras, este marco representa un 26% del hueco.

Hay una puerta exterior que se debe definir, la cual presenta un 70,75 % de marco que es de madera de densidad media alta y el resto corresponde a vidrio doble (VER\_DC\_4-12-4).

En ANEXO I hay varias imágenes donde están los elementos constructivos introducidos en HULC y presenta más información sobre estos.

En el caso de los cerramientos además del material y el espesor de este como se ha detallado anteriormente, está incluido datos de conductividad, densidad y Cp del material.

En el caso de los vidrios y puertas, además de la información detallada anteriormente, en HULC se introduce el incremento de transmitancia por intercalarios y cajones de persianas integrados, la permeabilidad al aire, la transmitancia total de energía solar del acristalamiento con dispositivo de sombra móvil activados y la transmitancia global del hueco.

También se muestra en el ANEXO I modelados de la vivienda en HULC donde se pueden apreciar la colocación de los vidrios y puertas.

### Ventilación de la vivienda

Uno de los parámetros que interviene en la calidad óptima del aire interior de la vivienda es la ventilación y está relacionada con la eficiencia energética.

Las viviendas deben disponer de un sistema de ventilación según lo exigido en el CTE, con el fin de hacer circular el aire desde los locales secos a los húmedos. Es por esto por lo que hay dos tipos de aberturas, las aberturas de extracción que están ubicadas en aseos, cuartos de baño y cocinas, es decir, los locales húmedos y las aberturas de admisión que se colocan en los locales secos como comedores, dormitorios y salas de estar.

En el ANEXO I se encuentra detallado el cálculo del caudal mínimo de ventilación, a partir del DB-HS3, documento del CTE que presenta la calidad del aire interior. El valor obtenido en el cálculo es de 14 l/s.

### Sistemas de la vivienda

- Sistema de climatización

Presenta un sistema de climatización por conductos, una unidad interior-exterior de aire acondicionado, con distribución por conducto rectangular, sistema aire-aire multi-split con caudal variable de refrigerante, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo FDUM22KXE6F "MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES", potencia frigorífica nominal 2,2 kW. Presenta 27.5 metros lineales de conducto de fibra, y 8 rejillas para impulsión y retorno en total.

- Sistema de ACS

Para el sistema de ACS hace uso de un termo eléctrico de 50l y de potencia total regulable entre 1 kW hasta 2 kW. Termostato exterior regulable de 35° a 75°C. Válvula de seguridad instalada con llaves de corte y latiguillos.

Ambos sistemas, tanto climatización como el de ACS se encuentra en el ANEXO I introducidos en HULC y la ficha técnica del equipo, donde comprobar sus características.

### Consumos energéticos de la vivienda

- Electrodomésticos

Los consumos que son aportados por el uso de electrodomésticos se deben incluir al calcular la demanda energética de la vivienda.

**Tabla 7. Consumos de los electrodomésticos.**

Nombre	Descripción	kWh/ ciclo	Potencia kW	Ciclos/ semana	Horas/a ños	kWh/ año
<b>Lavadora</b>	Balay 3TS864BC	-	0,42	-	106,00	44,52
<b>Nevera</b>	Bosch KGN39AI40	-	0,20	-	8760,00	173,00
<b>Horno</b>	738510 BSA65211CX	0,97	0,65	2,00	156,00	65,91
<b>Vitro</b>	Balay 3EB715LR	-	2,85	-	365,00	1.040,25
<b>TV</b>	Samsung UN55H6450AF	-	0,15	-	1825,00	273,75
<b>Microondas</b>	Samsung GE 87M-X	-	1,00	-	182,00	182,00

Por lo tanto, los electrodomésticos hacen un total de 5,27 kW de potencia y 1779,43 kWh/año.

Posteriormente estos datos serán utilizados con el fin de implantar una tecnología que sea capaz de aportar esta energía necesaria para el funcionamiento de todos los electrodomésticos y se hará un perfil de uso horario.

- Iluminación

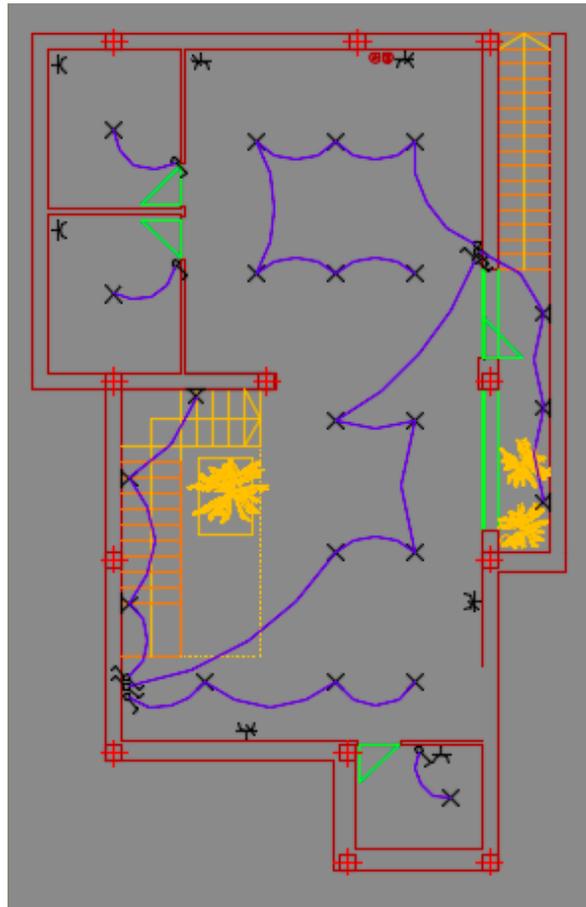
El consumo de iluminación se obtiene haciendo un cálculo en el que la selección de luxes son los necesarios para cumplir las condiciones de confort. Los valores se muestran a continuación:

**Tabla 8. Valores recomendados de iluminación.**

Áreas y clases de locales	Mínimo (LUX)	Óptimo (LUX)	Máximo (LUX)	
<b>Dormitorio</b>		100	150	200
<b>Cuarto de aseo</b>		100	150	200
<b>Cuartos de estar</b>		200	300	500
<b>Cocinas</b>		100	150	200
<b>Zonas de circulación y pasillos</b>		50	100	150
<b>Escaleras y almacenes</b>		100	150	200

A continuación, se muestra el número de luminarias que hay por plantas.

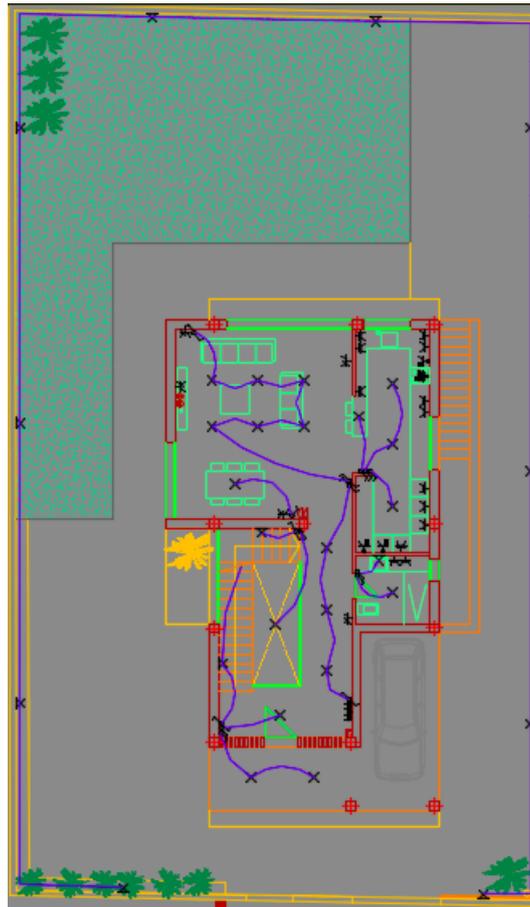
**Ilustración 1. Distribución de luminarias en sótano.**



**Tabla 9. Número de luminaria según zona en sótano.**

Área	Horas de uso	Luminarias	Potencia [W]	Consumo [kWh]
Almacenes	100	16	5	8,00
Escaleras	100	3	5	1,50
Exterior	50	3	4	4,00
<b>Total</b>	<b>250</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>13,50</b>

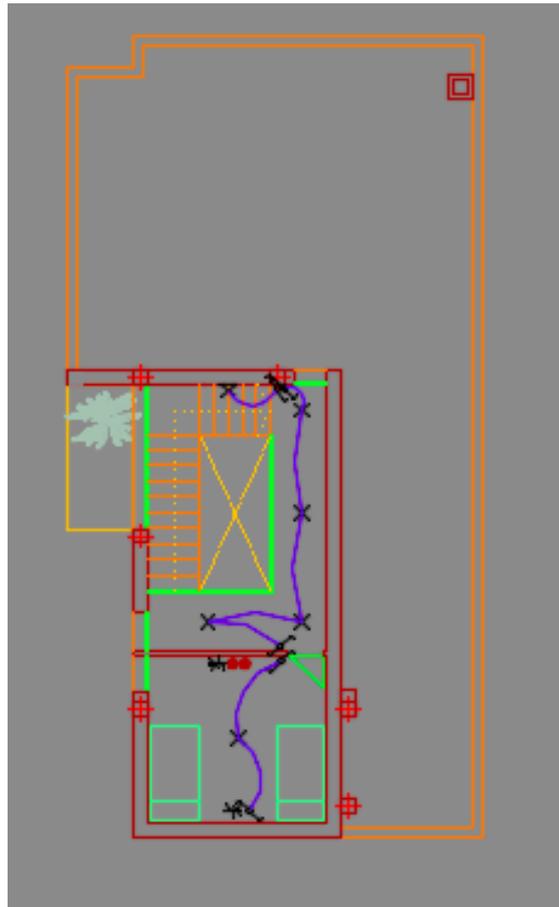
**Imagen 6. Distribución de luminarias en planta baja.**



**Tabla 10. Número de luminaria según zona en planta baja.**

Área	Horas de uso	Luminarias	Potencia [W]	Consumo [kWh]
Aseo	150	1	5	0,75
Lavanderia	50	1	5	0,25
Cocina	750	3	4	9,00
Salón-Comedor	900	7	7	44,10
Entrada	50	5	5	1,25
Escaleras	50	2	5	0,50
Exterior	50	12	4	2,40
<b>Total</b>	<b>2.000</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	<b>58,25</b>

**Imagen 7. Distribución de luminarias en primera planta.**



**Tabla 11. Número de luminaria según zona en primera planta.**

Área	Horas de uso	Luminarias	Potencia [W]	Consumo [kWh]
<b>Dormitorio</b>	150	2	5	1,50
<b>Escaleras</b>	150	1	5	0,75
<b>Distribuidor</b>	150	4	5	3,00
<b>Total</b>	450	9	15	5,25

**Tabla 12. Resumen de consumo de luminarias por planta.**

Planta	Sótano	Planta baja	Primera planta	Total
<b>Potencia [W]</b>	14	35	15	64
<b>Consumo [kWh]</b>	13,5	58,25	5,25	77,00

Como se ha indicado en el consumo de los electrodomésticos estos datos serán utilizados posteriormente para implantar una tecnología que sea capaz de aportar esta energía necesaria para el uso de la iluminación necesaria y se hará un perfil de uso horario.

- Demandas y consumos energéticos de climatización

El cálculo de las demandas de climatización, tanto refrigeración como calefacción, han de ser calculadas teniendo en cuenta una serie de parámetros como son en el interior de la vivienda las temperaturas de confort, en el exterior las condiciones climáticas (temperatura exterior, humedad...) y las características constructivas de la vivienda.

A partir de lo anterior se obtiene las demandas necesarias, la demanda de calefacción es de 50,57 kWh/m<sup>2</sup>×año y la demanda de refrigeración es de 39,97 kWh/m<sup>2</sup>×año para la situación inicial. Estas demandas de climatización son proporcionadas por el equipo mencionado anteriormente, en el caso de la situación inicial.

Una vez se modifique ciertos factores de la vivienda esta cantidad se modificará. Es necesario conocer la tecnología empleada para el suministro de calefacción y refrigeración para conocer los consumos energéticos, a partir de los rendimientos de las tecnologías. Por lo tanto, una vez seleccionadas las propuestas de tecnologías a emplear se procederá a el calculo de la nueva demanda del equipo de climatización.

- Agua caliente sanitaria

Según las especificaciones técnicas del apartado HE4 del Documento básico HE de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación se obtiene la demanda necesaria de agua caliente sanitaria (ACS). En concreto en esta vivienda unifamiliar la demanda de ACS objeto de estudio es de 42 litros/día.

El dato de los litros/día por persona se encuentra en el CTE, el cual tiene un valor de 28 litros/día por persona. El número de personas se obtiene de una tabla extraída del anejo F, de demanda de referencia de ACS, en la que se estima el número de personas que habita en una vivienda en relación con el número de dormitorios de la vivienda.

En este caso hay un solo dormitorio, por lo que el número de personas estimadas por esta tabla para hacer el cálculo de la demanda de ACS es de 1,5 personas.

### **3.2. MODELIZACIÓN SITUACIÓN INICIAL DE LA VIVIENDA**

Tras definir la situación de partida de la vivienda, estos datos son introducidos en HULC y se realiza un análisis del cumplimiento del CTE de esta vivienda y la certificación energética inicial que presenta.

En primer lugar, se realiza una verificación de requisitos de CTE-HE0 y CTE-HE1, ya que se trata de una vivienda con una reforma que es superior al 25% de la superficie de la envolvente. Sin embargo, en este caso no es obligatorio el cumplimiento de CTE-HE4 y CTE-HE5, ya que en el caso del CTE-HE4 la demanda de ACS es inferior a 100 l/d y en el CTE-HE5 la superficie construida es inferior a la que se limita.

#### Cumplimiento del CTE-HE1

En la próxima ilustración aparecen los resultados de HULC en relación con el CTE-HE1, es decir, con la calidad térmica de la envolvente del edificio en la situación inicial.

Se trata de tres parámetros que caracterizan este cumplimiento, el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio, K, el parámetro de control solar  $q_{sol}$  en julio, y la relación del cambio de aire,  $n_{50}$ . Además, al ejecutar el software indican los límites máximos reglamentarios y si se cumplen o no.

**Imagen 8. Cumplimiento de HE1, calidad de la envolvente térmica.**

		Valores límite	
Transmitancia térmica global, K [W/m <sup>2</sup> K]	1,29	0,73	<b>NO CUMPLE</b>
Control solar, $q_{sol}$ jul [kWh/m <sup>2</sup> .mes]	1,04	2,00	<b>CUMPLE</b>
Relación de cambio de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [1/h]	9,42	-	<b>NO APLICA</b>
Compacidad [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	1,13		
Superficie útil de cálculo, $A_{útil}$ [m <sup>2</sup> ]	266,20		
Superficie de cerramientos opacos, $A_{opacos}$ [m <sup>2</sup> ]	515,75		
Superficie de huecos, $A_{huecos}$ [m <sup>2</sup> ]	51,19		
Longitud de puentes térmicos, $L_{pt}$ [m]	245,90		

Como podemos observar en la ilustración anterior la vivienda no cumple con la transmitancia térmica global, por lo que se debe proceder a una rehabilitación energética de la envuelta para que se cumpla como mínimo con dicho límite.

A la transmitancia térmica se le denomina flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas a ambos lados del elemento que se estudia. El valor K que limita el CTE se considera teniendo en cuenta todos los elementos que intervienen en la envolvente térmica y se realiza la media ponderada de la transmitancia térmica de cada uno de ellos. Para el cálculo de K, en el área que se tiene en cuenta se debe excluir las medianerías, pero en nuestro caso no hay ya que es una vivienda aislada, y cualquier cerramiento donde se estime que no se produce ningún intercambio de calor.

Para resolver este problema se puede proponer mejorar varios aspectos del edificio:

- Aumento de la compacidad del edificio, el caso más desfavorable sería cuanto menos compacto sea el edificio y más extrema sea la zona climática de invierno, ahí el valor de k global es más restrictivo.
- Reducción de la proporción de huecos o en su defecto que las características de estos sean acordes con las restricciones del CTE.
- Evitar los puentes térmicos en la medida de lo posible ya que siempre no se puede realizar la continuidad del aislamiento en la envolvente térmica de un edificio.

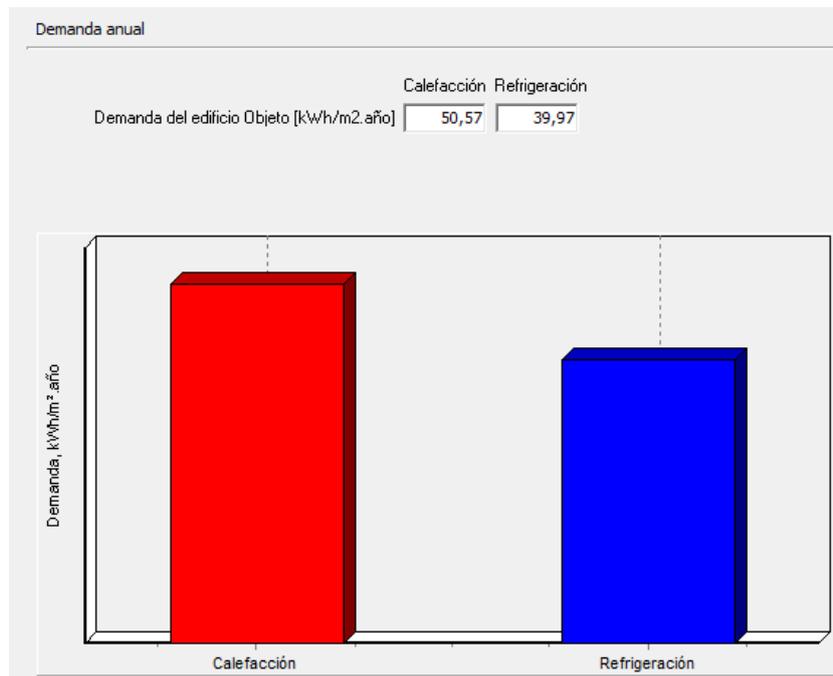
El coeficiente de control solar  $q$  guarda relación con las ganancias solares para el mes de julio, en el que para el uso residencial privado su valor límite es de 2 kWh/m<sup>2</sup> mes, en concreto el edificio objeto de estudio pasa satisfactoriamente los requisitos en primera estancia.

En cuanto al cumplimiento del n50 no se aplica en este caso ya que según el HE1 solo es requisito cuando la superficie útil sea menor de 120 m<sup>2</sup>, y en nuestro caso de estudio esta superficie es de 266,20 m<sup>2</sup>.

Los valores límites que aparecen en la ilustración son extraídos de HE1 la tabla 4-4 y la tabla 4-5.

Otro dato que podemos obtener de la simulación de HULC es la demanda energética anual de frío y calor por metro cuadrado de la vivienda. En concreto en este caso se obtienen los siguientes valores, la demanda de calefacción es de 50,57 kWh/m<sup>2</sup> año y la demanda de refrigeración es de 39,97 kWh/m<sup>2</sup> año.

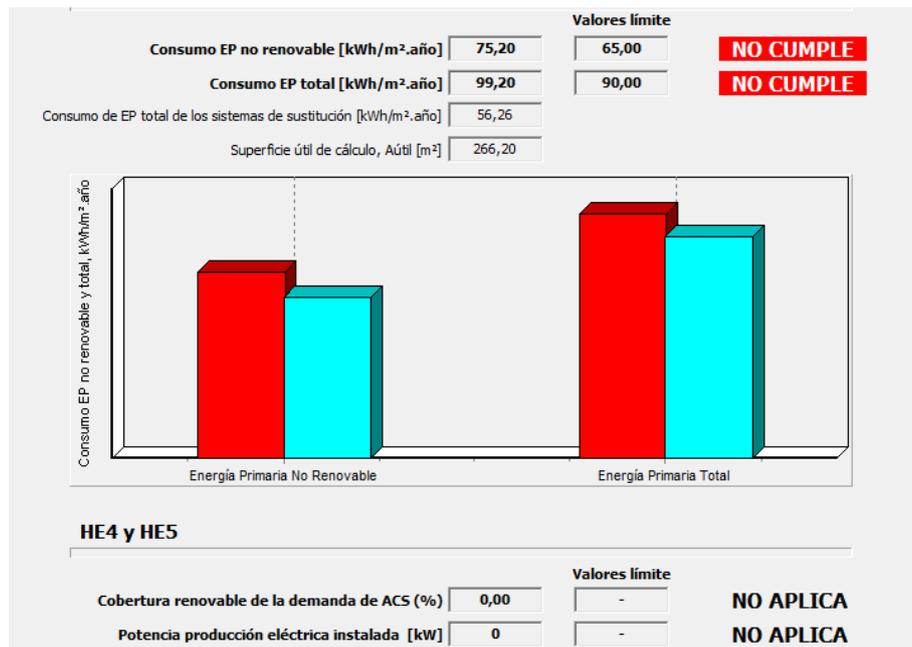
**Imagen 9. Demanda anual de la vivienda.**



### Cumplimiento del CTE-HE0

En la siguiente ilustración se muestran los resultados relacionados con las exigencias del CTE respecto al consumo energético en HULC, en la situación inicial. Los parámetros característicos que intervienen en el CTE-HE0 son el consumo de energía primaria no renovable,  $C_{ep,nren}$ , y el consumo de energía primaria total,  $C_{ep,tot}$ . Además, en la ilustración aparecen los límites que se establecen en el CTE y si los cumplen o no.

## Imagen 10. Cumplimiento HE0, verificación de límites.



Como podemos observar en la ilustración anterior el único parámetro que cumple es el del número de horas fuera de consigna. Sin embargo, no cumple el consumo de energía primaria total ni no renovable, por lo que es necesario reducir ambos parámetros mejorando los equipos de climatización.

Al no cumplir dichas exigencias supone la revisión de:

- Las instalaciones térmicas introducidas: tipo, rendimiento y combustibles.
- Mejora de contribución renovable.
- Mejora de la envolvente en relación con las prestaciones térmicas.
- Nuevo diseño mejorado de la envolvente.
- Distribución adecuada de huecos.
- Diseño de elementos propios del edificio que producen sombra.
- Compacidad y orientación

Los valores límites que aparecen en la ilustración son extraídos de HE0 la tabla 4-7 y la tabla 4-8.

En la siguiente figura se muestra los resultados obtenidos para consumos, demandas y emisiones de los sistemas que componen la vivienda.

**Imagen 11. Resultados de demandas, consumos y emisiones.**

		Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Ventilación	Iluminación	Otros
<b>Demanda, D</b>	<b>kWh/m²año</b>	50,57	39,97	4,09	-	-	-
<b>Energía Final, C_ef</b>	<b>kWh/m²año</b>	41,94	10,61	11,07	0,00	0,00	-
<b>Energía Primaria Total, C_ep;tot</b>	<b>kWh/m²año</b>	47,90	25,12	26,20	-	0,00	-
<b>Energía Primaria No Renovable, C_ep;nren</b>	<b>kWh/m²año</b>	32,90	20,73	21,62	-	0,00	-
<b>Energía Primaria Renovable, C_ep;ren</b>	<b>kWh/m²año</b>	15,00	4,39	4,58	-	0,00	-
<b>Emisiones, E_CO2</b>	<b>kgCO2/m²año</b>	6,92	3,51	3,66	-	0,00	-

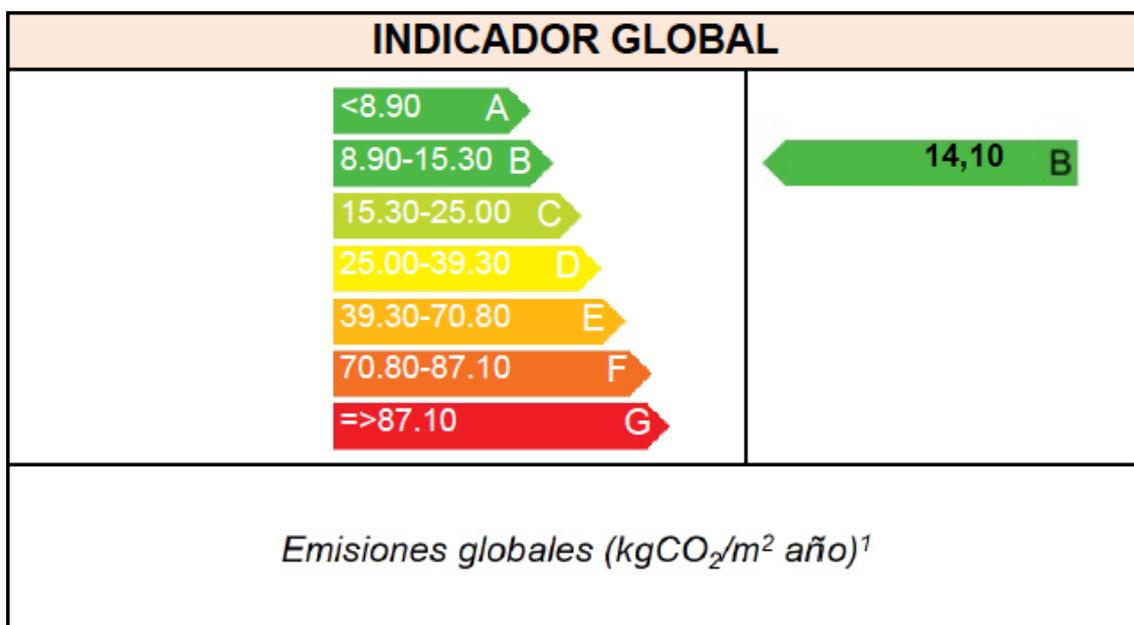
En el caso de iluminación no aplica porque es un edificio residencial privado. Del resto de sistemas el de calefacción es el que representa una mayor demanda.

En segundo lugar, se procede al certificado de eficiencia energética del edificio.

#### Clasificación energética del edificio en emisiones

A continuación, se muestra el indicador obtenido tras realizar la clasificación energética del edificio en términos de emisiones de CO2.

**Imagen 12. Indicador global de emisiones.**



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

En este caso presenta 14,10 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año, es decir, tiene una clasificación B.

El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales. En términos de emisiones de CO<sub>2</sub> presenta los siguientes indicadores parciales.

**Imagen 13. Indicadores parciales de emisiones.**

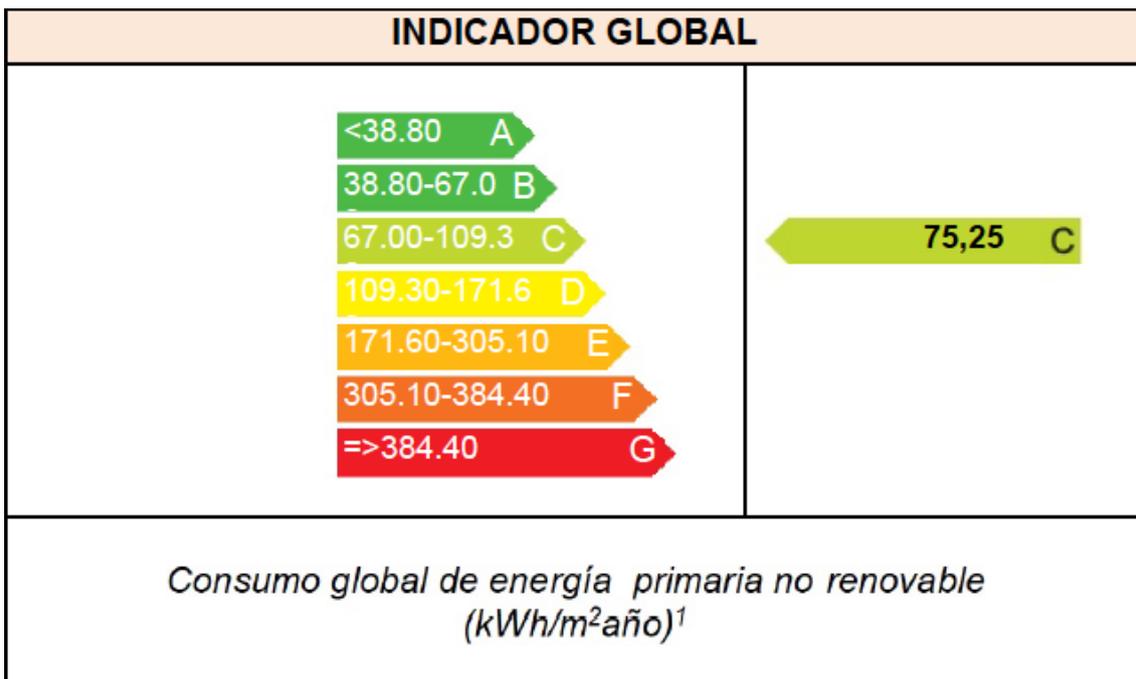
INDICADORES PARCIALES			
CALEFACCIÓN		ACS	
<i>Emisiones calefacción (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año)</i>	B	<i>Emisiones ACS (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año)</i>	E
6,92		3,66	
REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones refrigeración (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año)</i>	B	<i>Emisiones iluminación (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año)</i>	-
3,51		-	

Como se observa en la imagen anterior el sistema de ACS presenta una clasificación E respecto a la clasificación B que presenta tanto calefacción como refrigeración.

Clasificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable

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

**Imagen 14. Indicador del consumo global de energía primaria no renovable.**



La clasificación que presenta en términos de energía primaria no renovable es C. Ahora se procede a identificar los indicadores parciales que han contribuido a alcanzar esta clasificación global.

**Imagen 15. Indicador parcial del consumo de energía primaria no renovable.**

<b>INDICADORES PARCIALES</b>			
<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m<sup>2</sup>año)</i>	<b>B</b>	<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m<sup>2</sup>año)</i>	<b>E</b>
32,90		21,62	
<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>año)</i>	<b>C</b>	<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m<sup>2</sup>año)</i>	<b>-</b>
20,73		0,00	

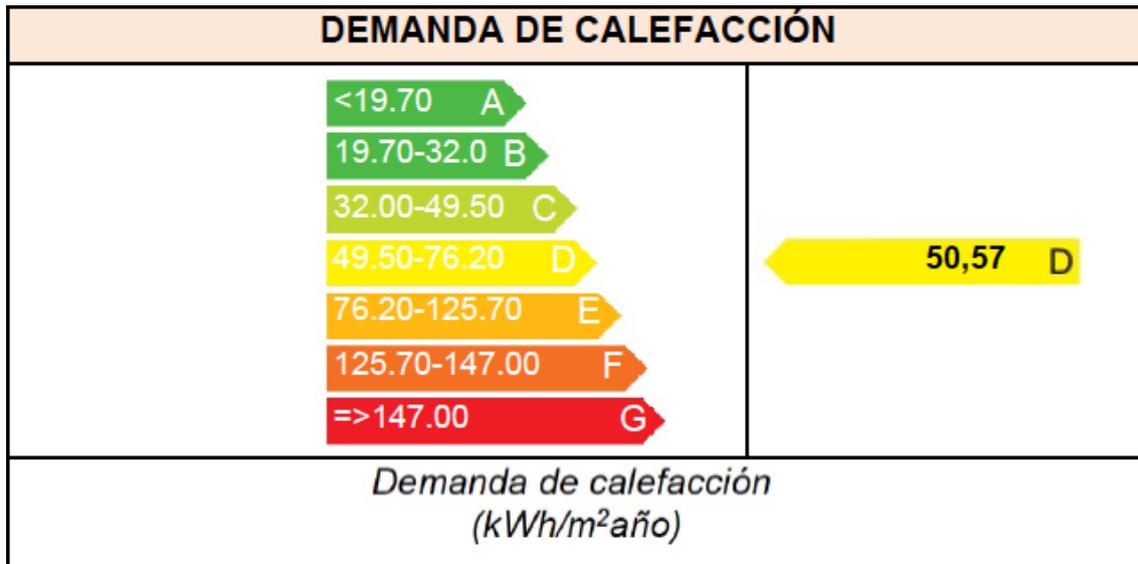
Una vez más la situación más desfavorable es para la energía primaria no renovable de ACS, la cual presenta una clasificación E, respecto a una clasificación B y C de calefacción y refrigeración respectivamente.

Clasificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración

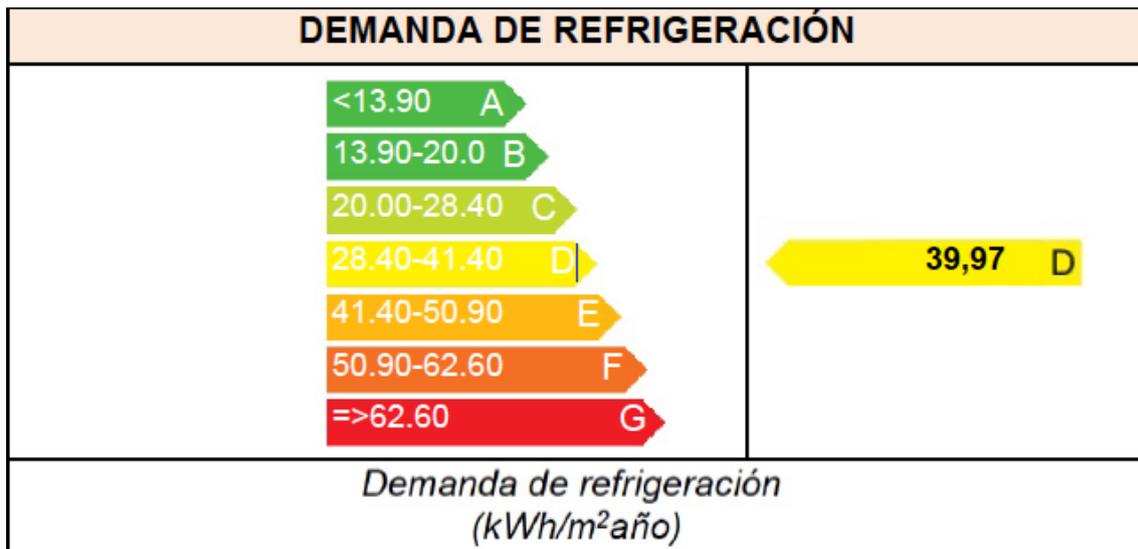
Con el objetivo de satisfacer las condiciones internas de confort del edificio se estima la demanda energética de calefacción y refrigeración.

Como hemos señalado anteriormente la demanda de calefacción y refrigeración son 50,57 kWh/m<sup>2</sup> año y 39,97 kWh/m<sup>2</sup> año respectivamente, estos valores extrapolados a la clasificación corresponden a una clasificación D.

**Imagen 16. Clasificación de la demanda de calefacción.**



**Imagen 17. Clasificación de la demanda de refrigeración.**



Concluimos que hay que realizar medidas de mejoras con el fin de cumplir con el CTE, ya que en varios parámetros no se cumple y a su vez para mejorar la clasificación de los indicadores mostrados.

# **CAPÍTULO 4. PROPUESTAS DE MEJORA**

A continuación, se proponen varias mejoras con el fin de cumplir el CTE y así mejorar la condición energética de la vivienda. Estas propuestas están limitadas ya que se parte de una vivienda construida, la cual tiene parámetros que no son posibles de modificar como la localización de esta, su orientación...

## **4.1. CUMPLIMIENTO CTE-HE1**

Esta sección del CTE se encarga del control de la demanda energética, es decir, limita la demanda energética de la vivienda con la cual es posible lograr unas condiciones de confort idóneas.

El valor de demanda energética que limita el CTE se basa en el uso del edificio, residencial en este caso y la zona climática, que sería C4 para esta vivienda ubicada en Andalucía.

Para obtener unas condiciones óptimas de demanda energética intervienen varios parámetros de la vivienda como los materiales de los cerramientos, la orientación de la vivienda, la protección solar de los huecos, los tipos de huecos... Como hemos mencionado anteriormente no se puede actuar sobre algunos parámetros ya que se trata de una vivienda que va a ser reformada, no un edificio nuevo en el que puedes actuar sobre todos los parámetros.

Según la zona climática, su uso y su compacidad se debe diseñar la envolvente térmica de la vivienda, la cual actúa como separación o barrera con el entorno, donde se produce intercambios de calor o frío. Debido a que es un lugar que está en continuo intercambio y en contacto con el exterior, la envolvente térmica se debe diseñar teniendo en cuenta esto. En el apartado HE1 3.1.1 del CTE se especifican las limitaciones de valores límite de transmitancia térmica que deben cumplir los elementos constructivos de la vivienda según la zona climática donde está ubicada, con el fin de controlar este intercambio con el exterior. Los valores límites que toma el HE1 se muestran en la siguiente imagen:

## Imagen 18. Tabla CTE-HE1, valores límite de transmitancia.

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica,  $U_{lim}$  [ $W/m^2K$ ]

Elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_s, U_M$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_C$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_T$ ) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica ( $U_{MD}$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_H$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		

\*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de  $U_H$  en un 50%.

En nuestro caso la zona climática que corresponde a la vivienda es C. Comparando las transmitancias de nuestros elementos con los límites incluidos en la tabla 3.1.1.a del CTE-HE1, hay que actuar sobre los elementos de la vivienda para que cumplan con las exigencias del CTE.

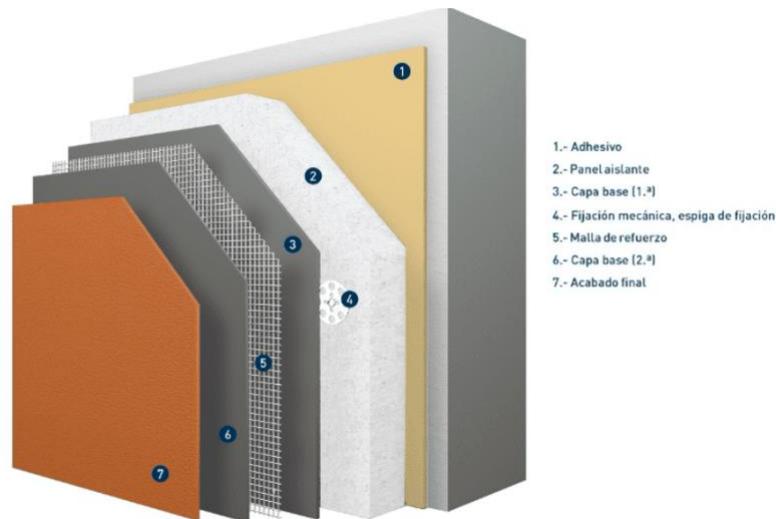
Debido que no se cumple con el límite de la transmitancia térmica global, se procede a implementar soluciones constructivas. A continuación, se enumeran las diferentes medidas empleadas para mejorar la envolvente térmica.

### Adición de aislamiento térmico

El SATE (Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior) consiste en varias capas de materiales que tienen el objetivo de aislar y que se colocan en un muro con la posibilidad de colocarlo a través de fijación mixta mediante adhesivo o fijación mecánica. Gracias a este material la aparición de puentes térmicos en el edificio se elimina, por lo que varios factores se ven favorecidos con la aplicación de este aislamiento como la inercia térmica del edificio, y en consecuencia la habitabilidad y el confort térmico dentro del edificio. La opción ideal para colocar este material es en el exterior de la fachada ya que mejora el ahorro económico y energético, al reducir las pérdidas de energía que se producen a través de la fachada del edificio. Se utiliza mucho en las rehabilitaciones de viviendas.

En este caso se coloca SATE en la fachada exterior del edificio ya que los beneficios son mayores que si se coloca en la parte interior y es viable en la zona donde está ubicada la vivienda, ya que la ley no impone una estética predefinida para ese lugar y hay libre elección de la estética de la vivienda.

**Imagen 19. Composición del SATE** (*Componentes de Un SATE - Artículos Técnicos SATE, n.d.*).



En concreto el elemento que puede reducir más la transmitancia térmica global es el aislante, por lo que se introduce en HULC.

Se usan varios tipos de aislantes:

- EPS: Poliestireno expandido
- XPS: Poliestireno extruido
- MW: Lana mineral
- PU: Poliuretano
- PF: Espuma Fenólica

En nuestro caso se selecciona el EPS y tras un análisis del espesor del aislante con el beneficio que se obtiene se selecciona un espesor de 12 cm para el caso de muros exteriores y forjado en contacto con el terreno y 20 cm para cubierta. Por lo tanto, la composición de los muros queda de la siguiente forma al introducir el aislamiento:

- Cimentación:
  - Arena y grava [ $1700 < d < 2200$ ], 20 cm de espesor.
  - EPS Poliestireno Expandido [ $0,029 \text{ W}/[\text{mK}]$ ], 12 cm de espesor.
  - Polietileno baja densidad, 1 cm de espesor.
  - Hormigón en masa  $2000 < d < 2300$ , 10 cm de espesor.
  - Hormigón armado  $2300 < d < 2500$ , 60 cm de espesor.
  - Mortero de cemento o cal para albañilería, 1 cm de espesor.
  - Gres cuarzo  $2600 < d < 2800$ , 10 cm de espesor.

Transmitancia térmica,  $U_T = 0,21 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$  / valor límite =  $0,7 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

- Estructura portante:
  - Polietileno alta densidad, 2 cm de espesor.
  - EPS Poliestireno Expandido [ $0,029 \text{ W}/[\text{mK}]$ ], 12 cm de espesor.

- Polietileno baja densidad, 1 cm de espesor.
- Hormigón armado 2300 < d < 2500, 30 cm de espesor.
- Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm], 7 cm de espesor.
- Enlucido de yeso 1000 < d < 1300, 1 cm de espesor.

Transmitancia térmica,  $U_T = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$  / valor límite =  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

● Cerramientos:

- Mortero de cemento o cal para albañilería, 2 cm de espesor.
- EPS Poliestireno Expandido [0,029 W/[mK]], 12 cm de espesor.
- Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm], 10 cm de espesor.
- EPS Poliestireno Expandido [0,037 W/[mK]], 4 cm de espesor.
- Cámara de aire ligeramente ventilada vertical, 2 cm de espesor.
- Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm], 6 cm de espesor.
- Enlucido de yeso 1000 < d < 1300, 1 cm de espesor.

Transmitancia térmica,  $U_M = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  / valor límite =  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

● Cubiertas:

- Betún fieltro o lámina, 2 cm de espesor.
- EPS Poliestireno Expandido [0,029 W/[mK]], 20 cm de espesor.
- Hormigón con arcilla expandida como árido, 5 cm de espesor.
- Mortero de cemento o cal para albañilería, 2 cm de espesor.
- Betún fieltro o lámina, 2 cm de espesor.
- Polipropileno 25% fibra vidrio, 2 cm de espesor.
- EPS Poliestireno Expandido [0,037 W/[mK]], 5 cm de espesor.
- Polipropileno 25% fibra vidrio, 5 cm de espesor.
- Mortero de cemento o cal para albañilería, 2 cm de espesor.
- FR Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm, 25 cm de espesor.
- Hormigón con áridos ligeros 1800 < d < 2000, 5 cm de espesor.

Transmitancia térmica,  $U_C = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$  / valor límite =  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Comparando los resultados de la transmitancia térmica global obtenidos al introducir aislante con los valores de la imagen 18, teniendo en cuenta que presenta una zona climática C, se observa que cumple con el valor límite exigido en la tabla 3.1.1.a del CTE.

En el ANEXO II se encuentra detallada la introducción de este nuevo componente en HULC.

**Imagen 20. Resultados de incorporar SATE.**

		Valores límite	
Transmitancia térmica global, K [W/m <sup>2</sup> K]	0,81	0,73	<b>NO CUMPLE</b>
Control solar, q <sub>sol</sub> jul [kWh/m <sup>2</sup> .mes]	1,04	2,00	<b>CUMPLE</b>
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	10,46	-	<b>NO APLICA</b>
Compacidad [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	1,13		
Superficie útil de cálculo, A <sub>útil</sub> [m <sup>2</sup> ]	266,20		
Superficie de cerramientos opacos, A <sub>opacos</sub> [m <sup>2</sup> ]	515,75		
Superficie de huecos, A <sub>huecos</sub> [m <sup>2</sup> ]	51,19		
Longitud de puentes térmicos, L <sub>pt</sub> [m]	245,90		

Sin embargo, aunque según la tabla anterior cumplía con los valores de la transmitancia al introducir en HULC el valor óptimo de espesor de aislamiento según el beneficio que se obtiene se observa que no cumple con el valor límite de la transmitancia térmica global. A través de esta introducción se reduce el valor de 1,29 W/m<sup>2</sup>K a 0,81 W/m<sup>2</sup>K y es sencillo de implementar, pero no se cumple con el valor límite de 0,73 W/m<sup>2</sup>K.

Hay que tener en cuenta que al colocar como aislante SATE en muros exteriores, en cubierta y en forjado con terreno los puentes térmicos se reducen considerablemente en algunos lugares como esquinas salientes, interiores o en la cubierta, zonas en las que la resistencia térmica cambia bruscamente y se convierte en lugares donde es fácil la transmisión de calor. Por lo que con esta medida que se reducen los puentes térmicos ayuda a disminuir sobretodo la demanda de calefacción.

Aunque se ha conseguido reducir el valor de la transmitancia térmica global con esta medida no es suficiente para cumplir con el CTE, por lo que se estudian otras posibles mejoras.

### Mejora de huecos

Se realiza la sustitución de vidrios y marcos para reducir la transmitancia térmica a través de estos.

El tipo de acristalamiento que se introduce es el doble bajo emisivo <0,03 (VER\_DB3\_4-20-331) y en el caso del marco se modifica por el de PVC de tres cámaras.

En el ANEXO II se encuentra detallada la introducción de este nuevo componente en HULC.

**Imagen 21. Resultados de mejorar los huecos.**

		Valores límite	
Transmitancia térmica global, K [W/m <sup>2</sup> K]	1,21	0,73	<b>NO CUMPLE</b>
Control solar, q <sub>sol</sub> ;jul [kWh/m <sup>2</sup> .mes]	1,04	2,00	<b>CUMPLE</b>
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	9,42	-	<b>NO APLICA</b>
Compacidad [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	1,13		
Superficie útil de cálculo, A <sub>útil</sub> [m <sup>2</sup> ]	266,20		
Superficie de cerramientos opacos, A <sub>opacos</sub> [m <sup>2</sup> ]	515,75		
Superficie de huecos, A <sub>huecos</sub> [m <sup>2</sup> ]	51,19		
Longitud de puentes térmicos, L <sub>pt</sub> [m]	245,90		

Como se puede observar en la anterior imagen este cambio no hace que se cumpla el CTE, pasa de 1,20 W/m<sup>2</sup>K de transmitancia a 1,21 W/m<sup>2</sup>K, la reducción no es muy significativa.

## Adición de aislamiento térmico + mejora de huecos

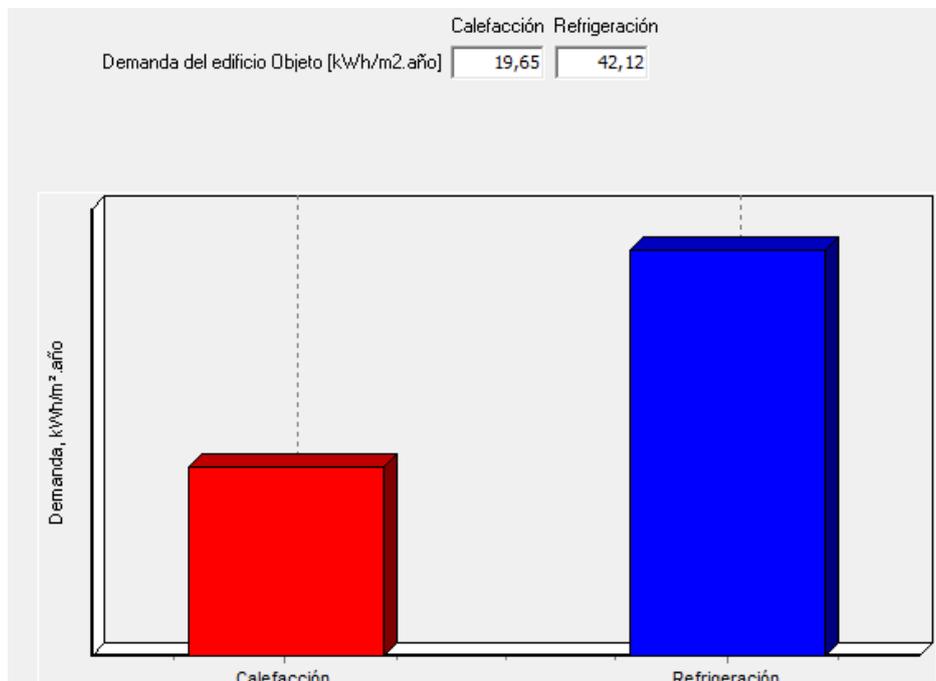
Como se ha demostrado anteriormente la medida de añadir más aislamiento térmico y la de mejorar los huecos no han hecho que cumplan el CTE por separado, sin embargo, se procede a introducir las dos medidas conjuntas.

**Imagen 22. Resultados al cambiar huecos.**

		Valores límite	
Transmitancia térmica global, $K$ [ $W/m^2K$ ]	0,72	0,73	<b>CUMPLE</b>
Control solar, $q_{sol;jul}$ [ $kWh/m^2.mes$ ]	1,04	2,00	<b>CUMPLE</b>
Relación de cambio de aire a 50 Pa, $n_{50}$ [1/h]	10,46	-	<b>NO APLICA</b>
Compacidad [ $m^3/m^2$ ]	1,13		
Superficie útil de cálculo, $A_{útil}$ [ $m^2$ ]	266,20		
Superficie de cerramientos opacos, $A_{opacos}$ [ $m^2$ ]	515,75		
Superficie de huecos, $A_{huecos}$ [ $m^2$ ]	51,19		
Longitud de puentes térmicos, $L_{pt}$ [m]	245,90		

Finalmente, introduciendo estas dos mejoras el edificio cumple con el CTE, HE1. Esto también conlleva la modificación de la demanda anual de la vivienda, siendo reducida la demanda de calefacción entorno a 30 kWh/m<sup>2</sup> año, es decir la demanda actual es de 19,65 kWh/m<sup>2</sup> año, y la demanda de refrigeración sin embargo aumenta entorno a 2 kWh/m<sup>2</sup> año.

**Imagen 23. Demanda anual de la vivienda.**



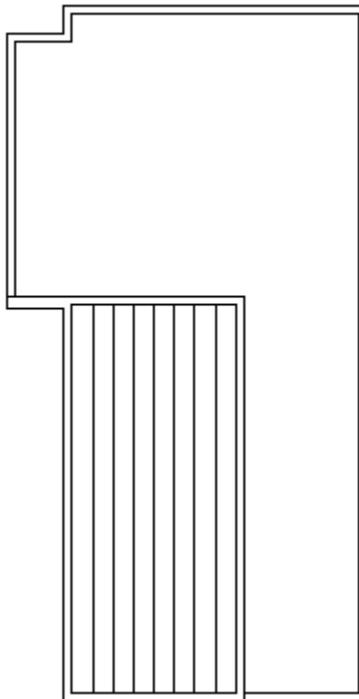
## 4.2. CUMPLIMIENTO CTE-HE0

A continuación, se procede a un estudio de diferentes sistemas, los cuales serán empleados para ofrecer la demanda eléctrica, la demanda de climatización y la demanda de ACS.

Antes de proceder con el dimensionamiento de las distintas instalaciones se muestra el espacio disponible que algunas de ellas ocuparán.

La planta superior tiene un tamaño inferior, por lo que hay dos cubiertas en la vivienda. Sin embargo, la utilizada para colocar las instalaciones será la superior, en la cual no se producen sombras con ningún otro elemento. La dimensión de la cubierta superior es de 9,17 m de largo y 4,41 m de ancho. En la siguiente imagen se representa esta cubierta la cual se encuentra rayada.

**Imagen 24. Plano de la vivienda con las dos cubiertas a distinto nivel.**



### **Demanda de ACS**

En este apartado se especifica las características técnicas de la instalación de agua caliente sanitaria.

En primer lugar, la demanda de ACS se ha obtenido a partir de las tablas del anejo F del CTE y del uso del edificio, teniendo un valor de 42 litros/ día. En ese apartado del CTE se indica que el consumo de ACS es de 28 litros/día persona en el sector residencial privado.

Según la tabla mencionada anteriormente donde se indica los valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado, en este caso al tener un único

dormitorio el número de personas es 1,5, por lo que se obtiene un consumo diario de ACS de 42 litros.

La demanda anual de ACS ha sido calculada a través del software CHEQ4.2, siendo esta de un valor de 820 kWh al año. La temperatura de distribución que se le exige al sistema es de 60°C, el sistema será capaz de calentar el agua hasta una temperatura de 70°C con el fin de garantizar la salubridad, respecto a la legionela. En la ubicación donde se encuentra la vivienda la temperatura de red media es de 13,9°C.

- Termosolar

El sistema que suministra la demanda de ACS seleccionado es una instalación de consumo único de sistema prefabricado de termosifón, con un captador solar plano que se trata de un intercambiador de calor que transforma la energía radiante en energía térmica que aumenta la temperatura de un fluido de trabajo contenido en el interior del captador.

Está formado por un solo captador, Am-Termosol 16 T (Amordad), este equipo combina la potencia de generación de ACS junto con la funcionalidad de los equipos compactos. Su funcionamiento es el siguiente, el colector capta la radiación solar, tanto la directa como la difusa, el agua caliente sube al tanque desde el colector por efecto termosifón y la más fría va al colector para ser calentada, esta circulación se realiza de forma natural sin bomba ni otro dispositivo, gracias a diferencia de temperatura. El tanque contiene un aislamiento que reduce las pérdidas de calor durante la noche.

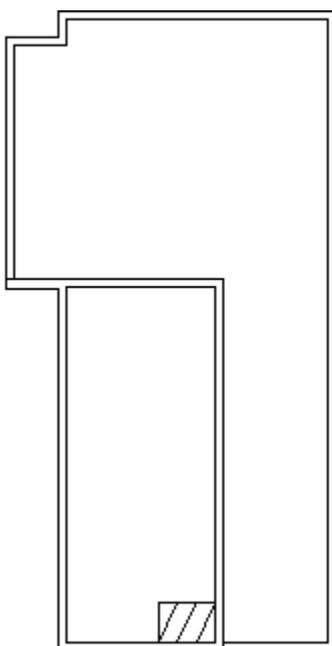
La orientación del panel termosolar es sur y presenta una inclinación de 37, 67°. Tras un análisis donde se ha estudiado cual es la mejor tecnología como sistema de apoyo, se ha decantado como sistema de apoyo la caldera de condensación de gas natural de 1,95kW. Sin embargo, no existen calderas de condensación de gas natural de esta potencia por lo que se seguirá empleando el termoeléctrico anterior como sistema auxiliar.

A partir de este sistema la fracción solar obtenida es del 91%, a pesar de no ser necesario cumplir con la sección HE4 ya que la demanda exigida es menor a 100 litros diarios. El sistema ha sido seleccionado, aunque no sea obligatorio porque esta tecnología es respetuosa con el medio ambiente y hace que las emisiones de CO2 se reduzcan en 175 kg.

El sistema de conducción de agua es aprovechado del sistema de ACS anterior, aunque se añade un conducto para conectar el agua fría con el sistema termosolar y otro conducto con el sistema termosolar y el anterior sistema de conducción de agua. Por lo que se estima unos 12 metros de sistema de conducción de agua nuevos.

Respecto a la ubicación de la instalación, una vez conocido el espacio disponible que se menciona anteriormente y la instalación que se utilizará se puede mostrar la dimensión que ocupará la instalación.

**Imagen 25. Sistema de ACS ubicado en la cubierta.**



Como se observa en la imagen los paneles cubren una mínima parte de la cubierta, por lo que es posible incluir más instalaciones que precisen de espacio exterior.

