



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía



Estudio comparativo de las diferentes soluciones de instalación térmica para una vivienda unifamiliar

Director de Proyecto: Juan Carcedo Haya
Alumno: Luis López Landa



ÍNDICE:

1. Memoria:

	<i>Página</i>
1. Introducción.....	1
2. Objeto y alcance del estudio.....	4
3. Estado del Arte.....	5
4. Marco legal.....	14
5. Descripción del estudio.....	20
6. Estudio y análisis de las diferentes soluciones de climatización.....	21
6.1. Cálculo de demanda térmica.....	21
6.2. Dimensionamiento de los equipos generadores de calor.....	24
6.2.1. Calefacción mediante radiadores.....	24
6.2.2. Calefacción mediante suelo radiante.....	26
6.2.3. Equipos instantáneos.....	31
6.2.4. Equipos de acumulación.....	32
6.3. Cálculo de rendimientos y coeficientes de operatividad.....	35
6.4. Cálculo de consumo energético de las diferentes tecnologías.....	38
6.5. Parámetros de impulsión del agua de calefacción y ACS utilizados.....	39
6.6. Parámetros de los equipos generadores de calor de cada tecnología.....	39
6.6.1. Biomasa.....	39
6.6.2. Caldera de condensación de gas natural.....	41
6.6.3. Caldera de gas propano.....	42
6.6.4. Caldera de gasoil.....	45
6.6.5. Bomba de calor Aire-agua. Aerotermia.....	47
6.6.6. Bomba de calor geotérmica.....	48
6.7. Consumo anual de combustible de cada tecnología.....	51
6.8. Coste de producción de energía.....	51
6.9. Coste de operación durante diez años.....	52
6.10. Costes de instalación de cada tecnología.....	53
6.11. Emisiones de CO ₂ de cada una de las tecnologías estudiadas.....	54
6.12. Modelización y simulación de un muro Trombe aplicado a la vivienda estudio.....	56
7. Justificación de la solución adoptada, criterios de selección tanto técnicos, económicos y medio ambientales.....	57
8. Conclusión.....	70
9. Bibliografía y software utilizados.....	76

Anexo 1: Cerramientos de la vivienda unifamiliar

Anexo 2: Calificaciones energéticas

Anexo 3: Muro Trombe

Anexo 4: Presupuesto

Anexo 5: Planos de vivienda unifamiliar



Índice de figuras:

1. "Variación de la temperatura $^{\circ}\text{C}$ a lo largo de la historia" Fuente: www.cambioclimaticoglobal.com
2. "Concentración CO_2 atmosférico a lo largo de la historia." Fuente: www.cambioclimaticoglobal.com
3. "Variación de las emisiones de CO_2 en España desde 1990-2012" Fuente: www.evwind.com
4. "Caldera atmosférica" Fuente: www.sedigas.es
5. "Caldera estanca" Fuente: www.sedigas.es
6. "Caldera de condensación" Fuente: www.sedigas.es
7. "Caldera estanca baja emisión NO_x " Fuente: www.sedigas.es
8. "Panel solar térmico instalado con depósito de acumulación" Fuente: energiasrenovablesinfo.com
9. "Esquema de captación solar" Fuente: energiasrenovablesinfo.com
10. "Esquema de aerotermia" Fuente: www.veranoinstalaciones.com
11. "Caldera de biomasa" Fuente: ecologismos.com
12. "Sección caldera de biomasa" Fuente: climaahorro.es
13. "Sistema de captación geotérmico" Fuente: energiaeficaz.es
14. "Sección de vivienda con muro Trombe" Fuente: plataformaarquitectura.cl
15. "Esquema de funcionamiento en verano" Fuente: plataformaarquitectura.cl
16. "Esquema de funcionamiento en invierno" Fuente: plataformaarquitectura.cl
17. "Muro Trombe abeja" Fuente: plataformaarquitectura.cl
18. "Funcionamiento muro Trombe abeja durante el invierno" Fuente: plataformaarquitectura.cl
19. "Funcionamiento muro Trombe abeja durante el invierno" Fuente: plataformaarquitectura.cl
20. "Visualización de la vivienda definida en el software LIDER-Calener" Autor: Luis López Landa
21. "Verificación de requisitos mínimos CTE-HE1" Elaboración propia
22. "Distribución del calor con radiadores" Fuente: lamiplast.com
23. "Serpentín de tuberías de un suelo radiante" Fuente: leroymerlin.es
24. "Distribución del calor con suelo radiante" Fuente: lamiplast.com
25. "Comparación de distribución suelo radiante/radiadores" Fuente: lamiplast.com
26. "Fórmula para cálculo de caudal" Fuente: método calculo suelo radiante



27. "Parámetros establecidos en la calefacción y ACS introducidos en la herramienta unificada" Elaboración propia
28. "Parámetros de la caldera de Biomasa" Elaboración propia
29. "Resultados de demandas, consumos y emisiones de la Biomasa" Elaboración propia
30. "Certificación energética de la Biomasa" Elaboración propia
31. "Parámetros de la caldera de condensación de Gas Natural" Elaboración propia
32. "Resultados de demandas, consumos y emisiones del Gas Natural" Elaboración propia
33. "Certificación energética del Gas Natural" Elaboración propia
34. "Parámetros de la caldera de Gas Propano" Elaboración propia
35. "Resultados de demandas, consumos y emisiones del Gas Propano" Elaboración propia
36. "Certificación energética del Gas Propano" Elaboración propia
37. "Parámetros de la caldera de Gasoil" Elaboración propia
38. "Resultados de demandas, consumos y emisiones del Gasoil" Elaboración propia
39. "Certificación energética del Gasoil" Elaboración propia
40. "Parámetros de la Bomba de calor Geotérmica" Elaboración propia
41. "Resultados de demandas, consumos y emisiones de la Bomba de calor Geotérmica" Elaboración propia
42. "Certificación energética de la Bomba de calor Geotérmica" Elaboración propia
43. "Parámetros de la caldera de la Bomba de calor" Elaboración propia
44. "Resultados de demandas, consumos y emisiones de la Bomba de calor" Elaboración propia Landa
45. "Certificación energética de la Bomba de calor" Autor: Luis López Landa
46. "Esquema de pérdidas térmicas y aportación del muro Trombe con las estancias contiguas a el" Elaboración propia
47. "Temperatura del aire de la parte frontal obtenidas en la simulación de ANSYS" Elaboración propia
48. "Temperatura del aire de la parte interiorobtenidas en la simulación de ANSYS" Elaboración propia
49. "Representación del desfase de la onda térmica y el amortiguamiento" Fuente: climablock.com
50. "Esquema de flujo cruzado para la ventilación de la vivienda" Elaboración propia
51. "Visualización de la vivienda a estudio en la herramienta unificada" Elaboración propia
52. " Capas de materiales del cerramiento fachada" Elaboración propia
53. " Capas de materiales del cerramiento cubierta" Elaboración propia



- 54. "Capas de materiales del cerramiento forjado" Elaboración propia
- 55. "Capas de materiales del cerramiento forjado-baja" Elaboración propia
- 56. "Capas de materiales del cerramiento solera" Elaboración propia
- 57. "Capas de materiales del cerramiento muro sótano" Elaboración propia
- 58. "Propiedades ventanas" Elaboración propia
- 59. "Propiedades puerta" Elaboración propia

Índice de tablas:

- 1. "Tabla demanda térmica por estancia" Elaboración propia
- 2. "Tabla de demanda de producción de ACS" Elaboración propia
- 3. "Tabla demanda energética total" Elaboración propia
- 4. "Tabla demanda energética total con aporte solar del 30% ACS" Elaboración propia
- 5. "Tabla demanda energética total con aporte solar del 100%" Elaboración propia
- 6. "Tabla elementos de radiador" Elaboración propia
- 7. "Tabla especificaciones suelo radiante" Fuente: método de cálculo suelo radiante
- 8. "Tabla dimensionamiento de suelo radiante" Elaboración propia
- 9. "Tabla método Polytherm" Fuente: método calculo suelo radiante
- 10. "Tabla dimensionado suelo radiante" Elaboración propia
- 11. "Tabla dimensionado suelo radiante" Elaboración propia
- 12. "Tabla de datos generales para comparativa de costes" Elaboración propia
- 13. "Tabla de audales instantáneos demandados" Elaboración propi
- 14. "Tabla de factores de ponderación para sistemas de calefacción por bombas de calor" Fuente: IDAE
- 15. "Factores de corrección para bombas de calor" Fuente: IDAE
- 16. "Tabla de factores de ponderación (FP) para sistemas de calefacción y/o ACS con bombas de calor en función de las fuentes energéticas, según la zona climática" Fuente: IDAE
- 17. "Tabla de factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP" Fuente: IDAE
- 18. "Tabla de los COPS corregidos y los factores empleados" Elaboración propia
- 19. "Tabla de rendimientos y consumos según el tipo de tecnología generadora de calor" Elaboración propia
- 20. "Tabla de consumo anual de combustible de cada tecnología" Elaboración propia
- 21. "Tabla de coste de producción de energía por cada tecnología" Elaboración propia
- 22. "Tabla de coste de operatividad durante diez años" Elaboración propia
- 23. "Tabla de costes de instalación por cada tipo de tecnología" Elaboración propia
- 24. "Tabla resumen de los costes operativos, inversión y costes anuales de las instalaciones" Elaboración propia
- 25. "Tabla de factores de emisión de CO₂" Fuente: IDAE
- 26. "Tabla de emisiones de kilogramos de CO₂ emitidos a la atmosfera al año por cada tecnología" Elaboración propia
- 27. "Tabla de emisiones producidas durante 10 años" Elaboración propia



28. "Tabla comparativa de amortización en función del porcentaje de cobertura solar térmica para ACS" Elaboración propia
29. "Tabla de coste de operación del porcentaje cubierto 30% de ACS por el equipo solar térmico" Elaboración propia
30. "Tabla de coste operativo anual para una cobertura solar térmica de 30% de ACS" Elaboración propia
31. "Tabla de coste de operación del porcentaje cubierto 50% de ACS por el equipo solar térmico" Elaboración propia
32. "Tabla de coste operativo anual para una cobertura solar térmica de 50% de ACS" Elaboración propia
33. "Tabla de coste de operación del porcentaje cubierto 70% de ACS por el equipo solar térmico" Elaboración propia
34. "Tabla de coste operativo anual para una cobertura solar térmica de 70% de ACS" Elaboración propia
35. "Tabla de coste de operación del porcentaje cubierto 100% de ACS por el equipo solar térmico" Elaboración propia
36. "Tabla de coste operativo anual para una cobertura solar térmica de 100% de ACS" Elaboración propia
37. "Tabla comparativa de puntuación entre las tecnologías estudiadas" Elaboración propia
38. "Tabla comparativa entre las tecnologías escogidas como solución" Elaboración propia
39. "Tabla comparativa de pros y contras entre las tecnologías escogidas como solución" Elaboración propia
40. "Tabla de datos obtenidos en ansys" Elaboración propia
41. "Tabla de cálculo de pérdidas de las estancias contiguas al muro Trombe" Elaboración propia
42. "Tabla de aporte térmico proporcionado por el muro Trombe" Elaboración propia
43. "Tabla de cálculo de propiedades del cerramiento según las capas que lo conforman, calculando su media ponderada"
44. "Tabla de capas de materiales cerramientos mejorados" Elaboración propia

Índice de gráficas:

1. "Gráfica de consumo anual de energía según el tipo de tecnología" Autor: Luis López Landa
2. "Gráfica de coste de consumo por año" Autor: Luis López Landa
3. "Gráfica de comparativa de costes entre distintos tipos de generación de calor" Autor: Luis López Landa
4. "Gráfica de emisiones de CO₂ al año de cada tecnología" Autor: Luis López Landa
5. "Gráfica de emisiones de CO₂ durante diez años de operatividad" Autor: Luis López Landa
6. "Grafica de consumo anual de energía cubriendo la demanda total solo con los equipos generadores de calor! Elaboración propia
7. "Gráfica del coste de operación anual, solo equipos generadores de calor" Elaboración propia



8. "Gráfica de emisiones anuales de CO₂, solo con equipos generadores de calor" Elaboración propia
9. "Gráfica de consumo anual de energía con una cobertura solar de CAS de un 70%" Elaboración propia
10. "Gráfica de coste de operación anual con una cobertura de 70% de ACS" Elaboración propia
11. "Gráfica de emisiones anuales de CO₂ con una cobertura de ACS de un 70%" Elaboración propia

12. "Gráfica de consumo anual de energía con una cobertura solar de ACS de un 70% mas el aporte del muro Trombe" Elaboración propia
13. "Gráfica de coste de operación anual con una cobertura de 70% de ACS mas el aporte del muro Trombe" Elaboración propia
14. "Gráfica de emisiones anuales de CO₂ con una cobertura de ACS de un 70% mas el aporte del muro Trombe" Elaboración propia



1. Introducción

La situación actual de la sociedad, afectada por una fuerte crisis financiera y un cambio climático, avanzado cada día a más velocidad, cuyas consecuencias sobre el planeta se constatan más a corto plazo de las previsiones estimadas por los expertos en esta materia. Como respuesta a estos hechos, la sociedad en su conjunto, debe dar máxima importancia a la eficiencia energética y el ahorro energético. (Producción y consumo inteligente de la energía, ahorrando en gastos y emisiones contaminantes de efecto invernadero).

España, como sociedad desarrollada, tiene a su alcance los medios tecnológicos necesarios para poder reducir su consumo de energía. Esta reducción cumple dos funciones clave: el gasto energético será menor, por lo tanto, se reduce el gasto financiero y se reducen las emisiones de dióxido de carbono al tener que producir menos energía respetando el medio ambiente.

La demanda de energía a nivel mundial aumenta cada año sin interrupciones. Cada vez es mayor y se necesita más cantidad de energía para poder cubrir esta demanda.

Una de las energías más empleadas en la sociedad actual es la energía eléctrica. Presenta el condicionante de la imposibilidad de su almacenamiento a gran escala, por lo tanto, la producción y distribución ha de ser organizada, planeada y estimada con anterioridad en los mercados eléctricos ya que esta energía eléctrica debe ser consumida a la vez que se produce. La evolución del sector eléctrico ha estado marcada por el avance tecnológico y el desarrollo de la sociedad. Este sector se ha basado en la transformación de combustibles fósiles para la generación de energía.

Para cubrir estas necesidades energéticas se han desarrollado ciertas tecnologías a la hora de explotar materias primas, la mayoría no renovables como los combustibles fósiles, para la producción de electricidad, destacando: carbón, petróleo y gas natural. El porcentaje de producción de energía con combustibles fósiles es muy elevado a día de hoy en España. Se debe cambiar esta tendencia de utilización de recursos fósiles no renovables, principalmente por el cambio climático. Existe un problema añadido, el agotamiento de reserva de los combustibles fósiles la dependencia de los mismos al no ser productores ni extractores. Esto conlleva a que el gasto en importación se dispare y España es un país dependiente completamente de los países productores de estas materias primas, energéticamente hablando. La energía es un parámetro muy importante en la economía de un país porque los flujos financieros que se producen son muy grandes por las altas demandas de energía.

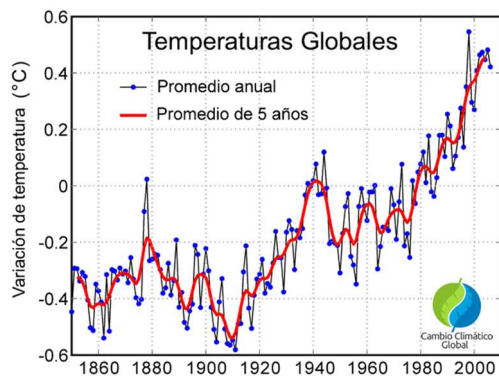
Cuando las reservas de estos combustibles fósiles se acaben se deberá sustituir toda la tecnología de producción de energía por otras alternativas. Actualmente se están consiguiendo grandes avances en investigación de aprovechamiento de energías alternativas para poder alcanzar la eficiencia y aprovechamiento de los actuales combustibles fósiles. El problema de la energía eléctrica, anteriormente citado, es que no se puede almacenar a gran escala y se produce al instante en función a la previsión de energía demandada porque existen reservas de combustibles fósiles que somos capaces de transformarlo en energía de una forma rápida (La tecnología desarrollada para la producción de energía, con estos combustibles fósiles, es puntera ya que se han realizado muchas inversiones a lo largo de la historia). Ahora bien, las emisiones contaminantes de dióxido de carbono que originamos al producir energía, con estos combustibles, son muy peligrosas ya que hemos modificado la composición de la atmosfera originando un cambio climático.



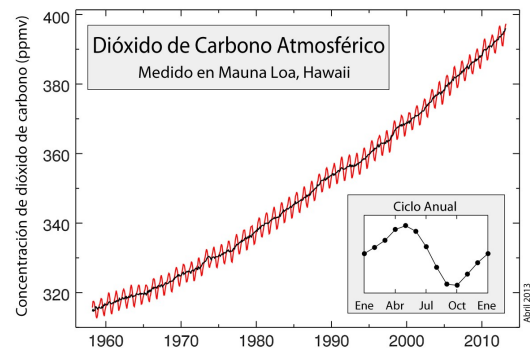
Cambio Climático

El cambio climático es un cambio significativo y duradero de patrones locales o globales del clima, las causas pueden ser naturales (variaciones en la energía que recibimos del sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos, etc...) o por causas con influencias antrópicas (causas originados por el ser humano) a través de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y otros gases que atrapan calor produciéndose el “efecto invernadero”, por el cual la radiación calórica que llega a la tierra es reflejada en menor medida hacia el espacio (estos gases son generados principalmente en la producción de energía y en el transporte de vehículos), que imposibilitan la refrigeración del planeta y finalmente causan un calentamiento global.

El cambio climático se relaciona directamente con el calentamiento global, como se puede observar en las siguientes gráficas, se puede comprobar la evolución de la variación de la temperatura y la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera a lo largo de la historia:



1. “Variación de la temperatura $^{\circ}\text{C}$ a lo largo de la historia” Fuente: www.cambioclimaticoglobal.com



2. “Concentración CO_2 atmosférica a lo largo de la historia.” Fuente: www.cambioclimaticoglobal.com

La evidencia del cambio climático se basa en observaciones de los aumentos de temperatura del aire y de los océanos, derretimiento de hielos y glaciares en todo el mundo y el consecuente aumento del nivel del mar a nivel mundial.

Hechos:

- Aumento de la temperatura a nivel mundial.
 - Once de los últimos doce años han sido los más calurosos desde que se tienen registros desde el año 1850.
 - El aumento de temperatura promedio en los últimos cincuenta años es casi el doble que en los últimos cien años.
 - La temperatura global promedio aumentó 0.74°C durante el siglo XX.
- Mayor concentración de dióxido de carbono en la atmosfera:
 - El dióxido de carbono es el principal causante del aumento de temperaturas, ya que no permite la evacuación de calor del planeta creando un efecto invernadero.
 - Su concentración atmosférica ha pasado de 278 ppm, antes de la revolución industrial, hasta los 397 ppm en la actualidad.



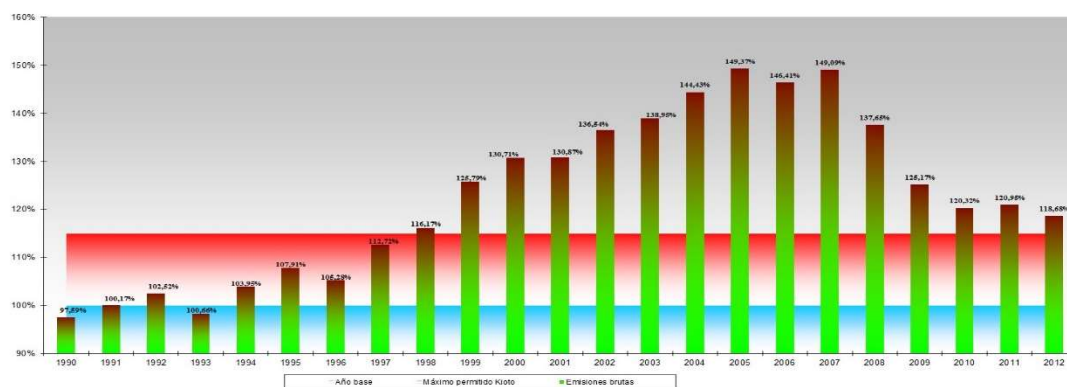
El cambio climático que se está produciendo es preocupante. Conlleva a cambios drásticos como: variaciones del clima, modificación de nuestras costas por la crecida de nivel del mar, debido al calentamiento de los océanos y derretimiento de las masas del hielo de los polos y la afección de los flujos térmicos del planeta que modifica el clima de los territorios. Como consecuencia directa, entre otras muchas, la modificación de hábitats de miles de especies y de los asentamientos humanos en ciudades y pueblos próximos a niveles de mar actual. Para intentar frenar este cambio climático se creó el protocolo de Kioto.

PROTOCOLO DE KIOTO: es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y un acuerdo internacional que tiene por objetivo la disminución de emisiones de seis gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) y los otros tres son gases industriales fluorados: hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6), en un porcentaje aproximado del 8%, dentro del periodo entre el 2008 a 2012 en comparación a las emisiones realizadas en 1990. Este porcentaje es a escala global, por lo tanto, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir la contaminación global.

El protocolo fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto (Japón), pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005.

En cuanto a la comunidad europea, a cada país se le otorgó un margen distinto en función de diversas variables económicas y medioambientales según el principio de reparto de carga (año 1997). En el periodo 2013-2020, la Unión Europea ha comunicado su intención de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto al año 1990, en línea con el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático. En marzo de 2014 la UE se encuentra inmersa en el proceso de negociación de la ratificación de las enmiendas del Protocolo de Kioto

España se comprometió a limitar el aumento de sus emisiones un máximo del 15% en relación al año base. Somos el país miembro que menos posibilidades tiene de cumplir lo pactado. El incremento de nuestras emisiones en relación a 1990 durante los últimos años ha sido: 1996: 7%; 1997: 15%; 1998: 18%; 1999: 28%; 2000: 33%; 2001: 33%; 2002: 39%; 2003: 41%; 2004: 47%; 2005: 52%; 2006: 49%; 2007: 52%; 2008: 42.7%; 2015: 24.233%.



3. "Variación de las emisiones de CO_2 en España desde 1990-2012"

Fuente: www.evwind.com

El no cumplimiento, tanto de la UE y España, de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero es causado por el alto porcentaje de utilización de combustibles fósiles. La dependencia energética de la comunidad europea es enorme, es una comunidad con una industria muy importante, aunque no somos los más contaminantes.



Reducir las emisiones es un trabajo de todos, se deberían orientar la captación y generación de energía a fuentes limpias que no produzcan emisiones de dióxido de carbono y a su vez, mejorar las instalaciones actuales en todos los ámbitos para que estas sean más eficientes, reduciendo el consumo de energía. Está claro que es imposible sustituir al 100% el sistema de generación y transporte por sistemas limpios (sin emisiones) a día de hoy. Esto es por insuficiencia en inversiones e investigación y que no somos capaces de equilibrar el sistema con energías limpias. Son tecnologías costosas, poco eficientes y tienen un alto porcentaje de incertidumbre a la hora de la generación, ya que en la mayoría o las más desarrolladas (como la energía eólica y solar) dependen de agentes atmosféricos para generar energía.

En este punto la eficiencia energética cobra protagonismo siendo una posible solución para reducir consumos y disminución de emisiones contaminantes.