En el ANEXO III, el apartado 1, se puede apreciar los cálculos realizados para el dimensionamiento de la instalación de ACS.

A continuación, se muestran los kWh mensuales producidos por la instalación termosolar, haciendo un total de 816 kWh anuales de producción.

**Imagen 26. Valores mensuales de la producción de energía térmica con termosolar.**

Valores mensuales de la producción de Energía Térmica a partir de una fuente de energía renovable (kWh)(Producción total 816,0 kWh)													
<input type="checkbox"/> No existen datos mensuales													
Sistema o Equipo	Comentario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Solar Térmica ACS	Ninguno	57,0	60,0	78,0	72,0	70,0	63,0	63,0	63,0	65,0	69,0	75,0	81,0

**Imagen 27. Resultados en HULC al introducir la instalación termosolar.**

HE0			
		Valores límite	
Consumo EP no renovable [kWh/m <sup>2</sup> .año]	55,10	65,00	<b>CUMPLE</b>
Consumo EP total [kWh/m <sup>2</sup> .año]	77,50	90,00	<b>CUMPLE</b>

En la imagen anterior se observa que modificando la instalación de ACS antigua por una instalación termosolar, una fuente de energía renovable, se cumplen los valores límites del HE0 del CTE.

## Demanda de Climatización

En este apartado se realiza el estudio del sistema de climatización.

Las condiciones exteriores que se consideran son las siguientes:

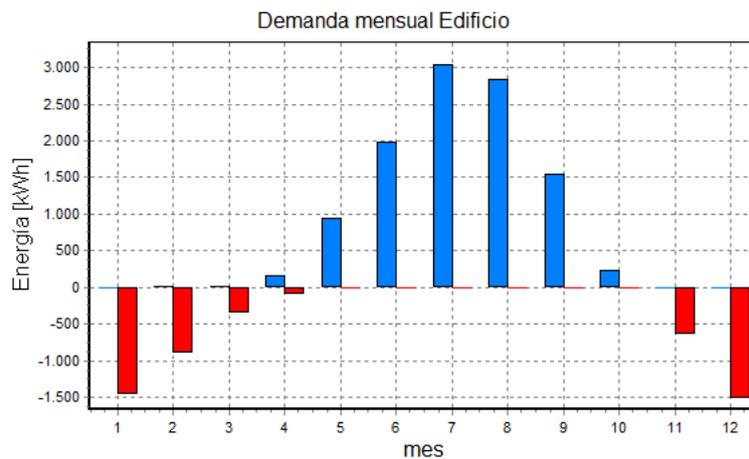
- Latitud: 37, 67°
- Altitud sobre el nivel del mar: 314 m
- Temperatura exterior máxima: 38, 60°C
- Humedad relativa coincidente: 25, 39 %
- Temperatura exterior mínima: 1, 50°C
- Humedad relativa coincidente calefacción: 88, 00 %
- Temperatura media: 13, 97°C
- Temperatura del terreno: 5°C

Las condiciones óptimas interiores para garantizar un bienestar térmico se estiman considerando la actividad metabólica de las personas que se encuentren en el lugar y su vestimenta. En verano la temperatura interior debe estar comprendida entre 23°C y 25°C y la humedad relativa entre 45% y 60%, en invierno la temperatura debe estar entre 21°C y 23°C y la humedad relativa entre valores del 40% y 50%. Para concretar en los cálculos la temperatura óptima en verano se tomará en 24°C y 22°C en invierno y la humedad relativa 50% y 45% en verano y en invierno relativamente.

Para realizar el dimensionamiento de los equipos es necesario conocer la demanda de la vivienda. Para ello se hace uso del programa CLIMA de Atercyr, se trata de un proceso similar al programa HULC.

Es necesario el modelado del edificio, la introducción de las condiciones exteriores, del uso de la vivienda y las diferentes cargas que posee.

**Imagen 28. Gráfico de la demanda mensual del edificio.**



En la imagen anterior se muestra la demanda mensual del edificio, siendo el total de demanda de refrigeración de 10.764,13 kWh, con un ratio de 110 kWh/m<sup>2</sup> y en el caso de la demanda de calefacción de 4.958,60 kWh, con un ratio de 51 kWh/m<sup>2</sup>.

Una vez obtenidos los resultados de CLIMA, se seleccionan los equipos que cubran la demanda. Estos equipos tendrán que ser capaces de cubrir la carga térmica del edificio en refrigeración, 12,29 kW, y la carga térmica del edificio en calefacción, 7,05 kW. En el ANEXO III, el apartado de climatización detalla esta sección.

- Geotermia

Se procede a implementar la bomba de calor con el fin de satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración de la vivienda. La bomba de calor geotérmica actúa de la siguiente forma, extrae calor de la tierra o el agua para calefacción, a través de pozos geotérmicos y lo introduce en la vivienda y en el caso de la refrigeración se da la situación inversa, se extrae el calor de la vivienda y lo transporta hacia los pozos geotérmicos.

Para esta instalación se debe conocer la composición del suelo, porque esta composición hará que el intercambio sea mayor o menor. Se hace uso de la cartografía de IGME y se extrae que es de tipo arcilloso, por lo que la conductividad térmica del terreno es 1,11 W/m°K y la difusividad térmica 0,0054 cm<sup>2</sup>/s.

El valor pico de carga térmica de refrigeración se alcanza en el mes de julio, siendo este de 12,19 kW y el de calefacción es de 7,05 kW en el mes de diciembre, como se ha mencionado anteriormente. Por lo tanto, la bomba de calor necesaria debe ser capaz de aportar estas potencias como mínimo.

La bomba seleccionada es AGEO 50H de la empresa CIAT, la cual presenta las características que se muestran en la siguiente imagen.

**Tabla 13. Características técnicas de la bomba de calor AGEO 50H.**

<b>AGEO 50H</b>	
<b>Calefacción</b>	
<b>Capacidad total [kW]</b>	15,90
<b>Consumo [kW]</b>	2,80
<b>SCOP</b>	5,70
<b>Refrigeración</b>	
<b>Capacidad total [kW]</b>	13,10
<b>Consumo [kW]</b>	2,80
<b>SEER</b>	4,70

La demanda media de calefacción es de 19,65 kWh/m<sup>2</sup> año y la demanda media de refrigeración es de 42,12 kWh/m<sup>2</sup> año, valores obtenidos en HULC una vez incluyendo las mejoras para el cumplimiento del CTE-HE1.

Teniendo en cuenta las características técnicas de la bomba de calor empleada, es decir, el COP 5,70 y el EER 4,70, la demanda de calefacción es 487,77 kWh/año y la de refrigeración es 1.267,99 kWh/año.

La parcela dispone de espacio para la implantación de esta tecnología, 117 m<sup>2</sup>, sin embargo, no es suficiente para tener plena libertad en elegir el tipo de intercambiadores a emplear. Es por esto por lo que se emplea intercambiadores verticales, ya que no se dispone de un espacio disponible lo suficientemente grande para intercambiadores horizontales. La tipología empleada es por tanto intercambiadores verticales de simple U. Se dispondrá de 6 pozos, con una distribución de 3x2, ya que es posible que haya una separación entre pozos mayor de 6 metros.

**Imagen 29. Introducción de la bomba de calor geotérmica en HULC.**

**Autónomo bomba de calor**

Nombre:

Propiedades Basicas | Curvas

Capacidad total de refrigeración nominal	<input type="text" value="13,10"/>	kW
Capacidad sensible de refrigeración nominal	<input type="text" value="9,82"/>	kW
Consumo de refrigeración nominal	<input type="text" value="2,80"/>	kW
Capacidad calorífica nominal	<input type="text" value="15,90"/>	kW
Consumo de calefacción nominal	<input type="text" value="11,93"/>	kW
Caudal de impulsión nominal	<input type="text" value="780"/>	m <sup>3</sup> /h

**Imagen 30. Resultado de HULC al introducir el sistema geotérmico.**

HEO		
		Valores límite
Consumo EP no renovable [kWh/m <sup>2</sup> .año]	<input type="text" value="100,50"/>	<input type="text" value="65,00"/> <b>NO CUMPLE</b>
Consumo EP total [kWh/m <sup>2</sup> .año]	<input type="text" value="118,50"/>	<input type="text" value="90,00"/> <b>NO CUMPLE</b>

En el ANEXO III, está más detallada toda la información de esta instalación y los cálculos realizados para obtener el dimensionamiento de ella.

Cabe señalar que al tratarse de una rehabilitación se intenta aprovechar al máximo las instalaciones anteriores, por lo tanto, del sistema de climatización multizona por conductos anterior se mantienen los conductos y la unidad interior.

## Demanda de electricidad

Una vez seleccionados todos los sistemas que intervienen se puede obtener una estimación del consumo eléctrico del edificio, los sistemas que requieren electricidad son los electrodomésticos, la iluminación y por último la climatización.

A continuación, se definen los consumos diarios de la vivienda y según el aparato que consume electricidad se estiman las horas de uso al día.

**Imagen 31. Consumo eléctrico de la vivienda horario.**

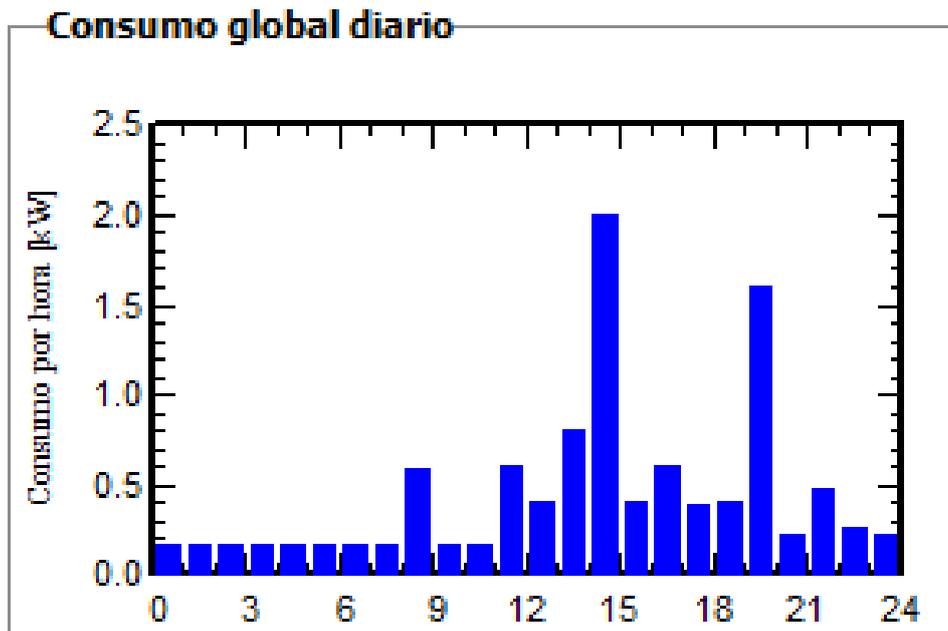
Consumos diarios						
Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy	
15	Lámparas (LED o fluo)	5 W/lámpara	3.0 h/día	OK	225 Wh	
3	TV / PC / móvil	150 W/apar.	3.0 h/día	OK	1350 Wh	
1	Horno / Microondas	800 W/apar.	1.5 h/día	OK	1200 Wh	
1	Nevera / congelación profunda	0.20 kWh/día	24.0	OK	200 Wh	
1	Lavaplatos y lavadora	420.0 W prom	2.0 h/día	OK	840 Wh	
1	Vitrocerámica	2850 W/apar.	1.0 h/día	OK	2850 Wh	
1	Climatización	166 W/apar.	24.0 h/día	OK	3984 Wh	
	Consumidores en espera	1 W tot	24 h/día		24 Wh	
<b>Energía diaria total</b>					<b>10673 Wh/día</b>	
<b>Energía mensual</b>					<b>320.2 kWh/mes</b>	

[? Info aparatos](#)

Definiendo estos consumos eléctricos horarios de la vivienda se hace una estimación de la energía diaria que consume la vivienda, la cual tiene un valor de 10.673 Wh/día, haciendo un total de 320,2 kWh/ mes.

En la imagen anterior se ha definido el número de aparatos que intervienen, la potencia de los aparatos y las horas al día en las que se hacen uso de ellos. Sin embargo, para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica se debe conocer el perfil horario del uso de estos aparatos en conjunto, por lo que el siguiente paso es indicar en que franja horaria estos aparatos necesitan electricidad.

Imagen 32. Distribución horaria de los consumos eléctricos de la vivienda, PVsyst.

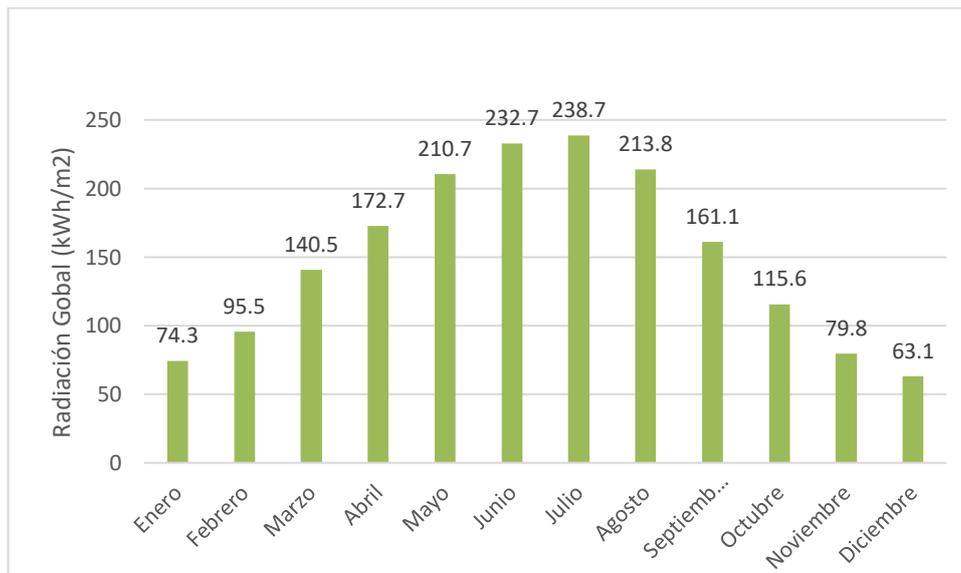


En la anterior imagen se observa el perfil de la vivienda donde el consumo gira en torno a las 15:00 y las 20:00.

- Instalación fotovoltaica

En primer lugar, se realiza un estudio de la radiación solar del emplazamiento, con el fin de comprobar que es un buen lugar para la implantación de esta tecnología.

Figura 5. Gráfico de la radiación global mensual en Fernán Núñez.

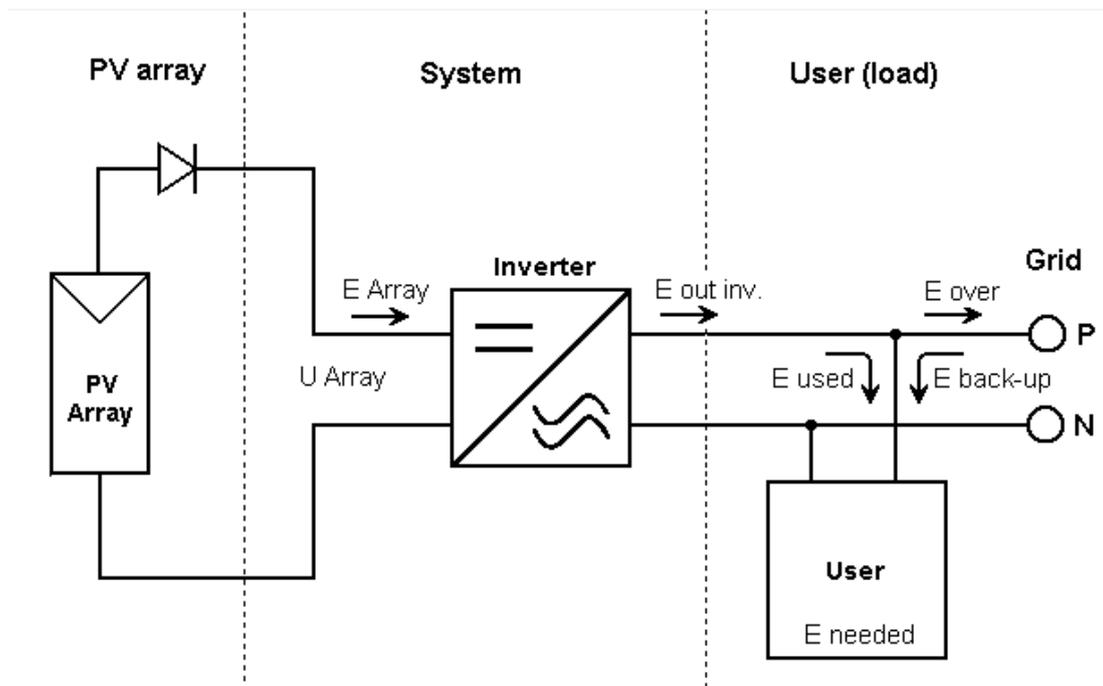


Como se observa en el gráfico anterior es un lugar idóneo para implementar esta tecnología porque cuenta con radiación solar. Además, presenta 3.100 horas de sola al año.

Al tratarse de un lugar idóneo se procede al dimensionamiento del sistema fotovoltaico una vez conocidas climatología que predomina en el lugar y los consumos de la vivienda. Para ello como anteriormente se ha indicado se hace uso de la herramienta PVSIST.

Se selecciona el tipo de sistema fotovoltaico que se va a emplear. La instalación no estará constituida por baterías, ya que actualmente esta tecnología no está desarrollada por completo y teniendo en cuenta el beneficio que se obtiene es mayor su coste que el beneficio, por lo que esta tecnología no se utiliza. Por lo tanto, la instalación estará conectada a red, ya que no posee baterías y las horas que no haya sol obtendrá el suministro de red.

**Imagen 33. Esquema de la instalación fotovoltaica, PVsyst.**



Según lo mencionado los elementos que hay que dimensionar para tener la instalación fotovoltaica son los paneles solares, el inversor, los cables y los elementos de protección.

Por lo que se hace uso de la herramienta PVsyst para el dimensionado la instalación. Con la que se dimensionan 1,360 kWp de instalación fotovoltaica para cubrir el consumo demanda. La instalación consta de 4 unidades de módulos fotovoltaicos con una potencia pico cada uno de 340 Wp. El inversor usado es de 1,20 kW.

Actualmente en el campo de la fotovoltaica existe un gran número de tecnologías que se emplean para la transformación de la radiación solar en electricidad, como son las

células de silicio cristalino, monocristalino y policristalino, células de capa delgada y células de unión múltiple.

Entre las tecnologías, más del 80% del mercado actual es ocupado por la célula de silicio cristalino, puede que en un futuro esto cambie ya que está llegando esta tecnología a su desarrollo óptimo y el resto aún presentan margen de mejora. Debido a ello y que se trata de las tecnologías más maduras en este campo, será la seleccionada.

La célula monocristalina presenta una eficiencia superior a la de la célula policristalina, ya que presenta una estructura interna en las células más uniforme y, por tanto, la resistencia al desplazamiento electrónico es menor. Al presentar una mayor eficiencia el área necesaria es menor.

Los datos del "Data Sheet" se han tomado suponiendo una temperatura exterior de 25°, sin embargo, se suelen alcanzar temperaturas mayores que hacen empeorar su rendimiento.

Es necesario conocer varios aspectos del modelo del panel como, sus dimensiones, el voltaje nominal (sección de los cables está directamente relacionada con el voltaje, siendo esta menor al tener mayor voltaje), potencia necesaria, tipología, rendimientos, temperatura, precio, garantía...

Los módulos fotovoltaicos empleados son del fabricante Trina Solar, en concreto el modelo TSM-340. Esta tecnología emplea células solares monocristalinas.

**Tabla 14. Parámetros eléctricos del módulo fotovoltaico.**

Parámetros eléctricos	
<b>Potencia nominal (Wp)</b>	340,00
<b>Eficiencia (%)</b>	17,50
<b>Voltaje máxima potencia (V)</b>	38,20
<b>Corriente máxima potencia (A)</b>	8,90

**Tabla 15. Datos mecánicos del módulo fotovoltaico.**

Datos mecánicos	
<b>Célula solar</b>	Monocristalina
<b>Dimensiones (mm)</b>	1960×992×40
<b>Peso (kg)</b>	26,00
<b>Caja de conexión</b>	IP67 o IP68

Los módulos han sido conectados en serie, ocupando un área total de módulos de 7,8 m<sup>2</sup>, espacio disponible en la cubierta de la primera planta. Presentan una inclinación igual a la latitud del lugar, 37, 67°, ya que con esta inclinación se favorece la producción eléctrica global, no la de una estación en particular.

Se utilizarán soportes para la fijación de los módulos de cubierta plana, a través de los soportes se le aportará la inclinación deseada. El sistema de fijación permite la dilatación térmica, sin transmitir cargas que puedan afectar la integridad de los módulos.

Se usa sistemas de Solarstem, el modelo AFFLAT o similar.

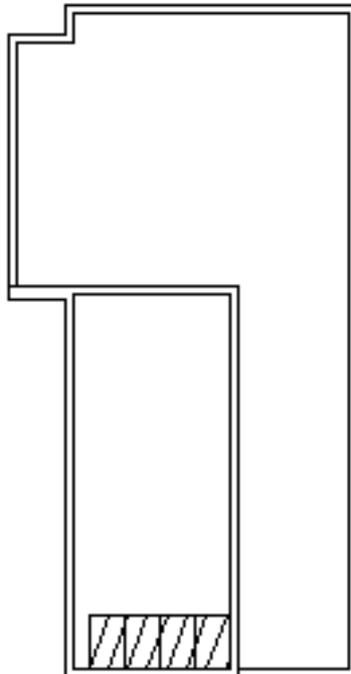
**Imagen 34. Sistema de fijación para cubiertas planas.**



Al tratarse de una vivienda unifamiliar aislada y colocarse los paneles en la cubierta del edificio no hay problemas con sombras ya que no interfieren en el lugar donde se ubica la instalación.

Una vez mostrado el tamaño donde se pueden alojar los paneles fotovoltaicos y conocidos los números de paneles que se colocan, y a su vez la distribución de estos se procede a mostrarlo.

**Imagen 35. Sistema fotovoltaico ubicado en la cubierta.**



Como se observa en la imagen los paneles cubren una mínima parte de la cubierta, por lo que es posible incluir más instalaciones que precisen de espacio exterior.

La función del inversor es convertir la corriente continua que se produce en el módulo fotovoltaico en corriente alterna.

Se ha diseñado la instalación para que se instale un inversor de 1,2 kW. El inversor es SUNstring 1200-L.

**Tabla 16. Datos del inversor.**

Datos	
<b>Potencia nominal (kWac)</b>	1,20
<b>Voltaje de operación (V)</b>	120-500
<b>Ratio Pnominal (DC-AC)</b>	1.13

A continuación, se procede a seleccionar el cableado, es necesario dos tipos de cableado, cableado de corriente continua y cableado de corriente alterna.

En primer lugar, se procede con el cableado de corriente continua el cual va desde los módulos fotovoltaicos al inversor, este cableado puede discurrir bajo tubo o superficialmente sujeto a través de abrazaderas, con este método de colocación será más seguro ya que permite una mayor disipación.

Debido a la ubicación de este cableado será adecuado para su uso en intemperie al aire, según la norma UNE 21123 y presentará doble aislamiento.

Al colocarse en el exterior las condiciones a las que estará expuesto serán exigentes, deberá resistir a temperaturas extremas (desde -40°C hasta 90°C), deben soportar la temperatura máxima de 120°C en el conductor durante 2.000 horas y deben ser útiles en torno a 25 años.

Serán conductores de cobre y su sección será calculada en el ANEXO III según dos criterios, sección adecuada para evitar calentamientos elevados y caídas de tensión inferiores al 1,5%.

Según las características que debe presentar el cableado mencionadas se selecciona el cable de Prysmian para instalaciones fotovoltaicas PRYSUN o similar, diseñado según el estándar europeo EN 50618 y el estándar internacional IEC 62930.

Se empleará el cable con designación genérica H1Z2Z2-K, el cual presenta tensión asignada 1/1 kV (1,8/1,8 kVdc máx.). De sección  $2 \times 4 \text{ mm}^2$ .

En segundo lugar, se procede con el cableado de corriente alterna el cual va desde el inversor al cuadro de protección alterna y desde el cuadro de protección hasta el CGP.

La selección será según lo indicado en la ITC BT-19, 20 y 28 del vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

No debe ser superior al 1,5% la caída de tensión para la intensidad nominal entre el generador y el punto de interconexión a la Instalación Interior o la Red de Distribución Pública según la ITC-BT 40.

Debe soportar temperaturas extremas, presentar alta seguridad, no propagación de llama...

El cableado seleccionado para este tramo será el cable Afumex Class 1000 V (AS) con designación RZ1-K (AS) o similar, el cual presenta tensión asignada 0,6/1 kV y su norma de diseño es UNE 21123-4. Se instalará fijándolo sobre la pared un canal. De sección  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ .

La normativa que establece el tipo de canalización que se debe emplear y la situación de la canalización según el conductor y cables empleados, está recogido en la norma UNE 61537:2007 e ITC-BT-20.

**Imagen 36. Elección de canalizaciones, según UNE 61537:2007 y ITC-BT-20.**

Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales y molduras	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Con fiador
Conductores desnudos		-	-	-	-	-	-	+	-
Conductores aislados		-	-	+	*	+	-	+	-
Cables con cubierta	Multi-polares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Uni-polares	0	+	+	+	+	+	0	+

+ : Admitido  
 - : No admitido  
 0 : No aplicable o no utilizado en la práctica  
 \* : Se admiten conductores aislados si la tapa sólo puede abrirse con un útil o con una acción manual importante y la canal es IP 4X o IP XXD

**Imagen 37. Situación de las canalizaciones, según ITC-BT-20.**

Situaciones		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales y molduras	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Con fiador
Huecos de la construcción	accesibles	+	+	+	+	+	+	-	0
	no accesibles	+	0	+	0	+	0	-	-
Canal de obra		+	+	+	+	+	+	-	-
Enterrados		+	0	+	-	+	0	-	-
Empotrados en estructuras		+	+	+	+	+	0	-	-
En montaje superficial		-	+	+	+	+	+	+	-
Aéreo		-	-	(*)	+	-	+	+	+

+ : Admitido  
 - : No admitido  
 0 : No aplicable o no utilizado en la práctica  
 (\*) : No se utilizan en la práctica salvo en instalaciones cortas y destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida

La parte de corriente continua se divide en dos tramos:

- a) Interconexión entre módulos fotovoltaicos (3,5 metros)

Irán fijados sobre la estructura portante del módulo fotovoltaico, en el interior de esta con el fin de evitar al máximo la exposición al sol. Se tendrá en cuenta el siguiente proceso de montaje y ejecución:

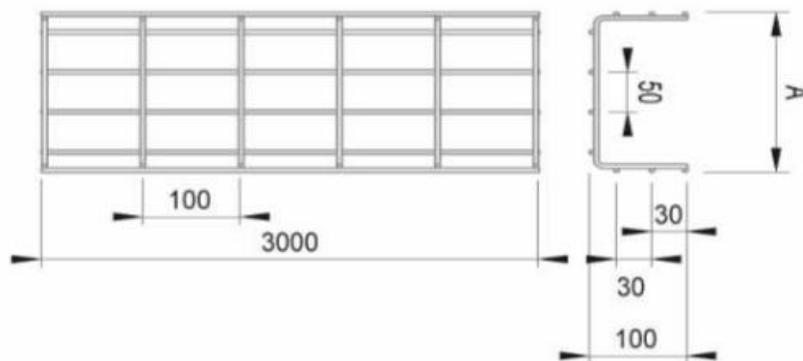
- La fijación a la estructura metálica con el fin de no dañar los cables será a través de collares, bridas o abrazaderas.
- Estos puntos de fijación serán cada 0,40 m sucesivamente con el fin de evitar que con el propio peso del cable este se doble.
- Debe ser mayor a 10 veces el diámetro exterior del cable el radio de doblado.
- Habrá una distancia de 3 cm si se producen cruces con otras canalizaciones que no sean eléctricas.

b) Conexión del string con el inversor (15 metros)

Según lo citado en la norma anterior es adecuado en este caso el uso de canalización de bandeja portacables para la conducción de estos cables.

Se utilizarán bandejas de tipo rejilla del modelo BMPI – 35, AISCAN-BMPI-310, o similares, del fabricante AISCAN.

**Imagen 38. AISCAN-BMPI-1030(JCarlos, n.d.).**



Estas bandejas metálicas portacables ofrecen una mayor ventilación y limpieza del cableado. Las temperaturas que soportan están comprendidas entre los  $-40^{\circ}\text{C}$  y los  $150^{\circ}\text{C}$ .

La parte de corriente alterna presenta tramos de tubos sobre superficie y enterrado. Por ello seguiremos las indicaciones del REBT en concreto la ITC BT-20 y 21, las cuales tratan de instalaciones interiores o receptoras de instalaciones por tubos.

Para el tramo por el que va bajo tubos es necesario cumplir la normativa de REBT del ITC-BT-21.

Tras esto se procede con las protecciones necesarias que se deben incluir en la instalación fotovoltaica.

- Protección contra contactos directos

Este tipo de protección con el que se aporta seguridad es el destinado a personas cuando se produce un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos de la instalación.

En la norma UNE-HD 60364-4-41:2018 aparecen las principales medidas: “Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 4-41: protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos” y son las siguientes:

- Las partes activas deben estar recubiertas por un aislante con el fin de evitar cualquier tipo de contacto, este tipo de aislamiento solo se podrá destruir para retirarlo.
- Colocación de barreras o envolvente, destinadas para evitar el contacto con las partes activas.

Estas medidas son complementarias a las siguientes:

- a) Parte de corriente continua:

En el inversor se colocará un controlador de aislamiento de la parte de CC, este dispositivo desconectará el inversor en caso de que la resistencia de aislamiento disminuya hasta un valor límite. La resistencia de aislamiento suele presentar un valor que no sea inferior a 10 veces la tensión de circuito abierto del generador.

- b) Parte de corriente alterna:

Uso de un dispositivo de corriente diferencial residual asociado al interruptor general de salida CA. Los dispositivos de corriente diferencial-residual desconectarán para corrientes alternas senoidales, así como para corrientes continuas pulsantes.

El interruptor diferencial seleccionado es de la marca Revalco, presenta un poder de corte de 10 kA y la sensibilidad del 30 mA. Cumple la normativa IEC 61008-1.

**Imagen 39. Interruptor diferencial Revalco (Diferencial 4P 63A 30mA REVALCO RV31 A, n.d.).**



- Protección contra contactos indirectos

Contra el fenómeno las medidas de protección son:

- Corte automático de la alimentación, que impide que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo y esto pueda resultar un riesgo. (Fusibles, interruptores automáticos y diferenciales)
- Uso de materiales de clase II o aislamiento equivalente.

a. Parte de corriente continua:

Se mantiene la resistencia de aislamiento mayor o igual 10 veces a la tensión de generación con el objetivo de limitar el valor de la intensidad de defecto, ya que se dispone de un dispositivo de corte de corriente diferencial residual.

$$R_t \times I_d < UL$$

Siendo:

- $R_t$  = Resistencia eléctrica de la toma de tierra de las masas.
- $I_d$  = Intensidad de defecto.
- $UL$  = Tensión límite convencional de seguridad = 50 Vdc.

Se usan materiales de doble aislamiento en la instalación, este tipo de materiales se denominan de clase II y se ha seleccionado ante la posibilidad de que no sea posible la colocación de un dispositivo de corte de corriente diferencial. Este tipo de aislamiento conecta las partes que tienen tensión a tierra permanentemente así en el caso de un posible fallo de aislamiento de la instalación no puede estar a tensión elevada (módulos, cajas, cables, inversor, etc..).

b. Parte de corriente alterna:

En este caso se coloca un dispositivo de corriente diferencial residual el cual actúa realizando un corte automático de la instalación, su sensibilidad regulable está en torno a los 0-30 mA. Se cumplirá:

$$R_t \times I_d < UL$$

Siendo:

- c.  $R_t$  = Resistencia eléctrica de puesta a tierra
- d.  $I_d$  = Intensidad de defecto
- e.  $UL$  = Tensión límite convencional de seguridad = VAC.

El interruptor seleccionado cumple la norma IEC 60947-2, presenta regulación térmica de 160 A y poder de corte de 18kA.

**Imagen 40. Interruptor automático general** (*Interruptor En Carga NG160 NA - 160 A -4 Polos - Schneider - 28267 | One-Elec.Com, n.d.*).



- Protección frente a sobretensiones

Para este tipo de protección se va a hacer uso de la Guía-BT-23 referente al REBT.

Cuando se produce una sobretensión los equipos elevan su tensión hasta un nivel mayor al de su tensión nominal. Por lo que para actuar frente a la protección de sobretensiones se empleará un elemento que “absorbe” el exceso de tensión enviándolo a tierra.

El inversor presenta protecciones internas contra sobretensiones, pero se colocan protecciones a la entrada de este ya que si se hace actuar el propio del inversor detendría su producción

Las medidas adoptadas para evitar este fenómeno son:

- Conexión equipotencial, se consigue un campo equipotencial al implementar un electrodo de puesta a tierra.
- Instalación de descargadores de sobretensión, limitan el valor de las sobretensiones.
- Varistores que absorben todos los picos de tensiones que se dan mayores a su tensión nominal ya que se comporta como una resistencia. Solo elimina picos transitorios no tensiones elevadas constantes.

a. Parte de corriente continua:

Se coloca para la protección de los componentes del generador fotovoltaico y el inversor contra sobretensiones de tipo 2 en el cuadro de corriente continua un dispositivo de protección.

b. Parte de corriente alterna:

Se coloca un descargador de sobretensiones a la salida del inversor. El cual cumplirá las condiciones de la tabla 1 de la ITC BT-23.

**Imagen 41. Descargador de sobretensiones tipo 2, Citel** (*Descargador de Sobretensión PV - Tipo 2 Con Tecnología VG, n.d.*).



- Protección frente a sobrecargas y cortocircuitos
- a. Parte de corriente continua:

Se empleará un fusible, ya que solo hay un string. El fusible tiene la función de conectar dos partes del circuito a través de un elemento metálico que presenta un punto de fusión bajo por lo que la lámina se fundirá si se alcanzan temperaturas elevadas. Actúa protegiendo contra sobrecargas que se denomina una corriente que circula de manera prolongada con un valor mayor al nominal.

El fusible empleado es de tipo gPV de intensidad nominal igual a 15 A, con un poder de corte igual a 30 kA y una tensión nominal de 1000 V DC.

**Imagen 42. Fusible gPV de DPElectric** (*491629 En POWERALIA, n.d.*).



- b. Parte de corriente alterna:

Interruptor automático en la salida del inversor. Con el fin de no interrumpir el funcionamiento de la instalación por disparos intempestivos.

**Imagen 43. Interruptor magnetotérmico de Schneider** (*C120H 4P 80A D 15000A 415V MINIATURE CIR SCHNEIDER ELECTRIC A9N18523, n.d.*).



- Protección frente a funcionamiento en modo isla

Al producirse un corte de red se mantiene voltaje en el terminal de salida del inversor y puede no detectarse la desconexión de red. Es posible que se de una situación de isla si la carga resistiva se ajusta a la potencia producida por el inversor, aún es posible el funcionamiento en paralelo. Al estar los cables cargados hay posibilidad de fallos de seguridad.

Para actuar frente a este fenómeno se observa la frecuencia de la red, si se ve alterada debe actuar la protección desconectando el inversor de la red, está incorporada esta protección en el propio inversor.

- Separación galvánica

Al tratarse de una instalación fotovoltaica generadora de potencia nominal menor o igual a 100 kW se rige según el Real Decreto 1699/2011, por el cual se regula la conexión a red de las instalaciones fotovoltaicas. Por lo que según este Decreto se debe colocar una separación galvánica entre la red de distribución y la instalación generadora.

La separación galvánica desempeña las siguientes funciones:

- Actúa aislando la instalación fotovoltaica para evitar la transferencia de defectos entre la red y la instalación.
- Aporta seguridad al personal.
- Evitar la inyección de corriente continua en la red.

El propio inversor seleccionado aporta la separación galvánica de la Instalación Fotovoltaica y la Red de Distribución de B.T.

La instalación fotovoltaica se debe conectar a tierra para evitar daños contra personas y equipos ante la aparición de corrientes de defecto.

En el caso del lado de CC se utiliza un sistema de tipo IT en el que todos los conductores activos de la instalación se encuentran aislados de tierra. Sin embargo, las masas metálicas del módulo fotovoltaico deben ponerse a tierra, por ello disponen en el marco apropiado para ello.

Las tensiones que se generan en un primer defecto en este tipo de sistemas no implican un peligro ya que no logra cerrarse el bucle y el circuito se encuentra siempre abierto al haber una resistencia entre neutro y tierra que es mayor de 2 k $\Omega$ . Pero esta situación cambia al producirse un segundo defecto, ya que este si implica un riesgo al cerrarse el bucle a través de tierra que genera tensiones peligrosas en zonas de posible acceso.

Por lo que cuando se utiliza este tipo de puesta a tierra se requiere:

- Un vigilante de aislamiento, este dispositivo lo incorpora el inversor.
- Clase II en todas las partes alcanzables para aislar el sistema.
- Equipotencialidad fiable de todas las masas que tienen posible acceso.

Los conductores presentarán una sección de 4 mm<sup>2</sup> y serán de cobre, estarán recubiertos de aislante color amarillo-verde debido a que son cables de toma a tierra y este es su color identificativo. La forma de colocación será conectando todos los cables en un punto común de puesta a tierra que posteriormente irá conectada a tierra por medio de una pica de acero cobreado de 2,5 m de longitud y 18 mm de diámetro.

En relación con el tipo y la profundidad de enterramiento de estas tomas de tierra se debe tener en cuenta el factor climatológico ya que hay posibilidad de pérdida de humedad del suelo, la presencia de hielo entre otros efectos climáticos, por lo que estas características no deben aumentar la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

El conjunto de dispositivos de protección y maniobra irán ubicados en un cuadro eléctrico.

La asignación del cuadro eléctrico de baja tensión será seleccionada conforme a la norma IEC 61439-1:2019 “Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 1: Reglas generales”, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 60529, “Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).” e IK07 según UNE 50102, “Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).”

Debido a las prestaciones que debe proporcionar se ha seleccionado el cuadro general de la marca Solera, Arelos el modelo 5271 / 5271PF o similar.

**Imagen 44. Cuadro general seleccionado 5271 / 5271PF (5271 | Cajas de Distribución de Superficie | Arelos | Envolventes | Solera, n.d.).**



Al tratarse de una instalación fotovoltaica inferior a 15kW el equipo de medida debe ser de teled medida y no será por cuenta del titular.

Tras el dimensionado de la instalación fotovoltaica se puede realizar una estimación de la energía que se obtendrá de ella.

**Tabla 17. Balance de resultados de la instalación fotovoltaica.**

	kWh/año
<b>Energía generada PV</b>	2.514,80
<b>Energía demandada usuario</b>	3.895,40
<b>Energía consumida PV</b>	1.568,40
<b>Energía consumida red</b>	797,18

Se muestran los kWh mensuales producidos por la instalación fotovoltaica, haciendo un total de 2.514,8 kWh anuales de producción.

**Imagen 45. Instalación fotovoltaica, HULC.**

Valores mensuales de la producción de Energía Eléctrica a partir de una fuente de energía renovable (kWh)(Producción total 2514,9 kWh)

No existen datos mensuales

Sistema o Equipo	Comentario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	^
Fotovoltaica insitu	Ninguno	207,9	125,3	207,0	211,6	231,2	237,8	259,4	247,1	222,5	221,6	198,3	145,2	

Una vez introducidos todos los sistemas en HULC se procede a su simulación y se obtiene el siguiente resultado.

**Imagen 46. Resultados en HULC al introducir la instalación fotovoltaica.**

**HE0**

	Consumo	Valores límite	
Consumo EP no renovable [kWh/m <sup>2</sup> .año]	56,80	65,00	<b>CUMPLE</b>
Consumo EP total [kWh/m <sup>2</sup> .año]	86,30	90,00	<b>CUMPLE</b>

En la siguiente tabla se resumen los resultados de consumos de energía según la tecnología empleada y el límite que establece el CTE.

**Tabla 18. Resumen de HE0 según la tecnología.**

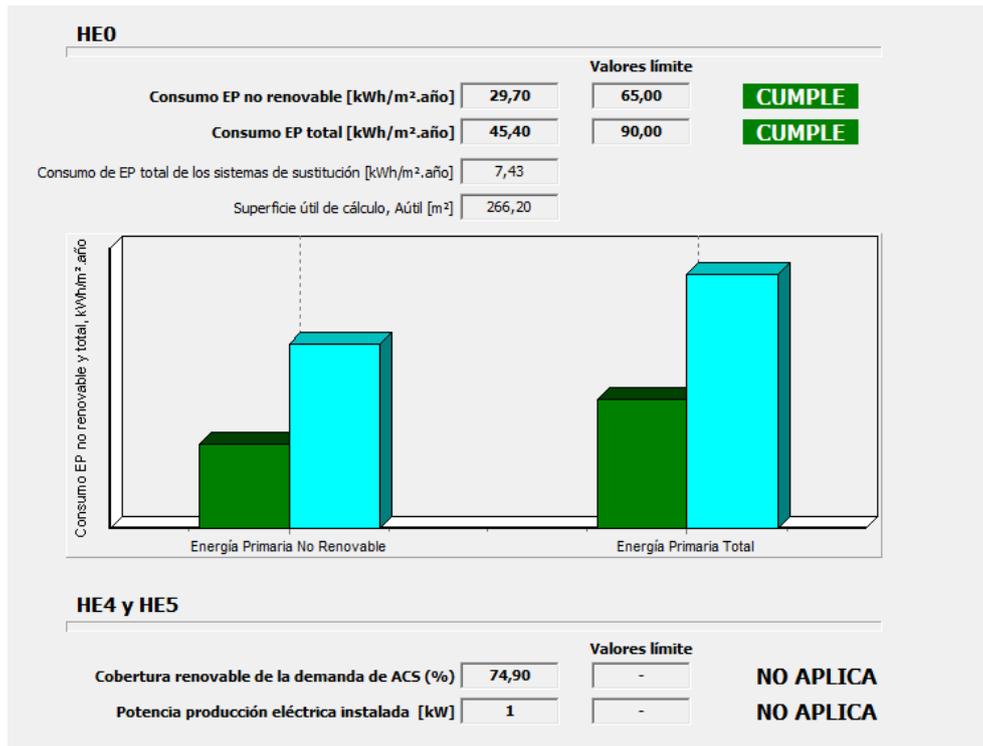
	Termosolar	Geotermia	Fotovoltaica	Límite
<b>Consumo EP no renovable [kWh/m<sup>2</sup>. año]</b>	55,10	100,50	55,90	65,00
<b>Consumo EP total [kWh/m<sup>2</sup>. año]</b>	77,50	118,50	85,70	90,00

Como se puede observar se puede realizar una rehabilitación parcial de los sistemas y se conseguirá cumplir con el valor límite exigido por el CTE.

Una vez introducidos todos los sistemas de generación de energía renovables se estudia un último caso que no se ha contemplado hasta ahora ya que se ha realizado un estudio individual según la tecnología, pero también está la posibilidad de implementar todas las tecnologías conjuntamente.

Por lo que si las anteriores instalaciones que se dimensionaron individualmente se introducen todas conjuntamente se obtienen los siguientes resultados:

**Imagen 47. Resultados HE0 con todos los sistemas.**



**Imagen 48. Resultados de demandas, consumos y emisiones, todos los sistemas.**

		Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Ventilación	Iluminación	Otros
<b>Demanda, D</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>año</b>	19,65	42,12	1,03	-	-	-
<b>Energía Final, C_ef</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>año</b>	15,71	7,44	4,28	0,00	0,00	-
<b>Energía Primaria Total, C_ep;tot</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>año</b>	27,08	13,83	4,51	-	0,00	-
<b>Energía Primaria No Renovable, C_ep;nren</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>año</b>	19,16	9,13	1,44	-	0,00	-
<b>Energía Primaria Renovable, C_ep;ren</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>año</b>	7,92	4,70	3,07	-	0,00	-
<b>Emisiones, E_CO2</b>	<b>kgCO2/m<sup>2</sup>año</b>	3,41	1,55	0,31	-	0,00	-

Como podemos ver en las imágenes anteriores al incluir estos nuevos sistemas en la vivienda también se cumple el CTE, HE0.

**Tabla 19. Comparación de instalaciones individualmente y todas conjuntamente.**

	Termosolar	Geotermia	Fotovoltaica	Todas las instalaciones
<b>Consumo EP no renovable [kWh/m<sup>2</sup>año]</b>	55,10	100,50	55,90	29,70
<b>Consumo EP total [kWh/m<sup>2</sup>año]</b>	77,50	118,50	85,70	45,40

Como se muestra en la tabla anterior hay una gran diferencia entre los consumos de las instalaciones individuales y el consumo al introducir todas estas instalaciones conjuntamente.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES**

En términos generales, diseñar la envolvente de una vivienda con el objetivo de reducir al máximo su demanda de climatización debe ser la principal y más importante medida de eficiencia energética.

Hay que señalar que al tratarse de una rehabilitación hay varios aspectos que están fijados y no hay posibilidad de actuar sobre ellos, parámetros como la localización, geometría, orientación y otros aspectos.

Los parámetros constructivos que presentan una influencia mayor sobre la demanda de la vivienda son los muros de la cimentación, la cubierta, los muros en contacto con el terreno y los muros exteriores. Sin embargo, actuando sobre estos parámetros no se logra cumplir con el CTE.

Se estudia otra de las posibles actuaciones, mejora de los huecos a través de vidrios de baja transmitancia y factor solar elevado con el fin de aumentar la ganancia solar pasiva y marcos con la menor transmitancia térmica posible. Sin embargo, ocurre lo mismo que al actuar sobre los muros del edificio, no es suficiente para cumplir con el CTE.

Una vez estudiados los dos casos por separado y comprobar que no se logra cumplir con las exigencias, se combinan ambas opciones y finalmente se consigue la exigencia marcada en el CTE referente a la transmitancia térmica global.

Al realizar este cambio en los elementos constructivos del edificio la demanda de calefacción se reduce considerablemente. Sin embargo, no ocurre lo mismo con la demanda de refrigeración, la cual se ve aumentada. Pero su proporción es pequeña en comparación con la disminución de la demanda de calefacción. Hablando en términos globales la demanda total de climatización desciende un 32% al considerar estas medidas.

El coste asociado al cumplimiento del HE1 al implementar estas dos medidas es de un total de 18.608,50 € y 7.286,53 € de aislamiento y huecos respectivamente. El coste de la mejora de aislamiento es considerablemente mayor, pero es normal debido a la cantidad de muros sobre los que se actúan, ya que teniendo en cuenta todos los muros mencionados anteriormente hay un total de 517,45 m<sup>2</sup> a los que se le agrega aislamiento.

En lo referente con las instalaciones se actúa sobre ACS, climatización y electricidad, con el fin de introducir instalaciones más eficientes y a su vez renovables y así lograr alcanzar las exigencias del CTE, HE0.

En el caso del ACS se usa una instalación solar térmica. En climatización se estudió la bomba de calor geotérmica. Finalmente, para la producción de electricidad se

dimensionó una instalación fotovoltaica, la cual se encarga de suministrar las demandas eléctricas de la iluminación, los electrodomésticos y la climatización.

Esta implementación de tecnología supone un coste de 2.990,85€, 15.686,08€ y 2.990,32€ de las instalaciones de ACS, climatización y fotovoltaica respectivamente.

Tras estas mejoras se ha obtenido una reducción del consumo de energía no renovable del 60,50% con respecto a la situación inicial de la vivienda y de un 54,23% del consumo de la energía total.

Una vez implementadas las medidas mencionadas, se ha llegado a una situación mejorada del edificio que cumple con la normativa vigente del CTE. A raíz de estos cambios se ha llegado a una calificación energética mejor que la inicial.



## CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

- 491629 en POWERALIA. (n.d.). Retrieved July 9, 2022, from <https://www.poweralia.com/fusible-cilindrico-fotovoltaica-dfelectric-491629>
- 5271 | Cajas de distribución de superficie | Arelos | Envolvertes | Solera. (n.d.). Retrieved July 9, 2022, from <https://www.psolera.com/es/catalogo/envolvertes/arelos/cajas-de-distribucion-de-superficie/8692s/5271>
- bp. (2021). Full report – Statistical Review of World Energy 2021. In *Statistical Review of World Energy* (Vol. 70, Issue June).
- C120H 4P 80A D 15000A 415V MINIATURE CIR SCHNEIDER ELECTRIC A9N18523. (n.d.). Retrieved July 9, 2022, from <https://www.manomano.es/catalogue/p/c120h-4p-80a-d-15000a-415v-miniature-cir-schneider-electric-a9n18523-33193508>
- CHEQ4. (n.d.). Retrieved April 11, 2022, from <https://www.codigotecnico.org/Programas/CHEQ4.html>
- CIAT - Actualidad : CIAT participa en una jornada sobre Hibridación de Energías Renovables en la Edificación. (n.d.). Retrieved April 11, 2022, from <http://www.grupociat.es/rubrique/index/spa-actualidad/20/CIAT-participa-en-una-jornada-sobre-Hibridación-de-Energías-Renovables-en-la-Edificación/698>
- Código Técnico de la Edificación | Idae. (n.d.). Retrieved March 23, 2022, from <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/codigo-tecnico-de-la-edificacion>
- Comisión Europea. (2019). *Un Pacto Verde Europeo | Comisión Europea*. Web Oficial de La Unión Europea. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)
- Componentes de un SATE - Artículos Técnicos SATE. (n.d.). Retrieved July 9, 2022, from <https://anfapa.com/articulos-tecnicos-sate/1212/componentes-de-un-sate>
- Deloitte. (n.d.). *La descarbonización del modelo energético en España | Deloitte España | Consultoría Estratégica | Publicación*. Retrieved March 23, 2022, from <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/strategy/articles/la-descarbonizacion-del-modelo-energetico.html>
- Descargador de sobretensión PV - tipo 2 con tecnología VG. (n.d.). Retrieved July 9, 2022, from <https://www.wattneed.com/es/material-eléctrico/1705-descargador-de-sobretension-pv-tipo-2-con-tecnologia-vg-0712971130357.html>
- Diferencial 4P 63A 30mA REVALCO RV31 A. (n.d.). Retrieved July 9, 2022, from <https://tucalentadoreconomico.es/interruptores-diferenciales/1178-Diferencial-superinmunizado-trifasico-63A-30mA.html>
- Energía. (n.d.). Retrieved March 23, 2022, from [https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/energy\\_es](https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/energy_es)
- Energías renovables. *Lo que hay que saber - ROLDÁN VILORIA, JOSÉ* - Google Libros. (n.d.). Retrieved July 10, 2022, from <https://books.google.com.co/books?id=yKh2AgAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

- HERRAMIENTA UNIFICADA, Manual de Usuario.* (n.d.).
- IDAE. (2016). *Consumo de Energía en España | Consumo eléctrico | guiaenergia.idae.es.* <https://guiaenergia.idae.es/el-consumo-energia-en-espana/>
- IDAE. (2017). *Certificado Energético de la Vivienda | guiaenergia.idae.es.* <https://guiaenergia.idae.es/eficiencia-energetica-de-la-vivienda/>
- IEA. (2019). *Data tables – Data & Statistics - IEA.* International Energy Agency. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=SPAIN&energy=Balances&year=2019>
- Interruptor en carga NG160 NA - 160 A -4 polos - Schneider - 28267 | One-Elec.com.* (n.d.). Retrieved July 9, 2022, from <https://www.one-elec.com/es/28267-interruptor-en-carga-ng160-na-160-a-4-polos-schneider.html>
- JCarlos. (n.d.). *ESP-BMPI.*
- La eficiencia energética | Fichas temáticas sobre la Unión Europea | Parlamento Europeo.* (n.d.). Retrieved March 23, 2022, from <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/69/la-eficiencia-energetica>
- Ministerio de Fomento y AICIA. (2013). *Herramienta Unificada LIDER-CALENER.* 1–13.
- Ministerio de Transportes, M. y A. U. (2022). *Geo-Información | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.* Geo-Información. [https://www.mitma.gob.es/vivienda#Plan\\_Estatal\\_de\\_Vivienda\\_2022-2025%0Ahttps://www.mitma.es/carreteras/trafico-velocidades-y-accidentes-mapa-estimacion-y-evolucion/mapas-de-trafico/2019](https://www.mitma.gob.es/vivienda#Plan_Estatal_de_Vivienda_2022-2025%0Ahttps://www.mitma.es/carreteras/trafico-velocidades-y-accidentes-mapa-estimacion-y-evolucion/mapas-de-trafico/2019)
- Parlamento Europeo. (2021). *La política energética: principios generales | Fichas temáticas sobre la Unión Europea | Parlamento Europeo.* Unión Europea. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/68/la-politica-energetica-principios-generales>
- Parlamento Europeo y Consejo. (2010). 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). *Diario Oficial de La Unión Europea, Serie L, 18 de Junio de 2010., 153,* 13–35.
- Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios, (2013).
- UPV Universitat Politècnica de València. (2020). *Calcula con Atecyr.* <http://www.calculaconatecyr.com/vpclima.php>
- Vivienda: Más de 10 millones de viviendas esperan el dinero europeo para su rehabilitación | Economía | Cinco Días.* (n.d.). Retrieved March 23, 2022, from [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/09/18/economia/1600447556\\_714914.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/09/18/economia/1600447556_714914.html)

# **PRESUPUESTOS**

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

En el siguiente apartado se procede a realizar una valoración económica sobre los costes asociados a cada uno de los escenarios planteados, según la vivienda y los sistemas empleados en ella, con el fin de realizar un análisis económico entre ellos y concluir cual es la mejor propuesta entre las mencionadas. Para la realización de este análisis se han estudiado las propuestas de mejora del capítulo 4. El coste será expresado sin IVA.

En términos constructivos las propuestas han sido introducir SATE, es decir solo se aumenta el espesor de aislamiento en los muros exteriores de la vivienda y mejora de huecos en la que se ha modificado tanto el vidrio como el marco.

Con respecto a los sistemas, se estudian todos los sistemas propuestos, es decir, la instalación de ACS termosolar con apoyo de caldera, la instalación de climatización tanto aerotérmica con geotérmica y finalmente la instalación fotovoltaica.

A continuación, se muestran el presupuesto de cada una de las propuestas mencionadas.