2. Objeto y alcance del estudio

El estudio se centra, en la comparación de las distintas soluciones de instalaciones térmicas en una vivienda unifamiliar, para lograr un consumo energético casi nulo. Los objetivos son la comparación técnica, económica y medio ambiental de cada tecnología, o mix de tecnologías, estudiando la posible instalación del muro Trombe en la fachada Sur de la vivienda, estimando si es viable, con su respectiva calificación energética, basándonos en el RD 235/2013, concretamente en su disposición adicional segunda, según la cual "todos los edificios nuevos que se construyan a partir del 31 de diciembre de 2020 serán edificios de consumo de energía casi nulo". El planteamiento: Cómo tenemos que cambiar la mentalidad a la hora de construir para cumplir con esta condición en el año 2020.

Las diferentes soluciones de instalaciones térmicas propuestas para el estudio son las siguientes:

- Caldera convencional
- Solar térmica
- Aerotermia
- Caldera de biomasa
- Geotérmica
- Climatización pasiva

Cada una de ellas se analizará y valorará según aspectos técnicos, económicos y medio ambientales, de tal forma, que la tecnología escogida, o el mix de dos o más tecnologías, sea la solución térmica más óptima para acercarnos al consumo energético casi nulo.

Aparte de definir la instalación térmica de la vivienda, se aportarán aspectos constructivos para llegar al objetivo del proyecto. Estos aspectos se centran, en evitar las fugas de calor en el interior de la vivienda reduciendo los puentes térmicos lo máximo posible, gracias a la definición de nuevos cerramientos aplicados en la futura construcción de la vivienda unifamiliar. Estos datos se aportarán mediante la modelación de la vivienda unifamiliar en la herramienta Unificada Líder Calener, dando datos de consumo en kWh/año.

El alcance del estudio queda definido por los sistemas de generación de calor y su modo de funcionamiento. El modo de funcionamiento puede ser diferenciado, por el empleo de equipos instantáneos que cubran la demanda de calor en el momento o sistemas de generación de calor con equipos de acumulación, definiendo las ventajas y desventajas de cada modo de funcionamiento, ya sea un solo tipo de tecnología o varios tipos de tecnologías trabajando de forma simultánea. Los sistemas de emisión de calor son otro punto a definir y valorar dentro del estudio, porque según la utilización radiadores o suelo radiante condicionan el sistema de generación de calor a instalar. El aporte de climatización pasiva se realiza por la posible instalación de un muro trombe, el cual, es dimensionado y simulado mediante el software de



elementos finitos ANSYS, obteniendo el aporte de calor a la vivienda tipo, de tal manera que se disminuirá el consumo de energía para la climatización de la vivienda.

3. Estado del arte

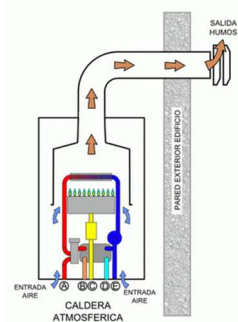
a. **Instalación térmica convencional**

Las aplicaciones de una instalación térmica convencional, son la producción de agua caliente sanitaria y climatización de viviendas.

Las calderas transforman la energía almacenada en el combustible, en calor disponible para su uso en edificio. Obviamente el rendimiento de la caldera afecta sobremanera en la eficiencia de las instalaciones. Una caldera ineficiente repercutirá directamente en un mayor consumo de combustible y, por tanto, en un mayor gasto económico.

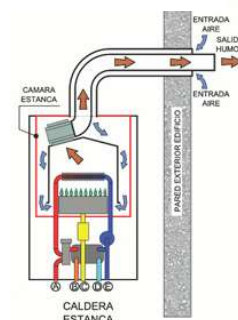
Existe una gran diversidad de calderas. Cada tipo de caldera tiene sus propias características, con un rendimiento y unas condiciones de uso apropiadas y concretas.

Calderas de gas según el sistema de combustión. Dependiendo de la combustión de la caldera diferenciamos entre:



4. "Caldera atmosférica"
Fuente: www.sedigas.es

- Calderas atmosféricas. Aquellas que utilizan el aire de donde está instalada para llevar a cabo la combustión en una cámara abierta. Debido a los posibles problemas de seguridad si la combustión es deficiente, desde el 1 de enero de 2010 está prohibida su instalación, según el R.D. 1027/2007 B.O.E. 29 agosto de 2007.



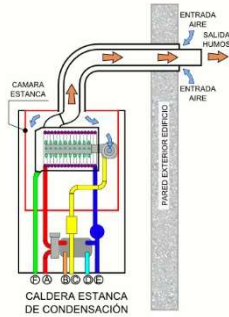
5. "Caldera estanca"
Fuente: www.sedigas.es

- Calderas estancas. Este tipo de calderas, a diferencia de las anteriores, utilizan aire del exterior para llevar a cabo la combustión (no de donde está instalada la caldera) dentro de una caja estanca, sin contacto con el aire del exterior. Los gases quemados son expulsados mediante un ventilador por el conducto de evacuación al exterior. Dentro de este tipo englobamos las calderas de condensación y las de bajo NOx.

Calderas de gas según el tipo de instalación. Las calderas según su instalación pueden ser de suelo o de pie (tienen una potencia mucho más elevada), o murales (tradicionalmente las más instaladas en viviendas).

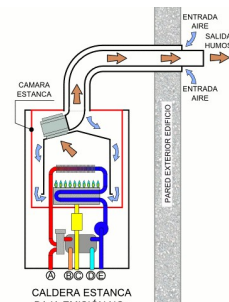
Calderas de gas según su funcionamiento, rendimiento y consumo:

- Calderas estancas estándar. Son las más antiguas del mercado, por lo que su rendimiento está en torno al 90%, ya que necesitan consumir más energía para calentar agua.



- Calderas de condensación. Tienen un 15% más de rendimiento (105%) que el estándar, ya que aprovechan la energía del vapor de agua de los gases de la combustión. Las calderas de condensación, por otra parte, contaminan muy poco y son ideales para instalaciones de baja temperatura con radiadores.

6. "Caldera de condensación" Fuente: www.sedigas.es



7. "Caldera estanca baja emisión NOx" Fuente: www.sedigas.es

- Calderas de bajo NOx Clase 5. En cuanto a su rendimiento, es algo mayor que el de las calderas estándar, pero inferior a las de condensación. Otra de sus características a destacar es que emiten unos gases de combustión que contienen una reducida cantidad de óxidos de nitrógeno (NOx).

b. Solar térmica

La principal aplicación de la energía solar térmica es la producción de agua caliente sanitaria (ACS) para uso doméstico o industrial, para calefacción de espacios habitables, para conseguir un confort óptimo, para calentar el agua de las piscinas y también para refrigeración utilizando equipos de absorción.

Con la aprobación del código técnico de la edificación en España, es obligatorio que las viviendas de nueva construcción tengan cubierto un porcentaje de su demanda de ACS mediante este sistema. Dicho porcentaje según el DB HE-4, refiriéndose a la zona climática de la vivienda o edificación, varía entre el 30% y 70%.

Los elementos que componen estos equipos de captación de energía solar térmica son:

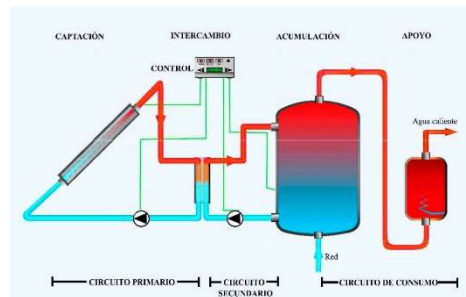
- Captadores planos o de tubo de vacío, los cuales son los encargados de absorber calor procedente de la radiación y transferir este calor al agua sanitaria empleada en la vivienda bien por intercambio entre un fluido caloportador especial que favorece esta transmisión, o directamente pasando el agua por los tubos se calienta y almacena.



- Estructura de soporte, diseñada para orientar los captadores con un ángulo en concreto, respecto a la superficie de instalación, para que la radiación incidente sea máxima.
- Depósito de acumulación de agua, este componente almacena el agua caliente sanitaria que se va calentando en el transcurso de las horas de luz, para poder usarla a lo largo del día. Ya que la demanda también se produce en horas nocturnas, debe ser capaz de preservar el calor del agua almacenada.
- Grupo de bombeo y regulación, su principal cometido es la emisión del ACS al circuito de tuberías de la vivienda y la recepción de agua sin calentar procedente de la toma general para su posterior calentamiento.
- Sistema de tuberías, con elementos de seguridad y mantenimiento. Complementan el circuito de la instalación para su transporte y medida de producción y consumo.



8. "Panel solar térmico instalado con depósito de acumulación" Fuente: energiasrenovablesinfo.com



9. "Esquema de captación solar" Fuente: energiasrenovablesinfo.com

El funcionamiento de estas instalaciones se basa en aprovechar la energía procedente del sol para calentar el agua o un fluido caloportador que circula en el interior de los captadores. Una vez calentado el agua o el fluido caloportador, se transporta por un circuito primario de manera que el calor se intercambia en un depósito de acumulación de agua. Después el ACS acumulado se envía hasta los puntos de consumo cuando estos lo demanden. La demanda de agua caliente que no consigamos generar a partir de esta tecnología, por escasa radiación o climatología adversa se debe suplir mediante un calentador o caldera de apoyo para generar el ACS demandada.

Las principales aplicaciones de la energía solar térmica son: producción de ACS, apoyo en calefacción, climatización de piscinas y procesos industriales de media temperatura.

Las ventajas de la energía solar térmica son: es un tipo de energía renovable, inagotable y limpia que presenta un alto rendimiento por el número de horas de sol al día. (dependiendo de la zona climática será mayor o menor este rendimiento). Se garantiza una viabilidad al poseer una larga vida útil y con precios asequibles en el mercado, reduce la factura de gas o electricidad dependiendo de la tecnología de apoyo. Se puede utilizar con otros sistemas de generación de calor de fuentes renovables como la caldera de biomasa.

Como desventajas, su variabilidad hace que tengamos que precisar de sistemas de apoyo cuando no seamos capaces de absorber la radiación necesaria y precisamos de un mantenimiento continuo para su perfecto funcionamiento, el cual es vital para su óptimo rendimiento.

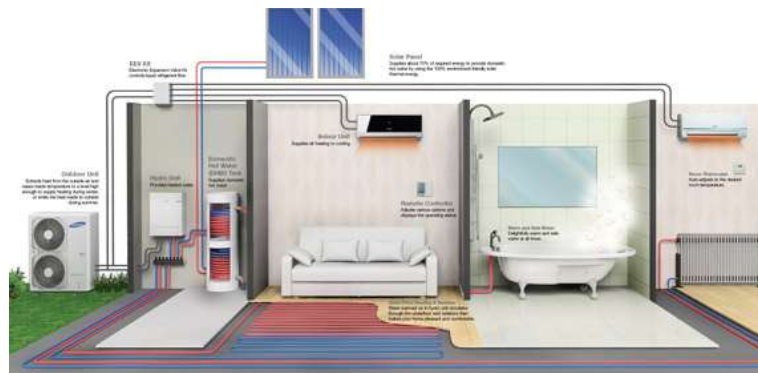
c. Aerotermia

Se basa en extraer la energía contenida en el aire exterior y ceder esta energía a un espacio habitable mediante una bomba de calor.

Se precisa de una unidad exterior y una o varias unidades interiores. La bomba de calor es reversible y es posible la climatización de un espacio tanto en verano como en invierno, ya que la bomba de calor se utiliza tanto para calentar o enfriar el aire de los locales o espacios a climatizar. Los sistemas generales de funcionamiento de esta tecnología suelen ser de aire-agua o de expansión directa de un refrigerante.

Las bombas de calor en aerotermia con sistema aire-agua, extraen la energía existente en el aire exterior y la ceden al agua que se aporta al sistema de calefacción y ACS. Son bombas diseñadas y construidas para obtener el máximo rendimiento en condiciones climatológicas adversas.

El sistema de emisión de calefacción óptimo para este tipo de tecnología es el suelo radiante, ya que es un sistema de emisión de baja temperatura que no precisa superar los 35°C.



10. "Esquema de aerotermia" Fuente: www.veranoinstalaciones.com

d. Caldera de biomasa

El funcionamiento de una caldera de biomasa es exactamente igual al de una caldera convencional, la gran diferencia es el combustible utilizado para la generación de calor. Este combustible es catalogado como renovable de origen animal o vegetal. Normalmente suelen ser residuos forestales o agrícolas, que han transformado la energía solar en energía química mediante la fotosíntesis. También existen combustibles de biomasa húmeda en la fabricación de aceites vegetales entre los que podemos encontrar biocombustibles como el etanol o biodiesel. Se considera renovable y ecológica ya que se considera que libera el CO₂ almacenado durante su crecimiento.

En el mercado se pueden encontrar diferentes equipos para la combustión de la biomasa que generan calor y son capaces de aclimatar ciertos espacios. Podemos encontrar calderas, chimeneas y estufas. Las calderas de pellets deben tener siempre un silo o depósito de dimensiones concretas para la autonomía de la caldera, durante un periodo de tiempo concreto. En este depósito se aspira o extrae el combustible de biomasa mediante tornillos sin fin y son completamente automatizadas. Las estufas y chimeneas tienen tanques de almacenamiento inferiores y se deben repostar continuamente.



Estos sistemas sirven para la calefacción, generación de ACS y climatización de piscinas.

Las ventajas que posee la biomasa, es una tecnología de bajo coste de producción de calor comparado con la electricidad o el gasóleo. El precio de la biomasa es estable sin sufrir grandes variaciones.

El problema es el poder calorífico que posee, ya que este es inferior al de los combustibles fósiles. Esto significa que es necesario quemar más cantidad de combustible de biomasa para obtener la misma energía. Otro problema asociado es el espacio requerido para su instalación porque se precisa de un espacio amplio, por la necesidad de precisar de un tanque de acumulación de combustible de biomasa.



11. "Caldera de biomasa" Fuente: ecologismos.com



12. "Sección caldera de biomasa"
Fuente: climaahorro.es

e. Bomba de calor Geotérmica

La energía geotérmica se considera una energía renovable que se obtiene al aprovechar el calor existente en el subsuelo de la corteza terrestre. Sus principales aplicaciones, a bajas temperaturas, son la climatización de viviendas, piscinas y generación de ACS. A altas temperaturas se llega a conseguir generar energía eléctrica.

La tecnología de un sistema geotérmico para viviendas, se basa en una instalación de bomba de calor que aprovecha las variaciones de temperatura que se registran entre el interior de la casa y el subsuelo. Para la calefacción, el sistema lleva el calor desde el suelo hasta la vivienda, y cuando el objetivo es refrigerar se produce el proceso inverso y la diferencia térmica ayuda a refrescar el ambiente doméstico hasta niveles más confortables. El aprovechamiento de esta energía para disponer de agua caliente se produce de una forma análoga al del sistema de calefacción.

Se considera una energía renovable, su empleo reduce las emisiones de CO₂, deben considerarse las emisiones producidas en el consumo de energía eléctrica, de la bomba de calor, utilizada para el bombeo del agua desde el subsuelo a la vivienda y viceversa. Minimiza la dependencia energética ya que la temperatura del suelo es siempre constante, podemos a primera instancia no precisar de equipo de apoyo.

La implantación de esta tecnología supone un coste elevado, además indicar que no todos los terrenos son óptimos para su implantación siendo necesario realizar un estudio del terreno para comprobar su capacidad térmica y conductividad. Es posible que contamine térmicamente el pozo o el terreno que sirve como fuente de calor, en el caso de una fuga ya que utiliza fluidos caloportadores para el intercambio de calor



13. "Sistema de captación geotérmico"
Fuente: energiaeficaz.es

f. Climatización pasiva

Climatización Pasiva es el conjunto de conocimientos, técnicas y soluciones arquitectónicas encaminadas a mejorar el confort y la habitabilidad de las casas o edificaciones para así reducir el consumo energético.

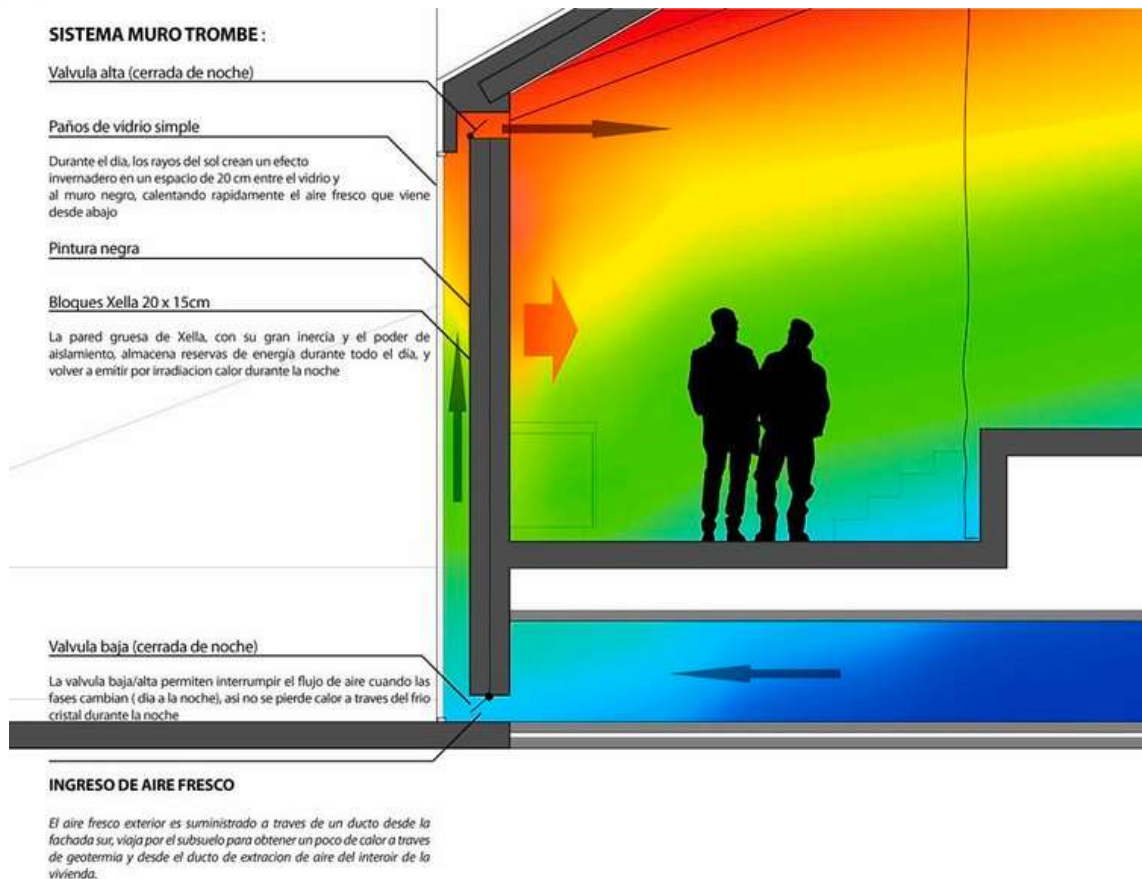
La climatización pasiva se basa en preservar un estado de confort en el interior de los espacios habitables, mediante el empleo de elementos de construcción con ciertas características especiales y el diseño de las edificaciones.

Muro Trombe

En este estudio, se incorpora un elemento constructivo que aprovecha la radiación solar para dotar de calor a estancias orientadas al sur, por medio del efecto invernadero. El muro Trombe.

El Muro Trombe es un sistema de captación solar pasivo que no tiene partes móviles y que no necesita casi ningún tipo de mantenimiento, simplemente la limpieza del cristal. Esta alternativa propone potenciar la energía solar que recibe un muro y así convertirlo en un sencillo sistema de calefacción.

Su componente principal es un muro, orientado hacia la posición del sol más favorable a lo largo del día, variando según el hemisferio del planeta donde se construya la vivienda. Construido con materiales que le permitan absorber el calor como masa térmica, como hormigón, piedra o adobe, durante el día y por la noche sea capaz de transmitir el calor almacenado durante las horas de sol al interior de la vivienda, proporcionando una temperatura de confort óptima.



14. "Sección de vivienda con muro Trombe" Fuente: plataformaarquitectura.cl

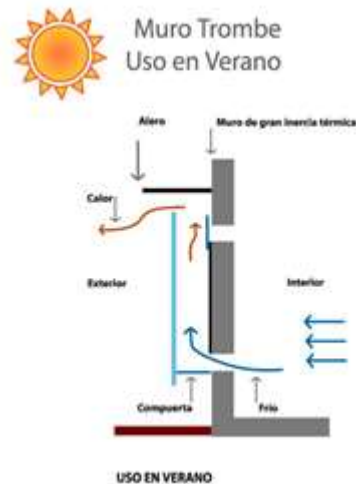
Este sistema se basa en la captación solar directa y la circulación de aire que se produce por la diferencia de temperaturas. Gestionado adecuadamente, entrega calor durante los meses fríos y permite una mejor refrigeración en los meses cálidos a través de una ventilación cruzada.

El sistema se compone de las siguientes partes:

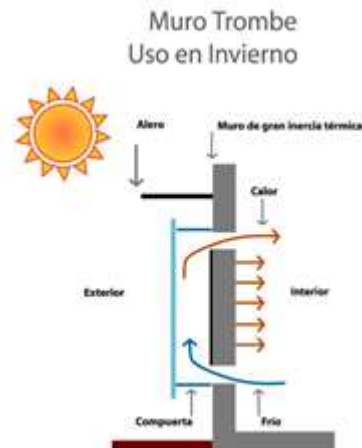
- Un muro interior de gran inercia térmica; puede ser de piedra o adobe pintado de negro o de un material que refleje el calor, como una lámina metálica, pero en todo caso, siempre protegida con un aislante al interior.
- Una lámina de vidrio lo más espesa posible; mejor si es triple o doble con una cámara de aire interior.
- Un espacio intermedio delimitado por el muro y el vidrio, que debido a la radiación solar siempre tendrá una temperatura mucho mayor que el exterior e interior, a través del efecto invernadero. Ésta es la clave del funcionamiento del muro Trombe.
- Orificios con sus respectivas válvulas; superiores (interior y exterior) e inferiores (interior y exterior).



Durante el día, el sistema permite a la casa calentar el aire fresco a través del efecto invernadero entre la pared de cristal y la pared oscura. Durante la noche, por el cambio de fase, el calor almacenado en el muro de inercia térmica es redistribuido por irradiación. En este caso el sistema es controlado por válvulas motorizadas para prevenir un flujo inverso de aire de la noche a la mañana.



15. "Esquema de funcionamiento en verano" Fuente: plataformaarquitectura.cl

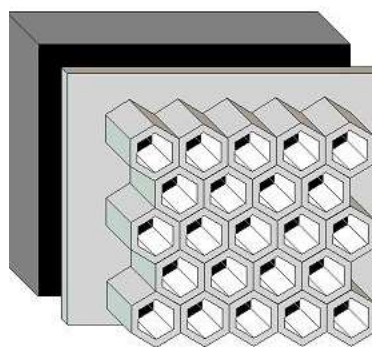


16. "Esquema de funcionamiento en invierno" Fuente: plataformaarquitectura.cl

Muro en forma de nido de abeja

Mediante unos sencillos bloques hexagonales de hormigón se construye un efectivo sistema de calefacción que además permite una discriminativa captación de la energía solar, favoreciéndola en invierno y dificultándola en verano.

Los bloques de hormigón se disponen como lo hacen los panales de abejas. Están pintados en su interior con pintura blanca reflectante excepto la parte más próxima a la casa que se pinta de negro. Tras este primer muro de bloques de hormigón hexagonales, se dispone otro muro grueso pintado totalmente de negro.