## CAPÍTULO 2. SATE

En primer lugar, se realiza un desglose del presupuesto invertido para el cumplimiento del HE1, en concreto la solución de colocar aislamiento, para la cual se ha seleccionado el sistema de SATE ORGÁNICO. Según las dimensiones de los muros donde se coloca se estima el coste, siendo este de un total de 18.608,508 €.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD [m]	ALTURA [m]	CANTIDAD	PRECIO [€/ud]	IMPORTE [€]
<b>01</b>	<b>CERRAMIENTOS Y DIVISIONES</b>						
01.01.01	<p><b>m<sup>2</sup> SISTEMA SATE ORGÁNICO</b></p> <p>Sistema de StoTherm Classic o similar, Sistema SATE Orgánico, es decir, libre de cemento Documento de Idoneidad Técnico Europeo DITE-11/0504 Sistema combinado de aislamiento térmico exterior para fachadas StoTherm Classic o similar, con clasificación de resistencia al fuego B-s2, d0, según EN 13 501-1, con una deformación máxima antes de la primera grieta del 3%, y resistencia al impacto de cuerpos duros de 6.5 joules (categoría II). Sistema constituido por StoPerfil de arranque de aluminio en la base a una distancia mínima del nivel de suelo de 15 cm, sujeto con StoTornillos de fijación cada 30cm. (Posibilidad de llegar con el Sistema hasta el suelo o terreno e incluso enterrado, para ello se necesita panel de zócalo especial y tratamiento impermeabilizante valorado en partida aparte en caso de ser requerido) Paneles de EPS Grafitado y Elastificado TOP32 MACHIHEMBRADO de espuma rígida de poliestireno según EN 13163 (tipo de calidad WDV tipo de aplicación WAP s/ DIN 4108-10), conductividad térmica 0,032 W/m.K, formato 100 x 50 cm, borde de panel Machihembrado y espesor de 12 cm (según valor K obtenido según DIN 4108 y resistencia a la flexión de 3,0-4,0 N/mm<sup>2</sup> s/DIN EN 196). Resistencia térmica de 3,75 m<sup>2</sup> K/W. Encolados con poliuretano monocomponente de expansión controlada Sto-Turbofix, (resistencia a la flexión de 3,0-4,0 N/mm<sup>2</sup> DIN EN 196) y cubriendo como mínimo un 40% del panel. Ensamblados de forma plana lisa y uno junto a otro totalmente a presión en el proceso de encolado, a rompejuntas en toda la superficie y en las esquinas salientes del edificio. Las esquinas de huecos de puertas y ventanas deben ser formadas por una sola pieza de panel. Fijación mecánica con StoTermoespiga de 17,5 cm de largo aproximadamente y con una distribución media de 6 espigas por m<sup>2</sup>. La cabeza de la espiga se cubrirá con StoTape redonda de EPS Gris que quedará a ras de la superficie del material aislante para evitar el puente térmico y las posibles condensaciones en la cabeza de la espiga. Revisando si han quedado juntas abiertas, se procede de la siguiente forma; sellado de juntas abiertas con StoEspuma PU o tiras de EPS, si la abertura es menor de 4 mm o si es mayor de 4 mm respectivamente. Lijado de igualación de toda la superficie. Colocación de la StoCinta de Sellado Lento en todos los encuentros del sistema con otros elementos o materiales con diferente coeficiente de dilatación, para asegurar la estanqueidad al agua del sistema. Colocación de Perfil Goterón en los dinteles y StoMalla Cantonera en todas las esquinas. Aplicación en toda la superficie del mortero armadura libre de cemento StoArmat Classic Plus de densidad 1,5 g/cm<sup>3</sup> según DIN 53 217, con un espesor de 3 mm aproximadamente, introducir presionando la malla de armadura StoMalla Fibra de Vidrio F. y alisarla con la llana (Resistencia a la Fisuración &gt;1750 N/50 mm según DIN EN ISO 13934-1), embeber en el mortero armadura solapando 10 cm con la malla misma y todos los accesorios.</p>						
<b>01.01</b>	<b>m<sup>2</sup> FACHADA EXTERIOR</b>						
	ENVOLVENTE EXTERIOR	1	45,70	2,75	125,675		
	PLANTA 0						
	A descontar huecos						
	Puerta	-1	4,10	2,75	-11,275		
	V1	-1	3,10	2,75	-8,525		
	V3	-1	0,70	1,10	-0,770		
	V4	-1	1,75	1,10	-1,925		
	V5	-1	1,50	1,75	-2,625		
	V6	-1	4,00	2,75	-11,00		
	Subtotal					89,555	

	ENVOLVENTE EXTERIOR PLANTA 1	1	28,22	2,75	77,605		
	A descontar huecos V2	-1	3,10	2,10	-6,510		
	V7	-1	0,80	2,10	-1,680		
				Subtotal	69,415		
					158,970	40,07	6.369,928
<b>01.02</b>	<b>m<sup>2</sup> CUBIERTA</b>						
	CUBIERTA PLANTA 0	1	6,79	5,81	39,450		
		1	10,19	2,20	22,418		
					61,868		
	CUBIERTA PLANTA 1	1	9,70	4,41	42,777		
					42,777		
					104,645	40,07	4.193,125
<b>01.03</b>	<b>m<sup>2</sup> CIMENTACIÓN</b>						
	CIMENTACIÓN	1	6,79	5,81	39,450		
		1	15,19	2,20	33,418		
		1	9,70	4,41	42,777		
					115,645		
					115,645	40,07	4.633,895
<b>01.04</b>	<b>m<sup>2</sup> MURO EN CONTACTO CON EL TERRENO</b>						
	MURO EN CONTACTO CON EL TERRENO	1	42,57	2	85,140		
					85,140		
					85,140	40,07	3.411,560
<b>TOTAL 01</b>							<b>18.608,508</b>

## CAPÍTULO 3. HUECOS

Para el cumplimiento del HE1 también es necesario la sustitución de la carpintería y el vidrio de los huecos, siendo el coste total de esta solución de 7.286,53€.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD [m]	ALTURA [m]	CANTIDAD	PRECIO [€/ud]	IMPORTE [€]
02	<b>CARPINTERÍA</b>						
02.01	<b>m<sup>2</sup> CARPINTERÍA ALUMINIO</b>						
02.01.01	<b>m<sup>2</sup> CARPINTERÍA ALUMINIO PRT</b>						
	Carpintería aluminio con rotura de puente térmico, composición y despiece s/ memoria de carpintería, solape perimetral y perfil de condensación con alargadera, realizada con perfiles de aluminio de primera fusión extrusionado, aleación 6063 T5, anodizado en color natural de 15 micras de espesor. Con rotura de puente térmico en marco y en hoja con poliamida de 14 mm. Sección de marco 60 mm. y sección de hoja 63,2 mm. Homologada Clase 4, Clase 8A, Clase C5. Con juntas de estanqueidad interior, central y de acristalamiento interior y exterior, en EPDM, preparado para acristalamiento tipo climalit o similar no incluido en el precio.						
	<b>CARPINTERÍA EXTERIOR</b>						
	CON VIDRIO tipo Planistar o similar						
	V1	1	3,10	2,75	8,525		
	V2	1	3,10	2,10	6,510		
	V3	1	0,70	1,10	0,770		
	V4	1	1,75	1,10	1,925		
	V5	1	1,50	1,75	2,625		
	V6	1	4,00	2,75	11,00		
	V7	1	0,80	2,10	1,680		
				Subtotal	33,035		
					33,035	108,20	3.574,387
	<b>TOTAL 02</b>						<b>3.574,387</b>
CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD [m]	ALTURA [m]	CANTIDAD	PRECIO [€/ud]	IMPORTE [€]
03	<b>VIDRIOS</b>						
03.01	<b>m<sup>2</sup> VIDRIOS 4/20/331</b>						
	Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica, 4/20/331 color azul, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 20 mm, y vidrio interior templado, de color azul de 6 mm de espesor; 30 mm de espesor total.						
	V1	1	3,10	2,75	8,525		
	V2	1	3,10	2,10	6,510		
	V3	1	0,70	1,10	0,770		
	V4	1	1,75	1,10	1,925		
	V5	1	1,50	1,75	2,625		
	V6	1	4,00	2,75	11,00		
	V7	1	0,80	2,10	1,680		
				Subtotal	33,035		
					33,035	112,37	3.712,143
	<b>TOTAL 03</b>						<b>3.712,143</b>

## CAPÍTULO 4. SISTEMA ACS

A continuación, se procede con las mejoras que se proponen para el cumplimiento del HE0. En primer lugar, se estima el coste de la instalación de ACS, en el que se necesita el captador solar y su soporte, que sería el sistema, elementos de tuberías válvulas y aislamientos, contadores y sistemas de control. El coste de esta instalación es de 2.990,85€.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD [m]	ALTURA [m]	CANTIDAD	PRECIO [€/ud]	IMPORTE [€]
04	<b>ENERGÍA SOLAR</b>						
04.01	<b>ud CAPTACIÓN</b>						
	Captador solar térmico por termosifón, 165 litros con serpentín y 16 tubos de vacío Am-Termosol, modelo Am-Termosol de la marca Amordad o similar. Compuesto por: un panel, de 1680x1638x80 mm, superficie de captación total 2,605 m <sup>2</sup> , superficie de absorción 1,28 m <sup>2</sup> , rendimiento óptico 0,56, coeficiente de pérdidas primario 0,729 W/m <sup>2</sup> K y coeficiente de pérdidas secundario 0,012 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> , según UNE-EN 12975-2, compuesto de: 16 tubos de vacío de vidrio con borosilicato, con tubo interior de cobre con tratamiento selectivo con forma de U y con láminas de aluminio, caja de conexiones negra de aluminio anodizado con aislamiento térmico de poliuretano expandido y fibra de vidrio y reflector parabólico de alta reflectancia de aluminio; depósito de acero esmaltado de 165 l, con aislamiento de poliuretano expandido de 50 mm de espesor y 37 kg/m <sup>3</sup> de densidad y exterior de aluminio corrugado; fluido anticongelante; estructura soporte para cubierta plana.				1	853,00	853,00
	<b>ud SOPORTE CUBIERTA 1 CAPTADOR POR TERMOSIFÓN</b>						
	Suministro y colocación de soporte para cubiertas planas sobre estructura de apoyo, ángulo de emplazamiento 30-40-60°, compuesto por soportes de colectores con piezas de fijación, tornillos hexagonales, tuercas y arandelas. Totalmente instalado y funcionando. S/CTE-DB-HE-4.				1	389,43	388,43
04.02	<b>TUBERÍA, VALVULERÍA Y AISLAMIENTOS</b>						
	<b>ud VALVULA DE SEGURIDAD ¾ 6 BAR</b>						
	Suministro y colocación de válvula de seguridad tarada a 6 bat, de ¾" de diámetro, de latón fundido, para temperaturas hasta 120° C; Colocada mediante unión roscada, totalmente instalada y funcionando. S/CTE-DB-HE-4.				1	59,34	59,34
	<b>m. TUBERÍA DE COBRE D=16-18 mm</b>						
	Tubería de cobre rígido, de 16/18 mm de diámetro nominal, en instalaciones para agua fría y caliente, con uniones realizadas mediante soldadura fuerte con un mínimo de 20% plata, con p.p. de piezas especiales de cobre y prueba de estanqueidad, instalada y funcionando según la normativa vigente. s/UNE-EN-1057 y CTE-HS-4.				12	9,99	119,88
	<b>m. COQ. 18*19 ALT. TEMP. ACABADO ALUMINIO</b>						
	Aislamiento térmico para tuberías de cobre de calefacción, circuito solar o climatización realizado con coquillas flexible de espuma elastomérica autoadhesiva resistente a temperaturas hasta 150° C, acabado en chapa de aluminio de 0,6 mm de espesor. Diámetro interior 18 mm y 19 mm de espesor, incluso colocación con adhesivo en uniones y medios auxiliares. s/IT.IC.19 y CTE-DB-HE-4						

		12	18,91	226,92
<b>04.03</b>	<b>CONTADORES</b>			
	ud CALORÍMETRO ¾"			
	Suministro y colocación de contador de kilocalorías, diámetro ¾" y caudal nominal de 1,5 m3/hr, temperatura máxima 130°C, presión máxima 16 bar, incluso sondas de ida y retorno envainados montados en Te de latón, totalmente instalada y funcionando. S/CTE-DB-HE-4.			
		1	469,77	469,77
<b>04.04</b>	<b>SISTEMAS DE CONTROL</b>			
	ud SONDA DE TEMPERATURA ACUMULADOR			
	Sonda de temperatura del acumulador con codo roscado con vaina de inmersión para el montaje de la sonda. Totalmente instalada y funcionando. S/CTE-DB-HE-4.			
		1	99,16	99,16
	ud SONDA DE TEMPERATURA DEL CAPTADOR			
	Sonda de temperatura del colector con codo roscado con vaina de inmersión para el montaje de la sonda, incluso cable de conexión. Incluso parte proporcional del costo de puesta en funcionamiento, permisos, boletines, licencias, tasas o similares, materiales, ayudas de albañilería y medios auxiliares necesarios para dejar la unidad completa, considerándose siempre la instalación completamente terminada, probada u en funcionamiento según Documentos de Proyecto, indicaciones de la D.F y normativa vigente.			
		1	95,04	95,04
	ud CÉLULA SOLAR			
	Suministro e instalación de célula solar, compuesta por célula solar, para la captación de la intensidad de la irradiación solar y fijación universal. Totalmente instalado y funcionando. S/CTE-DB-HE-4			
		1	45,58	45,58
	ud TERMOSTATO DE SEGURIDAD			
	Suministro y colocación de termostato de seguridad, dos sondas de temperatura y 1 relé. Totalmente instalada y funcionando S/CTE-DB-HE-4.			
		1	134,18	134,18
	ud CENTRALITA SOLAR			
	Suministro e instalación de centralita solar de regulación modelo auroMATIC 570 marca Vailant o equivalente. Regulación diferencial de temperatura. Medición de la energía solar producida y álculo de las emisiones de CO2 evitadas.			
		1	499,55	499,55
	<b>TOTAL 04</b>			<b>2.990,85</b>

# CAPÍTULO 5. SISTEMA CLIMATIZACIÓN

La siguiente mejora que se presenta para el cumplimiento del HE0 es el sistema de climatización, el cual emplea una bomba de calor geotérmica y sondas. Esta instalación representa un coste de 15.686,08€.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD [m]	ALTURA [m]	CANTIDAD	PRECIO [€/ud]	IMPORTE [€]
<b>05</b>	<b>CLIMATIZACIÓN</b>						
05.01	ud BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA Unidad agua-agua bomba de calor reversible, geotérmica AGEO 50 H o similar. Alimentación monofásica a 230 V, potencia calorífica nominal 15,9 kW (temperatura de entrada del agua al condensador 30°C, temperatura de salida del agua del condensador 35°C, temperatura de entrada del agua al evaporador 10°C, temperatura de salida del agua del evaporador 7°C) (COP 5,04), potencia frigorífica nominal 13,1 kW (temperatura de entrada del agua al evaporador 12°C, temperatura de salida del agua del evaporador 7°C, temperatura de entrada del agua al condensador 30°C, temperatura de salida del agua del condensador 35°C) (EER 3,65), potencia sonora 33 dBA, dimensiones 1230x650x695 mm, peso 154 kg, para gas R-410A, con carrocería de chapa de acero galvanizado con aislamiento acústico y panel frontal de plástico ABS, compresor de tipo scroll, válvula de seguridad tarada a 3 bar, purgador automático de aire, soportes antivibratorios, intercambiadores de placas soldadas de acero inoxidable AISI 316, módulo hidráulico para cada circuito, formado por bomba de circulación de tres velocidades, presostato diferencial de caudal y vaso de expansión, módulo de control por microprocesador, pantalla de control en el panel frontal y sondas de hielo, de temperatura de agua y de temperatura exterior.				1	5.932,50	5.932,50
	ud MANGUITO ANTIVIBRACIÓN Manguito antivibración, de goma, con rosca de 1 ¼", para una presión máxima de trabajo de 10 bar.				4	18,92	75,68
	ud TERMÓMETRO BIMETÁLICO Termómetro bimetalico, diámetro de esfera de 100 mm, con toma vertical, con vaina de 1/2", escala de temperatura de 0 a 120°C.				2	21	42,00
	ud VÁLVULA Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1 1/4".				4	15,25	61,00
<b>04.02</b>	<b>SONDA</b>						
	ud SONDA GEOTÉRMICA Sonda geotérmica para instalación vertical, de 197 m de longitud y 96 mm de diámetro, formada por un tubo de polietileno de alta densidad (PE 100) de 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor, SDR11, y un pie con forma de V, al que se sueldan los tubos, peso de la sonda 371,25 kg, temperatura de trabajo entre -20°C y 30°C, suministrada en rollos.				1	610,00	610,00
	m TUBO DE INYECCIÓN Tubo de inyección, de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, para relleno de sonda geotérmica vertical.				152	1,24	188,48

**m DISTANCIADOR PARA TUBOS**

Distanciador para tubos, 2x32 mm, con orificio central de 45 mm de diámetro para guiado del tubo de inyección, para sonda geotérmica vertical.

---

21	4,40	92,40
----	------	-------

**kg MORTERO**

Mortero preparado de bentonita y cemento, de conductividad térmica mínima 2,35 W/(mK), baja permeabilidad al agua, resistente a heladas, densidad 1800 kg/m<sup>3</sup>, resistencia mecánica a compresión 10 N/mm<sup>2</sup>, para inyección y relleno de sonda geotérmica vertical.

---

2700	1,05	2.835,00
------	------	----------

**m PERFORACIONES**

Perforación del terreno arcilloso

---

152	30,00	4.560,00
-----	-------	----------

**ud ARQUETA**

Arqueta

---

1	1.276,80	1.276,80
---	----------	----------

**m3 HORMIGÓN**

Hormigón

---

0,137	73,13	10,02
-------	-------	-------

**T GRAVA DE CANTERA**

Grava

---

0,304	7,23	2,20
-------	------	------

**TOTAL 04**

---

		<b>15.686,08</b>
--	--	------------------

# CAPÍTULO 6. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Finalmente, la última mejora que se propone es el sistema fotovoltaico, en la que se incluyen los módulos, el inversor, los soportes, el cableado y protección. Su coste es de 2.900,32€.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD [m]	ALTURA [m]	CANTIDAD	PRECIO [€/ud]	IMPORTE [€]
<b>06</b>	<b>ELECTRICIDAD</b>						
06.01	ud MÓDULO FOTOVOLTAICO Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 340 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 38,2 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8,90 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,2 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,50 A, eficiencia 17,5%, 72 células de 6x12 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1960x992x40 mm, peso 26 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores.				5	110,58	552,90
06.02	ud INVERSOR Inversor monofásico, potencia máxima de entrada 1 kW, rango de voltaje de salida de 120 o 230 Vcc, potencia nominal de salida 2,2 kW, potencia máxima de salida 1,2 kVA, eficiencia máxima 92%, dimensiones 117x232x327 mm, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus.				1	575,96	575,96
06.03	ud SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AUTOCONSUMO 1,35 KW Sistema de energía solar fotovoltaica conectado a red para iluminación, fuerza, etc. con tensión de sistema 12V, que consta de 4 paneles solares fotovoltaicos monocristalinos, con una potencia pico unitaria por panel de 340 Wpico y una potencia pico total de 1,35 kW. Compuesto por un inversor de 1,2 kW para alimentación de circuitos de consumo a 230 V CA.				4	18,92	75,68
06.04	ud SOPORTE PARA PANEL FOTOVOLTAICO Estructura inclinada para dos paneles solares.				2	104,50	209,00
06.05	ud CUADRO PROTECCIÓN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO Cuadro protección de sistema solar fotovoltaico, formado por caja IP55 en instalación superficial, embarrado de protección, protecciones citadas anteriormente.				1	956,44	956,44
06.06	m CIR. CORRIENTE CONTINUA Suministro y montaje de circuito monofásico, el cable con designación genérica H1Z2Z2-K, el cual presenta tensión asignada 1/1 kV (1,8/1,8 kVdc máx.). De sección 2 x 4 mm <sup>2</sup> .				3,5	19,31	67,59
06.07	M CIR. CORRIENTE ALTERNA Suministro y montaje de circuito monofásico, el cable Afumex Class 1000 V (AS) con designación RZ1-K (AS) o similar, el cual presenta tensión asignada 0,6/1 kV y						

su norma de diseño es UNE 21123-4. Instalándolo en canal protectora fijada sobre una pared. De sección  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ .

	15	30,85	462,75
<b>TOTAL 06</b>			<b>2.900,32</b>

## **CAPÍTULO 7. PRESUPUESTO TOTAL**

<b>Descripción</b>	<b>Importe</b>
Aislamiento	18.608,50
Huecos	7.286,53
Sistema ACS	2.990,85
Sistema climatización geotermia	15.686,08
Sistema fotovoltaico	2.900,32
Presupuesto de ejecución material	47.472,28
13% de gastos generales	8.545,01
6% de beneficio industrial	2.848,23
Suma	58.865,52
18% IVA	12.361,76
Presupuesto de ejecución por contrata	71.277,28

Una vez introducidos los gastos generales, los gastos de beneficio industrial y el IVA la cantidad de la rehabilitación de la vivienda asciende a 71.277,28 €.

# **ANEXOS**

# ANEXO I. MODELIZACIÓN HULC

## Datos generales

Se trata de una vivienda unifamiliar aislada que se quiere rehabilitar energéticamente ya que se va a realizar una reforma mayor de un 25% en la envolvente, sistemas de climatización y ACS. Se encuentra en Fernán Núñez que pertenece a la provincia de Córdoba y presenta una altitud sobre el nivel del mar de 314 m, por lo que según el anexo B sobre zonas climáticas que se encuentra en el documento básico HE ahorro de energía, esta localidad pertenece a zona climática C4.

**Imagen 49. Zona climática según CTE.**

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																							
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	251 - 300 m	≥ 1301 m
Albacete	C3					D3										E1								
Alicante/Alacant	B4			C3							D3													
Almería	A4	B4		B3			C3										D3							
Araba/Alava	D1										E1													
Asturias	C1	D1					D1					E1												
Ávila	D2					D1					E1													
Badajoz	C4			C3			D3																	
Balears, Illes	B3			C3							E1													
Barcelona	C2					D2					D1					E1								
Bizkaia	C1					D1										E1								
Burgos	D1										E1													
Cáceres	C4										D3					E1								
Cádiz	A3	B3			C3			C2					D3					D2						
Cantabria	C1					D1					D3					E1								
Castellón/Castelló	B3			C3							D3			D2					E1					
Ceuta	B3										D3													
Ciudad Real	C4					C3			D3															
Córdoba	B4			C4							D3													
Coruña, A	C1					D3					D1					E1								
Cuenca	D3										D2					E1								
Gipuzkoa	D1					E1																		
Girona	C2			D2							E1					D3								
Granada	A4	B4			C4			C3					D3					E1						
Guadalajara	D3										D2					E1								
Huelva	A4	B4	B3			C3							D3											
Huesca	C3			D3			D2							E1										
Jaén	B4					C4					D3					E1								
León	E1										D3													
Lleida	C3			D3							E1					D3								
Lugo	D1										E1													
Madrid	C3										D3					D2					E1			
Málaga	A3	B3			C3							D3												
Melilla	A3																							
Murcia	B3			C3							D3													
Navarra	C2			D2			D1					E1												
Ourense	C3			C2			D2							E1										
Palencia	D1										E1													
Palmas, Las	α3					A2					B2					C2								
Pontevedra	C1					D1										E1								
Rioja, La	C2			D2							E1													
Salamanca	D2										E1													
Santa Cruz de Tenerife	α3					A2					B2					C2								
Segovia	D2										E1													
Sevilla	B4			C4							D1					E1								
Soria	D2										D1					E1								
Tarragona	B3			C3							D3					E1								
Teruel	C3										C2					D2					E1			
Toledo	C4										D3													
Valencia/València	B3			C3							D2					E1								
Valladolid	D2										E1													
Zamora	D2										E1													
Zaragoza	C3			D3							E1													
Provincia	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	251 - 300 m	≥ 1301 m

En los edificios las zonas que son habitables deben estar acondicionadas, siendo el caudal de aire exterior que se debe aportar el suficiente para conseguir que en cada zona habitable la concentración media anual de CO<sub>2</sub> sea menor que 900 ppm y que el acumulado anual de CO<sub>2</sub> que exceda 1.600 ppm sea menor que 500.000 ppm·h, en ambos casos con las condiciones de diseño del apéndice C.

Además, el caudal de aire exterior aportado debe ser suficiente para eliminar los contaminantes no directamente relacionados con la presencia humana. Esta condición se considera satisfecha con el establecimiento de un caudal mínimo de 1,5 l/s por local habitable en los periodos de no ocupación.

Las dos condiciones anteriores se consideran satisfechas con el establecimiento de una ventilación de caudal constante acorde con la siguiente tabla extraída del Documento Básico de Salubridad (HS), sección HS3, caudal de aire interior.

**Imagen 50. Caudales mínimos para ventilación del caudal constante en locales habitables.**

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q <sub>v</sub> en l/s				
	Locales secos <sup>(1) (2)</sup>			Locales húmedos <sup>(2)</sup>	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores <sup>(3)</sup>	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

Para este cálculo, se coge el máximo valor de caudal de aire entre el correspondiente a los locales secos y a los locales húmedos. En el caso particular objeto de estudio, existe 1 dormitorio principal, 1 salón- comedor, y 2 zonas húmedas. Para los locales secos se necesita 14 l/s de caudal de admisión. En cambio, en locales húmedos es 12 l/s. Por lo que el máximo de ambos tipos de locales y, por lo tanto, el ACH<sub>nom</sub> del edificio es de 14 l/s.

Con la información anterior se rellenan los datos generales de HULC, es decir, la zona climática y el caudal de ventilación de la vivienda.

**Imagen 51. Datos administrativos.**

Datos generales

Datos administrativos | Datos generales | Factores de Paso | Producción de Energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos

Datos Proyecto | Datos Certificador

Datos del proyecto

Nombre del proyecto: TFM

Uso del edificio: viviendas unifamiliares de distintos tipos

Superficie construida: 273,98    Sup. construida cubierta: 273,98    Altura total: 7,50    Plantas sobre rasante: 2    Plantas bajo rasante: 1

Comunidad autónoma: Andalucía    Provincia: Córdoba    Localidad: Fernán-Núñez    Código postal: 14520

Tipo vía: Calle    Nombre de la vía: C/Juan Marías Cortes

Tipo numeración: Número:    Bloque:    Portal:    Escalera:    Piso:    Puerta:    Datos adicionales:

Normativa vigente (construcción/rehabilitación)

Normativa vigente edificación: CTE HE 2013

Normativa vigente instalaciones térmicas: RITE (2013)

Otras normativas:    Ordenanzas municipales:    Año construcción:    Período: Posterior a 2013

Referencia(s) catastral(es): ninguno

Aceptar    Cancelar

**Imagen 52. Datos generales.**

Datos generales

Datos administrativos | Datos generales | Factores de Paso | Producción de Energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos

Definición del caso

**Verificación CTE-HE y Certificación de Eficiencia Energética**

Edificio NUEVO

Edificio EXISTENTE: Ampliación

Edificio EXISTENTE: Cambio de uso

Edificio EXISTENTE: Reforma

> 25% envolvente con cambio de sistemas climatización y ACS

> 25% envolvente con cambio de sistemas climatización

> 25% envolvente con cambio de sistemas ACS

> 25% envolvente sin cambio de sistemas

< 25% envolvente con cambio de sistemas climatización y ACS

< 25% envolvente con cambio de sistemas climatización

< 25% envolvente con cambio de sistemas ACS

< 25% envolvente sin cambio de sistemas

**Solo Certificación de Eficiencia Energética**

Edificio EXISTENTE: Solo Certificación

Localidad, Datos Climáticos

Comunidad autónoma: Andalucía

Provincia: Córdoba

Localidad: Fernán-Núñez

Altitud: 314,00 m

Zona climática: C4

Peninsular     Extrapeninsular

Tipo de edificio

Vivienda unifamiliar

Viviendas en bloque

Una Vivienda de un bloque

Edificio Tercario Pequeño o Mediano (PMT)

Un local de un Edificio PMT

Gran Edificio Tercario (GT)

Un local de un Edificio GT

Ventilación del edificio residencial

Caudal de ventilación del edificio o vivienda [litros/s]: 14,00

Permeabilidad por defecto

Permeabilidad del edificio o vivienda actual, n50, [renh]: 9,92

El edificio tiene una envolvente mejorada con baja permeabilidad al aire

Permeabilidad según ensayo

Valor de permeabilidad mediante ensayo

Valores por defecto de los espacios habitables

Tipo de Uso: Residencial

Aceptar    Cancelar

A continuación, se procede por los elementos constructivos de la vivienda. Estos elementos han sido divididos en dos grupos, horizontal y vertical.

Primero se procede a desglosar el grupo horizontal, que consta de tres elementos. La cimentación que consiste en el cerramiento que se encuentra en contacto con el terreno, la cubierta que se trata del que esta en contacto con el exterior y finalmente la estructura horizontal que corresponde a la estructura que separa una planta de otra.

- Cimentación

**Imagen 53. Composición del cerramiento cimentación.**

Grupo Horizontal

Nombre

Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,200	2,000	1450	1050	
2	Poletileno baja densidad [LDPE]	0,010	0,330	920	2200	
3	HormiÓN en masa 2000 < d < 2300	0,100	1,650	2150	1000	
4	HormiÓN armado 2300 < d < 2500	0,600	2,300	2400	1000	
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,010	1,300	1900	1000	
6	Gres cuarzoso 2600 < d < 2800	0,100	2,600	2700	1000	
7						

Grupo Material

Material   Espesor [m]

U\_M  [W/m²K]  
 U\_C  [W/m²K]  
 U\_S  [W/m²K]

**Imagen 54. Composición del cerramiento cubiertas.**

Grupo Horizontal

Nombre

Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Betún fieltro o lámina	0,020	0,230	1100	1000	
2	HormiÓN con arcilla expandida como árido	0,050	0,550	1400	1000	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,300	625	1000	
4	Betún fieltro o lámina	0,020	0,230	1100	1000	
5	Polipropileno 25%fibra vidrio	0,020	0,250	1200	1800	
6	EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0,050	0,038	30	1000	
7	Polipropileno 25%fibra vidrio	0,050	0,250	1200	1800	
8	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,300	625	1000	
9	FR Entrevigado de hormiÓN -Canto 250 mm	0,250	1,901	1740	1000	
10	HormiÓN con áridos ligeros 1800 < d < 2000	0,050	1,350	1900	1000	

Grupo Material

Material   Espesor [m]

U\_M  [W/m²K]  
 U\_C  [W/m²K]  
 U\_S  [W/m²K]

**Imagen 55. Composición del cerramiento estructura horizontal.**

Grupo Horizontal

Nombre

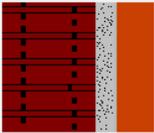
Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	FR Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm	0,250	1,901	1740	1000	
2	Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800	0,050	1,150	1700	1000	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,010	1,300	1900	1000	
4	Gres cuarzoso 2600 < d < 2800	0,100	2,600	2700	1000	
5						

Grupo Material

Material   Espesor [m]

U\_M  [W/m²K]  
 U\_C  [W/m²K]  
 U\_S  [W/m²K]



En segundo lugar, se procede con el grupo vertical que también consta de tres cerramientos. Cerramientos corresponde al cerramiento que está en contacto con el terreno, estructura portante que se trata del cerramiento que está en contacto con el exterior y finalmente la partición interior que se encarga de dividir las zonas interiores de la vivienda. También hay otro tipo de cerramiento que se denomina medianera, sin embargo, en este caso no procede ya que se está analizando una vivienda aislada, por lo tanto, no tiene edificios en su alrededor, es decir no presenta este tipo de cerramientos.

- Cerramientos

**Imagen 56. Composición del cerramiento cerramientos.**

Grupo Vertical

Nombre

Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Esesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	1,300	1900	1000	
2	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110	0,100	0,427	920	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0,040	0,038	30	1000	
4	Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 2					0,085
5	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,060	0,432	930	1000	
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
7						

Grupo Material

Material

0,020 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U\_M  [W/m²K]  
 U\_C  [W/m²K]  
 U\_S  [W/m²K]

Aceptar



**Imagen 57. Composición del cerramiento estructura portante.**

Grupo Vertical

Nombre

Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Esesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Polietileno alta densidad [HDPE]	0,020	0,500	980	1800	
2	Polietileno baja densidad [LDPE]	0,010	0,330	920	2200	
3	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,300	2,300	2400	1000	
4	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070	0,432	930	1000	
5	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
6						

Grupo Material

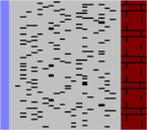
Material

0,020 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U\_M  [W/m²K]  
 U\_C  [W/m²K]  
 U\_S  [W/m²K]

Aceptar



**Imagen 58. Composición del cerramiento particiones interiores.**

Grupo Vertical

Nombre

Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
2	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,115	0,991	2170	1000	
3	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
4						

Grupo Material

Material

Espesor [m]

U\_M  [W/m²K]  
 U\_C  [W/m²K]  
 U\_S  [W/m²K]



También hay que definir los huecos que presenta la vivienda. En concreto la vivienda presenta 7 tipos de ventanas, siendo un total de 7 ventanas y un solo tipo de puerta.

**Tabla 20. Unidades de huecos y dimensiones.**

	Unidades	Y (m)	Altura (m)	Anchura (m)
<b>Puerta</b>	1	0.00	2.75	4.10
<b>Ventana 1</b>	1	0.00	3.00	3.10
<b>Ventana 2</b>	1	0.00	2.10	3.10
<b>Ventana 3</b>	1	1.00	1.10	0.70
<b>Ventana 4</b>	1	1.00	1.10	1.75
<b>Ventana 5</b>	1	1.00	1.75	1.50
<b>Ventana 6</b>	1	0.00	2.75	4.00
<b>Ventana 7</b>	1	0.00	2.10	0.80

### Imagen 59. Características de las ventanas.

Grupo Ventanas

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% hueco cubierto por el marco  ¿Es una puerta?

Incremento de transmitancia por intercalarios y cajones de persiana integrados  %

Permeabilidad al aire  m<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa

Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con dispositivos de sombra móvil activados (g\_gl,sh,wi)

U\_H  [W/m<sup>2</sup>K]

Aceptar

### Imagen 60. Características de la puerta.

Grupo Puertas

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% hueco cubierto por el marco  ¿Es una puerta?

Incremento de transmitancia por intercalarios y cajones de persiana integrados  %

Permeabilidad al aire  m<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa

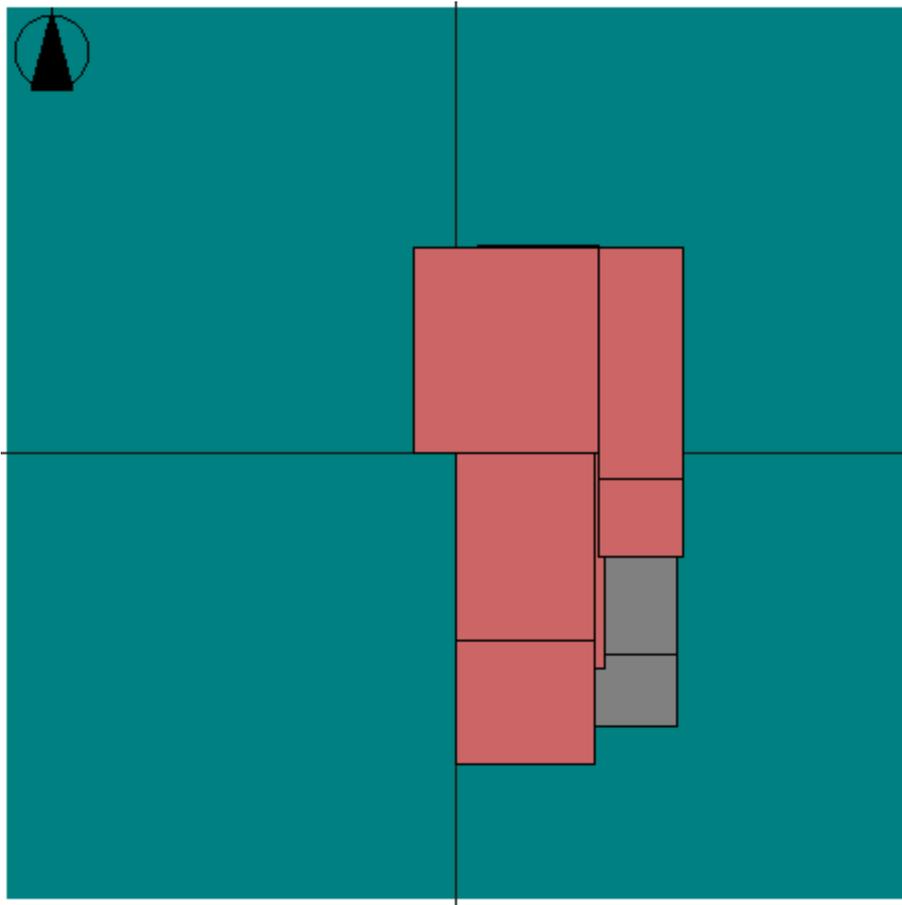
Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con dispositivos de sombra móvil activados (g\_gl,sh,wi)

U\_H  [W/m<sup>2</sup>K]

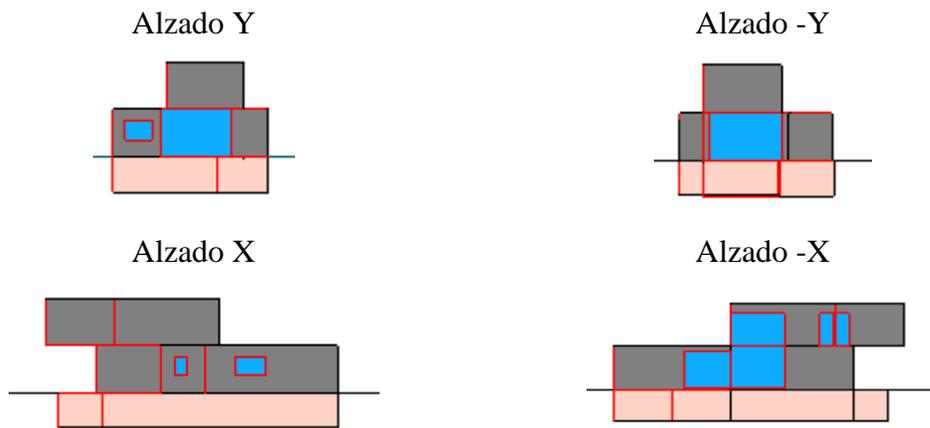
Aceptar

Para trazar los planos DXF de la vivienda unifamiliar, se ha hecho necesario el uso del software AutoCAD. Se han creado 3 planos; uno para el sótano, otro para la planta baja y un tercero para la primera planta.

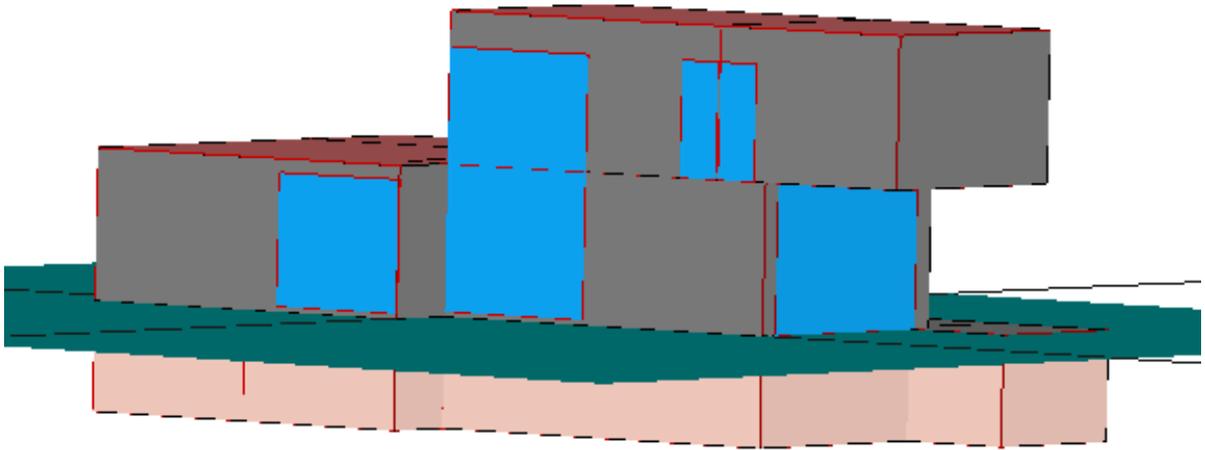
**Imagen 61. Plano de la vivienda superior.**



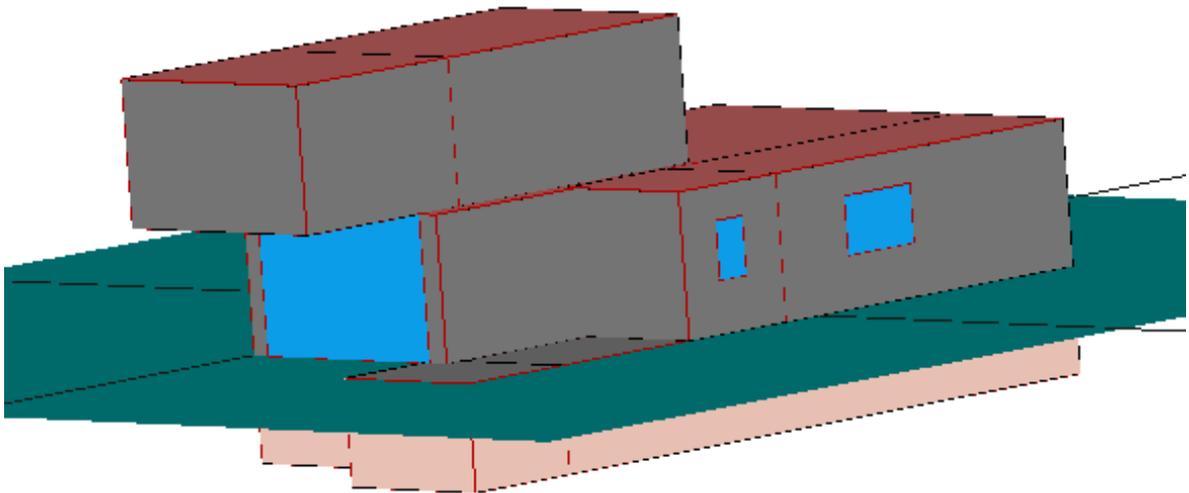
**Imagen 62. Alzado de la vivienda.**



**Imagen 63. Plano de la vivienda otras perspectivas\_1.**



**Imagen 64. Plano de la vivienda otras perspectivas\_2.**



A continuación, se procede con la introducción de todos los sistemas que intervienen en la vivienda. Los cuales son un sistema de climatización multizona por conductos, en el cual se introducen las propiedades básicas de este y posteriormente donde se ubican las bocas de impulsión, que como aparecen en la imagen las bocas de impulsión se encuentran y un sistema de ACS en el que se definen las propiedades básicas.

### Imagen 65. Sistema de climatización.

**Climatización multizona por conductos**

Nombre:

Propiedades básicas

Zona de control:

Multiplicador:

### Imagen 66. Sistema de climatización propiedades básicas.

**Autónomo bomba de calor**

Nombre:

Propiedades Básicas | Curvas

Capacidad total de refrigeración nominal	<input type="text" value="2,20"/>	kW
Capacidad sensible de refrigeración nominal	<input type="text" value="1,65"/>	kW
Consumo de refrigeración nominal	<input type="text" value="0,08"/>	kW
Capacidad calorífica nominal	<input type="text" value="2,50"/>	kW
Consumo de calefacción nominal	<input type="text" value="0,08"/>	kW
Caudal de impulsión nominal	<input type="text" value="780"/>	m <sup>3</sup> /h

### Imagen 67. Sistema de climatización boca de impulsión.

**Boca de impulsión**

Nombre:

Propiedades básicas

Caudal de impulsión nominal:  m<sup>3</sup>/h

Espacio:

### Imagen 68. Sistema de ACS.

**ACS**

Nombre:

Propiedades básicas

Fración de demanda cubierta por un sistema solar térmico:  %

Multiplicador:

**Imagen 69. Sistema de ACS con termoelectrico.**

**Caldera**

Nombre:

Propiedades básicas | Curvas

Capacidad Total:  kW

Rendimiento nominal:

Tipo energía:

Multiplicador:

**Imagen 70. Sistema de ACS propiedades básicas.**

**demanda de ACS**

Nombre:

Propiedades básicas

Consumo total diario:  l/día

Temperatura de utilización:  °C

Temperatura del agua de red:  °C

Sistemas energéticos de la vivienda

- Sistema de climatización por conductos

Unidad interior-externo de aire acondicionado, con distribución por conducto rectangular, sistema aire-aire multi-split con caudal variable de refrigerante, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo FDUM22KXE6F "MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES", potencia frigorífica nominal 2,2 kW, potencia calorífica nominal 2,5 kW. Hay dos bombas de calor iguales la para cada planta.

**Imagen 71. Características técnicas de la unidad de climatización.**

Modelo		FDUM22KXE6F-W	
Alimentación eléctrica		I - 220 V. 50Hz.	
Capacidad	Frío	kW	2,2
	Calor	kW	2,5
Consumo eléctrico total	Frío/Calor	W	80 / 80
Nivel sonoro (velocidad baja)		db (A)	23
Dimensiones (alto x ancho x fondo) <sup>(1)</sup>		mm	280 x 750 x 635
Peso		kg	29
Caudal de Aire		m³/h	780
Presión estática estandar/máxima		Pa (mm.ca)	100 (10)
Tubería de refrigerante	Línea de liquido / gas	Pulgadas	1/4" - 3/8"

- Termoeléctrico

Termo eléctrico de 50l, potencia total de 1 kW hasta 2 kW, es regulable. Termostato exterior regulable de 35° a 75°C, válvula de seguridad instalada con llaves de corte y latiguillos.

### **Imagen 72. Características técnicas del termoeléctrico.**

#### **Características técnicas**

##### **Especificaciones eléctricas**

Voltaje/Frecuencia: 220-240 V 50/60 Hz

Intensidad máxima: 8.7 A

Potencia total: 1000W+1000W seleccionable desde el frontal

Resistencia blindada bajo vaina esmaltada de 7 W/cm<sup>2</sup>

Aislamiento eléctrico: Clase I

Índice de protección: IP24

Termostato exterior regulación de bulbo: 75 °C.

Termostato doble seguridad: 105°C

#### **Funcionamiento / Aptitud a la función**

Perfil de consumo: M

Eficiencia energética: C

Eficiencia ( $\eta_{wh}$ ): 36.75%

Consumo eléctrico anual (AEC): 1397 kWh/año

Consumo eléctrico diario (Qelec): 6,52 kWh/día

Volumen: 50 l.

Producción agua caliente a 40°C: 91,6 l.

Tiempo de calentamiento 15 a 75°C: 1h 55min (z)

# ANEXO II. MEJORAS CONSTRUCTIVAS

## Adición de aislamiento térmico

A continuación, se observa el incremento de aislamiento que se le agrega a los cerramientos de cimentación, cubierta, estructura portante y cerramientos.

**Imagen 73. Composición del cerramiento cimentación tras agregar aislante.**

Grupo Horizontal

Nombre

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

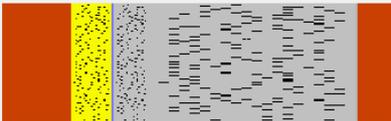
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,200	2,000	1450	1050	
2	EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]	0,120	0,029	30	1000	
3	Polietileno baja densidad [LDPE]	0,010	0,330	920	2200	
4	HormiÓN en masa 2000 < d < 2300	0,100	1,650	2150	1000	
5	HormiÓN armado 2300 < d < 2500	0,600	2,300	2400	1000	
6	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,010	1,300	1900	1000	
7	Gres cuarzoso 2600 < d < 2800	0,100	2,600	2700	1000	
8						

Grupo Material

Material

Espesor [m]

U\_M  [W/m²K]  
U\_C  [W/m²K]  
U\_S  [W/m²K]



**Imagen 74. Composición del cerramiento cubiertas tras agregar aislante.**

Grupo Horizontal

Nombre

Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Betún fieltro o lámina	0,020	0,230	1100	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]	0,200	0,029	30	1000	
3	Hormiçón con arcilla expandida como árido	0,050	0,550	1400	1000	
4	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,300	625	1000	
5	Betún fieltro o lámina	0,020	0,230	1100	1000	
6	Polipropileno 25%fibra vidrio	0,020	0,250	1200	1800	
7	EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0,050	0,038	30	1000	
8	Polipropileno 25%fibra vidrio	0,050	0,250	1200	1800	
9	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,300	625	1000	
10	FR Entrevigado de hormiçón -Canto 250 mm	0,250	1,901	1740	1000	

Grupo Material

Material   Espesor [m]

U\_M  [W/m²K]  
 U\_C  [W/m²K]  
 U\_S  [W/m²K]

**Imagen 75. Composición del cerramiento estructura portante tras agregar aislante.**

Grupo Vertical

Nombre

Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Poliètileno alta densidad [HDPE]	0,020	0,500	980	1800	
2	EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]	0,120	0,029	30	1000	
3	Poliètileno baja densidad [LDPE]	0,010	0,330	920	2200	
4	Hormiçón armado 2300 < d < 2500	0,300	2,300	2400	1000	
5	Tabiçón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070	0,432	930	1000	
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
7						

Grupo Material

Material   Espesor [m]

U\_M  [W/m²K]  
 U\_C  [W/m²K]  
 U\_S  [W/m²K]

## Imagen 76. Composición del cerramiento cerramientos tras agregar aislante.

Grupo Vertical

Nombre

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	1,300	1900	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [ 0,029 W/(mK)]	0,120	0,029	30	1000	
3	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110	0,100	0,427	920	1000	
4	EPS Poliestireno Expandido [ 0,037 W/(mK)]	0,040	0,038	30	1000	
5	Cámara de aire lloeramente ventilada vertical 2					0,085
6	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,060	0,432	930	1000	
7	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
8						

Grupo Material

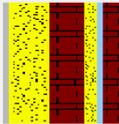
Material

0,020 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U\_M  [W/m²K]  
U\_C  [W/m²K]  
U\_S  [W/m²K]

Aceptar



Como anteriormente se ha explicado esta mejora constructiva no hace cumplir el CTE, por lo que se ha de introducir una mejora más con el fin de cumplirlo.

### Mejora de huecos

## Imagen 77. Modificación del grupo de vidrio y marco.

Grupo Ventanas

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

¿Es una puerta?

‰ hueco cubierto por el marco

Incremento de transmitancia por intercalarios y cajones de persiana integrados  ‰

Permeabilidad al aire  m³/hm² a 100 Pa

Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con dispositivos de sombra móvil activados [g\_gl.sh.wi]

U\_H  [W/m²K]

Aceptar

Con esta mejora se realiza un cambio en el grupo de vidrio que pasa de ser dobles en posición vertical (VER\_DC\_4-12-4) a dobles bajo emisivo <0,03 en posición vertical

(VER\_DB3\_4-20-331), también en este cambio se ve modificado el marco, que continúa siendo de PVC sin embargo pasa de dos cámaras a tres cámaras.

Finalmente, al implementar estas dos medidas se cumple el CTE.

## ANEXO III. MEJORAS SISTEMAS

### 1. ACS

A través de las especificaciones técnicas del DB – HE de ahorro de energía, en concreto el apartado HE4, del CTE se realiza la caracterización de la demanda de ACS.

En concreto en este edificio de uso residencial la demanda de ACS se obtendrá considerando una necesidad de 28 litros/día por persona (a 60°C).

Se debe hacer uso de la siguiente tabla para realizar el cálculo del número de personas estimado por vivienda.

#### **Imagen 78. Tabla extraída del anejo F, demanda de referencia de ACS.**

**Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado**

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

En esta vivienda el número de dormitorios es 1, por lo que la demanda de ACS exigida es de 42 litros/día.

Al tener una demanda de ACS exigida de 42 litros/día y ser esta menor a 100 litros/día, las condiciones establecidas en la sección HE4 no son de obligada aplicación. A pesar de esto las necesidades de ACS se cubrirán en gran medida con energía procedente de fuentes renovables o procesos de cogeneración renovables. En el CTE se exige una contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables de al menos el 60% de la demanda energética anual para ACS.

Es posible el uso de una instalación con sistema prefabricado y sistema de apoyo al tratarse de una vivienda unifamiliar, es decir, hay un consumo único que hace que esto sea posible.

En concreto en este caso no hay peligro por pérdidas de sombra. La orientación óptima es el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, al ser la demanda anual constante la inclinación óptima es igual a la latitud geográfica, es decir 37, 67°.

En relación con el sistema de energía auxiliar se realiza un estudio entre tres opciones, caldera de condensación de Gas Natural, caldera de biomasa o termo eléctrico.  
Sistema de energía auxiliar.

Los resultados obtenidos en el software CHEQ 4 fueron los siguientes:

**Tabla 21. Resultados CHEQ4 de sistemas de energía auxiliar.**

Tecnología	Gas Natural	Biomasa	Termo Eléctrico
<b>Demanda neta [kWh]</b>	820	820	820
<b>Demanda bruta [kWh]</b>	856	856	1.223
<b>Aporte solar [kWh]</b>	782	782	925
<b>Consumo auxiliar [kWh]</b>	78	100	717
<b>Reducción de emisiones [kg CO2]</b>	175	17	330
<b>Fracción solar [%]</b>	91	91	76

De la tabla anterior deducimos que el sistema auxiliar de termo eléctrico queda descartado, sin embargo, entre la caldera de gas natural y de biomasa la diferencia es menor por lo que se incluye el factor económico por el cual finalmente se selecciona la caldera de gas natural.

Las condiciones de la caldera son las siguientes:

El tiempo transcurrido para el calentamiento del agua es de 60 minutos, se selecciona este valor ya que al tratarse de una vivienda la respuesta del sistema debe ser rápida

La temperatura hasta la que se calienta el agua, que viene definida por el tipo de instalación anti-Legionelosis, es de 70 °C en el interacumulador.

Para el cálculo de la potencia de la caldera es necesario conocer el volumen del acumulador auxiliar, el cual se dimensiona estimando que debe ser el 70% del consumo diario, el Cp del agua y la temperatura media del agua de red:

- $V_{\text{acumulador}} = 30$  litros.
- $C_p = 4.18$  kJ/kgK.
- $T^a$  media de red = 13,9 °C.

$$P_{\text{CALDERA}} = \frac{V_{\text{acumulador}} \times C_p \times \Delta T}{t} = \frac{30 \times 4,18 \times (70 - 13,9)}{3600} = 1,95 \text{ kW}$$

En el mercado no existen calderas de estas potencias por lo que se empleará como sistema auxiliar el termoeléctrico anterior.

Con el software CHEQ4.2 la demanda de ACS se traduce en 820 kWh/año, con una temperatura de distribución de 60 °C y una temperatura media de red de 13,9 °C.

Como la instalación solo estará formada por 1 captador no es necesario plantearse los posibles tipos de conexión entre captadores ni realizar retorno invertido para asegurar el equilibrado hidráulico.

La instalación solar térmica especificada **CUMPLE** los requerimientos mínimos especificados por el HE4

## Datos del proyecto

Nombre del proyecto  
Comunidad  
Localidad  
Dirección

## Datos del autor

Nombre  
Empresa o Institución  
Email  
Teléfono

## Características del sistema solar



Localización de referencia

Fernán-Núñez (Córdoba)

Altura respecto la referencia [m]

0

Sistema seleccionado

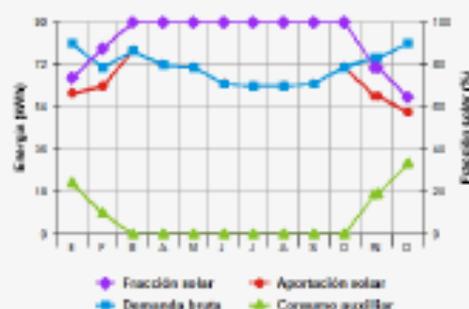
Instalación consumo único sistema prefabricado

Demanda [l/día a 60°C]

42

Ocupación %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## Resultados



Fracción solar [%]	91
Demanda neta [kWh]	820
Demanda bruta [kWh]	856
Aporte solar [kWh]	782
Consumo auxiliar [kWh]	78
Reducción de emisiones de [kg de CO <sub>2</sub> ]	175

# CHEQ4



La instalación solar térmica especificada **CUMPLE** los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Parámetros del sistema		Verificación en obra
<b>Campo de captadores</b>		
Captador seleccionado	Am-Termosol 16T ( Amordad )	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	SST-7312 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	37,7	<input type="checkbox"/>
<b>Sistema de apoyo</b>		
Tipo de sistema	Caldera de condensación	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
<b>Distribución</b>		
Longitud del circuito de distribución [m]	6,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	12,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>

## 2. GEOTERMIA

A continuación, se procede a diseñar el sistema de geotermia para la vivienda unifamiliar aislada.

En primer lugar, es necesario el conocimiento de la composición del suelo en el que se encuentra la vivienda y su conductividad térmica. Para ello se hace uso de la cartografía de IGME, en concreto a partir de MAGNA 50 – Hoja 966 (MONTILLA) donde se encuentra la localidad de Fernán Núñez.

A partir del documento citado anteriormente se obtiene que es arcilla el tipo de suelo sobre el que se construye la vivienda.

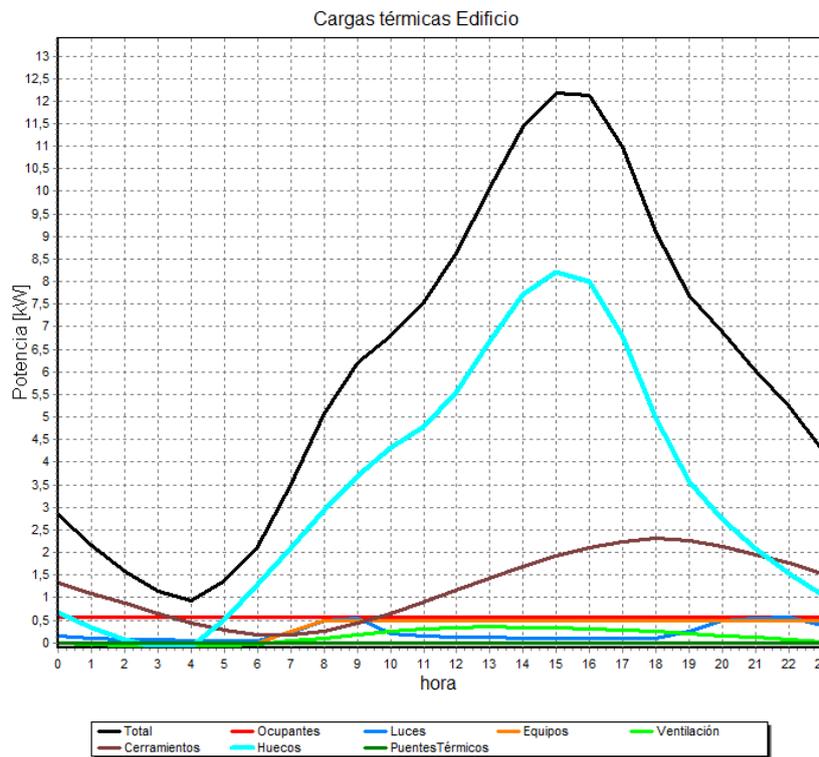
**Imagen 79. Características según el tipo de suelo.**

TIPO DE SUELO	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA [W/m °K]	DIFUSIVIDAD TÉRMICA [cm <sup>2</sup> /seg]
ARENA ( O GRAVA)	0.77	0.0045
LIMO	1.67	-
ARCILLA	1.11	0.0054
MARGA	0.91	0.0049
ARENA SATURADA	2.50	0.0093
ARCILLA SATURADA	1.67	0.006

Por lo tanto, las características del terreno donde está ubicada la vivienda son 1,11 W/m<sup>°</sup>K de conductividad térmica y 0,0054 cm<sup>2</sup>/s de difusividad térmica.

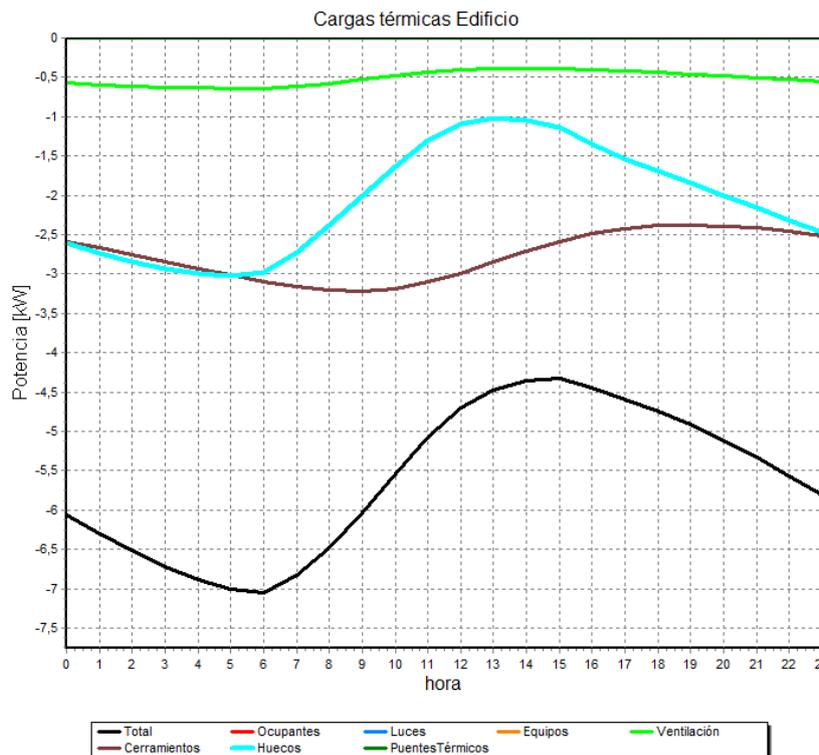
Debido a que HULC realiza una media anual para obtener la demanda de climatización, se hace uso de CLIMA, un software a partir del cual se obtiene la demanda pico tanto de climatización como refrigeración. Estos valores son necesarios para el dimensionamiento de la instalación de geotermia.

**Figura 6. Gráfico de la carga térmica del edificio para refrigeración.**



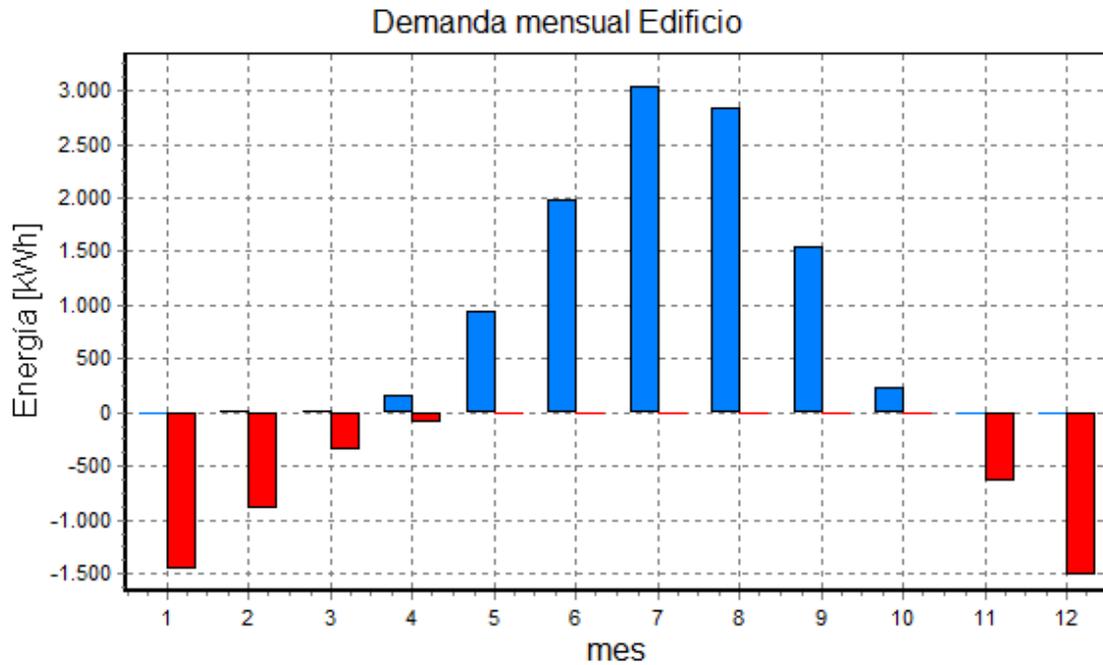
El gráfico anterior representa las cargas térmicas del edificio en el mes de julio, donde a las 15 horas se produce el pico de carga térmica alcanzando un valor de 12,19 kW.

**Figura 7. Gráfico de la carga térmica del edificio para climatización.**



En el caso de calefacción el pico se alcanza en el mes de febrero en la hora 6, llegando a alcanzar 7,05 kW de potencia.

**Figura 8. Gráfico de la demanda mensual del edificio.**



**Tabla 22. Demanda mensual del edificio.**

	Refrigeración (kWh)	Calefacción (kWh)
Enero	4	1474
Febrero	9	902
Marzo	18	362
Abril	163	89
Mayo	954	0
Junio	2019	0
Julio	3089	0
Agosto	2887	0
Septiembre	1571	0
Octubre	232	1
Noviembre	2	642
Diciembre	3	1524

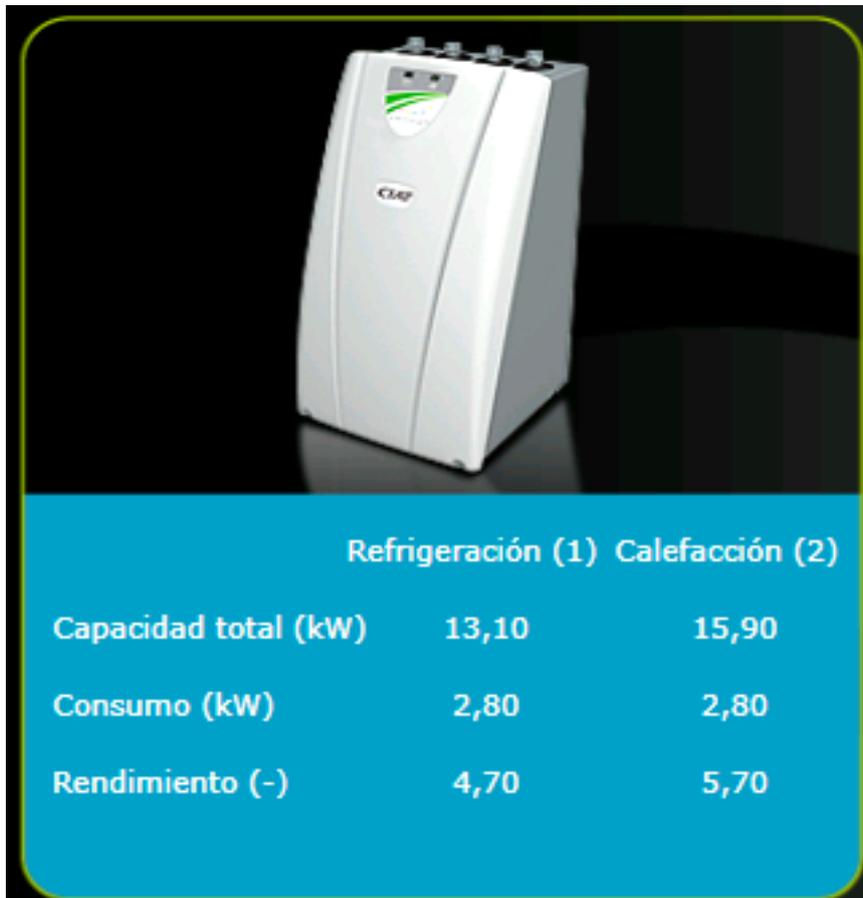
El máximo de refrigeración se alcanza en el mes de julio, siendo este de 3.089 kWh y el de calefacción es de 1.524 kWh en el mes de diciembre.

Las condiciones ambientales se obtienen con PVGIST, esta herramienta proporciona el año meteorológico típico de Fernán Núñez, a partir del cual se puede extraer la

temperatura media anual. Una vez obtenida la temperatura media anual esta se puede estimar que es igual a la temperatura del terreno. Para su cálculo primero se obtiene la temperatura máxima del mes de julio, tiene un valor de 27,73 ° y la mínima del mes de enero que es de 7,28 °, por lo que el valor estimado para la temperatura media anual es el valor medio entre las temperaturas estimadas como máximo y mínimo, siendo esta de 17,46 °.

La bomba de calor geotérmica a emplear debe ser capaz de aportar como mínimo la potencia de 12,19 kW para refrigeración y 7,05kW para calefacción. Por lo que la bomba seleccionada es AGEO 50H de la empresa CIAT, la cual presenta las características que se muestran en la siguiente imagen.

**Imagen 80. Bomba de calor, AGEO 50H.**



Además, presenta un caudal nominal de 2,72 m<sup>3</sup>/h = 0,76 l/s.

El siguiente paso por seguir en la metodología del dimensionado de la instalación fotovoltaica es la evolución de la temperatura del terreno, tanto la máxima que se denomina TH, como la mínima denominada TL, las cuales se encuentran definidas según la localización y profundidad del intercambiador. Se calcula a partir de las siguientes expresiones:

$$T_H(X_S) = T_M + A_S \times e^{-X_S \times \sqrt{\pi/365 \times \alpha}}$$

$$T_L(X_S) = T_M - A_S \times e^{-X_S \times \sqrt{\pi/365 \times \alpha}}$$

- $T_M$  es la temperatura ambiente media anual.
- $A_S$  es la amplitud de la fluctuación de la temperatura en la superficie.

$$A_S = \frac{T_{Max\ anual} - T_{Min\ anual}}{2} = 10,27\ ^\circ C$$

- $\alpha$  es la difusividad térmica del suelo, es de  $0,046656\ m^2/día$  (suelo arcilloso).
- $X_S$  es grande, por lo que los cambios de la temperatura en la superficie no afectarán prácticamente a la profundidad de intercambio.

Obteniendo un valor de  $T_H(X_S) = T_L(X_S) = 17,46\ ^\circ C$

$$T_{IN} = T(\text{terreno}) + [11 - 17] \text{ en verano} = [28,46 - 34,46]^\circ C = 31,46^\circ C$$

$$T_{IN} = T(\text{terreno}) - [6 - 11] \text{ en invierno} = [11,46 - 6,46]^\circ C = 8,96^\circ C$$

$$T_{OUT\ verano} = T_{IN\ verano} + \frac{Q_{tierra}}{\text{caudal} \times cp} = 31,46 + \frac{13,10 + 2,8}{0,76 \times 4,18} = 36,47\ ^\circ C$$

$$T_{OUT\ invierno} = T_{IN\ invierno} - \frac{Q_{tierra}}{\text{caudal} \times cp} = 8,69 - \frac{15,90 - 2,8}{0,76 \times 4,18} = 4,56^\circ C$$

$$T_{MAX} = \frac{T_{IN\ verano} + T_{OUT\ verano}}{2} = \frac{31,47 + 36,47}{2} = 33,97\ ^\circ C$$

$$T_{MIN} = \frac{T_{IN\ invierno} + T_{OUT\ invierno}}{2} = \frac{8,96 + 2,80}{2} = 6,76\ ^\circ C$$

Ahora se procede a obtener parámetros característicos del tubo.

Es preciso alcanzar un compromiso entre la caída de presión y el funcionamiento térmico para el cálculo de la sección de la tubería, ya que este:

1. Sus dimensiones deben ser tales para que se produzca una pérdida de carga pequeña con el fin de ser necesario una potencia de bombeo menor.
2. A su vez también deben de presentar unas dimensiones lo suficientemente pequeño para asegurar altas velocidades con el fin de ofrecer turbulencia al fluido dentro del tubo, de tal forma que se produzca favorablemente el traspaso térmico entre el fluido que circula y la pared interior. Cuanto mayor sea la turbulencia mayor será el intercambio térmico. La condición que asegura la turbulencia es:

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot D} > 2300$$

Según el catálogo, el caudal en los circuitos de captación y producción es de  $0,000755\ m^3/s$ . La viscosidad cinemática a una temperatura del fluido caloportador elegido, es

decir agua, a 10 ° C es de 0,00000131  $m^2/s$ . Teniendo en cuenta la ecuación anterior y los datos proporcionados el diámetro debe ser  $D < 319$  mm.

Los materiales más empleados para los intercambiadores de calor enterrados son el polietileno (PE) y polibutileno (PB). Son utilizados estos tipos de materiales debido a que ofrecen tanto flexibilidad como resistencia y pueden unirse mediante fusión por calor para formar empalmes más fuertes que el tubo mismo.

$$R_p = \frac{1}{2 \times \pi \times k_p} \times \ln \left( \frac{D_0}{D_1} \right)$$

Donde:

- $D_0$  = Diámetro exterior del tubo en metros.
- $D_1$  = Diámetro interior del tubo, en metros.
- $K_p$  = Conductividad térmica material del tubo, en  $W/m \times K$ .

Debido a recomendación se emplea polietileno SDR-11,  $D_{int}=1.25$  “,  $D_{ext}=1.66$ ”, conductividad 0.42  $W/m \cdot K$

Al no haber espacio suficiente se implanta un intercambiador vertical de tubo en U, donde:

$$n = 2$$

$$D_i = 1^{1/4} = 1,25 \times 0,0254 = 0,03175 \text{ m}$$

$$D_e = 1,66 = 1,66 \times 0,0254 = 0,04216 \text{ m}$$

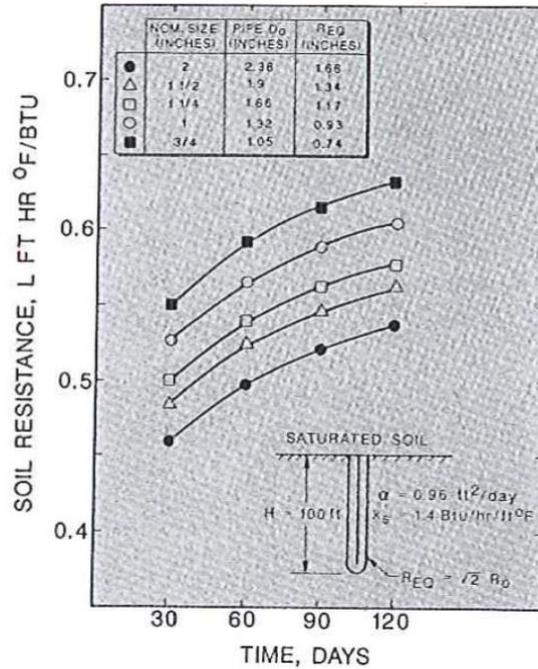
$$k_p = 0,42 \text{ W/m} \cdot K$$

$$R_p = 0,0727 \text{ m} \cdot K/W$$

Se estima el número de horas de funcionamiento de la bomba de calor de 2.260h

$$R_s = 0.552 \text{ ft} \cdot F / (\text{BTU/hr}) = 0.319 \text{ m} \cdot K/W$$

### **Imagen 81. Tabla resistencia del suelo.**



Factor de utilización en refrigeración:

$$N^{\circ} \text{ horas julio} = \frac{kWh_{\text{demanda}}}{kW_{\text{instalada}}} = \frac{3.089 \text{ kWh}}{13,1 \text{ kW}} = 235,80 \text{ horas /mes}$$

$$FC = \frac{235,80}{24 \times 31} = 0.317$$

Factor de utilización en calefacción:

$$N^{\circ} \text{ horas enero} = \frac{kWh_{\text{demanda}}}{kW_{\text{instalada}}} = \frac{1.465 \text{ kWh}}{15,9 \text{ kW}} = 92,14 \text{ horas /mes}$$

$$FH = \frac{92,14}{24 \times 31} = 0.124$$

Longitudes de refrigeración:

$$L_{\text{REFRIGERACIÓN}} = \frac{Q_{\text{refrigeración}} \cdot \frac{COP_{\text{refrigeración}} + 1}{COP_{\text{refrigeración}}} (R_P + R_S \times F_{\text{refrigeración}})}{T_{\text{MAX}} - T_H}$$

$$L_{\text{REFRIGERACIÓN}} = \frac{13100 \cdot \frac{4,7 + 1}{4,7} (0,0727 + 0,319 \times 0,317)}{33,97 - 17,46} = 167,27 \text{ m}$$

Longitudes de calefacción:

$$L_{\text{CALEFACCIÓN}} = \frac{Q_{\text{calefacción}} \cdot \frac{COP_{\text{calefacción}} - 1}{COP_{\text{calefacción}}} (R_P + R_S \times F_{\text{calefacción}})}{T_L - T_{\text{MIN}}}$$

$$L_{\text{CALEFACCIÓN}} = \frac{15900 \cdot \frac{5,7 - 1}{5,7} (0,0727 + 0,319 \times 0,124)}{17,46 - 6,76} = 196,08\text{m}$$

El espacio disponible en el terreno de la vivienda es de 13 m × 7 m = 91 m<sup>2</sup>

Profundidad máxima = 35 m

Profundidad total = 197m

Número de pozos = 5,63 = 6 pozos

Distribución = 3 × 2

Separación > 6 m



## INFORME DE RESULTADOS



### 1. LOCALIDAD

Ciudad: Córdoba;

País: España

### 2. TERRENO

Tipo de suelo: -; Conductividad: 1,11 W/m.K;  $C_p$ : 2,50 MJ/K.m<sup>3</sup>

### 3. EDIFICIO Y CARGAS TÉRMICAS

Máxima carga en calefacción: 7,05 kW

Máxima carga en refrigeración: 12,19 kW

### 4. BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

AGEO - 50H; Fluido de trabajo: Agua

### 5. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR

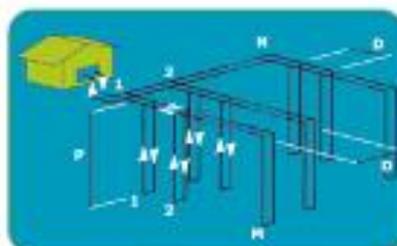
Configuración: Vertical 1

M: 2

N: 3

D: 5,00 m

Double U: No



### 6. TUBERÍAS Y COLECTORES

Material del intercambiador enterrado

Estándar: Polietileno 100; PN 16bar;  $\varnothing_{\text{int}}$ : - mm

No estándar: Conductividad: - W/m.K; Rugosidad: - mm; PN: - bar;  $\varnothing_{\text{int}}$ : 31,75 mm;  $\varnothing_{\text{ext}}$ : 42,16 mm

Material del colector

Estándar: Polietileno 100; PN 16bar;  $\varnothing_{\text{ext}}$ : - mm; Longitud: 197,00m

No estándar: Rugosidad: - mm; PN: - bar;  $\varnothing_{\text{int}}$ : 31,75 mm; Longitud: - m



## INFORME DE RESULTADOS



### 7. ACCESORIOS

#### Pérdidas detalladas

Colector: 3 codos de 90°, 1 codos de 45°, 0 reducciones, 1  $T_{ca}$ , 2 válvulas

Circuitos enterrados: 0 codos de 90°, 0 codos de 45°, 0 reducciones, 3  $T_{ca}$ , 0 válvulas, 3  $U_{fa}$

#### Pérdidas con cálculo de longitud equivalente

Colector: - m de longitud equivalente;

Circuitos enterrados: - m de longitud equivalente

### 8. RESULTADOS.

Longitud seleccionada: 76,18 m

Refrigeración →  $EER_{ejc}$  4,39;

Calefacción →  $COP_{ejc}$  6,61, 84,87 %<sub>min</sub> de contribución renovable



## INFORME DE RESULTADOS

### ☒ Calefacción

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondas	Profundidad (m)	GOP	Pc (kW)	Q <sub>c</sub> (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m³/h)	Q <sub>sal</sub> (kcal)	Área (m²)	Volumen (m³)
6	31,43	5,71	13,70	2,40	2,00	2,74	10,97	50,00	3,33
6	47,14	6,16	15,40	2,50	5,00	2,74	10,84	50,00	5,00
6	55,20	6,32	15,80	2,50	6,00	2,74	10,81	50,00	5,65
6	66,76	6,52	16,30	2,50	7,00	2,74	10,79	50,00	7,08
6	82,84	6,68	16,70	2,50	8,00	2,74	10,79	50,00	8,78
6	158,56	7,26	17,70	2,50	10,00	2,74	10,93	50,00	16,81
6	1036,49	7,46	18,70	2,50	12,00	2,74	13,90	50,00	118,26
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### Refrigeración

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondas	Profundidad (m)	EER	EL(kW)	Q <sub>c</sub> (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m³/h)	Q <sub>sal</sub> (kcal)	Área (m²)	Volumen (m³)
6	125,58	5,16	12,90	2,50	30,00	2,72	9,85	50,00	18,32
6	76,18	4,39	12,30	2,80	35,00	2,72	9,55	50,00	8,08
6	55,26	3,83	11,60	3,20	40,00	2,72	9,35	50,00	5,86
6	43,67	3,06	11,00	3,60	45,00	2,72	9,19	50,00	4,63
6	36,28	2,46	10,10	4,10	50,00	2,72	9,05	50,00	3,65
6	31,34	1,98	9,30	4,70	55,00	2,72	8,93	50,00	3,32

### 3. FOTOVOLTAICA

Se ha comenzado introduciendo en PVsyst la ubicación de la instalación fotovoltaica, en esta herramienta hay varias bases de datos meteorológicos y la empleada en este caso ha sido PVGIS.

Una vez introducidos los datos climáticos de la instalación se continúa con el parámetro de orientación. En la vivienda no hay ningún problema en referencia a este parámetro, ya que la cubierta donde se va a instalar es plana y no presenta ninguna sombra que interfiera en la producción de la instalación. Por lo que el azimut será 0°, porque tendrá orientación sur y la inclinación seleccionada ha sido la latitud del lugar es decir 37, 67° son los valores óptimos para producir la mayor cantidad de electricidad y no producir más durante alguna estación en particular.

El siguiente parámetro que introducir es el sistema. Debido al perfil de consumo de la vivienda mostrado anteriormente, se dimensiona la instalación con 1,36 kWp. Por lo que al seleccionar el módulo fotovoltaico el número de módulos aconsejado es de 4.

El módulo seleccionado es del fabricante TRINA SOLAR, el modelo TSM-DE14A-(II)-340, presenta una potencia pico de 340 Wp y una eficiencia de 17,5 %.

El inversor empleado presenta 1,20 kW y se trata del modelo SUNstring 1200-L. Finalmente, en este parámetro a introducir hace un diseño de la forma de colocar los módulos fotovoltaicos, en este caso estima que la mejor opción es 4 en serie.

Como se ha indicado posteriormente al ser una vivienda aislada no presentan sombras que generen pérdidas en la instalación fotovoltaica, por lo que este parámetro no es necesario.

Debido a que se trata de una vivienda unifamiliar se puede estimar el perfil de consumo eléctrico de esta por lo que se introduce este parámetro y así se obtiene una estimación del consumo que procede de la instalación fotovoltaica y el que procede de red. Estos consumos y a su vez las estimaciones de producción han mostradas anteriormente.

#### Distancia entre paneles

Se debe realizar el calculo de la distancia mínima que debe haber entre paneles para una distribución correcta de los módulos fotovoltaicos. Para ello se debe conocer el tamaño de los paneles y la inclinación de estos para colocarlos de tal forma que no haya sombras entre ellos.

Los módulos presentan la siguiente dimensión: 1960 x 992 x 40 mm. El valor w de la figura que se muestra abajo será de 1960 mm.

Es necesario el ángulo de la posición del sol respecto al observador, que se define en la siguiente expresión.

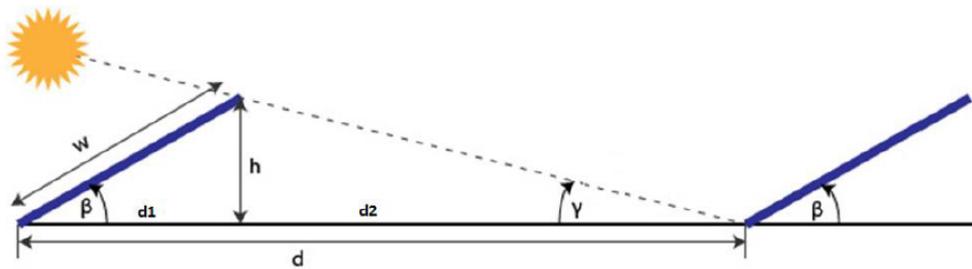
$$\gamma = 90 - \delta - L$$

Siendo,

- $\delta$  la inclinación de la tierra respecto al sol el día de menor ángulo, su valor es  $23,5^\circ$ .
- $L$  la latitud del lugar donde están ubicados los módulos,  $37,67^\circ$ .

Por lo que el valor del ángulo de la posición del sol respecto al observador es  $28,85^\circ$ .

Como se ha indicado con anterioridad la inclinación óptima de los paneles es la latitud de lugar,  $37,67^\circ$ . Por lo que teniendo en cuenta la dimensión de los módulos y la inclinación de estos se procede a el cálculo de la distancia entre ellos.



**Imagen 82. Distancia entre paneles.**

$$\cos\beta = \frac{d1}{w}$$

$$d1 = \cos\beta \times w = 1,552 \text{ m}$$

$$\tan\beta = \frac{h}{d1}$$

$$h = \tan\beta \times d1 = 1,197 \text{ m}$$

$$\tan\gamma = \frac{h}{d2}$$

$$d2 = \frac{h}{\tan\gamma} = 2,173 \text{ m}$$

Por lo que la distancia entre paneles será la suma de  $d1$  y  $d2$ ,  $3,725 \text{ m}$ .

A continuación, se realiza el dimensionado de la sección del cableado. Los criterios a partir de los cuales se obtiene la sección del cableado son:

- Por máxima intensidad admisible del cable:

Según las indicaciones de la norma UNE-HD 60364-7-712:2017 “Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-712: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (FV).”, se debe cumplir que el cableado de cada rama sea capaz de aguantar 1,25 veces la intensidad de cortocircuito

en STC del módulo, considerando la temperatura a la que la instalación va a trabajar. También se cumplirá la ITC-BT 40, norma en la que se estima que el dimensionado de los cables no debe ser para una intensidad menor del 125% de la intensidad máxima del generador.

- Máxima caída de tensión admisible:

Teniendo en cuenta la normativa ITC-BT 40 del REBT la caída de tensión que se produce entre el generador y el punto de conexión con la Red de Distribución Pública o la instalación interior no debe ser superior al 1,5 %.

### Cableado corriente continua

- Número de paneles por string: 4
- Número de strings: 1
- Longitud de las líneas de cada string: 13 m (longitud del cable hasta el módulo más alejado del inversor)

Datos de los módulos utilizados:

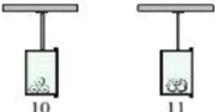
- Potencia nominal de salida: 340 W
- Tensión en el punto de máxima potencia ( $U_{MPP}$ ): 38,2 V
- Intensidad en el punto de máxima potencia ( $I_{MPP}$ ): 8,9 A
- Intensidad de cortocircuito ( $I_{SC\_STC}$ ): 9,50 A
- Valor máximo del fusible en serie: 20 A
- Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ): 46,2 V

La intensidad máxima que podrá circular por el cable es la corriente de cortocircuito,  $I_{sc}$ , por lo que será la empleada para calcular la sección del cable.

### Sección por intensidad:

La norma UNE-HD 60364-5-52 es la usada para el cableado en intemperie, sistema tipo B1, canal protector aislante.

**Imagen 83. Extracto de tabla ejemplos de métodos de instalación proporcionando las indicaciones para determinar las corrientes admisibles de la norma UNE-HD 60364-5-52.**

10		Conductores aislados o cables unipolares en canales suspendidos <sup>b</sup>	B1
11		Cable multipolar en canales suspendidos <sup>b</sup>	B2

Coefficientes de corrección para el tramo exterior:

- $fc1$  (UNE 20435): 0,9, por acción solar directa.
- $fc2$  (UNE-HD 60364-5-52, tabla B.52.14): 0,82, por temperatura de 50 °C en intemperie.

**Imagen 84. Extracto de factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30°C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en el aire.**

Temperatura ambiente °C	PVC	XLPE y EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
30	1,00	1,00
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82

- fc3 (UNE-HD 60364-5-52, tabla C.52.3); 4 módulos y 1 strings:1,00, por agrupamiento.

**Imagen 85. Extracto de factores de reducción para grupos de varios circuitos o de varios cables unipolares.**

Punto	Disposición	Número de circuitos o de cables multipolares								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Agrupados en el aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40

- ff (IEC 62548): 1,4 Por instalación fotovoltaica generadora.  
Para obtener la sección de conductor en la tabla de intensidades admisibles:

$$I_{zo} \geq \frac{I_n \times f_f}{(f_{c1} \times f_{c2} \dots)}$$

$$I_{zo} \geq \frac{9,5 \times 1,4}{0,9 \times 0,82 \times 1,00} = 18,02 A$$

El XLPE será el tipo de aislamiento termoestable empleado en la instalación. Las características que presenta este aislamiento son de ser capaz de alcanzar temperatura límite de 90°C en el conductor en régimen permanente y 2 conductores activos por tratarse de corriente continua.

**Imagen 86. Extracto de corrientes admisibles en amperios tabla C.52.1 de UNE-HD 60364-5-52.**

Método de referencia de la tabla B.52.1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																	
	A1	PVC3	PVC2			XLPE 3	XLPE 2											
A2	PVC3	PVC2		XLPE 3	XLPE 2													
B1			PVC3	PVC2						XLPE 3				XLPE 2				
B2			PVC3	PVC2					XLPE 3	XLPE 2								
C					PVC3				PVC2		XLPE 3			XLPE 2				
E								PVC3			PVC2			XLPE 3		XLPE 2		
F									PVC3				PVC2		XLPE 3		XLPE 2	
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Sección mm <sup>2</sup> Cobre																		
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	-
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	-

Según el criterio de intensidad admisible el cableado que irá conectado al inversor presenta una sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Sección por caída de tensión:

En el REBT de la ITC-BT 40 punto 5 cita: “...la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5 % para la intensidad nominal.”

La tensión del string de 4 módulos es,  $U_{MPP} = 4 \times 38,2 = 152,8 \text{ V}$ .

La caída de tensión máxima en voltios para el lado de corriente continua es:

$$\Delta U = \frac{1,5}{100} \times U_{MPP}$$

- $\Delta U = 2,292 \text{ V}$

La conductividad del cobre ( $\gamma$ ) es 45,5 m/( $\Omega/\text{mm}^2$ ). Valor a 90 °C por tratarse de cable termoestable.

Utilizamos la intensidad nominal del panel 8,9 A, a partir de la cual se obtiene la potencia máxima del panel.

$$S = \frac{2 \times L \times I}{\gamma \times \Delta U}$$

$$S = \frac{2 \times 15 \times 8,9}{45,5 \times 2,292} = 2,56 \text{ mm}^2$$

La sección mínima por caída de tensión en el lado de corriente continua será por tanto 4 mm<sup>2</sup>.

Entonces el cable a emplear será de 2×4 mm<sup>2</sup> tipo PRYSUN para la conexión entre los paneles y el inversor pues domina el criterio de la intensidad admisible.

El fusible de valor máximo 10A protege la instalación si empleamos una sección de 1,5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = I_{z0} \times (f_{c1} \times f_{c2} \dots)$$

$$I_z = 38 \times (0,9 \times 0,82 \times 0,50) = 14,022A$$

### Cableado corriente alterna

- Tramo 1: Inversor al Cuadro de Protección Alterna.

Este tramo recorrerá desde el inversor hasta el cuadro de protección. Los conductores irán instalados bajo tubo.

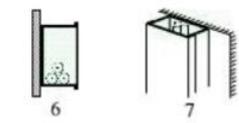
Datos inversor:

- Tensión de salida del inversor ( $U_{ca}$ ): 230V
- Intensidad máxima de salida del inversor (intensidad nominal): 5 A
- Longitud de la línea entre el inversor y el cuadro de protección: 10 m

### Sección por intensidad admisible

Escogemos el cable Afumex Class 1000 V (AS) se utilizará el método de instalación según la norma UNE-HD 60364-5-52, cables unipolares en canales sobre pared, sistema tipo B1.

### **Imagen 87. Extracto de tabla ejemplos de métodos de instalación proporcionando las indicaciones para determinar las corrientes admisibles de la norma UNE-HD 60364-5-52.**

6 7		Conductores aislados o cables unipolares en canales (incluyendo canales de múltiples compartimentos) sobre una pared de madera o mampostería: - en recorrido horizontal <sup>b</sup> - en recorrido vertical <sup>b, c</sup>	B1
--------	---	--	----

El cable constará con un aislamiento de tipo termoestable XLPE. Este aislamiento presenta un límite de temperatura igual a 90°C en el conductor en régimen permanente y se trata de una línea con 3 conductores cargados.

Sólo se aplica el coeficiente de corrección de la ITC-BT 40,  $f_f$  (1,25) porque el inversor ya limita la corriente de salida.

$$I_{zo} \geq \frac{I_n \times f_f}{(f_{c1} \times f_{c2} \dots)}$$

$$I_{zo} \geq 5 \times 1,25 = 6,25 \text{ A}$$

Se trata de una instalación de aislamiento XLPE con 3 conductores cargados y de tipo B1.

**Imagen 88. Extracto de corrientes admisibles en amperios tabla C.52.1. de UNE-HD 60364-5-52.**

Método de referencia de la tabla B.52.1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																	
	A1	PVC3	PVC2			XLPE 3	XLPE 2											
A2	PVC3	PVC2			XLPE 3	XLPE 2												
B1				PVC3	PVC2					XLPE 3			XLPE 2					
B2			PVC3	PVC2					XLPE 3	XLPE 2								
C					PVC3				PVC2		XLPE 3		XLPE 2					
E								PVC3			PVC2		XLPE 3	XLPE 2				
F									PVC3			PVC2	XLPE 3	XLPE 2				
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Sección mm <sup>2</sup> Cobre																		
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	-
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	-
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	-
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
35	-	-	-	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
50	-	-	-	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
70	-	-	-	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
95	-	-	-	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
150	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458	-
185	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523	-
240	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617	-

Podemos ver que la sección mínima por el criterio de la intensidad admisible será 1,5 mm<sup>2</sup>.

### Sección por caída de tensión

$$\Delta U = \frac{1,5}{100} \times 230 = 3,45V$$

Teniendo en cuenta que la intensidad nominal es la máxima de salida del inversor:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos\phi}{\gamma \times \Delta U}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 10 \times 5 \times 1}{45,5 \times 3,45} = 0,551 \text{ mm}^2$$

Se debe adaptar a la sección normalizada que se encuentra por lo que ha de aumentar la sección hasta 1,5 mm<sup>2</sup>, la sección obtenida a partir de este criterio es similar a la sección obtenida por el criterio de intensidad admisible. El cable para instalar sería Afumex Class 1000 V (AS) de 3×1,5 para las fases.

- Tramo 2: desde el Cuadro de Protección AC hasta CGP

Debido a que no todo el tramo pertenece a la misma corriente se ha de dimensionar la segunda parte del tramo del cableado que sería la parte de corriente continua que recorre desde el cuadro de protección hasta el punto de conexión que estará situado entre el contador y el cuadro actual.

La longitud que se ha estimado para este tramo, es decir, de la línea entre el cuadro de protección al el CGP, es de 10 m.

Este cableado debe soportar mayor intensidad que los anteriores ya que se unifican en este, se debe soportar una intensidad de corriente de al menos:

$$I_{INV} = \frac{P_{INV,AC}}{\sqrt{3} \times U}$$

$$I_{INV} = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 230} = 3,01 \text{ A}$$

#### Sección por intensidad admisible

Escogemos el cable Afumex Class 1000 V (AS) se utilizará el método de instalación según la norma UNE-HD 60364-5-52, cables unipolares en canales sobre pared, sistema tipo B1 como en el caso anterior.

Como se ha empleado en el tramo anterior el aislamiento termoestable que se utilizará será el mismo que para el anterior, el aislamiento XLPE. Las características del aislamiento para este tramo son de ser posible de alcanzar una temperatura límite de 90°C en el conductor en régimen permanente y se trata de una línea con 3 conductores cargados.

Sólo se aplica el coeficiente de corrección de la ITC-BT 40, ff (1,25) porque el inversor ya limita la corriente de salida.

$$I_{zo} \geq \frac{I_n \times f_f}{(f_{c1} \times f_{c2} \dots)}$$

$$I_{zo} \geq 3,01 \times 1,25 = 3,76 \text{ A}$$

Se trata de una instalación de tipo B1 y de aislamiento XLPE con 3 conductores cargados. Podemos ver que la sección mínima por el criterio de la intensidad admisible será 1,5 mm<sup>2</sup>, según el extracto de corrientes admisibles en amperios tabla C.52.1. de UNE-HD 60364-5-52.

#### Sección por caída de tensión

$$\Delta U = \frac{1,5}{100} \times 230 = 3,45 \text{ V}$$

La máxima intensidad a tener en cuenta es la que se produce a la salida del inversor, por lo que:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos\phi}{\gamma \times \Delta U}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 10 \times 3,76 \times 1}{45,5 \times 3,45} = 0,415 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada es 1,5 mm<sup>2</sup>, la cual es igual a la obtenida por criterio de intensidad admisible. El cable para instalar sería Afumex Class 1000 V (AS) de 3×1,5 para las fases y el neutro y será suficiente con 1×1,5 para el conductor de protección.

Puesta a tierra

Según la ITC-BT 18 del REBT, no se debe superar en la parte corriente alterna los 50 V de tensión de contacto, ya que consideramos local o emplazamiento como seco, al ser de interior.

En la parte CA tendremos una intensidad máxima de defecto a tierra de 300 mA, es decir, la limitada por el interruptor diferencial del inversor, por lo que se cumplirá que la resistencia de puesta a tierra:

$$R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

Siendo:

- $R_A$  : suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de puesta a tierra.
- $I_d$  : corriente de defecto en el caso de una primera falta franca entre un conductor y masa, 0,3 A.

La Guía BT-26 referente al REBT, hace unas recomendaciones entre las que se figura que se consiga que la resistencia de puesta a tierra  $R_A < 37 \Omega$  para edificios sin pararrayos, como es nuestro caso

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L}$$

$$R_{pica} = \frac{150}{2} = 75 \Omega$$

Siendo:

- $\rho$ : resistividad del terreno, si por ejemplo fuera un terreno de tipo Margas y Arcillas compactas, común, tendría una resistividad de 150  $\Omega \cdot \text{m}$ .
- L: longitud de la pica 2 m.

Si tenemos además que el tramo de conductor enterrado es de 10 m, tendremos una resistencia de tierra del cable de:

$$R_{pica} = \frac{2\rho}{L}$$

$$R_{pica} = \frac{2 \times 150}{10} = 30\Omega$$

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{75} + \frac{1}{30} ; R_A = 21,42\Omega$$

Inferior a los 37  $\Omega$  recomendados.

## PVsyst - Simulation report

### Grid-Connected System

Project: TFM

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 1360 Wp

Femán-Núñez - Spain

*PVsyst TRIAL*

*PVsyst TRIAL*

*PVsyst TRIAL*

| Author



PVsyst V7.2.14  
VCO, Simulation date:  
26/05/22 18:13  
with V7.2.14

## Project: TFM

Variant: Nueva variante de simulación

### Project summary

<b>Geographical Site</b> Fernán-Núñez Spain	<b>Situation</b> Latitude 37.67 °N Longitude -4.73 °W Altitude 347 m Time zone UTC+1	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Fernán-Núñez PVGIS api TMY		

### System summary

<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 38 / 0 °	<b>Near Shadings</b> No Shadings	<b>User's needs</b> Daily household consumers Constant over the year Average 10.7 kWh/Day
<b>System information</b> <b>PV Array</b> Nb. of modules 4 units Pnom total 1360 Wp	<b>Inverters</b> Nb. of units 1 unit Pnom total 1200 W Pnom ratio 1.133	

### Results summary

<b>Produced Energy</b> 2366 kWh/year	<b>Specific production</b> 1739 kWh/KWp/year	<b>Perf. Ratio PR</b> 80.67 %
<b>Used Energy</b> 3895 kWh/year		<b>Solar Fraction SF</b> 40.26 %

### Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7
Cost of the system	8
CO <sub>2</sub> Emission Balance	9



## Project: TFM

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.14

VCO, Simulation date:  
26/05/22 18:13  
with v7.2.14

### General parameters

<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>		
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Sheds configuration</b>	<b>Models used</b>	
Orientation	No 3D scene defined	Transposition	Perez
Fixed plane		Diffuse	Imported
Tilt/Azimuth	38 / 0 °	Circumsolar	separate
<b>Horizon</b>	<b>Near Shadings</b>	<b>User's needs</b>	
Free Horizon	No Shadings	Daily household consumers	
		Constant over the year	
		Average	10.7 kWh/Day

### PV Array Characteristics

<b>PV module</b>	Generic	<b>Inverter</b>	Generic
Manufacturer		Manufacturer	
Model	TSM-DE14A-(II)-340	Model	SUNstring 1200-L
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	340 Wp	Unit Nom. Power	1.20 kWac
Number of PV modules	4 units	Number of Inverters	1 unit
Nominal (STC)	1360 Wp	Total power	1.2 kWac
Modules	1 String x 4 In series	Operating voltage	120-500 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Prnom ratio (DC:AC)	1.13
Pmpp	1227 Wp		
U mpp	136 V		
I mpp	9.0 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	1 kWp	Total power	1.2 kWac
Total	4 modules	Number of Inverters	1 unit
Module area	7.8 m <sup>2</sup>	Prnom ratio	1.13
Cell area	7.0 m <sup>2</sup>		

### Array losses

<b>Thermal Loss factor</b>	<b>DC wiring losses</b>	<b>Module Quality Loss</b>						
Module temperature according to irradiance	Global array res. 253 mΩ	Loss Fraction -0.8 %						
Uc (const) 20.0 W/m <sup>2</sup> K	Loss Fraction 1.5 % at STC							
Uv (wind) 0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s								
<b>Module mismatch losses</b>	<b>Strings Mismatch loss</b>							
Loss Fraction 2.0 % at MPP	Loss Fraction 0.1 %							
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



PVsyst V7.2.14  
VCO, Simulation date:  
26/05/22 18:13  
with v7.2.14

## Project: TFM

Variant: Nueva variante de simulación

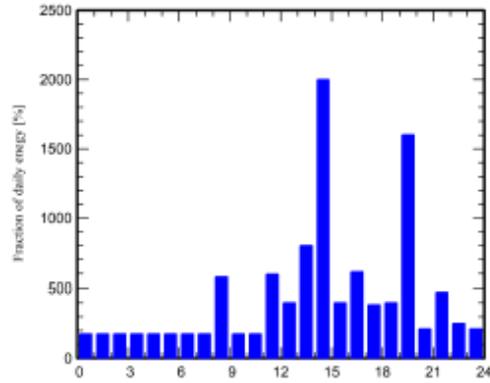
### Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 10.7 kWh/day

#### Annual values

	Number	Power		Energy	
		W	Hour/day	Wh/day	
Lámparas (LED o fluo)	15	5W/lamp	3.0	225	
TV / PC / móvil	3	150W/app	3.0	1350	
Horno / Microondas	1	800W/app	1.5	1200	
Nevera / congelación profunda	1		24	199	
Lavaplatos y lavadora	1		2	840	
Vitrocerámica	1	2850W tot	1.0	2850	
Climatización	1	166W tot	24.0	3984	
Consumidores en espera			24.0	24	
Total daily energy				10672Wh/day	

#### Hourly distribution





**PVsyst V7.2.14**  
 VCD, Simulation date:  
 26/05/22 18:13  
 with v7.2.14

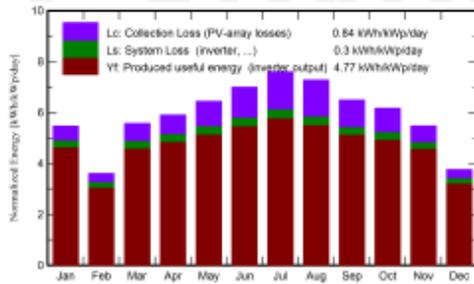
**Project: TFM**

Variant: Nueva variante de simulación

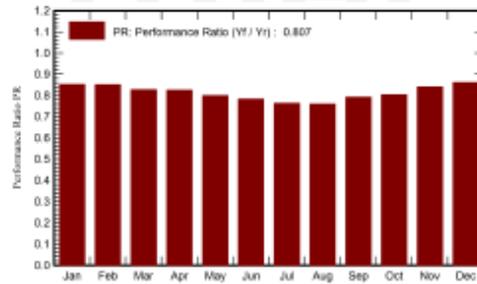
**Main results**

<b>System Production</b>			
Produced Energy	2366 kWh/year	Specific production	1739 kWh/kWp/year
Used Energy	3895 kWh/year	Performance Ratio PR	80.67 %
		Solar Fraction SF	40.26 %

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
January	92.3	22.83	7.66	169.3	167.4	207.9	330.8	128.4	67.90	202.4
February	74.0	38.26	9.46	100.8	99.1	125.3	298.8	84.3	32.38	214.6
March	141.4	55.45	11.87	172.7	169.4	207.0	330.8	128.9	65.33	201.9
April	168.4	66.87	13.33	176.9	172.9	211.6	320.2	130.2	68.35	189.9
May	213.0	73.13	19.71	199.7	194.9	231.2	330.8	144.4	72.72	186.4
June	234.8	64.11	22.77	209.8	204.8	237.8	320.2	147.3	76.13	172.9
July	258.6	54.66	27.23	235.5	229.6	259.4	330.8	158.3	85.94	172.5
August	220.7	53.27	28.30	225.3	220.4	247.1	330.8	151.6	81.13	179.2
September	164.5	50.53	22.20	194.8	191.3	222.5	320.2	138.6	71.16	181.6
October	133.1	40.46	19.19	191.1	188.4	221.6	330.8	134.8	74.02	196.1
November	95.8	28.12	12.34	164.1	162.3	198.3	320.2	122.5	65.13	197.7
December	66.2	27.87	10.24	116.4	114.9	145.2	330.8	99.2	36.99	231.6
Year	1862.6	575.57	17.08	2156.3	2115.5	2514.8	3895.4	1568.4	797.18	2327.0

**Legends**

GlobHor	Global horizontal Irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse Irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global Incident In coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid

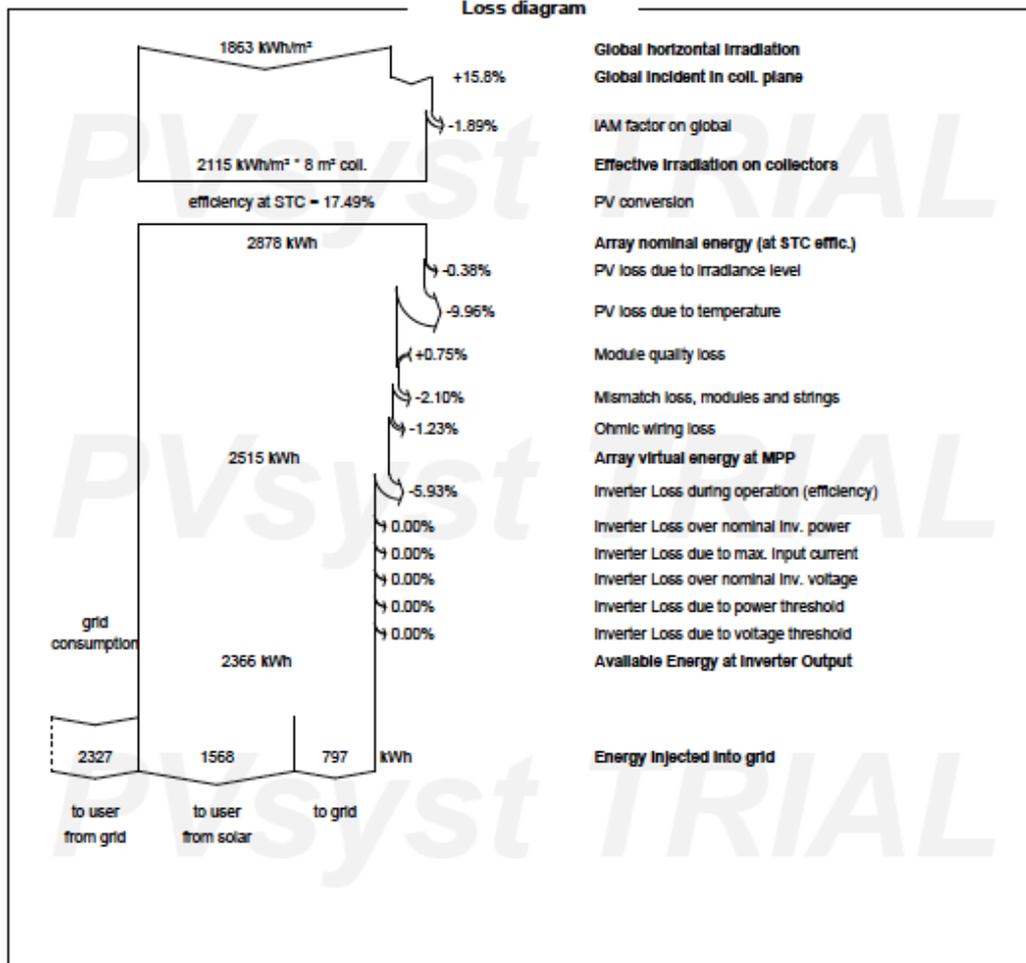


PVsyst V7.2.14  
VCO, Simulation date:  
26/05/22 18:13  
with v7.2.14

## Project: TFM

Variant: Nueva variante de simulación

### Loss diagram





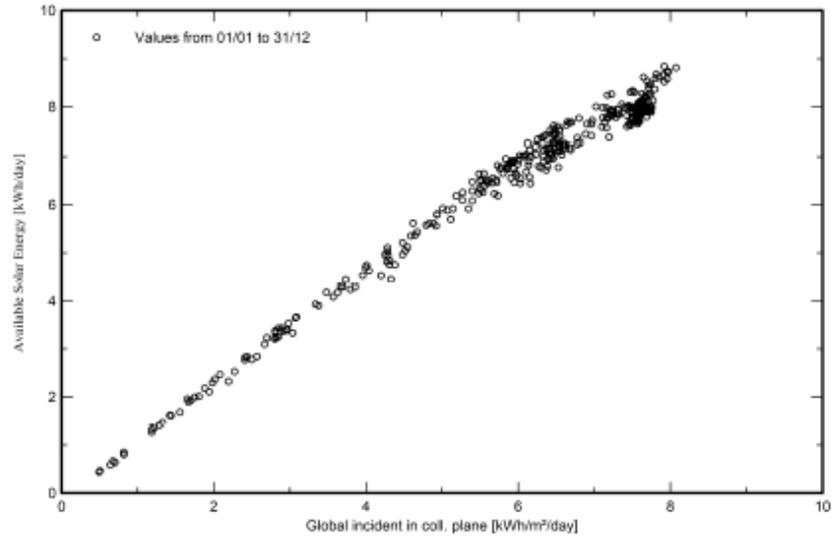
PVsyst V7.2.14  
VCO, Simulation date:  
26/05/22 18:13  
with v7.2.14

## Project: TFM

Variant: Nueva variante de simulación

### Special graphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema