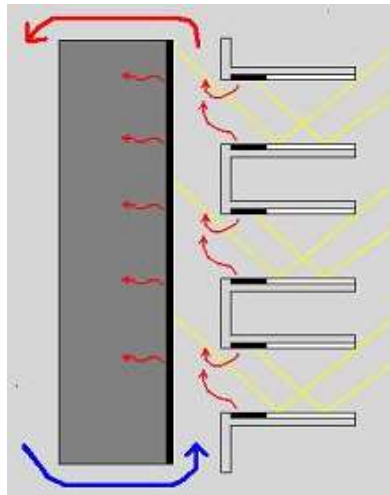


17. "Muro Trombe abeja" Fuente: plataformaarquitectura.cl



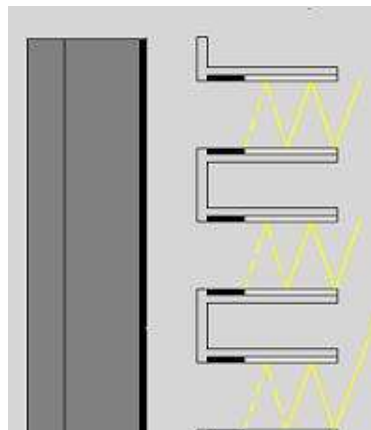
El funcionamiento es sencillo. Durante los meses de invierno los rayos solares inciden muy inclinados sobre el suelo y entran con facilidad en el interior de los bloques de hormigón. Esta radiación es reflejada por la parte pintada de blanco hacia la zona pintada de negro del propio bloque y hacia el muro negro posterior. La radiación al topar con las zonas pintadas de negro se transforma en calor.

El aire entre los bloques hexagonales y el muro se calienta y asciende por convección hacia el interior de la casa por unos conductos. Otra parte del calor queda almacenado en el muro y es liberado lentamente durante la noche. De esta manera se puede disfrutar del calor durante el día y durante la noche.



18. "Funcionamiento muro Trombe abeja durante el invierno" Fuente: plataformaarquitectura.cl

En verano, cuando las temperaturas son altas y no interesa captar la energía solar, la radiación cae más perpendicularmente y entra con más dificultad en los bloques. La poca radiación que logra entrar sufre un mayor número de reflexiones en la parte pintada de blanco difuminándose y dispersándose con lo que muy difícilmente llega a las superficies negras. Por otro lado, el muro compacto sirve entonces como masa térmica que atempera la temperatura del interior de la casa, haciéndola más suave.



18. "Funcionamiento muro Trombe abeja durante el invierno" Fuente: plataformaarquitectura.cl



4. **Marco legal**

Antes de todo es necesario conocer el transcurso de la historia para comprender la evolución de nuestra mentalidad respecto al cambio climático.

La invención de la máquina de vapor en 1712 por el británico Thomas Newcomen, supone el inicio de la revolución industrial. Esta revolución industrial fue un proceso de transformación tecnológica, económica y social que comenzó en el Reino Unido, mediante la cual, la sociedad experimenta un paso evolutivo de una economía, basada en la agricultura y comercio, a una economía de carácter urbano, industrializada y mecanizada.

Este es el punto de inflexión de la historia de la humanidad que cambia e influencia aspectos de la vida cotidiana. La producción se multiplicó a la vez que disminuía el tiempo de la misma y el nivel de vida aumentaba exponencialmente debido a que la renta per cápita se incrementó de forma acelerada. Hubo un aumento la producción debido al incremento de la demanda de productos que se transportaban, generando más comercio en comunidades donde antes, por la falta de transporte, esos productos no llegaban en buenas condiciones o simplemente era inviable. La expansión del comercio fue gracias a las comunicaciones construidas de vías férreas, canales o carreteras. A partir de este momento, se inició una transición que acabaría con la mano de obra basada en trabajo manual, o artesanal, y el uso de animales para agricultura y transporte, por maquinaria para fabricación industrial y transporte de mercancías y pasajeros.

Tanto la fabricación industrial como el transporte precisaban (hoy en día sigue siendo así) la combustión de combustibles fósiles para su funcionamiento. Los combustibles fósiles más utilizados, mencionados anteriormente, son el carbón, el petróleo y el gas natural. Dichos combustibles tienen la misma característica principal, su compuesto mayoritario es el carbono, con diferentes porcentajes y mezclas de diferentes compuestos en cada combustible fósil. Para la combustión se precisa de oxígeno, el cual es un gas componente de la atmósfera (21%). Las reacciones ocasionadas en la combustión de estos elementos se transforman en productos contaminantes como el dióxido y monóxido de carbono.

Como consecuencia del uso de estos combustibles fósiles comienza la alteración de la composición de la atmósfera por la quema de estos combustibles fósiles y generación de gases de efecto invernadero en la revolución industrial.

En 1896, Svante Arrhenius (científico sueco) proclamó por primera vez que los combustibles fósiles podrían dar lugar o acelerar el calentamiento de la tierra. Estableció una relación entre concentraciones de dióxido de carbono atmosférico y temperatura. También determinó que la medida de la temperatura superficial de la tierra era de 15 °C debido a la capacidad de absorción de la radiación infrarroja del vapor de agua y el dióxido de carbono. El científico, junto a Thomas Chamberlin, calculó que las actividades humanas podrían provocar el aumento de la temperatura mediante la adición de dióxido de carbono a la atmósfera, relacionado con los procesos de hielo y deshielo (grandes glaciaciones) en la tierra. No se verificó hasta 1987.

Después de este descubrimiento, se pensaba que las influencias de las acciones antrópicas del ser humano eran insignificantes comparadas con las de la fuerza de la naturaleza. El vapor de agua era considerado un gas invernadero de mayor influencia, esto simplemente se traduce en que era el gas más visible de todos.

En 1940, se alcanzaron desarrollos en las mediciones de radiaciones de onda larga mediante espectroscopia de infrarrojo. Se comprobó que el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera provoca una mayor absorción de radiación infrarroja, y que el vapor de agua absorbía diferentes radiaciones que el dióxido de carbono. Gilbert Plass en el año 1955, concluye que la captación de radiación infrarroja producida por el dióxido de carbono atmosférico provoca un calentamiento de la tierra.



Existía una teoría sobre los océanos y su captación de dióxido de carbono sin riesgo de calentamiento por adicción de radiación infrarroja. Pero en 1950 se concluyó que la vida del dióxido de carbono en la atmosfera era de 10 años y no se conocía el proceso de una molécula de dióxido de carbono disuelta en agua de mar. Y además, se demostró que los océanos no eran sumideros de dióxido de carbono atmosférico.

En 1960, Charles Keeling fue capaz de generar las curvas de concentración de dióxido de carbono atmosférico en la Antártida y Mauna Loa. Estas curvas señalan el calentamiento de la tierra, pero lo curioso es que muestran una disminución de las temperaturas entre los años 1940-1970, al mismo tiempo se produjo una investigación de sedimentos oceánicos donde se descubrió que han ocurrido 32 ciclos de calor-frio en los últimos 2.5 millones de años en lugar de 4 como se pensaba. En este punto comienza la alarma sobre una posible glaciación.

Finalmente, en 1980 la curva de la temperatura media anual global aumenta, aquí comienza la teoría sobre que el calentamiento global se está produciendo. Las ONG medioambientales (Organizaciones No Gubernamentales) revindican la necesidad de una protección global del medio ambiente para prevenir el calentamiento global del planeta. Es aquí donde la conciencia sobre el cambio climático se establece en las mentes de los seres humanos como una idea problemática y perjudicial para la vida, como Stephen Schneider predijo por primera vez en 1976.

En 1988, se reconoce la teoría del efecto invernadero y se establece el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) por el programa medioambiental de las Naciones Unidas y la Organización Mundial Meteorológica. El objetivo de esta organización es predecir el impacto de los gases de efecto invernadero teniendo en cuenta modelos previstos sobre el clima. El IPCC es el grupo pionero y más grande de la historia, realizando informes sobre el cambio climático en 1992 y 1996, y la versión más reciente en 2001.

Por ahora no existen demasiadas medidas referentes al cambio climático, esto es debido a la incertidumbre sobre esta teoría. Es difícil abordar y controlar este fenómeno porque se debe frenar a escala global, no de manera individual por los países, por eso se debe actuar de forma coordinada. Por esto surgió el Protocolo de Kyoto (mencionado y explicado anteriormente), aunque el cumplimiento de las medidas no se está llevando a cabo por la inviabilidad que supone modificar nuestra forma de vida. Muchos países que habían firmado el protocolo para comprometerse a reducir sus emisiones contaminantes las han aplazado. La reducción de emisiones es complicada en países desarrollados y más aún en aquellos países que están en vías de desarrollo.

En la Unión Europea la posibilidad de reducir emisiones de gases de efecto invernadero es una tarea complicada, principalmente porque el sistema de generación de energía mediante la combustión de combustibles fósiles no es posible reemplazarla en su totalidad por otras tecnologías, a corto plazo. Ante esto, la eficiencia energética es un objetivo claro en las economías desarrolladas preocupadas por el coste de la energía y el cambio climático. Los países miembros de la Unión Europea llevan realizando unas políticas que permitan un crecimiento sostenible basado en uso mayor de energías renovables, reducción de gases de efecto invernadero y un descenso del consumo de energía con la aportación de tecnología y métodos de consumo más eficientes.

Desde finales de siglo se viene definiendo un marco normativo a nivel europeo con vías directivas y en el estado miembro trasponiendo estas directivas, intentando regularlas de una forma más efectiva. A continuación, se desglosan las directivas y medidas tomadas por la Unión Europea y nuestro Estado Miembro a lo largo de la historia.



NORMATIVA EUROPEA

- **Directiva 2002/91/CE (VIGENTE)**

Relativa a la eficiencia energética de los edificios.

- **Directiva 2004/08/CE (DEROGADA)**

Relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y por la que se modifica la [Directiva 92/42/CEE](#).

- **Directiva 2006/32/CE (DEROGADA)**

Sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos y por la que se deroga la [Directiva 93/76/CEE](#).

- **Directiva 2009/125/CE (MODIFICADA EN PARTE)**

Por la que se instaure un marco para el abastecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.

- **Directiva 2010/30/CE (MODIFICADA EN PARTE)**

Relativa a la indicación del consumo de energía y otros recursos por parte de los productos relacionados con la energía, mediante el etiquetado y una información normalizada.

- **Directiva 2012/27/UE (VIGENTE)**

Del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética por la que se modifican las [Directivas 2009/125/CE](#) y [2010/30/UE](#), y por la que se derogan las [Directivas 2004/8/CE](#) y [2006/32/CE](#).

- **Consejo Europeo de Marzo 2007**

Se adopta el compromiso de transformar Europa en una economía eficiente energéticamente y baja en carbono marcándose los siguientes objetivos de cara al año 2020:

- 20% de reducción de gases de efecto invernadero por debajo de los niveles de 1990.
- 20% del consumo energético final de energías renovables.
- 20% de reducción de consumo en energía primaria comparado con los niveles tendenciales.

- **Consejo Europeo de Diciembre 2008 (paquete de energía y clima)**

En lo referente a la consecución de una reducción del 20% de emisión de gases invernadero lanzo las pautas para la [Directiva de 2009/29/CE](#).

En lo referente a alcanzar el nivel del 20% de consumo energético final de las energías renovables lanzo las pautas para la [Directiva de 2009/28/CE](#).



- **Consejo Europeo Febrero de 2011**

Se reconocía la dificultad de alcanzar los objetivos de eficiencia energética a pesar de los progresos conseguidos por los distintos Estados Miembros para dar cumplimiento a la [Directiva 2006/32/CE](#) y adopto su comunicación relativa a un plan de eficiencia energética 2001. Nació la necesidad de actualizar el marco legal de la Unión Europea en materia de eficiencia energética mediante una directo que persiga el objetivo general, llegar a 2020 con un ahorro del 20% en el consumo de energía primaria

NORMATIVA ESPAÑOLA

- **Decreto 35-65 de 1972.**

Establece las normas tecnológicas de la edificación (muy bien redactadas y que se han estado utilizando durante 40 años, a día de hoy se utilizan como documentos de consulta).

- **Primera norma constructiva de aislamientos NBE-CT-79.**

Norma básica de la edificación, condiciones térmicas en los edificios.

- **RD 314/2006 Código técnico de la edificación.**

- **RD 47/2007 (DEROGADA)**

Por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Transposición de las exigencias relativas a la certificación energética establecida en la [Directiva 2002/91/CE](#) para edificios de nueva construcción. Definición de procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética.

- **Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020-IDEA (VIGENTE)**

Plan desarrollado por el gobierno dando respuesta a los requerimientos del artículo 14 de la [Directiva 2006/32/CE](#) por el cual los estados miembros están obligados a elaborar planes de acción de ahorro y eficiencia energética. Este plan sucede al anterior que cubría el periodo 2008-2012.

- **RD 235/2013 (VIGENTE)**

Por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de los edificios. Se modifica el [RD 47/2013](#) incorporando las nuevas exigencias de la nueva

[Directiva 2010/31/UE](#) relativa a la eficiencia energética de los edificios ampliando su ámbito a todos los edificios incluidos los existentes.

El Real Decreto establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que debería incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia.



- **Proyecto de Real Decreto relativo a la eficiencia energética (PROCESO DE APROBACIÓN)**

En lo referente a auditorías energéticas, Acreditación de Proveedores de Servicios y Auditores Energéticos, Promoción de la Eficiencia Energética y Contabilización de Consumos Energéticos.

El objeto de este real decreto es el establecimiento de un marco normativo que desarrolle e impulse actuaciones en la mejora de la eficiencia energética de una organización, la promoción del ahorro energético y el evitar emisiones de gases de efecto invernadero. La finalidad del real decreto es la detección de las actuaciones a realizar dentro de los procesos de consumo energético que pueden contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida, así como a optimizar la demanda energética de la instalación, equipos o sistemas consumidores de energía, además de disponer de un número suficiente de profesionales competentes y fiables a fin de asegurar la aplicación efectiva de la citada [Directiva 2012/27/UE](#).

- **RD Ley 8/2014 (VIGENTE)**

Aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia.

CAPITULO IV: Medidas en materia de eficiencia energética:

- Creación de un sistema nacional de obligaciones de eficiencia energética.
- Reparto del objetivo ahorro anual.
- Cumplimiento de las obligaciones y Certificados de Ahorro Energético (CAE).
- Actuaciones según catalogo gestionado por el IDEA.
- Fondo Nacional de Eficiencia Energética.
- Organización, gestión y control del Fondo.
- Dotación económica del Fondo Nacional de Eficiencia Energética.

Sección 2ª: Otras medidas en materia de eficiencia:

- Seguro de responsabilidad civil de los proveedores de servicios energéticos

Sección 3ª: Régimen de infracciones y sanciones

Resumen y análisis del código técnico

HE0 Limitación del consumo energético

El uso racional de la energía necesaria en los edificios, se reducen límites energéticos a más eficientes y sostenibles. Una parte de este consumo debe de ser de fuentes de energía renovable, (por normativa en nuevos edificios) y este consumo se calcula en función de la zona climática. La calificación de este consumo energético debe ser como mínimo de clase b.



HE1 Limitación de la demanda energética

Los edificios tendrán una envolvente con unas características las cuales limiten la demanda energética necesaria para alcanzar un estado térmico óptimo en función de la zona climática de la localidad, según sea verano o invierno, así como por sus características de aislamiento, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, uso del edificio, para así reducir el riesgo de la aparición del fenómeno de la condensación el cual puede perjudicar sus características. Se debe tener especial cuidado con los puentes térmicos para reducir las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas.

HE2 Rendimiento de las instalaciones térmicas

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Las instalaciones de iluminación de los edificios tienen que ser adecuadas a las necesidades de sus usuarios y energéticamente óptimas las cuales poseen un sistema de control que permite ajustar la utilización en función de la ocupación real de la ocupación, también deberá tener un sistema de regulación para optimizar el uso o aprovechamiento de la luz natural en las zonas donde sea posible esta situación (con unas ciertas condiciones)

HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

En edificios que tengan una demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina, (establecidos en el CTE), una proporción de la demanda energética térmica se debe cubrir con la incorporación en los mismos de sistemas de almacenaje, captación y utilización de energía solar de baja temperatura, según a la radiación solar media de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio o de la piscina. Estos valores han de ser mínimos, sin perjudicar en los valores establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, en función de las características propias de su localización y ámbito territorial.

HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

En los edificios se instalarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para uso propio o para suministrar esa energía eléctrica a la red (edificios que se establecen en el CTE). Los valores deben ser mínimos, sin perjudicar a valores los cuales pueden ser más estrictos y son establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, en función de las características propias de su localización y ámbito territorial.



5. Descripción del estudio

El estudio de las diferentes soluciones térmicas de instalación para lograr un consumo energético casi nulo de una vivienda unifamiliar, se divide en tres partes fundamentales.

En primer lugar, el estudio se centra en la definición de los límites de los materiales, en cuanto aspectos constructivos, que conforman los cerramientos de la vivienda unifamiliar. Para llegar a obtener un consumo energético casi nulo.

Se definirán las capas que forman los cerramientos con sus respectivos espesores, conductividad, densidad, y su resistencia térmica, calculando el coeficiente de transmisión de calor global de dichas capas. Una vez definidas las capas de materiales, con la ayuda de la herramienta LIDER-Calener se obtiene el consumo energético con los cerramientos y materiales utilizados en la construcción de la vivienda de estudio, se establecerán unos límites en cuanto a las características técnicas de los materiales como la transmitancia térmica, conductividad térmica, resistencia térmica y el grosor de cada capa de material utilizado en la creación del cerramiento.

La viabilidad técnica y económica de los cerramientos y materiales de construcción se realizará una vez definido el cerramiento.

En segundo lugar, se valorará cada tecnología propuesta por separado o bien creando una mezcla de 2 o más tecnologías que trabajen conjuntamente en la vivienda unifamiliar. La metodología para analizar y valorar cada tecnología se basará en la utilización de hojas de cálculo programadas y la herramienta unificada LIDER-Calener para obtener la demanda térmica anual de la vivienda unifamiliar y la calificación energética de la vivienda con cada tecnología. Una vez conocida esta demanda de energía se dimensionará cada equipo de generación de calor y se aportarán datos procedentes de catálogos comerciales, aportando potencias, rendimientos, consumos y coste de instalación y producción.

En este punto, se valorarán aspectos técnicos, económicos y medioambientales, aunque estos últimos al ser todas las tecnologías limpias serán óptimos, (excepto la instalación convencional). La viabilidad de instalación depende de la zona climática en la que nos encontramos y del terreno que se precise para la construcción (en este caso el terreno y orientación sobre la que se apoya la vivienda unifamiliar es óptimo para la instalación de todas las tecnologías). Se comparará la calificación energética de cada instalación y los kg de CO₂ emitidos de cada una de ellas.

La Herramienta Unificada Lider-Calener (HULC) incluye la unificación en una sola plataforma de los anteriores programas generales oficiales empleados para la evaluación de la demanda energética y del consumo energético y de los Procedimientos Generales para la Certificación energética de Edificios (LIDER-CALENER), así como los cambios necesarios para la convergencia de la certificación energética con el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), ambos actualizados en el año 2013.

Esta herramienta informática permite la verificación de las exigencias 2.2.1 de la sección HE0, 2.2.1.1 y punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE. También permite la verificación del apartado 2.2.2 de la sección HE0 que debe verificarse, tal como establece el DB-HE, según el procedimiento básico para la certificación energética de edificios.

Por último, se estudiará la implantación de un muro Trombe en la fachada sur de la vivienda. Mediante un software de elementos finitos, ANSYS, se simulará el aporte energético que supone la instalación de este dispositivo pasivo de captación solar y por lo tanto la cantidad de energía que aportara para la climatización de la vivienda en invierno y en verano, ya que posee doble

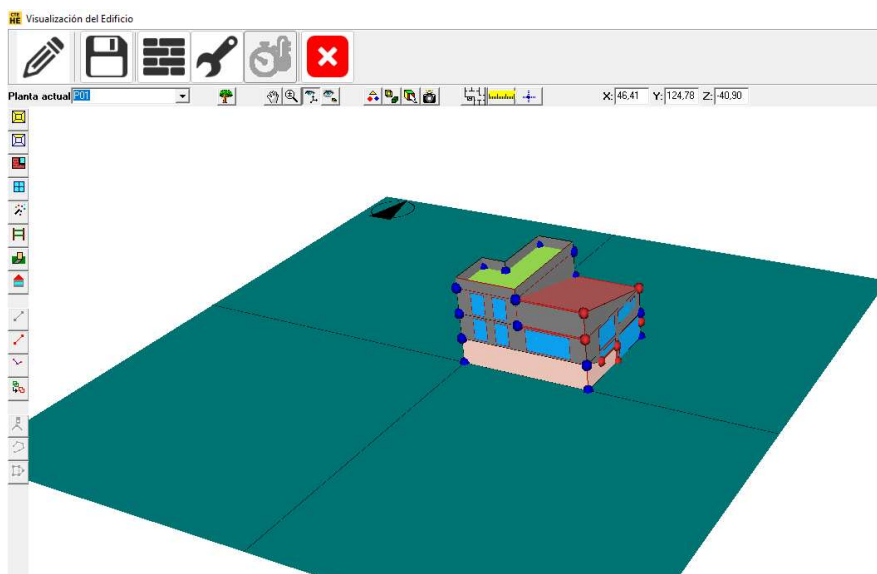


función. Al obtener energía limpia sin coste alguno se podrá acercar a un consumo energético casi nulo.

6. Estudio y análisis de las diferentes soluciones de climatización

6.1. Calculo de demanda térmica

La demanda térmica de la vivienda unifamiliar ha sido calculada por la herramienta informática LIDER-Calener. Para ello se define la vivienda con todos los aspectos relevantes para que el programa sea capaz de calcular la demanda energética de la vivienda unifamiliar. Ir al “anexo 1” donde se especifican los datos de los parámetros introducidos.



20. “Visualización de la vivienda definida en el software LIDER-Calener” Autor: Luis López Landa

Al introducir valores de espesores de las capas, la conductividad de cada material empleado, su densidad, su valor de calor específico y la resistencia térmica de los aislamientos empleados se obtiene el coeficiente de intercambio térmico global de cada cerramiento creado expresado W/m^2K . Con este valor el programa es capaz de calcular las pérdidas de calor que se producen a través de los mismos o los intercambios de energía ya sea entre espacios de la vivienda o entre el aire/terreno en contacto.

Dando como resultado una demanda térmica anual de **26.05 kWh/m²**. Se ha utilizado este valor para dimensionar los diferentes sistemas de generación de calor.

En primer lugar, se necesita obtener la potencia global de la vivienda necesaria por unidad de superficie, por lo que se necesita la superficie de cada habitación de la vivienda unifamiliar, definidas en los planos proporcionados en el “anexo 2”.

La temperatura de confort que se requiere en esos espacios se muestra en la siguiente tabla al igual que la demanda de potencia de cada estancia, variando entre valores de 80W-120W a criterio de necesidad de calor, según la funcionalidad de estas estancias:



1. "Tabla demanda térmica por estancia" Elaboración propia

PLANTA BAJA	Tª CONFORT	m²	W/m²	W
Cocina	19-20°C	23,4	80	1872
Dormitorio P	17-18°C	19,34	95	1837
Aseo	20°C	5,34	90	481
Estar				
comedor	20-21°C	43,27	110	4760
Vestibulo	20°C	12,2	90	1098
Vestidor	20-21°C	6,96	110	766
Baño	21-22°C	6,49	120	779
TOTAL		117 m²		11592 W

PLANTA PRIMERA	Tª CONFORT	m²	W/m²	W
Distribuidor	20°C	7,61	90	684,9
Dormitorio 2	17-18°C	16,07	95	1526,65
Dormitorio 1	17-18°C	16,50	95	1567,5
Baño 2	21-22°C	7,83	120	940
TOTAL		48 m²		4719 W

GENERAL
98,85W/m²

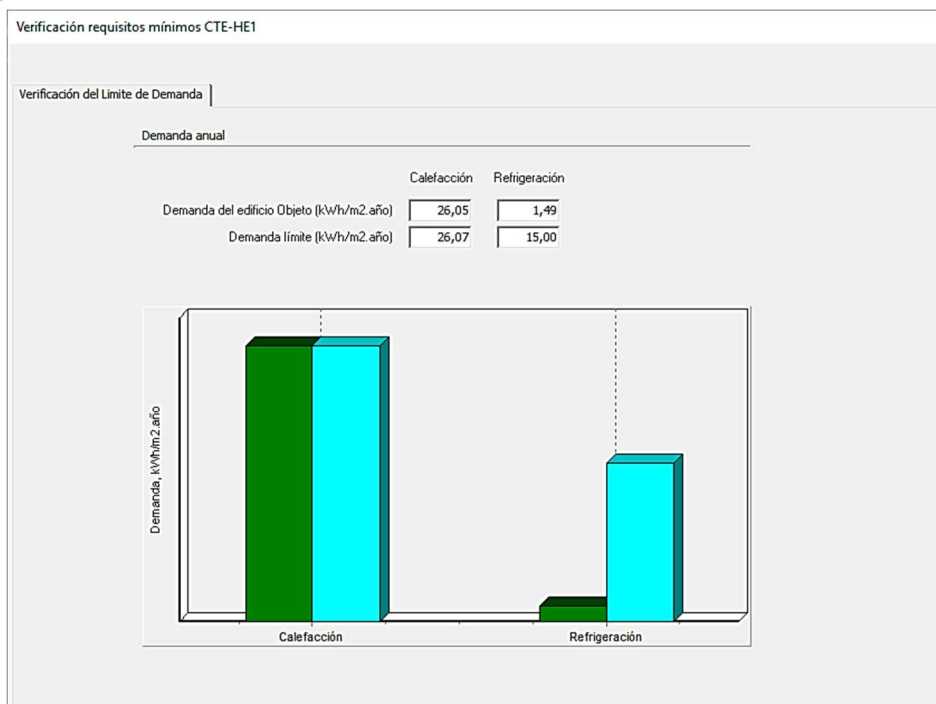
*demanda térmica de la vivienda
por unidad de superficie

El consumo de ACS por cada persona es de 30 litros/día expresados en la normativa. Se calcularía la demanda energética de ACS anual de los cinco ocupantes de la vivienda. Básicamente, se obtendría mediante el producto del número de ocupantes por los litros/ persona, 30 litros en este caso, por el número de días que forman un año, por 1 kcal/Kg °C por el incremento de la temperatura entre el agua de red y agua caliente sanitaria. Para obtener el valor de demanda energética en unidades del S.I se debe informar que la conversión 1 kWh son 860 Kcalh, dando como resultado:

2. "Tabla de demanda de producción de ACS" Elaboración propia

Demanda de producción de A.C.S.			
Consumo A.C.S. anual (litros)	54750 litros	Demanda energética A.C.S. (kWh)	2334 kWh

Los valores límites de calefacción se obtienen en la herramienta informática LIDER-Calener, obteniendo los siguientes resultados:



21. "Verificación de requisitos mínimos CTE-HE1" Elaboración propia

Los valores de **98.85 W/m²** y **26.05 kWh/m² año** obtenidos en la hoja de cálculo y en la herramienta informática LIDER-Calener son empleados para dimensionar la potencia de los equipos generadores de calor.

La demanda de energía térmica total, sería el consumo energético obtenido en la herramienta informática LIDER-Calener de 26.05 kWh/m² multiplicado por la superficie a calefactar de la vivienda con una superficie útil de 165m², más la suma de la energía necesaria para calentar el agua sanitaria para cubrir las necesidades básicas de la vivienda.

3. "Tabla demanda energética total" Elaboración propia

Demanda energética total	
Demanda energética total (kWh)	6633 kWh

Aplicando la cobertura solar térmica obligatoria según la región, en este caso en Cantabria aplico el 30% del ACS debe ser calentada a través de paneles térmicos solares, por lo tanto, la energía demandada desciende a:

4. "Tabla demanda energética total con aporte solar del 30% ACS" Elaboración propia

Demanda energética total con aporte solar 30%	
Demanda energética total (kWh)	5932 kWh

Una forma de conseguir un consumo energético casi nulo de la vivienda es aumentar el porcentaje de cobertura solar. Supone una mayor inversión en cuanto a equipos de captación solar térmica y un ahorro en el consumo de energía de la vivienda.



5. "Tabla demanda energética total con aporte solar del 100%" Elaboración propia

Demanda energética total con aporte solar 100%	
Demanda energética total (kWh)	4298 kWh

Una vez definida la demanda, se calcula el consumo anual de energía en función de la tecnología empleada. Previamente, se deben conocer los respectivos rendimientos térmicos en sistemas equipados con calderas de combustión, o bien, coeficiente de operatividad (COP) en sistemas equipados con bombas de calor.

6.2. Dimensionamiento de equipos generadores de calor

Para dimensionar los equipos generadores de calor se tiene en cuenta el modo de emisión del calor y el modo de funcionamiento de la instalación, es decir, si la emisión la realiza mediante elementos de radiador o suelo radiante y el modo de funcionamiento de la instalación que puede ser de arranque instantáneo o con acumuladores de calor.

Es muy importante la elección de estos dos parámetros porque afectan a la potencia de los equipos y aportan una serie de características al confort térmico de la vivienda.

6.2.1. Calefacción mediante radiadores

La calefacción mediante elementos de radiador es una instalación convencional, se trata de la instalación más utilizada en la actualidad.

Este tipo de sistema de calefacción se utiliza para calentar la vivienda en poco tiempo, por eso debe trabajar con temperaturas elevadas de 70°C. El agua caliente a esta temperatura pasa por los elementos de radiador, los cuales emiten el calor contenido en el agua. La superficie de estos elementos es limitada por lo tanto para llegar a la temperatura deseada en la vivienda, el agua con la que se debe trabajar posee una alta temperatura.

Se dimensiona los elementos de radiador en función de las necesidades térmicas de los espacios habitables de la vivienda y sus respectivas superficies. En la siguiente tabla se muestra el cálculo de los mismos:

6. "Tabla elementos de radiador" Elaboración propia

PLANTA BAJA	T ^a CONFORT	m ²	W/m ²	W	Radiador	UNE EN 442/40°C	Elementos de Radiador
Cocina	19-20°C	23,4	80	1872	600	89,2	21
Dormitorio P	17-18°C	19,34	95	1837	600	89,2	21
Aseo	20°C	5,34	90	481	600	89,2	3
Estar/comedor	20-21°C	43,27	110	4760	600	89,2	38
Vestibulo	20°C	12,2	90	1098	600	89,2	12
Vestidor	20-21°C	6,96	110	766	600	89,2	9
Baño	21-22°C	6,49	120	779	600	89,2	9
TOTAL		117 m²		11592 W			112

PLANTA PRIMERA	T ^a CONFORT	m ²	W/m ²	W	Radiador	UNE EN 442/40°C	Elementos de Radiador
Distribuidor	20°C	7,61	90	684,9	600	89,2	3
Dormitorio 2	17-18°C	16,07	95	1526,65	600	89,2	17
Dormitorio 1	17-18°C	16,50	95	1567,5	600	89,2	18
Baño 2	21-22°C	7,83	120	940	600	89,2	11
TOTAL		48 m²		4719 W			48



Se ha considerado las temperaturas de confort para cada espacio habitable según la función que desempeñan dentro a vivienda unifamiliar, se muestran las superficies de cada espacio de la vivienda tipo y se obtiene el calor necesario de cada estancia.

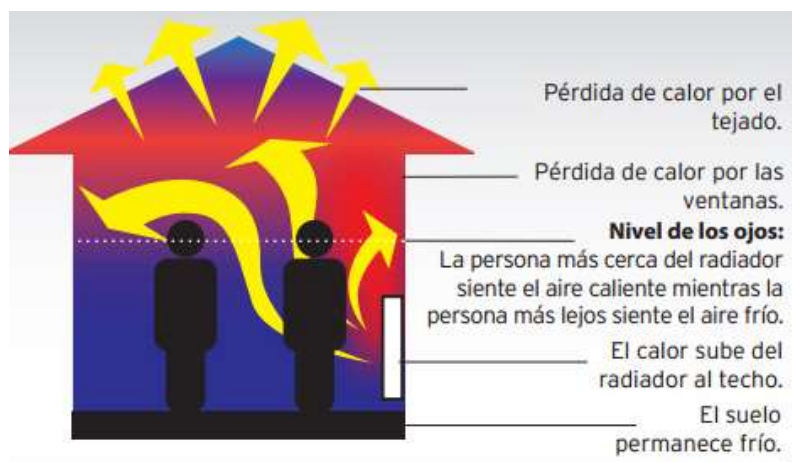
Se han utilizado radiadores de 600 mm con un salto térmico de 40 grados, como se establece en la normativa, y con estos valores obtengo el número de elementos de radiador que se deben instalar en cada estancia y el total en la vivienda, dando como resultado total 160 elementos de radiador.

Las ventajas de tener una instalación de emisión de calor mediante radiadores:

- Calientan la vivienda en poco tiempo.
- Poseen una temperatura estable.
- Se pueden programar.
- Se pueden desconectar al no necesitarse en una estancia.
- Son compatibles con generadores de calor que puedan aportar una alta temperatura.
- Es una instalación asequible económicamente.
- Tiene una larga vida útil.
- Instalación recomendable con bajo porcentaje de ocupación.

Las desventajas:

- Mala distribución de calor no dando el confort térmico óptimo, como se muestra en la siguiente imagen:



22. "Distribución del calor con radiadores" Fuente: lamiplast.com

- No es posible disminuir el consumo de la calefacción instalando equipos auxiliares como paneles solares térmicos para calentar el agua ya que estos no alcanzan altas temperaturas según la localización de la vivienda.
- Crean corrientes de aire poco agradables para los ocupantes favoreciendo el movimiento de polvo.



- No es una instalación eficiente.
- No son compatible con ciertos equipos generadores de calor que funcionan a baja temperatura como la aerotermia o geotermia.

Como conclusión de los radiadores, solo se deben instalar en viviendas donde el índice de ocupación sea mínimo y sean viviendas con espacios reducidos. Este sistema no hace posible la viabilidad de equipos de acumulación al tener que almacenar agua a alta temperatura, por lo tanto, se precisaría de elementos capaces de preservar dichas condiciones que encarecen la instalación. Necesitan equipos generadores de arranque instantáneo, lo que lleva a instalar equipos de mayor potencia, que se traduce en mayor coste de instalación.

6.2.2. Calefacción mediante suelo radiante

El suelo radiante es un sistema de calefacción que está formado por un serpentín de tuberías, las cuales están ubicadas bajo el suelo de la vivienda (este tipo de instalaciones también se pueden instalar en el techo o paredes de la vivienda).



23. "Serpentín de tuberías de un suelo radiante"
Fuente: leroymerlin.es

Las tuberías, que recorren toda la superficie habitable de la vivienda, transportan agua a una temperatura baja, entre 30°C-45°C. Es un sistema de calefacción compatible con cualquier equipo generador de calor y con equipos auxiliares como una instalación solar térmica.

La separación del serpentín de tuberías cambia según las necesidades de confort térmico de la estancia que recorre. Si se demanda mayor o menor calor, las tuberías deberán instalarse más cerca o más lejos unas de otras, respectivamente. La medida estándar de separación para baños/aseos son unos 8 cm entre tuberías y para el resto de estancias de una vivienda suele utilizarse 16/25 cm, empleando esta última distancia en la cocina.

Para la elección de esta distancia se tiene en cuenta también el tipo de material y el grosor que esconde las tuberías, ya que los circuitos deben diferenciarse entre las estancias considerando el empleo de materiales cerámicos para los suelos de baños y cocina y madera/parquet para el resto de la vivienda.

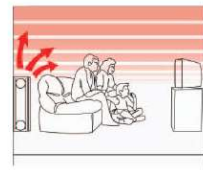
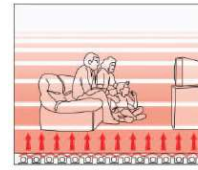
Este sistema de calefacción trabaja de forma continua muchas horas por lo que es útil y viable para viviendas con un alto índice de ocupación.

Las ventajas del sistema de calefacción mediante suelo radiante son las siguientes:

- Se consigue un mayor confort ya que la distribución de la temperatura del aire es más uniforme, notando el calor desde los pies y consiguiendo una temperatura óptima a la altura de la cabeza.



24. "Distribución del calor con suelo radiante"
Fuente: lamiplast.com



25. "Comparación de distribución suelo radiante/radiadores" Fuente: lamiplast.com

- La instalación del suelo radiante supone un ahorro de hasta casi el 20% en relación a un sistema de calefacción mediante radiadores convencionales. Ya que como se ha comentado anteriormente la temperatura de impulsión es muy baja.
- El suelo radiante es compatible con cualquier equipo generador de calor y equipos auxiliares.
- Este sistema puede funcionar con equipos de acumulación, lo cual supone una reducción de las potencias de los equipos generadores de calor.
- El suelo radiante puede tener doble función. Calentar o refrescar la vivienda si el equipo generador es una bomba de calor capaz de aportar calor y frío.
- Es un sistema más saludable ya que al no producirse corrientes de aire se reduce la circulación de polvo, no produce sequedad y la baja humedad evita la aparición de ácaros.
- No ocupa espacio de la vivienda y estéticamente mejora las estancias.

Los inconvenientes del suelo radiante se resumen en:

- Es difícil de instalar, por lo que se instala en viviendas de nueva construcción o viviendas donde se realice una rehabilitación integral.
- Se debe realizar una alta inversión inicial, ya que un sistema más caro que los convencionales.
- Su precio varía mucho según el empleo de materiales que conforman el suelo.

El dimensionamiento del suelo radiante se consigue a través de una hoja de cálculo programada. Los datos de entrada, al igual que la emisión de calor mediante radiadores, son las superficies de cada una de las estancias de la vivienda y la demanda térmica que precisan estas estancias. Por lo tanto, se obtiene la potencia necesaria para conseguir el confort térmico óptimo de cada estancia.

Los valores de la columna RA muestran la distancia entre tubos de cada una de las estancias, siendo las medidas 8, 16, 25 y 33 cm. La siguiente tabla muestra los requisitos de las diferentes separaciones entre tubos, especificando los metros lineales por unidad de superficie y la superficie máxima por circuito:



7. "Tabla especificaciones suelo radiante" Fuente: método de cálculo suelo radiante

Distancia entre tubos RA (cm)	RA8	RA16	RA25	RA33
Necesidades de tubo (metros lineales por m ²)	11	6	4,25	3
Superficie máxima por circuito	11	20	28	40

8. "Tabla dimensionamiento de suelo radiante" Elaboración propia

PLANTA BAJA	Superficie (m ²)	W/m ²	W	RA (cm)	L(m)
Cocina	23,4	80	1872	25	94 m
Dormitorio	19,34	95	1837	16	121 m
Aseo	5,34	105	561	16	33 m
Comedor	43,27	90	3894	16	270 m
Vestibulo	12,2	90	1098	16	76 m
Vestidor	6,96	90	626	16	44 m
Baño	6,49	105	681	16	41 m
TOTAL	117 m²		10570 W		679 m

PLANTA PRIMERA	m ²	W/m ²	W	RA (cm)	L(m)
Distribuidor	7,61	90	684,9	16	48 m
Dormitorio	16,07	95	1526,65	16	100 m
Dormitorio	16,50	95	1567,5	16	103 m
Baño 2	7,83	105	822	8	98 m
TOTAL	48 m²		4601 W		349 m

Para calcular la longitud de los tubos, "L(m)", se utiliza la superficie de la estancia y se divide por la separación "RA" escogida en cada estancia obteniendo unos metros en el circuito de ida de 1028m.

A continuación, se especifica el tipo de pavimento de cada una de las estancias, la distancia al colector el cual está situado en la planta sótano de la vivienda, (Para precisar de más información ir al "Anexo 2: Planos de vivienda unifamiliar"), la temperatura media del suelo es obtenida por el método Polytherm, en el cual, se utilizan unas tablas acotadas según la necesidad térmica, la temperatura de impulsión y las distancias entre tubos empleadas.

Para la elección de la temperatura del colector se efectúa el siguiente procedimiento:

- Se parte del calor específico de la estancia y la distancia entre tubos escogida.
- Según el tipo de pavimento en la tabla se comprueba la distancia entre tubos recomendada y la superficie máxima por circuito que permite esta medida.
- Para escoger la temperatura del colector se debe ir a la estancia donde más calor se demande y escoger la temperatura óptima. Se ha obtenido una temperatura de 45 °C en el colector.
- Una vez obtenida, se calcula el número de circuitos necesarios por estancia, se precisan 3 para el comedor y dos para los dormitorios.



9. "Tabla método Polytherm" Fuente: método calculo suelo radiante

Calor Especifico q (W/m²)		35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170								
Temperatura media en superficie de suelo		23	24	25			26	27	28			29	30	31	32			33	34	35																	
Temperatura de entrada 40°C en colectores Temperatura ambiente 20 °C	$R_{Lk} = 0,01 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Cerámico / Píedras derivados	33	33	33	33	25	25	25	16	16	16	16	8	8	8	8	8	8																		RA Recom. m² max.	
	$R_{Lk} = 0,05 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Madera fina y linóleo	40,0	35,0	30,0	25,0	20,0	20,0	20,0	16,0	20,0	17,0	13,0	11,0	10,0	10,0	9,0	8,0	7,0	5,5																	RA Recom. m² max.	
	$R_{Lk} = 0,10 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Madera espesor medio y moquetas finas	33	33	25	25	25	25	16	16	16	8	8	8																							RA Recom. m² max.	
	$R_{Lk} = 0,15 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Maderas gruesas y moquetas	40,0	20,0	22,0	20,0	16,0	11,0	9,0	7,0																												RA Recom. m² max.
Temperatura de entrada 45°C en colectores Temperatura ambiente 20 °C	$R_{Lk} = 0,01 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Cerámico / Píedras derivados			33	33	33	33	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	RA Recom. m² max.	
	$R_{Lk} = 0,05 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Madera fina y linóleo	33	33	33	25	25	25	25	16	16	16	16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	RA Recom. m² max.	
	$R_{Lk} = 0,10 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Madera espesor medio y moquetas finas	40,0	35,0	30,0	28,0	26,0	24,0	22,0	18,0	20,0	19,0	17,0	13,0	9,0	9,0	8,0	7,0	6,0	5,5																		RA Recom. m² max.
	$R_{Lk} = 0,15 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Maderas gruesas y moquetas	33	33	25	25	25	25	16	16	16	16	8	8	8																							RA Recom. m² max.
Temperatura de entrada 50°C en colectores Temperatura ambiente 20 °C	$R_{Lk} = 0,01 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Cerámico / Píedras derivados					33	33	33	25	25	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	RA Recom. m² max.	
	$R_{Lk} = 0,05 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Madera fina y linóleo			33	33	33	33	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	RA Recom. m² max.
	$R_{Lk} = 0,10 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Madera espesor medio y moquetas finas			33	33	33	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	m² max.
	$R_{Lk} = 0,15 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Maderas gruesas y moquetas	40,0	35,0	30,0	28,0	26,0	22,0	18,0	20,0	17,0	14,0	10,0	10,0	9,0	8,0	7,5	7,0																				m² max.
Temperatura de entrada 55°C en colectores Temperatura ambiente 20 °C	$R_{Lk} = 0,01 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Cerámico / Píedras derivados							33	33	25	25	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	RA Recom. m² max.	
	$R_{Lk} = 0,05 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Madera fina y linóleo					33	33	33	25	25	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	RA Recom. m² max.
	$R_{Lk} = 0,10 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Madera espesor medio y moquetas finas					33	33	33	25	25	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m² max.
	$R_{Lk} = 0,15 \text{ m}^2/\text{K} \cdot \text{W}$ Maderas gruesas y moquetas	40,0	30,0	36,0	34,0	32,0	28,0	26,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	m² max.

10. "Tabla dimensionado suelo radiante" Elaboración propia

PLANTA BAJA	Superficie (m ²)	Pavimento	Dist. Colector	T ^a Media suelo	T ^a colectores	Nº Circuitos
Cocina	23,4	Cerámica	2 m	27 °C	45 °C	1
Dormitorio	19,34	Parquet	3 m	28 °C	45 °C	1
Aseo	5,34	Cerámica	2 m	28 °C	45 °C	1
Estar comedor	43,27	Parquet	4 m	28 °C	45 °C	3
Vestibulo	12,2	Cerámica	3 m	28 °C	45 °C	1
Vestidor	6,96	Parquet	3 m	28 °C	45 °C	1
Baño	6,49	Cerámica	3 m	29 °C	45 °C	1
TOTAL	117 m²					



PLANTA PRIMERA	m ²	Pavimento	Dist. Colector	T ^a Media suelo	T ^a colectores	Nº Circuitos
Distribuidor	7,61	Parquet	6 m	28 °C	45 °C	1
Dormitorio	16,07	Parquet	8 m	28 °C	45 °C	2
Dormitorio	16,50	Parquet	8 m	28 °C	45 °C	2
Baño 2	7,83	Cerámica	6 m	29 °C	45 °C	1
TOTAL	48 m²					

Una vez definido el número de circuitos se calcula los metros lineales necesarios en la instalación teniendo en cuenta los metros de tuberías necesarios para retornar el agua al depósito, la potencia térmica y el caudal necesario en el circuito:

11. "Tabla dimensionado suelo radiante" *Elaboración propia*

PLANTA BAJA	Superficie (m ²)	Metros Lineales	Potencia térmica (kcal/h)	Q (l/h)	
Cocina	23,4	187 m	1609,63	107 l/h	x3
Dormitorio	19,34	242 m	1579,79	105 l/h	
Aseo	5,34	67 m	482,12	32 l/h	
Estar comedor	43,27	541 m	1116,17	74 l/h	
Vestibulo	12,2	153 m	944,11	63 l/h	
Vestidor	6,96	87 m	538,61	36 l/h	
Baño	6,49	81 m	585,94	39 l/h	
TOTAL	117 m²	1357 m		606 l/h	

PLANTA PRIMERA	m ²	Metros Lineales	Potencia térmica (kcal/h)	Q (l/h)	
Distribuidor	7,61	95 m	588,91	39 l/h	x2
Dormitorio 2	16,07	201 m	656,34	44 l/h	
Dormitorio 1	16,50	206 m	673,90	45 l/h	x2
Baño 2	7,83	196 m	706,92	47 l/h	
TOTAL	48 m²	698 m		264 l/h	

La potencia térmica en unidades de "kcal/h" se precisa para la obtención del caudal en "l/h" necesaria para dimensionar la instalación. Para ello se utiliza la siguiente expresión tomando como la diferencia de temperaturas de 10°C.



$$M = \frac{Q_t}{c_p \cdot (t_e - t_s)}$$

Siendo:

M : Caudal en l/h

Q_t : Potencia total en kcal/h (1kcal/h = 1,163 w)

C_p : Calor específico del agua.

t_e : Temperatura del agua en la entrada.

t_s : Temperatura del agua en la salida.

26. "Fórmula para cálculo de caudal" Fuente: método calculo suelo radiante

Se obtiene un caudal total de 870 l/h necesarios para calefactar la vivienda. Este valor es muy útil para dimensionar los depósitos de acumulación de la vivienda y los paneles solares térmicos a instalar. Para obtener el volumen de los depósitos de acumulación también se deberá tener en cuenta los litros necesarios de ACS en la vivienda.

6.2.3. Equipos instantáneos

Cubren la demanda térmica de la vivienda al instante. Para ello se necesitará instalar sistemas generadores de calor con una potencia elevada.

Se dispone de 165 m² de superficie habitable de la vivienda a estudio, con 5 personas habitando dicha vivienda con un índice de ocupación del 100%. La demanda de calefacción se ha aproximado a **100 W/m²**, por lo tanto, la potencia de calefacción total obtenida es de 16.5 kW y la potencia del generador a instalar se sobre dimensiona un 20% para cubrir transcurros de tiempo donde se precise mayor demanda de energía, incrementando la potencia hasta los **20 kW**.

12. "Tabla de datos generales para comparativa de costes" Elaboración propia

COMPARATIVA COSTES OPERATIVOS ENTRE DISTINTOS TIPOS DE GENERACION DE CALOR			
DATOS GENERALES			
Tipo de edificación a estudio	Vivienda Unifamiliar		
Situación de la edificación	Nueva edificación (Aislamiento CTE-DBHE)		
Superficie a calefactar (m ²)	165,00 m ²	Numero ocupantes de la edificación	5 personas
Demanda de calefacción (W/m ²)	100,00 W/m ²	Consumo de ACS por persona a 60° (l/día)	30,00 l/día
		Ocupación media de la vivienda (%)	100,00%
Potencia de calefacción total (kW)	16,50 kW		
Potencia generador a instalar (kW)	19,80 kW	Temperatura media del agua de red (°C)	12,00 °C

Todas las tecnologías o mix de tecnologías deberán sumar en cómputo final los 20 kW, para cubrir las demandas energéticas de la vivienda unifamiliar. Estos equipos de arranque instantáneo trabajan a elevada temperatura, aunque se podrá utilizar tecnologías que trabajen a baja temperatura ya que son compatibles, pero funcionaran como equipos auxiliares y no como principales generadores de calor.

Estos equipos pueden funcionar tanto con radiadores como con suelo radiante, el inconveniente es que el suelo radiante tiene que trabajar a baja temperatura, las calderas se deberán autorregular para disminuir su temperatura de funcionamiento. Son muy eficientes trabajando a baja temperatura, pero estos equipos de arranque instantáneo quedan infrutilizados con estos sistemas ya que nunca se precisarán que trabajen a pleno rendimiento.



El precio de estos equipos con potencias elevadas es alto, podemos disminuir el precio de instalación y costes de operatividad con equipos de acumulación.

El precio de equipos disminuye al disminuir su potencia, es cierto que se debe sumar el precio de los acumuladores de calor y el ahorro entre una opción y otra no se ve gran diferencia, pero en el coste de operatividad si se vería reflejado y resultaría rentable. Esto es porque podemos trabajar en horas valle con contratos de discriminación horario con las suministradoras eléctricas. Es decir, por la noche con la bomba geotérmica podríamos calentar el agua del depósito de acumulación para el día siguiente y así reducir nuestro coste de operatividad ya que en horas punta el precio de la electricidad es más elevado.

6.2.4. Equipos de acumulación

En toda instalación de climatización o de producción de agua caliente sanitaria, cuando la oferta no se corresponda en el tiempo con la demanda, es decir cuando no disponemos de un sistema de producción instantáneo, es necesario incorporar un sistema de acumulación. Generalmente los sistemas de generación de calor instantáneos se realizan a altas temperaturas, que son menos eficientes que los sistemas a baja temperatura, que al tener menos pérdidas de calor son más eficientes. Así, por ejemplo, en la generación de agua caliente con paneles solares al ser un sistema a baja temperatura, se hace necesario la acumulación de la energía captada por el sol para su posterior utilización.

Acumuladores de agua en sistemas de generación de calor a alta temperatura:

Si hubiera que producir agua caliente sanitaria cada una de las numerosas veces que se demande, los equipos generadores de calor o calderas, estarían sometidos a un gran número de maniobras que causarían su envejecimiento prematuro, como sucede en las calderas de biomasa. Por ello conviene tener lo que se denomina acumuladores de inercia, de modo que la producción se realice a intervalos más largos y menos frecuentes. De esta forma se pueden instalar calderas de potencia más reducida que la necesaria para calentar instantáneamente la demanda en las horas punta. Para viviendas unifamiliares las capacidades de estos acumuladores están entre 50 y 300 litros.

Acumuladores de agua en sistemas de generación de calor a baja temperatura:

Si optamos por la generación de calor a baja temperatura buscando la eficiencia energética del sistema, nos encontramos con sistemas como los paneles solares térmicos, geotermia y aerotermia, en los que se hace necesario contar con un sistema de acumulación.

Acumuladores solares:

En un sistema de paneles solares hay épocas del año en los que, dependiendo del rendimiento de los paneles solares, las pérdidas de calor en los paneles, son tan grandes que la temperatura del agua obtenida es muy pequeña, llegando incluso a superar las ganancias producidas por el sol. Por este motivo es necesario contar con un sistema de generación de calor de apoyo, para llegar a la temperatura de consumo, pero se sigue consiguiendo un ahorro de energía, si se cuenta con el precalentamiento del agua de consumo, producido por los paneles y almacenado en el acumulador.

TIPOS DE ACUMULADORES DE ACS

En cuanto a materiales, los acumuladores pueden ser de acero galvanizado, acero inoxidable, aluminio o fibra de vidrio reforzada. La forma suele ser cilíndrica por su facilidad de construcción y la posición vertical para favorecer la estratificación del agua en su interior, es decir el agua caliente de menor densidad que la fría tiende a ocupar la parte superior del tanque, mientras que el agua fría de mayor densidad, ocupa la parte inferior.



Acumuladores sin intercambiador de calor:

Los acumuladores más sencillos son aquellos que almacenan el agua caliente y contienen en su interior el sistema de generación de calor, generalmente una resistencia que se enchufa a la corriente eléctrica para su funcionamiento y son los llamados termos eléctricos. También existen acumuladores solares de este tipo, pero tienen el inconveniente de hacer pasar el agua de consumo por el propio panel.

Acumuladores de serpentín:

Cuando el generador de calor se encuentra fuera del acumulador, es necesario disponer de un intercambiador de calor, en este caso en forma helicoidal, para transmitir el calor desde el hogar de la caldera, paneles solares o sistema elegido, hasta el acumulador. La ventaja de independizar el circuito calefactor, del agua de consumo, aparte de ser una medida de higiene, es poder añadir sustancias como el anticongelante en el circuito de paneles solares.

Acumuladores de doble envolvente:

Estos acumuladores aumentan el rendimiento de intercambio de calor al contener el circuito primario, el que pasa por el generador de calor, al circuito secundario, el de consumo, produciéndose el intercambio a través de la superficie en contacto con el fluido acumulado. En este tipo de acumuladores el volumen máximo se limita a 750 litros, más que suficientes para una vivienda unifamiliar.

Acumuladores de doble serpentín:

Este tipo de acumuladores se utilizan principalmente cuando además de proporcionar agua caliente sanitaria se quiere utilizar la energía acumulada para una instalación de calefacción a baja temperatura como un suelo radiante. El primer serpentín sería el que proporciona el calor situándose en la parte inferior del acumulador y el segundo serpentín aprovecha el calor acumulado para el circuito de calefacción y se sitúa en la parte superior del acumulador.

Acumuladores estratificados:

Aprovechando la capacidad del agua para estratificarse en multitud de capas de distinta temperatura, surgen un tipo de acumuladores que pueden tener multitud de entradas de energía como paneles solares, calderas u otros generadores de calor, y multitud de salidas de energía como agua caliente sanitaria, calefacción o calentamiento de piscinas, de forma tal que priorizando siempre la utilización de la energía solar, puedan dar solución a todas las demandas de una vivienda unifamiliar, distinguiendo por la temperatura de utilización de cada sistema, la altura a la que incorpora o extrae la energía del acumulador. Estos acumuladores tienen independizado el circuito de agua caliente para evitar problemas con la legionella.

DIMENSIONADO DEL DEPOSITO DE ACUMULACIÓN

Para escoger el volumen del depósito de acumulación se calcula la demanda de caudal instantáneo producido en la vivienda a estudio. Es el equipo de mayor importancia de la instalación ya que posibilita la reducción de las potencias de los equipos generadores de calor, aumentando la eficiencia energética y reduciendo costes de equipos y costes de consumo de energía. Dimensionar de forma óptima estos depósitos es clave para asegurar el confort térmico de la vivienda, ya que al utilizar equipos de bajas potencias el tiempo de calentamiento de agua se incrementa.

Al utilizar depósitos de acumulación y equipos emisores de calor, como el suelo radiante, compatibles con este modo de funcionamiento se reduce la potencia de los equipos generadores de calor hasta el 50 % como se muestra a continuación en la siguiente tabla:



COMPARATIVA COSTES OPERATIVOS ENTRE DISTINTOS TIPOS DE GENERACION DE CALOR			
DATOS GENERALES			
Tipo de edificación a estudio	Vivienda Unifamiliar		
Situación de la edificación	Nueva edificación (Aislamiento CTE-DBHE)		
Superficie a calefactar (m2)	165,00 m2	Numero ocupantes de la edificación	5 personas
Demanda de calefacción (W/m2)	48,00 W/m2	Consumo de ACS por persona a 60° (l/día)	30,00 l/día
Potencia de calefacción total (kW)	7,92 kW	Ocupación media de la vivienda (%)	100,00%
Potencia generador a instalar (kW)	9,50 kW	Temperatura media del agua de red (°C)	12,00 °C

A continuación, se muestra la tabla de cálculo de los caudales instantáneos demandados por los aparatos de la vivienda a estudio los cuales se utilizan para dimensionar los equipos de acumulación de agua caliente de la vivienda:

13. "Tabla de caudales instantáneos demandados" Elaboración propia

CALCULO DE LOS CAUDALES INSTANTÁNEOS DE LOS APARATOS (l/s)						
ZONAS		Agua de red			ACS	
		Aparatos	Unitario	Total	Aparatos	Unitario
Cocina	Fregadero	1	0,2	0,2	1	0,1
	Lavadora	1	0,2	0,2	1	0,15
	Lavavajillas	1	0,15	0,15	1	0,1
	Total cocina	3	-	0,55	3	-
Baño x2	Bañera >1,40m	1	0,3	0,3	1	0,2
	Lavabo	1	0,1	0,1	1	0,065
	Bidé	1	0,1	0,1	1	0,065
	Inodoro con cisterna	1	0,1	0,1	1	-
	Total baño	8	-	1,2	8	-
Aseo	Ducha	1	0,2	0,2	1	0,1
	Lavabo	1	0,1	0,1	1	0,065
	Inodoro con cisterna	1	0,1	0,1	1	-
	Total aseo	3	-	0,4	3	-
Total vivienda		14	-	2,15	14	-

Para el cálculo de este valor se han enumerado los diferentes aparatos instalados en la vivienda que consumen agua de red y ACS. El consumo, en l/s, de cada uno de ellos se ha considerado por analogía y según la utilidad de los mismos. El caudal instantáneo obtenido en un segundo son 1,175 litros.

Este dato sirve para dimensionar el volumen necesario para cubrir la demanda de ACS de la vivienda. El valor de 1,175 litros/segundo se demanda cuando todos los aparatos están funcionando.

CAUDAL DE SIMULTANEIDAD

En la práctica, una instalación de agua sanitaria tiene un breve tiempo de funcionamiento de cada grifo; además no todos los grifos están abiertos al mismo tiempo. De esta forma el caudal instalado se reduce a un caudal de simultaneidad a través de un coeficiente de simultaneidad.

Coeficiente de simultaneidad según el número de aparatos:

$$K_v = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

donde "n" es el número de aparatos instalados en la vivienda.

0,28	*Coeficiente simultaneidad
0,33	*Caudal simultaneidad



Por lo tanto, el volumen necesario del depósito de acumulación se obtiene mediante el producto del tiempo de funcionamiento de los aparatos (en segundos) y el caudal instantáneo que demandan, siendo este valor unos 300 litros de acumulación de ACS y calefacción mediante suelo radiante.

Como se ha comentado anteriormente, al instalar equipos de acumulación se reducen las potencias de los equipos generadores de calor. Esta reducción de potencias varía según la tecnología empleada generadora de calor. Los equipos de acumulación son compatibles con cualquier tecnología, pero la eficiencia que presentan cambia según sea la temperatura de trabajo. La potencia de los equipos generadores de calor se reduce alrededor de un 50%, al estar equipados con depósitos de acumulación. Conseguimos con ello, reducir los costes de equipos de mayor potencia y los costes de operación de los mismos, ya que se podrían programar, en equipos que funcionan con energía eléctrica para trabajar en horas valle, reduciendo así el coste de operación.

6.3. Cálculo de rendimientos y coeficientes de operatividad

i. Rendimiento térmico de las calderas de combustión

Se pueden obtener fácilmente en los catálogos de los fabricantes al escoger el modelo y la potencia necesaria en los equipos a instalar. En el caso de la caldera de biomasa encontramos rendimientos superiores a 0.9, consiguiendo 0.93. En las calderas que calientan el agua con gas natural o gas propano los rendimientos llegan a 0.9, y quedando en una categoría poco eficientes están las calderas de gasóleo con un 0.88 de rendimiento.

ii. Coeficientes de operatividad en bombas de calor

Se debe calcular el Coeficiente de rendimiento estacional que dan las bombas de calor, ya que el facilitado por el fabricante es el nominal y no expresa los factores de ponderación (FP) y corrección (FC). Los valores de los factores son obtenidos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Por lo tanto, se debe escoger el factor de ponderación (FP) para la calefacción y/o agua caliente sanitaria ACS con bombas de calor en función de las fuentes energéticas según la zona climática. En nuestro caso la zona climática sería la zona C.

En el documento elaborado por el IDEA encontramos los procedimientos y explicaciones a seguir para el cálculo de los rendimientos de las bombas de calor, así como los valores mínimos de COP para que las bombas de calor sean consideradas renovables.

En la Directiva 2009/28/CE se reconoce como energía renovable, en determinadas condiciones, la energía capturada por bombas de calor, según se dice en su artículo 5 y se define en el Anexo VII: Balance energético de las bombas de calor.

Las bombas de calor que podrán considerarse como renovables son aquellas en las que la producción final de energía supere de forma significativa el insumo de energía primaria necesaria para impulsar la bomba de calor.

Posteriormente, la Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 (2013/114/UE) establece el parámetro η con el valor del 45,5 %, por lo que las bombas de calor accionadas eléctricamente deben de considerarse como renovables siempre que su SPF sea superior a 2,5.



Dicha decisión establece que la determinación del SPF de las bombas de calor accionadas eléctricamente debe efectuarse de acuerdo con la norma EN 14825:2012 (el SPF se refiere al SCOPnet)³.

El documento pretende establecer una metodología que, utilizada por defecto a falta de una mejor información, podrá considerarse como suficiente para que determinadas bombas de calor accionadas eléctricamente puedan ser consideradas como bombas de calor renovables.

La aplicación de esta metodología propuesta no pretende excluir u obviar la posibilidad de que cualquier fabricante de equipos pueda determinar el SPF de sus equipos mediante la aplicación de la norma EN 14825:2012, sino que más bien pretende todo lo contrario, animar a que estos agentes realicen los cálculos necesarios para su determinación conforme a la mencionada norma tal y como se dice en las directrices. Si bien, se considera que la justificación documental que aporte el cálculo del SPF debe ser avalada mediante la declaración de conformidad CE realizada por el fabricante, y su etiquetado energético, según regula el R.I.T.E.4 y el resto de la normativa vigente.

$$\text{SPF} = \text{COP nominal} \times \text{FP} \times \text{FC}$$

El factor de ponderación tiene en cuenta las diferentes zonas climáticas de España que marca el CTE y se ha calculado mediante una metodología exclusivamente técnica, utilizando valores objetivos y los Documentos Reconocidos existentes.

El factor de corrección tiene en cuenta la diferencia entre la temperatura de distribución o uso y la temperatura para la cual se ha obtenido el COP en el ensayo.

El rendimiento medio estacional obtenido mediante la aplicación de estos factores se ha de considerar por defecto en caso de no disponer de datos de rendimiento determinados y justificados mediante la norma correspondiente.

Se ha partido del documento reconocido de la Calificación Energética “Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor en edificios de viviendas”, en el que se determinan los factores FP y FC ampliando su alcance a todo tipo de edificios, simplificando las distintas tipologías, estableciendo el uso del FC aplicable únicamente a las bombas de calor geotérmicas al resto de tecnologías (aeroterminia e hidrotermia) y adaptándolo a la finalidad explicada anteriormente.

En cuanto al procedimiento a seguir se considera que las prestaciones medias estacionales de un equipo o sistema (SPF) se calcularán multiplicando sus prestaciones nominales (COP) por un factor denominado factor de ponderación representativo (FP) y por un factor de corrección (FC) para las distintas tecnologías y aplicaciones de las bombas de calor accionadas eléctricamente. El documento reconocido de la Calificación Energética “Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor en edificios de viviendas” determina los valores del FP y del FC, eligiendo de la muestra de casos estudiados el valor que se corresponde con el 15% de los casos más desfavorables. El percentil elegido hace que haya una probabilidad del 85% de que el factor real sea mejor que el valor considerado, por lo que se trata de valores que se encuentran del lado de la seguridad, muy conservadores, no de valores medios.

Así tenemos el valor de FP:



14. "Tabla de factores de ponderación para sistemas de calefacción por bombas de calor" Fuente: IDAE

	Zona Climática				
	A	B	C	D	E
Equipos centralizados (viviendas unifamiliares)	0.79	0.71		0.68	
Equipos centralizados (viviendas en bloque)	0.79	0.75		0.68	
Equipos individuales tipo split (viviendas individuales y viviendas en bloque)	0.60	0.62		0.58	
Bombas de calor geotérmicas con intercambiadores verticales (viviendas unifamiliares)	1.127	1.125	1.073	1.012	0.951
Bombas de calor geotérmicas con intercambiadores verticales (viviendas en bloque)	1.131	1.116	1.072	1.008	0.937
Bombas de calor geotérmicas con intercambiadores horizontales (viviendas unifamiliares)	0.949	0.920	0.876	0.824	0.766

Y el valor de FC (solo para geotermia), según la temperatura de distribución:

15. "Factores de corrección para bombas de calor" Fuente: IDAE

Tª de distribución calefacción (°C)	Factor de corrección
35	1
40	0.868
45	0.765
50	0.677
55	0.606

16. "Tabla de factores de ponderación (FP) para sistemas de calefacción y/o ACS con bombas de calor en función de las fuentes energéticas, según la zona climática" Fuente: IDAE

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

De igual manera, se escoge el factor de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP.



17. "Tabla de factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP" Fuente: IDAE

Factor de Corrección (FC)						
T ^º de condensación (°C)	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

En mi estudio, los equipos de aerotermia son centralizados en la vivienda unifamiliar y los equipos geotérmicos poseen circuito cerrado con intercambiadores verticales. El SPF de las bombas de calor geotérmica es más elevado que en las bombas de calor de aerotermia principalmente por la variación de la energía existente en el aire, es difícil de predecir y estimar, en cambio, en el subsuelo la temperatura no presenta variaciones con un correcto uso del recurso térmico.

18. "Tabla de los COPS corregidos y los factores empleados" Elaboración propia

	COPnominal	FP	FC	SPF
Aerotermia	3,20	0,97	0,87	2,70
Geotermia	4,30	1,18	0,87	4,41

6.4. Calculo de consumo energético de las diferentes tecnologías

Los siguientes valores de consumo anual de energía, obtenidos con la hoja de cálculo, han sido comprobados por la herramienta informática LIDER-Calener, cambiando en cada caso el equipo de generación de calor como se muestra más adelante.

Los datos del consumo anual de energía obtenidos en la hoja de cálculo se representan a continuación:

19. "Tabla de rendimientos y consumos según el tipo de tecnología generadora de calor" Elaboración propia

		SISTEMA CONVENCIONAL				GEOTERMIA	AEROTERMIA
		BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL		
Rendimiento/COP generador		0,93	0,90	0,90	0,88	4,41	2,70
Demanda anual de energía		4298 kWh	4298 kWh	4298 kWh	4298 kWh	4298 kWh	4298 kWh
Consumo anual de energía		4622 kWh	4776 kWh	4776 kWh	4884 kWh	974 kWh	1592 kWh

Mediante los rendimientos y los COPS, calculados previamente se obtiene la energía necesaria para cubrir la demanda de energía por cada tecnología. Como se puede apreciar las que menos energía precisan para cubrir la demanda son la geotermia y la aerotermia ya que sus COPS acreditan que para generar 5.07 kWh y 3.78 kWh de energía térmica respectivamente necesitan simplemente 1 kWh eléctrico procedente de la red.

Para respaldar estos datos de la hoja de cálculo compruebo con la herramienta informática LIDER-Calener los consumos de energía anuales de cada diferente tipo de tecnología.



6.5. Parámetros de impulsión del agua de calefacción y ACS utilizados

Los parámetros de demanda establecidos en cuanto a las temperaturas de impulsión del agua en la calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) tienen los mismos parámetros en todas las tecnologías:

Definición Sistema

Proyecto

- CALEFACCION_Y_ACS
 - CALDERA_CONDENSACION
 - SIS_UT2
 - P03_E01
 - SIS_UT1
 - P02_E01
 - ACS
 - Factores de corrección
 - Caldera
 - cap_T-EQ_Caldera-unidad
 - ren_T-EQ_Caldera-unidad
 - ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-Condensacion
 - ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-unidad
 - Bomba de calor aire-agua
 - cap_T-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto
 - con_T-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto
 - con_FCP-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto

Misto calefacción y ACS

Nombre: CALEFACCION_Y_ACS

Propiedades básicas

Fracción cubierta por el sistema solar térmico	30,0	%
Temperatura de impulsión sanitaria	60,0	°C
Temperatura de impulsión calefacción	35,0	°C
Multiplicador	1	

Aceptar

27. "Parámetros establecidos en la calefacción y ACS introducidos en la herramienta unificada" Elaboración propia

La temperatura de impulsión del ACS viene establecida por normativa que debe de ser de 60°C, y a la hora de aclimatar la vivienda en el estudio, se considera el uso del suelo radiante y por lo tanto la temperatura de impulsión del agua no debe ser tan elevada, siendo esta 35 °C. El porcentaje mínimo establecido por normativa en la zona "C" donde se encuentra la vivienda a estudio es de un 30%.

6.6. Parámetros de los equipos generadores de calor de cada tecnología

6.6.1 Caldera de biomasa

Parámetros introducidos en la definición del sistema instantáneo de calefacción y ACS.

Definición Sistema

Proyecto

- CALEFACCION_Y_ACS
 - BIOMASA
 - SIS_UT2
 - P03_E01
 - SIS_UT1
 - P02_E01
 - ACS
 - Factores de corrección
 - Caldera
 - cap_T-EQ_Caldera-unidad
 - ren_T-EQ_Caldera-unidad
 - ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-Condensacion
 - ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-unidad
 - Bomba de calor aire-agua
 - cap_T-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto
 - con_T-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto
 - con_FCP-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto

Caldera

Nombre: BIOMASA

Propiedades básicas | Curvas

Capacidad Total	20,00	kW
Rendimiento nominal	0,930	
Tipo energía	Biomasa densificada (pelet)	
Multiplicador	1	

Aceptar

Caldera de BIOMASA

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **20 kW**
- Rendimiento nominal: **0.93**
- Tipo de energía: **biomasa densificada (pellets)**
- Multiplicador: **1**

28. "Parámetros de la caldera de Biomasa" Elaboración propia



Unidades terminales: radiadores

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **5 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **12 kW**

Resultados de demandas, consumos y emisiones

Gráfico Resultados

Edificio Objeto		
Demandas	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	26,1	4289,1
Refrigeración	1,5	245,7

Edificio Objeto		
Consumos Energía Final	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	29,3	4815,4
Refrigeración	0,7	122,1
ACS	13,7	2361,7
Global	43,7	7199,2

Edificio Objeto		
Consumos Energía Primaria No Renovable	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	2,5	409,3
Refrigeración	1,5	238,6
ACS	1,2	192,3
Global	5,1	840,1

Edificio Objeto		
Emisiones	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Calefacción	0,5	86,7
Refrigeración	0,3	40,4
ACS	0,3	40,7
Global	1,0	167,8

29. "Resultados de demandas, consumos y emisiones de la Biomasa" Elaboración propia

Resultados de demandas, consumos y emisiones

Gráfico Resultados

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ² año	Edificio Objeto
<8,1 A	1,0 A
8,1-13,1 B	
13,1-20,3 C	
20,3-31,1 D	
31,1-58,3 E	
58,3-73,4 F	
>73,4 G	

	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	B	26,1	4289,1
Demanda refrigeración	G	1,5	245,7

	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Consumo energía primaria no renovable calefacción	A	2,5	409,3
Consumo energía primaria no renovable refrigeración	G	1,5	238,6
Consumo energía primaria no renovable ACS	A	1,2	192,3
Consumo energía primario no renovable totales	A	5,1	840,1

	Clase	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	A	0,5	86,7
Emisiones CO ₂ refrigeración	G	0,3	40,4
Emisiones CO ₂ ACS	A	0,2	40,7
Emisiones CO ₂ totales	A	1,0	167,8

30. "Certificación energética de la Biomasa" Elaboración propia



Parámetros introducidos en la definición del sistema **con acumulación** de calefacción y ACS. El consumo de energía no cambia en ninguna de las tecnologías a estudio, pero si cambia el coste de los equipos instalados y el coste de operación de los mismos.

Caldera de BIOMASA

Propiedades básicas:

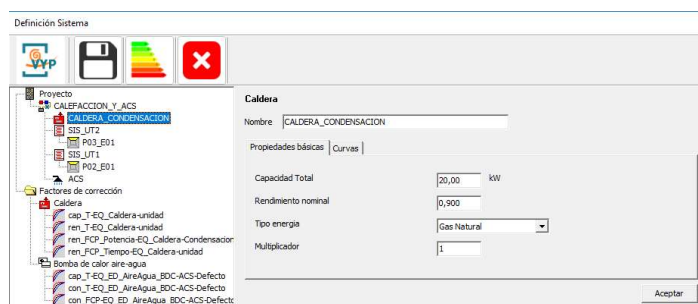
- Capacidad total: **10 kW**
- Rendimiento nominal: **0.93**
- Tipo de energía: **biomasa densificada (pellets)**
- Multiplicador: **1**

Unidades terminales: suelo radiante

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **3 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **6 kW**

6.6.2 Caldera de condensación de gas natural

Parámetros introducidos en la definición del sistema de calefacción y ACS:



Caldera de Condensación GN

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **20 kW**
- Rendimiento nominal: **0.90**
- Tipo de energía: **gas natural**
- Multiplicador: **1**

31." Parámetros de la caldera de condensación de Gas Natural"
Elaboración propia

Unidades terminales:

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **5 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **12 kW**



Resultados de demandas, consumos y emisiones			
Gráfico Resultados			
Demandas		Edificio Objeto	
		kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción		26,1	4289,1
Refrigeración		1,5	245,7
Consumos Energía Final		Edificio Objeto	
		kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción		30,2	4975,9
Refrigeración		0,7	122,1
ACS		14,2	2337,1
Global		45,2	7435,1
Consumos Energía Primaria No Renovable		Edificio Objeto	
		kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción		36,0	5921,3
Refrigeración		1,5	238,6
ACS		16,9	2781,2
Global		54,3	8941,0
Emisiones		Edificio Objeto	
		kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Calefacción		7,6	1253,9
Refrigeración		0,3	40,4
ACS		3,6	589,0
Global		11,4	1883,3

32. "Resultados de demandas, consumos y emisiones del Gas Natural" Elaboración propia

Resultados de demandas, consumos y emisiones

Gráfico | Resultados |

Certificación Energética de Edificios

Indicador kgCO2/m² año

<8,1 A

8,1-13,1 B

13,1-20,3 C

20,3-31,1 D

31,1-58,3 E

58,3-73,4 F

>73,4 G

11,4 B

	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	B	26,1	4289,1
Demanda refrigeración	G	1,5	245,7
	Clase	kWh/m²	kWh/año
Consumo energía primaria no renovable calefacción	B	36,0	5921,3
Consumo energía primaria no renovable refrigeración	G	1,5	238,6
Consumo energía primaria no renovable ACS	C	16,9	2781,2
Consumo energía primario renovable totales	B	54,3	8941,0
	Clase	kgCO2/m² año	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	B	7,6	1253,9
Emisiones CO2 refrigeración	G	0,2	40,4
Emisiones CO2 ACS	B	3,6	589,0
Emisiones CO2 totales	B	11,4	1883,3

33. "Certificación energética del Gas Natural" Elaboración propia

Parámetros introducidos en la definición del sistema **con acumulación** de calefacción y ACS. El consumo de energía no cambia en ninguna de las tecnologías a estudio, pero si cambia el coste de los equipos instalados y el coste de operación de los mismos.

Caldera de GAS NATURAL

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **10 kW**
- Rendimiento nominal: **0.90**
- Tipo de energía: **gas natural**
- Multiplicador: **1**



Unidades terminales: suelo radiante

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **3 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **6 kW**

6.6.3. Caldera de gas propano

Parámetros introducidos en la definición del sistema de calefacción y ACS:

Caldera de G. PROPANO

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **20 kW**
- Rendimiento nominal: **0.90**
- Tipo de energía: **gas propano**
- Multiplicador: **1**

34. "Parámetros de la caldera de Gas Propano" Elaboración propia

Unidades terminales:

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **5 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **12 kW**



Resultados de demandas, consumos y emisiones		
Gráfico	Resultados	
Edificio Objeto		
Demandas	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	26,1	4289,1
Refrigeración	1,5	245,7
Edificio Objeto		
Consumos Energía Final	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	30,2	4975,9
Refrigeración	0,7	122,1
ACS	14,2	2337,1
Global	45,2	7435,1
Edificio Objeto		
Consumos Energía Primaria No Renovable	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	36,3	5976,0
Refrigeración	1,5	238,6
ACS	17,1	2806,9
Global	54,8	9021,4
Edificio Objeto		
Emisiones	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Calefacción	7,7	1263,9
Refrigeración	0,3	40,4
ACS	3,6	593,6
Global	11,5	1897,9

35. "Resultados de demandas, consumos y emisiones del Gas Propano" Elaboración propia

Resultados de demandas, consumos y emisiones			
Gráfico	Resultados		
Certificación Energética de Edificios		Edificio Objeto	
Indicador kgCO ₂ /m ² año			
<8,1 A			
8,1-13,1 B		11,5 B	
13,1-20,3 C			
20,3-31,1 D			
31,1-58,3 E			
58,3-73,4 F			
>73,4 G			
		Clase	
Demanda calefacción		B	
Demanda refrigeración		G	
		Clase	
Consumo energía primaria no renovable calefacción		B	
Consumo energía primaria no renovable refrigeración		G	
Consumo energía primaria no renovable ACS		C	
Consumo energía primario renovable totales		B	
		Clase	
Emisiones CO ₂ calefacción		B	
Emisiones CO ₂ refrigeración		G	
Emisiones CO ₂ ACS		B	
Emisiones CO ₂ totales		B	
		kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción		26,1	4289,1
Demanda refrigeración		1,5	245,7
		kWh/m ²	kWh/año
Consumo energía primaria no renovable calefacción		36,3	5976,0
Consumo energía primaria no renovable refrigeración		1,5	238,6
Consumo energía primaria no renovable ACS		17,1	2806,9
Consumo energía primario renovable totales		54,8	9021,4
		kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción		7,7	1263,9
Emisiones CO ₂ refrigeración		0,2	40,4
Emisiones CO ₂ ACS		3,6	593,6
Emisiones CO ₂ totales		11,5	1897,9

36. "Certificación energética del Gas Propano" Elaboración propia

Parámetros introducidos en la definición del sistema **con acumulación** de calefacción y ACS. El consumo de energía no cambia en ninguna de las tecnologías a estudio, pero si cambia el coste de los equipos instalados y el coste de operación de los mismos.

Caldera de GAS PROPANO

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **10 kW**
- Rendimiento nominal: **0.90**
- Tipo de energía: **gas propano**
- Multiplicador: **1**



Unidades terminales: suelo radiante

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **3 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **6 Kw**

6.6.4. Caldera de gasoil

Parámetros introducidos en la definición del sistema de calefacción y ACS:

Definición Sistema

Proyecto: CALEFACCION_Y_ACS

CONDENSACION_GASOIL

SIS_UT2

P03_E01

SIS_UT1

P02_E01

ACS

Factores de corrección

Caldera

cap_T-EQ_Caldera-unidad

ren_T-EQ_Caldera-unidad

ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-Condensador

ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-unidad

Bomba de calor aire-agua

cap_T-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto

con_T-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto

con_FCP-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto

Caldera

Nombre: CONDENSACION_GASOIL

Propiedades básicas | Curvas

Capacidad Total: 20,00 kW

Rendimiento nominal: 0,880

Tipo energía: Gasoleo calefaccion / Fuel

Multiplicador: 1

Aceptar

Caldera de Gasoil

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **20 kW**
- Rendimiento nominal: **0.88**
- Tipo de energía: **gasoil**
- Multiplicador: **1**

37. " Parámetros de la caldera de Gasoil" Elaboración propia

Unidades terminales:

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **5 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **12 kW**



Resultados de demandas, consumos y emisiones		
Gráfico	Resultados	
Edificio Objeto		
Demandas	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	26,1	4289,1
Refrigeración	1,5	245,7
Edificio Objeto		
Consumos Energía Final	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	30,9	5089,0
Refrigeración	0,7	122,1
ACS	14,5	2390,2
Global	46,2	7601,2
Edificio Objeto		
Consumos Energía Primaria No Renovable	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	36,4	5999,9
Refrigeración	1,5	238,6
ACS	17,1	2818,0
Global	55,0	9056,5
Edificio Objeto		
Emisiones	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Calefacción	9,6	1582,7
Refrigeración	0,3	40,4
ACS	4,5	743,4
Global	14,4	2366,4

38. "Resultados de demandas, consumos y emisiones del Gasoil" Elaboración propia

Resultados de demandas, consumos y emisiones			
Gráfico	Resultados		
Certificación Energética de Edificios		Edificio Objeto	
Indicador kgCO ₂ /m ² año			
<8,1	A		
8,1-13,1	B		
13,1-20,3	C	14,4 C	
20,3-31,1	D		
31,1-58,3	E		
58,3-73,4	F		
>73,4	G		
		Clase	
Demanda calefacción		B	kWh/m ²
Demanda refrigeración		G	kWh/año
		Clase	
Consumo energía primaria no renovable calefacción		B	kWh/m ²
Consumo energía primaria no renovable refrigeración		G	kWh/año
Consumo energía primaria no renovable ACS		C	
Consumo energía primaria no renovable totales		B	
		Clase	
Emisiones CO ₂ calefacción		B	kgCO ₂ /m ² año
Emisiones CO ₂ refrigeración		G	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ ACS		C	
Emisiones CO ₂ totales		C	

39. "Certificación energética del Gasoil" Elaboración propia

Parámetros introducidos en la definición del sistema **con acumulación** de calefacción y ACS. El consumo de energía no cambia en ninguna de las tecnologías a estudio, pero si cambia el coste de los equipos instalados y el coste de operación de los mismos.

Caldera de GASOIL

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **10 kW**
- Rendimiento nominal: **0.88**
- Tipo de energía: **gasoil**
- Multiplicador: **1**

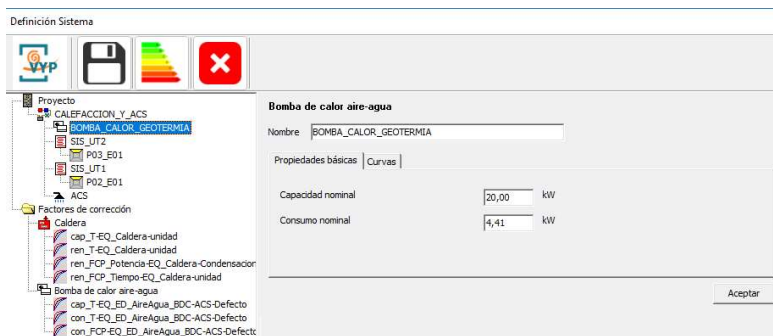


Unidades terminales: suelo radiante

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **3 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **6 kW**

6.6.5. Bomba de calor geotérmica

Parámetros introducidos en la definición del sistema de calefacción y ACS:



Bomba de calor Geotérmica

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **20 kW**
- COP: **4,41**
- Tipo de energía:
electricidad
- Multiplicador: **1**

40. "Parámetros de la Bomba de calor Geotérmica" Elaboración propia

Unidades terminales:

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **5 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **12 kW**



Resultados de demandas, consumos y emisiones

Gráfico Resultados

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	26,1	4289,1
Refrigeración	1,5	245,7

Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	11,7	1918,9
Refrigeración	0,7	122,1
ACS	2,7	436,7
Global	15,1	2477,7

Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	22,8	3749,4
Refrigeración	1,5	238,6
ACS	5,2	853,4
Global	29,4	4841,4

Emisiones	Edificio Objeto	
	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Calefacción	3,9	635,1
Refrigeración	0,3	40,4
ACS	0,9	144,6
Global	5,0	820,1

Cerrar

41. "Resultados de demandas, consumos y emisiones de la Bomba de calor Geotérmica" Elaboración propia

Resultados de demandas, consumos y emisiones

Gráfico Resultados

Certificación Energética de Edificios
Indicador kgCO₂/m² año

Edificio Objeto
5,0 A

Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	26,1	4289,1
Demanda refrigeración	1,5	245,7
Consumo energía primaria no renovable calefacción	22,8	3749,4
Consumo energía primaria no renovable refrigeración	1,5	238,6
Consumo energía primaria no renovable ACS	5,2	853,4
Consumo energía primaria no renovable totales	29,4	4841,4

Clase	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	3,9	635,1
Emisiones CO ₂ refrigeración	0,3	40,4
Emisiones CO ₂ ACS	0,9	144,6
Emisiones CO ₂ totales	5,0	820,1

Cerrar

42. "Certificación energética de la Bomba de calor Geotérmica" Elaboración propia

Parámetros introducidos en la definición del sistema **con acumulación** de calefacción y ACS. El consumo de energía no cambia en ninguna de las tecnologías a estudio, pero si cambia el coste de los equipos instalados y el coste de operación de los mismos.

Bomba de calor. AEROTERMIA

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **10 kW**
- COP: **4,41**
- Tipo de energía: **electricidad**
- Multiplicador: **1**



Unidades terminales: suelo radiante

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **3 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **6 kW**

6.6.6. Bomba de calor Aire-Aire. Aerotermia

Parámetros introducidos en la definición del sistema de calefacción y ACS:

Bomba de calor Aire-Aire

Propiedades básicas:

- Capacidad total: **20 kW**
- COP: **2,70**
- Tipo de energía: **electricidad**
- Multiplicador: **1**

43. "Parámetros de la caldera de la Bomba de calor" Autor: Elaboración propia

Unidades terminales:

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **5 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **12 kW**

Resultados de demandas, consumos y emisiones

Gráfico Resultados

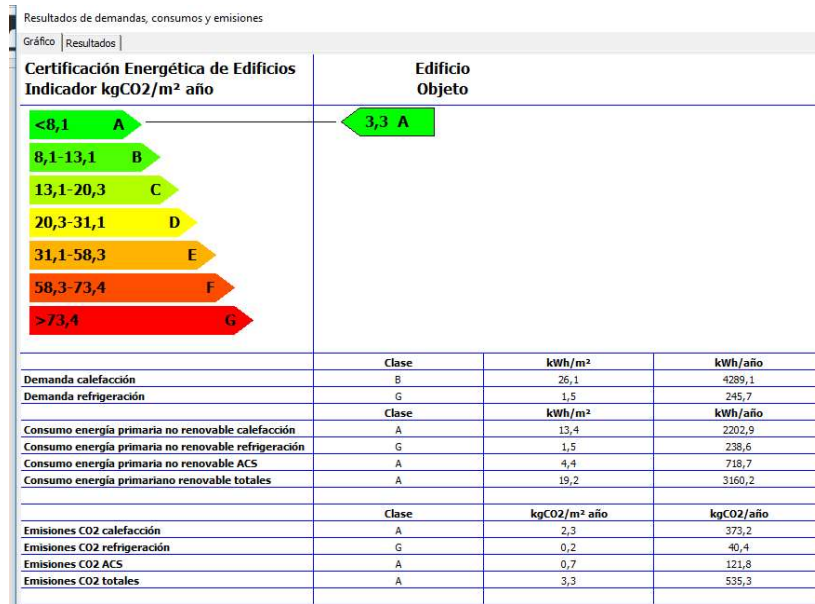
Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m² año	kWh/año
Calefacción	26,1	4289,1
Refrigeración	1,5	245,7

Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m² año	kWh/año
Calefacción	6,9	1127,4
Refrigeración	0,7	122,1
ACS	2,2	367,8
Global	9,8	1617,3

Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m² año	kWh/año
Calefacción	13,4	2202,9
Refrigeración	1,5	238,6
ACS	4,4	718,7
Global	19,2	3160,2

Emisiones	Edificio Objeto	
	kgCO2/m² año	kgCO2/año
Calefacción	2,3	373,2
Refrigeración	0,3	40,4
ACS	0,7	121,8

44. "Resultados de demandas, consumos y emisiones de la Bomba de calor" Elaboración propia



45. "Certificación energética de la Bomba de calor" Elaboración propia

Parámetros introducidos en la definición del sistema **con acumulación** de calefacción y ACS. El consumo de energía no cambia en ninguna de las tecnologías a estudio, pero si cambia el coste de los equipos instalados y el coste de operación de los mismos.

Bomba de calor. AEROTERMIA

Propiedades básicas:

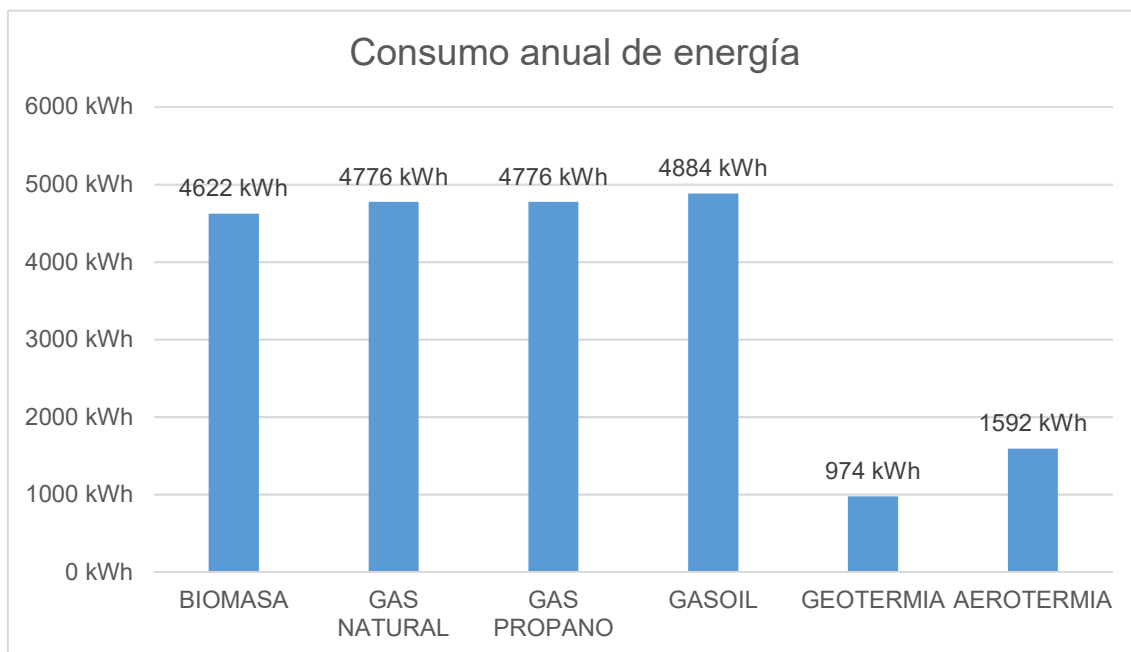
- Capacidad total: **10 kW**
- COP: **2.70**
- Tipo de energía: **electricidad**
- Multiplicador: **1**

Unidades terminales: suelo radiante

- Planta primera
 - Capacidad nominal de **3 kW**
- Planta baja
 - Capacidad nominal de **6 kW**

En el anexo nº3 se aporta las certificaciones y verificaciones energéticas de las diferentes tecnologías de generación de calor con diferentes configuraciones en el aporte solar térmico a la instalación. En primer lugar, se debe conocer que el aporte mínimo exigido por ley que según la zona "C" de la vivienda estudio que es el 30% del ACS y en segundo lugar se cubren un 50% y 70% de la demanda de ACS de la vivienda cumpliendo así con el mínimo exigido, para así poder llegar a un consumo energético casi nulo de la vivienda, pero esto supone un gasto mayor en equipos de captación solar que se evaluara más adelante la inversión que supone y si es viable.

Comparando los valores de consumo de energía anual de los diferentes sistemas de climatización se puede apreciar que los más elevados son los sistemas convencionales de generación de calor. En el siguiente gráfico se representa el cómputo global del consumo sin tener en cuenta la demanda de ACS.



1. "Gráfica de consumo anual de energía según el tipo de tecnología" Autor: Luis López Landa

6.7. Consumo anual de combustible de cada tecnología

He calculado, en función de la energía necesaria que se debe producir, el gasto de combustible que emplea cada sistema de generación de calor. Teniendo en cuenta las aproximaciones de energía generada por cada kilogramo o litro de cada una de las tecnologías:

6.8. Coste de producción de energía anual

20. "Tabla de consumo anual de combustible de cada tecnología" Elaboración propia

			SISTEMA CONVENCIONAL					
		BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA	
Consumo anual de combustible								
Pellets (5 kWh/Kg)		924,35 kg	---	---	---	---	---	---
Gas natural		---	4775,83 kWh	---	---	---	---	---
Gas Propano (12,8 kWh/Kg)		---	---	373,11 kg	---	---	---	---
Gasoil (10 kWh/litro)		---	---	---	488,44 litros	---	---	---
Electricidad		---	---	---	---	973,69 kWh	1591,66 kWh	---

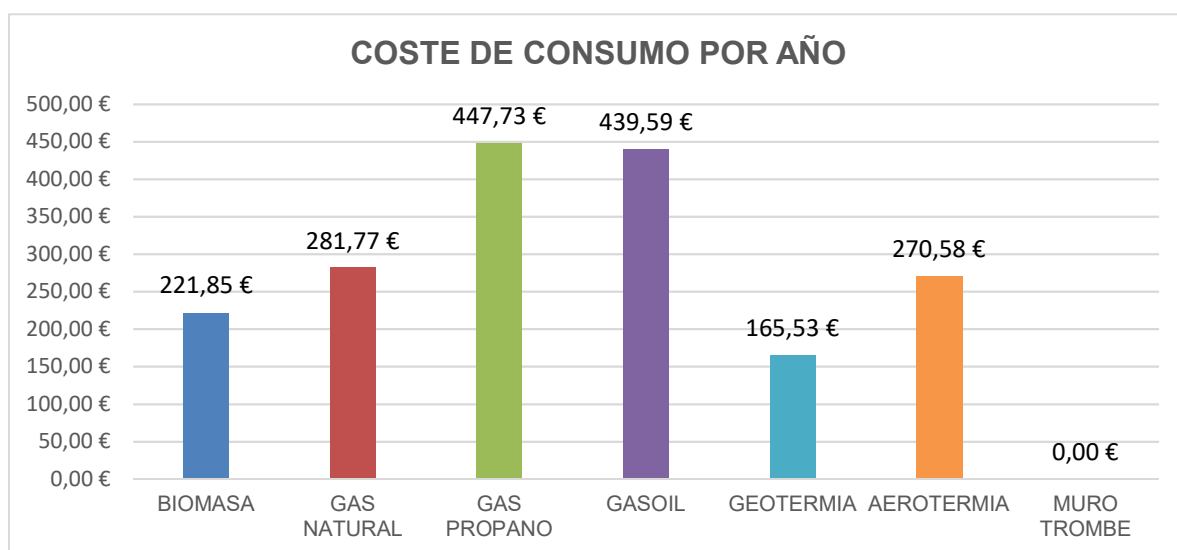
Con las cantidades de combustible empleadas para generar la energía demandada por la vivienda calculo el coste anual de producción del primer año y estimo una variación positiva del incremento de los precios en el transcurso de los años, ya que tienen una tendencia ascendente según datos históricos. Los costes fijos señalados son la suma de los costes de mantenimientos y revisiones que se deberán hacer de cada uno de los sistemas para su correcto funcionamiento durante el año, obtenidos por consulta y analogía de diferentes empresas.



21. "Tabla de coste de producción de energía por cada tecnología" Elaboración propia

				SISTEMA CONVENCIONAL				
			BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Coste de producción de energía								
Coste unitario combustible			0,24 €/kg.	0,059 €/kWh	1,2 €/kg.	0,9 €/litro	0,17 €/kWh	0,17 €/kWh
Coste combustible 1er año			342,33 €	434,80 €	690,89 €	678,33 €	255,42 €	417,53 €
Aumento precio estimado (%)			3,00%	6,00%	8,00%	8,00%	6,00%	6,00%
Otros costes fijos			210,00 €	210,00 €	210,00 €	240,00 €	210,00 €	210,00 €
	Mantenimientos		120,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	120,00 €	120,00 €
	Revisiones		90,00 €	60,00 €	60,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €

Se puede resaltar, que el incremento o porcentaje más elevado del aumento de precio estimado, son los recursos fósiles para la combustión en la generación de calor seguido de cerca de la energía eléctrica y por último la biomasa.



2. "Gráfica de coste de consumo por año" Autor: Luis López Landa

6.9. Coste de operación durante diez años

En función del aumento de coste estimado, calculo el coste de operación en los sucesivos 10 años de todos sistemas a estudio, dando como resultado lo expresado en la siguiente tabla:

22. "Tabla de coste de operatividad durante diez años" Elaboración propia

				SISTEMA CONVENCIONAL					
			BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA	
Coste consumo 10 años			4.950,62 €	6.481,97 €	9.528,31 €	9.844,98 €	4.949,75 €	6.334,46 €	
	Año 1		431,85 €	491,77 €	657,73 €	679,59 €	375,53 €	480,58 €	
	Año 2		444,80 €	521,28 €	710,35 €	733,96 €	398,06 €	509,42 €	
	Año 3		458,14 €	552,56 €	767,18 €	792,68 €	421,94 €	539,98 €	
	Año 4		471,89 €	585,71 €	828,56 €	856,09 €	447,26 €	572,38 €	
	Año 5		486,05 €	620,85 €	894,84 €	924,58 €	474,10 €	606,72 €	
	Año 6		500,63 €	658,10 €	966,43 €	998,55 €	502,54 €	643,13 €	
	Año 7		515,65 €	697,59 €	1.043,74 €	1.078,43 €	532,69 €	681,72 €	
	Año 8		531,12 €	739,45 €	1.127,24 €	1.164,70 €	564,65 €	722,62 €	
	Año 9		547,05 €	783,81 €	1.217,42 €	1.257,88 €	598,53 €	765,98 €	
	Año 10		563,46 €	830,84 €	1.314,81 €	1.358,51 €	634,45 €	811,93 €	



Los costes de operación más elevados en 10 años, son obviamente, aquellas tecnologías donde los precios de sus combustibles tienen una tendencia a encarecerse ya que no son recursos no renovables como el gas natural, gas propano y gasoil.

6.10. Costes de instalación de cada tecnología

Los costes de instalación son estimados a partir de la información recogida en catálogos de diferentes fabricantes.

23. "Tabla de costes de instalación por cada tipo de tecnología" Elaboración propia

			SISTEMA CONVENCIONAL					
			BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Coste de la instalación								
Coste total instalación			7.580,00 €	4.750,00 €	6.190,00 €	6.280,00 €	16.650,00 €	9.560,00 €
	Generador calor		3.430,00 €	1.120,00 €	1.120,00 €	1.260,00 €	5.600,00 €	7.140,00 €
	Silo/Tanque		900,00 €	0,00 €	1.800,00 €	600,00 €	0,00 €	0,00 €
	Acumulador A.C.S.		800,00 €	0,00 €	0,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €
	Chimenea/evacuación		500,00 €	360,00 €	360,00 €	500,00 €	0,00 €	0,00 €
	Accesorios instalación		360,00 €	120,00 €	120,00 €	180,00 €	8.000,00 €	120,00 €
	Mano de obra instalación		1.500,00 €	900,00 €	900,00 €	1.050,00 €	1.800,00 €	1.050,00 €
	Kit solar (HE4)		0,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	0,00 €	0,00 €
	Conexión a red		0,00 €	360,00 €	0,00 €	0,00 €	360,00 €	360,00 €
	Otros		90,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €

En la siguiente tabla se recoge el balance del coste operativo en 10 años sumado la inversión inicial realizada según el uso de cada una de las tecnologías propuestas:

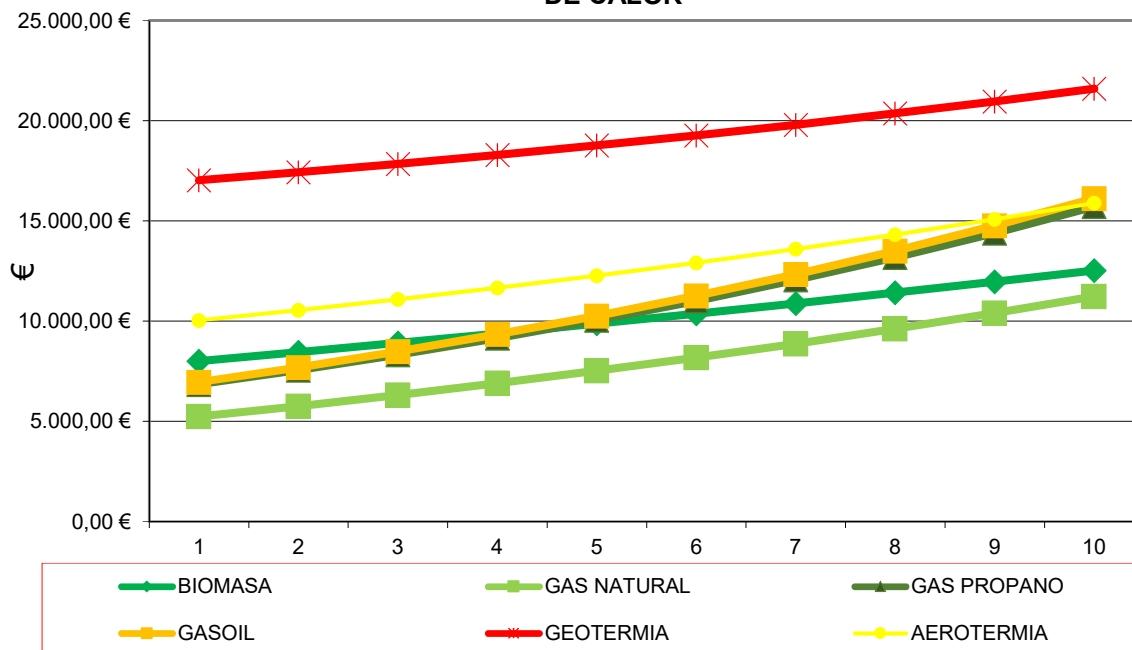
24. "Tabla resumen de los costes operativos, inversión y costes anuales de las instalaciones" Elaboración propia

				SISTEMA CONVENCIONAL				
			BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Coste operativo a 10 años (inversión + costes anuales)								
Coste operativo 10 años			12.530.62 €	11.231.97 €	15.718.31 €	16.124.98 €	21.599.75 €	15.894.46 €

Según la escala de colores propuesta siendo el verde claro el valor monetario más bajo podemos comprobar que la tecnología más barata es la biomasa, después seguiría el gas natural, la aerotermia, el gas propano empatada casi al mismo precio estarían con el gasoil. Terminando la tecnología más cara sería la geotermia por su elevado precio de equipos.



COMPARATIVA COSTES ENTRE DISTINTOS TIPOS DE GENERACION DE CALOR



3. "Gráfica de comparativa de costes entre distintos tipos de generación de calor" Autor: Luis López Landa

6.11. Emisiones de CO₂ de cada una de las tecnologías estudiadas

El comportamiento con el medio ambiente es un aspecto muy importante a la hora de tomar decisiones sobre que tecnología utilizar en la generación de calor. En la página del ministerio, del interior, IDAE, se puede obtener la información necesaria para el cálculo de los kilogramos de dióxido de carbono (CO₂) que se generan en la combustión de cada tipo de combustible, siendo más alto en los combustibles fósiles. Los factores de emisión recogidos en IDEA (Instituto para la Diversificación en el Ahorro de la Energía).

25. "Tabla de factores de emisión de CO₂" Fuente: IDAE

	Fuente	Valores Propuestos
		kg CO ₂ /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,399
Electricidad Nacional de origen 100% renovable	(**)	0
Electricidad Nacional de origen 100% no renovable	(**)	0,521
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,372
Electricidad convencional Extra peninsular	(**)	0,867
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,960
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,811
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,732
Gasóleo calefacción	(***)	0,311
GLP	(***)	0,254
Gas natural	(***)	0,252
Carbón	(***)	0,472
Biomasa	(***)	0,018
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018

(*) Valor obtenido de la Propuesta de Documento Reconocido: [Valores aprobados en Comisión Permanente de Certificación Energética de Edificios de 27 de Junio de 2013](#)

(**) Según cálculo del apartado 5 de este documento.

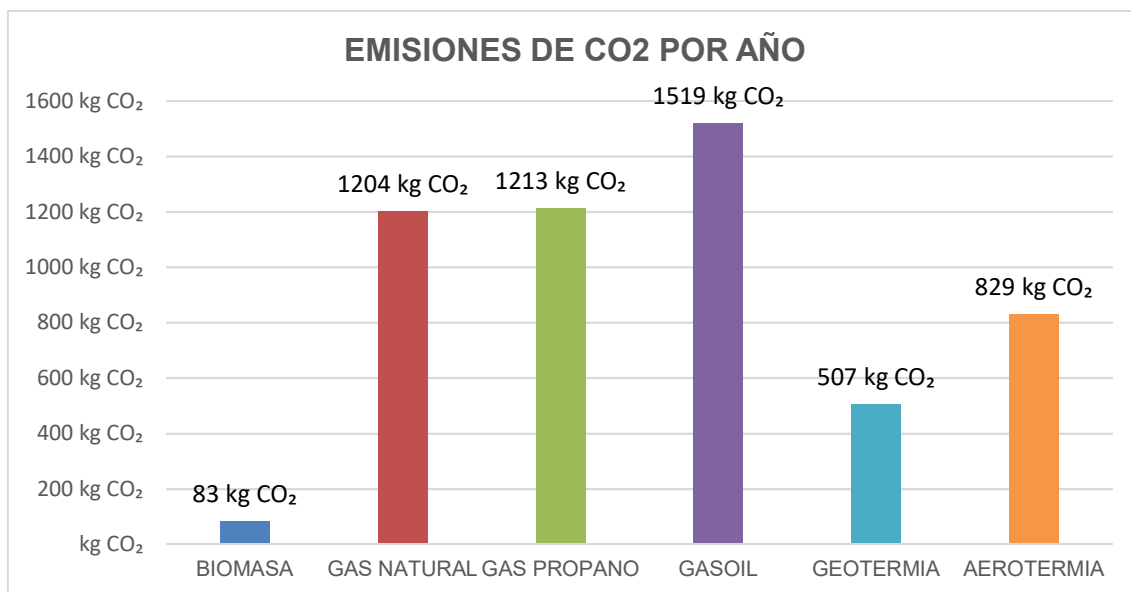
(***) Basado en el informe "Well to tank Report, version 4.0" del Joint Research Institute.



Por lo tanto, seleccionando los factores de emisión de CO₂ por cada kWh de energía final multiplicando por la energía consumida de las tecnologías correspondientes obtenemos los kilogramos de dióxido de carbono emitidos a la atmosfera en un año de operación.

26. "Tabla de emisiones de kilogramos de CO₂ emitidos a la atmosfera al año por cada tecnología" Elaboración propia

Comparativa de comportamiento con el medio ambiente						
	RENOVABLE	CALDERA CONVENCIONAL		BOMBAS DE CALOR		
	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Calificación de eficiencia energética	A	B	C	C	A	A
Emissiones de CO ₂ en un año	83 kg CO ₂	1204 kg CO ₂	1213 kg CO ₂	1519 kg CO ₂	507 kg CO ₂	829 kg CO ₂
	0,018	0,522	0,254	0,311	0,521	0,521



4. "Gráfica de emisiones de CO₂ al año de cada tecnología" Autor: Luis López Landa

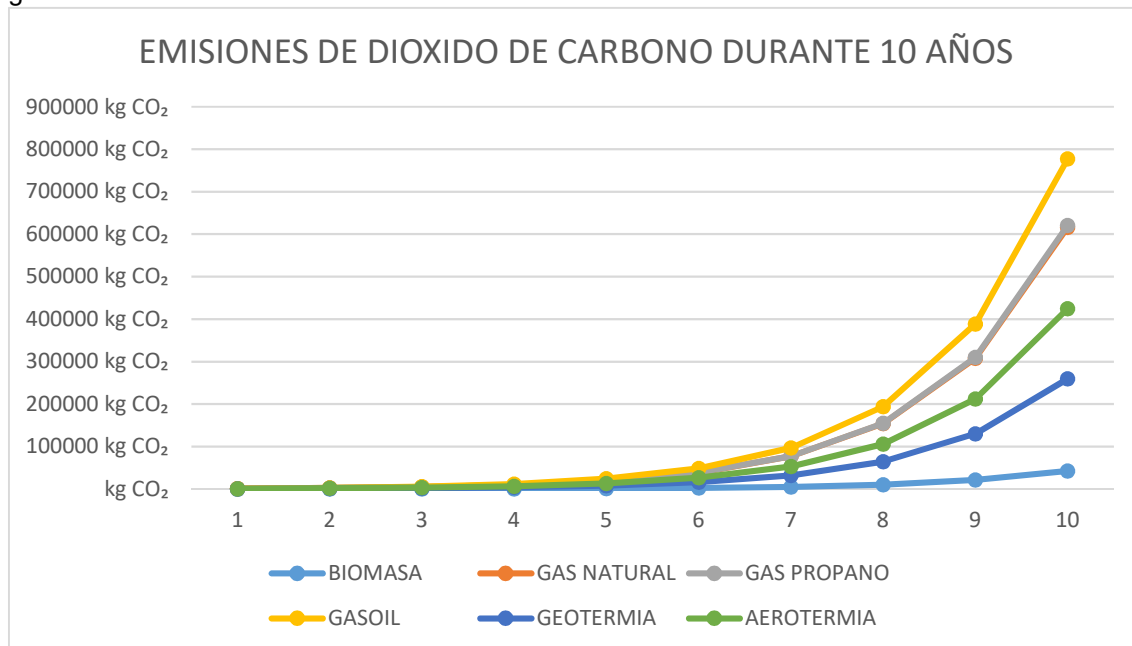
Las emisiones acumuladas producidas durante 10 años se representan en la siguiente tabla:

27. "Tabla de emisiones producidas durante 10 años" Autor: Luis López Landa

	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Año 1	83 kg CO ₂	1204 kg CO ₂	1213 kg CO ₂	1519 kg CO ₂	507 kg CO ₂	829 kg CO ₂
Año 2	166 kg CO ₂	2407 kg CO ₂	2426 kg CO ₂	3038 kg CO ₂	1015 kg CO ₂	1659 kg CO ₂
Año 3	333 kg CO ₂	4814 kg CO ₂	4852 kg CO ₂	6076 kg CO ₂	2029 kg CO ₂	3317 kg CO ₂
Año 4	666 kg CO ₂	9628 kg CO ₂	9704 kg CO ₂	12152 kg CO ₂	4058 kg CO ₂	6634 kg CO ₂
Año 5	1331 kg CO ₂	19256 kg CO ₂	19409 kg CO ₂	24305 kg CO ₂	8117 kg CO ₂	13268 kg CO ₂
Año 6	2662 kg CO ₂	38512 kg CO ₂	38818 kg CO ₂	48609 kg CO ₂	16233 kg CO ₂	26536 kg CO ₂
Año 7	5324 kg CO ₂	77025 kg CO ₂	77636 kg CO ₂	97219 kg CO ₂	32467 kg CO ₂	53072 kg CO ₂
Año 8	10649 kg CO ₂	154049 kg CO ₂	155272 kg CO ₂	194437 kg CO ₂	64934 kg CO ₂	106145 kg CO ₂
Año 9	21297 kg CO ₂	308099 kg CO ₂	310544 kg CO ₂	388874 kg CO ₂	129867 kg CO ₂	212289 kg CO ₂
Año 10	42594 kg CO ₂	616197 kg CO ₂	621088 kg CO ₂	777749 kg CO ₂	259735 kg CO ₂	424579 kg CO ₂



Representación de las emisiones acumuladas durante 10 años se muestran en el siguiente gráfico:



5. "Gráfica de emisiones de CO₂ durante diez años de operatividad" Autor: Luis López Landa

6.12. Modelización y simulación de un muro Trombe aplicado a la vivienda estudio.

La instalación del muro Trombe se propone en la fachada Sur de la vivienda, la cual, por su orientación, es la fachada de la vivienda que más aporte solar recibe durante el día, respecto a las otras, ya que la vivienda a estudio se encuentra en el hemisferio Norte.

Este sistema de captación es en esencia un colector solar activo de aire integrado al muro. Sobre la fachada orientada al ecuador, que de preferencia será un muro grueso pintado de negro o de un color oscuro, se coloca un vidrio para con la incidencia del sol provocar el efecto invernadero. En el muro hay una serie de conductos en la parte superior e inferior que comunican el espacio entre muro y cristal con el interior de la casa. Por su parte el vidrio tiene en la parte superior unos conductos que comunican el espacio entre muro y vidrio con el exterior.

Su funcionamiento es sencillo. En invierno, la radiación solar incide sobre la superficie del muro y lo calienta. Este calor se concentra gracias al efecto invernadero que provoca el cristal y calienta el aire en el interior de la estructura. El aire caliente asciende entonces por convección y se dirige al interior de la casa a través de los conductos superiores del muro. Otra parte de la energía calorífica se queda almacenada en la masa del muro y se va liberando poco a poco hacia la casa durante la noche.

En verano se cambia la configuración de los conductos para lograr un efecto refrigerante. Por un lado, se abren las compuertas de la parte superior del vidrio y el conducto de la parte inferior del muro. Por otro se cierra el conducto de la parte superior del muro. La radiación solar al incidir en el muro calienta el aire que por convección asciende y sale al exterior por la compuerta superior del vidrio. El vacío dejado por el aire que ha salido es ocupado por aire procedente del interior de la casa que entra por los conductos en la parte inferior del muro. De esta manera se establece un efecto succión que provoca una corriente que renueva el aire del interior de la casa y produce un efecto refrigerante.



La radiación solar al incidir en el muro calienta el aire que por convección asciende y sale al exterior por el conducto del vidrio. El vacío dejado por el aire que ha salido es ocupado por aire procedente del interior de la casa que entra por los conductos en la parte inferior del muro, forzando a su vez que entre aire del exterior a la casa y provocando una corriente que la refrigera.

El muro abarca toda la fachada Sur de la vivienda, 13 metros de longitud y 6 metros de alto. Queda diferenciado en dos partes para obtener calefacción tanto en la planta baja, como en la primera planta de la vivienda a estudio.

Las capas del muro son representadas en el software de elementos finitos, ANSYS, para crear una simulación del aporte energético que es capaz de suministrar a la vivienda. Con esta simulación, según la zona climática donde nos encontremos y las coordenadas geográficas de la ubicación el programa es capaz de calcular el aporte solar según el mes, el día y la hora a estudiar.

7. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución final de instalación térmica en este estudio se compone de un mix entre dos tecnologías, trabajando conjuntamente para llegar al objetivo final de este estudio, conseguir un consumo energético casi nulo.

En primer lugar, se especifica un sistema emisor de calor de suelo radiante en toda la vivienda unifamiliar, el cual ha sido dimensionado anteriormente y es el elegido por delante de otros emisores de calor por los siguientes motivos:

- Se consigue un confort térmico óptimo por la buena distribución de calor a baja temperatura desde el suelo hasta el techo.
- Compatibilidad con cualquier equipo de generación de calor.
- Reduce el consumo entorno a un 20% comparándolo con equipos emisores de radiadores y reduce las emisiones de gases contaminantes.
- Es óptimo para la vivienda con un alto índice de ocupación, como la propuesta en este estudio.
- Es posible tener tanques de acumulación de inercia térmica, consiguiendo la reducción de potencias de los equipos generadores de calor.
- Es un sistema emisor con doble funcionalidad, se puede emplear para refrescar en verano.
- Es más saludable al no generar corrientes de polvo.

Cualquiera de las tecnologías propuestas en el estudio es compatible con este equipo emisor de calor. Este aspecto es muy importante y se ha de remarcar que las temperaturas de funcionamiento pueden ser bajas, mejorando el rendimiento y reduciendo costes y emisiones.

El mix propuesto lo forman siempre paneles solares térmicos, en todas las posibles soluciones de instalación térmica, donde se valorará el ahorro y reducción de emisiones. Se estudian diferentes porcentajes de cobertura solar para el ACS demandado por la vivienda, comprobando en cada tecnología el ahorro que supondría.



Se tiene en cuenta la demanda energética anual de ACS de la vivienda, siendo esta 2334 kWh. Los porcentajes valorados son: 30% mínimo por ley si no se emplea otro tipo de tecnología limpia como son en este estudio la biomasa, geotermia y aerotermia, 50%, 70% y 100% de la demanda de ACS. En primer lugar, el objetivo es reducir costes de operación y reducción de emisiones para llegar al consumo energético casi nulo, pero se tiene que tener en cuenta la alta inversión inicial que se debe afrontar y por lo tanto se estudia la viabilidad de los porcentajes de cobertura, ya que en función de uno u otro el precio de la instalación aumenta.

Con los porcentajes de coberturas, citados en el párrafo anterior, se calcula la demanda energética que deja de cubrir cada tecnología. Con sus respectivos rendimientos o COPs se obtiene el consumo de cada una de ellas, para cubrir este porcentaje. Se obtiene el coste de operación anual, y se calcula el coste de operación en 10 años con las respectivas estimaciones de aumento de precio de cada tipo de combustible o energía empleada en cada tecnología, para comprobar que porcentajes y tipos de instalación son amortizables en este periodo de tiempo.

En las siguientes tablas, se muestran los resultados obtenidos:

28. "Tabla comparativa de amortización en función del porcentaje de cobertura solar térmico para ACS" Elaboración propia

Porcentajes de aporte solar								
Demanda anual ACS		2334 kWh						
Porcentajes	Demanda cubierta	Consumo Biomasa	Consumo GN	Consumo GP	Consumo Gasoil	Consumo Geotermia	Consumo Aerotermia	INVERSION
30%	700 kWh	753,00 kWh	836,67 kWh	929,63 kWh	1056,40 kWh	239,31 kWh	88,62 kWh	1.800,00 €
C. operación 10 años	-----	2.821,77 €	3.373,07 €	4.098,93 €	4.514,31 €	3.123,43 €	3.349,04 €	AMORTIZABLE
Amortización	-----	+1.021,77 €	+1.573,07 €	+2.298,93 €	+2.714,31 €	+1.323,43 €	+1.549,04 €	
Ahorro anual	-----	102,18 €	157,31 €	229,89 €	271,43 €	132,34 €	154,90 €	Aerotermia
Reducción emisiones	-----	13,55 kgCO ₂	436,74 kgCO ₂	236,13 kgCO ₂	328,54 kgCO ₂	124,68 kgCO ₂	46,17 kgCO ₂	Geotermia
50%	1167 kWh	1255,00 kWh	1394,45 kWh	1549,38 kWh	1760,66 kWh	398,85 kWh	147,69 kWh	3.000,00 €
C. operación 10 años	-----	3.098,00 €	3.776,47 €	4.803,43 €	5.206,00 €	3.360,41 €	3.736,42 €	AMORTIZABLE
Amortización	-----	+98,00 €	+776,47 €	+1.803,43 €	+2.206,00 €	+360,41 €	+736,42 €	
Ahorro anual	-----	+9,80 €	+77,65 €	+180,34 €	+220,60 €	+36,04 €	+73,64 €	Aerotermia
Reducción emisiones	-----	22,59 kgCO ₂	727,90 kgCO ₂	393,54 kgCO ₂	547,57 kgCO ₂	207,80 kgCO ₂	76,95 kgCO ₂	Geotermia
70%	1634 kWh	1757,00 kWh	1952,22 kWh	2169,14 kWh	2464,93 kWh	558,39 kWh	206,77 kWh	4.200,00 €
C. operación 10 años	-----	3.374,23 €	4.179,87 €	5.507,93 €	5.897,69 €	3.597,39 €	4.123,80 €	NO AMORTIZABLE EN 10 AÑOS
Amortización	-----	-825,77 €	-20,13 €	+1.307,93 €	+1.697,69 €	-602,61 €	-76,20 €	
Ahorro anual	-----	-----	-----	130,79 €	169,77 €	-----	-----	15 AÑOS
Reducción emisiones	-----	31,63 kgCO ₂	1.019,06 kgCO ₂	550,96 kgCO ₂	766,59 kgCO ₂	290,92 kgCO ₂	107,73 kgCO ₂	Geotermia
100%	2334 kWh	2510,00 kWh	2788,89 kWh	3098,77 kWh	3521,33 kWh	797,69 kWh	295,39 kWh	6.000,00 €
C. operación 10 años	-----	3.788,58 €	4.784,98 €	6.564,68 €	6.935,23 €	3.952,86 €	4.704,86 €	NO AMORTIZABLE EN 10 AÑOS
Amortización	-----	-2.211,42 €	-1.215,02 €	+564,68 €	+935,23 €	-2.047,14 €	-1.295,14 €	
Ahorro anual	-----	-----	-----	56,47 €	93,52 €	-----	-----	15 AÑOS
Reducción emisiones	-----	45,18 kgCO ₂	1.455,80 kgCO ₂	787,09 kgCO ₂	1.095,13 kgCO ₂	415,60 kgCO ₂	153,90 kgCO ₂	Geotermia

Los porcentajes de coberturas óptimos son el 30% y 50% en todas las tecnologías. En las tecnologías convencionales (gas natural, gas propano y gasoil) es óptimo su instalación hasta un 70 % de cobertura.

Las tecnologías convencionales se han estudiado con los mismos parámetros que las demás, pero se adelanta que ninguna de ellas entrará dentro de las posibles soluciones de instalación térmica. Ya que la cantidad de CO₂ generado y liberado a la atmosfera por estas tecnologías es mucho más elevado que el resto de tecnologías propuestas y estudiadas.



La instalación de los equipos solares térmicos para coberturas solares de 30% se amortiza a los 7 años, y los equipos para cubrir un 50% de la demanda de ACS en la vivienda a estudio se amortiza en 10 años todos ellos funcionando con equipos generadores de calor denominados renovables. Algunos consiguen la amortización antes o después de este periodo de tiempo, teniendo en cuenta el coste de operación, para cubrir el posible porcentaje sin los equipos de captación solar térmica. Se puede observar en las tablas el año de amortización de cada tecnología estando el coste de operación del año en color verde.

Para las coberturas de 70% y 100% de la demanda de ACS no es posible su amortización hasta transcurridos más de 10 años en tecnologías como la biomasa, geotermia y aerotermia. Estos equipos de captación solar térmica tienen una vida útil de unos 25 años según ciertos fabricantes. Hay que tener en cuenta que es una inversión inicial importante, y en el estudio para conseguir el objetivo de llegar a obtener un consumo energético casi nulo se deberían instalar equipos donde cubran como mínimo el 50% de la demanda de ACS de la vivienda.

A continuación, se muestran las tablas de cálculo para los diferentes porcentajes de cobertura solar propuestos:

29. "Tabla de coste de operación del porcentaje cubierto 30% de ACS por el equipo solar térmico" Elaboración propia

CALCULO DEL COSTE OPERATIVO DE LA INSTALACION 30%							
		SISTEMA CONVENCIONAL					
		BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Rendimiento/COP generador		0,93	0,90	0,90	0,88	4,41	2,70
Demanda anual de energía		700 kWh	700 kWh	700 kWh	700 kWh	700 kWh	700 kWh
Consumo anual de energía		753 kWh	778 kWh	778 kWh	796 kWh	159 kWh	259 kWh
Consumo anual de combustible							
Pellets (5 kWh/Kg)		150,60 kg	---	---	---	---	---
Gas natural		---	778,10 kWh	---	---	---	---
Gas Propano (12,8 kWh/Kg)		---	---	60,79 kg	---	---	---
Gasoil (10 kWh/litro)		---	---	---	79,58 litros	---	---
Electricidad		---	---	---	---	158,64 kWh	259,32 kWh
Coste de producción de energía							
Coste unitario combustible		0,24 €/Kg.	0,059 €/kWh	1,2 €/Kg.	0,9 €/litro	0,17 €/kWh	0,17 €/kWh
Coste combustible 1er año		36,14 €	45,91 €	72,95 €	71,62 €	26,97 €	44,08 €
Aumento precio estimado (%)		3,00%	6,00%	8,00%	8,00%	6,00%	6,00%
Otros costes fijos		210,00 €	210,00 €	210,00 €	240,00 €	210,00 €	210,00 €
Mantenimientos		120,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	120,00 €	120,00 €
Revisiones		90,00 €	60,00 €	60,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €
COSTE PRIMER AÑO		246,14 €	255,91 €	282,95 €	311,62 €	236,97 €	254,08 €

Coste operativo por año para una cobertura solar para demanda de ACS 30%

30. "Tabla coste operativo anual para una cobertura solar térmica de 30% ACS" Elaboración propia

	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Año 1	246,14 €	255,91 €	282,95 €	311,62 €	236,97 €	254,08 €
Año 2	253,53 €	271,26 €	305,58 €	336,55 €	251,19 €	269,33 €
Año 3	261,13 €	287,54 €	330,03 €	363,47 €	266,26 €	285,49 €
Año 4	268,97 €	304,79 €	356,43 €	392,55 €	282,23 €	302,62 €
Año 5	277,04 €	323,08 €	384,95 €	423,96 €	299,17 €	320,78 €
Año 6	285,35 €	342,46 €	415,74 €	457,87 €	317,12 €	340,02 €
Año 7	293,91 €	363,01 €	449,00 €	494,50 €	336,14 €	360,42 €



Año 8	302,73 €	384,79 €	484,92 €	534,06 €	356,31 €	382,05 €
Año 9	311,81 €	407,88 €	523,72 €	576,79 €	377,69 €	404,97 €
Año 10	321,16 €	432,35 €	565,61 €	622,93 €	400,35 €	429,27 €
TOTAL	2.821,77 €	3.373,07 €	4.098,93 €	4.514,31 €	3.123,43 €	3.349,04 €
	Amortizado					

A partir de la celda en color verde, correspondiendo al año de la amortización, el ahorro obtenido al tener instalado los equipos de captación solar térmico es el precio de coste de operación que resultaría según el tipo de tecnología indicado.

31. "Tabla de coste de operación del porcentaje cubierto 50% de ACS por el equipo solar térmico" Elaboración propia

CALCULO DEL COSTE OPERATIVO DE LA INSTALACION 50%							
		SISTEMA CONVENCIONAL					
		BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Rendimiento/COP generador		0,93	0,90	0,90	0,88	4,41	2,70
Demanda anual de energía		1167 kWh	1167 kWh	1167 kWh	1167 kWh	1167 kWh	1167 kWh
Consumo anual de energía		1255 kWh	1297 kWh	1297 kWh	1326 kWh	264 kWh	432 kWh
Consumo anual de combustible							
Pellets (5 kWh/Kg)		251,00 kg	----	----	----	----	----
Gas natural		----	1296,83 kWh	----	----	----	----
Gas Propano (12,8 kWh/Kg)		----	----	101,32 kg	----	----	----
Gasoil (10 kWh/litro)		----	----	----	132,63 litros	----	----
Electricidad		----	----	----	----	264,40 kWh	432,20 kWh
Coste de producción de energía							
Coste unitario combustible		0,24 €/Kg.	0,059 €/kWh	1,2 €/Kg.	0,9 €/litro	0,17 €/kWh	0,17 €/kWh
Coste combustible 1er año		60,24 €	76,51 €	121,58 €	119,37 €	44,95 €	73,47 €
Aumento precio estimado (%)		3,00%	6,00%	8,00%	8,00%	6,00%	6,00%
Otros costes fijos		210,00 €	210,00 €	210,00 €	240,00 €	210,00 €	210,00 €
Mantenimientos		120,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	120,00 €	120,00 €
Revisiones		90,00 €	60,00 €	60,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €
COSTE PRIMER AÑO		270,24 €	286,51 €	331,58 €	359,37 €	254,95 €	283,47 €

Coste operativo por año para una cobertura solar para demanda de ACS 50%

32. "Tabla coste operativo anual para una cobertura solar térmica de 50% ACS" Elaboración propia

	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Año 1	270,24 €	286,51 €	331,58 €	359,37 €	254,95 €	283,47 €
Año 2	278,35 €	303,70 €	358,10 €	388,12 €	270,24 €	300,48 €
Año 3	286,70 €	321,93 €	386,75 €	419,17 €	286,46 €	318,51 €
Año 4	295,30 €	341,24 €	417,69 €	452,70 €	303,65 €	337,62 €
Año 5	304,16 €	361,72 €	451,11 €	488,92 €	321,87 €	357,88 €
Año 6	313,28 €	383,42 €	487,20 €	528,03 €	341,18 €	379,35 €
Año 7	322,68 €	406,42 €	526,17 €	570,27 €	361,65 €	402,11 €
Año 8	332,36 €	430,81 €	568,27 €	615,89 €	383,35 €	426,24 €
Año 9	342,33 €	456,66 €	613,73 €	665,16 €	406,35 €	451,81 €
Año 10	352,60 €	484,06 €	662,83 €	718,38 €	430,73 €	478,92 €
TOTAL	3.098,00 €	3.776,47 €	4.803,43 €	5.206,00 €	3.360,41 €	3.736,42 €
	Amortizado					



Cuanto más porcentaje de demanda de ACS se intente cubrir con los paneles solares térmicos, mayor tiempo tiene que transcurrir para recuperar la inversión inicial realizada y amortizar la instalación.

33. "Tabla de coste de operación del porcentaje cubierto 70% de ACS por el equipo solar térmico" Elaboración propia

CALCULO DEL COSTE OPERATIVO DE LA INSTALACION 70%							
		SISTEMA CONVENCIONAL					
		BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Rendimiento/COP generador		0,93	0,90	0,90	0,88	4,41	2,70
Demanda anual de energía		1634 kWh	1634 kWh	1634 kWh	1634 kWh	1634 kWh	1634 kWh
Consumo anual de energía		1757 kWh	1816 kWh	1816 kWh	1857 kWh	370 kWh	605 kWh
Consumo anual de combustible							
Pellets (5 kWh/Kg)		351,40 kg	---	---	---	---	---
Gas natural		---	1815,57 kWh	---	---	---	---
Gas Propano (12,8 kWh/Kg)		---	---	141,84 kg	---	---	---
Gasoil (10 kWh/litro)		---	---	---	185,68 litros	---	---
Electricidad		---	---	---	---	370,16 kWh	605,08 kWh
Coste de producción de energía							
Coste unitario combustible		0,24 €/Kg.	0,059 €/kWh	1,2 €/Kg.	0,9 €/litro	0,17 €/kWh	0,17 €/kWh
Coste combustible 1er año		84,34 €	107,12 €	170,21 €	167,11 €	62,93 €	102,86 €
Aumento precio estimado (%)		3,00%	6,00%	8,00%	8,00%	6,00%	6,00%
Otros costes fijos		210,00 €	210,00 €	210,00 €	240,00 €	210,00 €	210,00 €
Mantenimientos		120,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	120,00 €	120,00 €
Revisiones		90,00 €	60,00 €	60,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €
COSTE PRIMER AÑO		294,34 €	317,12 €	380,21 €	407,11 €	272,93 €	312,86 €

Coste operativo por año para una cobertura solar para demanda de ACS 70%

34. "Tabla coste operativo anual para una cobertura solar térmica de 50% ACS" Elaboración propia

	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Año 1	294,34 €	317,12 €	380,21 €	407,11 €	272,93 €	312,86 €
Año 2	303,17 €	336,15 €	410,63 €	439,68 €	289,30 €	331,64 €
Año 3	312,26 €	356,31 €	443,48 €	474,86 €	306,66 €	351,53 €
Año 4	321,63 €	377,69 €	478,95 €	512,85 €	325,06 €	372,63 €
Año 5	331,28 €	400,35 €	517,27 €	553,88 €	344,56 €	394,98 €
Año 6	341,22 €	424,38 €	558,65 €	598,19 €	365,24 €	418,68 €
Año 7	351,45 €	449,84 €	603,34 €	646,04 €	387,15 €	443,80 €
Año 8	362,00 €	476,83 €	651,61 €	697,72 €	410,38 €	470,43 €
Año 9	372,86 €	505,44 €	703,74 €	753,54 €	435,00 €	498,66 €
Año 10	384,04 €	535,77 €	760,04 €	813,82 €	461,10 €	528,58 €
TOTAL	3.374,23 €	4.179,87 €	5.507,93 €	5.897,69 €	3.597,39 €	4.123,80 €
Año 11	395,56 €	567,91 €	820,84 €	878,93 €	488,77 €	560,29 €
Año 12	407,43 €	601,99 €	886,51 €	949,24 €	518,10 €	593,91 €
Año 13	419,65 €	638,10 €	957,43 €	1.025,18 €	549,18 €	629,54 €
Año 14	432,24 €	676,39 €	1.034,03 €	1.107,20 €	582,13 €	667,32 €
Año 15	445,21 €	716,97 €	1.116,75 €	1.195,78 €	617,06 €	707,36 €
TOTAL	5.474,33 €	7.381,24 €	10.323,49 €	11.054,03 €	6.352,63 €	7.282,21 €
	Amortizado					



35. "Tabla de coste de operación del porcentaje cubierto 70% de ACS por el equipo solar térmico" Elaboración propia

CALCULO DEL COSTE OPERATIVO DE LA INSTALACION 100%							
		SISTEMA CONVENCIONAL					
		BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Rendimiento/COP generador		0,93	0,90	0,90	0,88	4,41	2,70
Demanda anual de energía		2334 kWh	2334 kWh	2334 kWh	2334 kWh	2334 kWh	2334 kWh
Consumo anual de energía		2510 kWh	2594 kWh	2594 kWh	2653 kWh	529 kWh	864 kWh
Consumo anual de combustible							
Pellets (5 kWh/Kg)		502,00 kg	----	----	----	----	----
Gas natural		----	2593,67 kWh	----	----	----	----
Gas Propano (12,8 kWh/Kg)		----	----	202,63 kg	----	----	----
Gasoil (10 kWh/litro)		----	----	----	265,26 litros	----	----
Electricidad		----	----	----	----	528,80 kWh	864,40 kWh
Coste de producción de energía							
Coste unitario combustible		0,24 €/Kg.	0,059 €/kWh	1,2 €/Kg.	0,9 €/litro	0,17 €/kWh	0,17 €/kWh
Coste combustible 1er año		120,48 €	153,03 €	243,16 €	238,74 €	89,90 €	146,95 €
Aumento precio estimado (%)		3,00%	6,00%	8,00%	8,00%	6,00%	6,00%
Otros costes fijos		210,00 €	210,00 €	210,00 €	240,00 €	210,00 €	210,00 €
Mantenimientos		120,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	120,00 €	120,00 €
Revisiones		90,00 €	60,00 €	60,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €
COSTE PRIMER AÑO		330,48 €	363,03 €	453,16 €	478,74 €	299,90 €	356,95 €

Coste operativo por año para una cobertura solar para demanda de ACS **100%**

36. "Tabla coste operativo anual para una cobertura solar térmica de 50% ACS" Elaboración propia

	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Año 1	330,48 €	363,03 €	453,16 €	478,74 €	299,90 €	356,95 €
Año 2	340,39 €	384,81 €	489,41 €	517,03 €	317,89 €	378,37 €
Año 3	350,61 €	407,90 €	528,56 €	558,40 €	336,96 €	401,07 €
Año 4	361,12 €	432,37 €	570,85 €	603,07 €	357,18 €	425,13 €
Año 5	371,96 €	458,31 €	616,51 €	651,31 €	378,61 €	450,64 €
Año 6	383,12 €	485,81 €	665,84 €	703,42 €	401,33 €	477,68 €
Año 7	394,61 €	514,96 €	719,10 €	759,69 €	425,41 €	506,34 €
Año 8	406,45 €	545,86 €	776,63 €	820,47 €	450,93 €	536,72 €
Año 9	418,64 €	578,61 €	838,76 €	886,11 €	477,99 €	568,92 €
Año 10	431,20 €	613,33 €	905,86 €	956,99 €	506,67 €	603,06 €
TOTAL	3.788,58 €	4.784,98 €	6.564,68 €	6.935,23 €	3.952,86 €	4.704,86 €
Año 11	444,14 €	650,13 €	978,33 €	1.033,55 €	537,07 €	639,24 €
Año 12	457,46 €	689,13 €	1.056,60 €	1.116,24 €	569,29 €	677,59 €
Año 13	471,19 €	730,48 €	1.141,13 €	1.205,54 €	603,45 €	718,25 €
Año 14	485,32 €	774,31 €	1.232,42 €	1.301,98 €	639,65 €	761,35 €
Año 15	499,88 €	820,77 €	1.331,01 €	1.406,14 €	678,03 €	807,03 €
TOTAL	6.146,57 €	8.449,79 €	12.304,16 €	12.998,68 €	6.980,35 €	8.308,32 €
	Amortizado					



Los equipos auxiliares quedan definidos por los paneles solares térmicos. Se opta por que aporten un 70% de la demanda de ACS de la vivienda a estudio. Al utilizar un equipo emisor como el suelo radiante, los sistemas convencionales quedan descartados porque se utilizarán equipos de acumulación de calor, tanto para el ACS como para la calefacción de la vivienda. Se trabajará continuamente sin precisar de arranques rápidos y se necesita reducir los consumos y las emisiones de gases contaminantes.

En este punto, se valora con una tabla comparativa cuál de estas tecnologías es más óptima a la hora de generar el calor necesario para aclimatar la vivienda estudio teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y medioambientales.

37. "Tabla comparativa de puntuación entre las tecnologías estudiadas" *Elaboración propia*

	Emisiones	Inversión	Coste de operatividad	Consumo	TOTAL
Gas Natural	0	2	1	0	3
Gas Propano	0	1	0	0	1
Gasoil	0	1	0	0	1
Biomasa	3	2	2	0	7
Geotermia	2	0	3	2	7
Aerotermia	1	1	1	1	4

**Siendo 0 el más desfavorable y el 3 el más favorable.*

Las notas más altas las obtienen tecnologías alternativas, como era de esperar, teniendo en cuenta los aspectos citados anteriormente.

Un tema a debatir es el empleo de la biomasa. Por legislación, es denominada una energía alternativa y limpia porque se considera, que el combustible utilizado para generar calor, ha absorbido una cantidad de CO₂ en su crecimiento casi proporcional a la cantidad de CO₂ que emite en su combustión. Como opinión personal no me parece una tecnología respetuosa con el medio ambiente, tratamos de solucionar los errores cometidos como son la emisión de gases contaminantes. Por lo tanto, empleando este tipo de tecnologías no respetamos el medio ambiente, seguimos emitiendo gases perjudiciales.

Ya se han descartado todas las tecnologías, excepto dos, para la generación de calor de la vivienda unifamiliar a estudio.

Instalar una bomba de calor es la solución más óptima y respetuosa con el medio ambiente. El modo de funcionamiento de la geotermia y de la aerotermia difiere entre ambas tecnologías. Como se ha mostrado anteriormente en los cálculos facilitados, la diferencia entre la inversión y el gasto, combinado con la emisión de gases contaminantes, hace difícil la elección de una de estas tecnologías como equipo generador de calor.

38. "tabla comparativa entre las tecnologías escogidas como solución" *Elaboración propia*

	Inversión	Coste 10 años	Emisiones CO₂
Geotermia	16.650,00 €	4.949,75 €	507 kg CO ₂
Aerotermia	9.560,00 €	6.334,46 €	829 kg CO ₂
Diferencia	7.090,00 €	-1.384,70 €	-322 kg CO₂



La Geotermia presenta una alta inversión inicial comparándola con la aerotermia, es un punto a favor para instalar la bomba de calor de aerotermia. El coste de operatividad a 10 años se ve beneficiada la geotermia, principalmente por el alto COP que presenta este tipo de bombas geotérmica. Ahora bien, comparando la diferencia de inversión entre ambas tecnologías, 7090 € más barato la aerotermia, y el coste de operatividad en **10 años** con un ahorro de 1384.70 € con la geotermia respecto a la aerotermia, se precisaría alrededor de unos 40 años para equiparar la inversión y los costes de operatividad. En cuanto a las emisiones de CO₂, la bomba geotérmica es mucho más respetuosa con el medio emitiendo 507 kg de CO₂ en comparación con los 829 kg que emite la bomba de aerotermia.

Los siguientes pros y contras, comparando ambas tecnologías, pueden ayudar a tomar la decisión de cuál de estas tecnologías será el equipo generador de la vivienda estudiada.

39. "Tabla comparativa de pro y contras entre las tecnologías escogidas como solución" Elaboración propia

	GEOTERMIA	AEROTERMIA
Facilidad de montaje, revisión y mantenimiento	0	3
Funcionamiento óptimo en cualquier mes del año	3	1
Afección del sistema generador a la estética de la vivienda	3	1
Afecta la ubicación de la vivienda	2	2
TOTAL	8	7

Con la geotermia la temperatura de la fuente de calor es constante, mientras que en la aerotermia los COPs en los meses de invierno disminuyen, lo que ocurre es que en días y noches frías el consumo eléctrico de este tipo de bomba de calor aire-agua sería similar a la energía consumida. Pero este no sería el mayor problema, cuando la temperatura exterior baje, también bajara la temperatura de la unidad interior del equipo y por lo tanto la potencia de calefacción disminuirá de manera que o se sobre dimensiona la instalación para evitar este problema los meses de invierno o no habrá potencia suficiente.

Con temperaturas extremas estos equipos se paran y dejan de funcionar por motivos de seguridad, para no destruirlos.

Conclusión: En zonas cálidas donde la temperatura demandada no es muy elevada, como son los 35°C necesarios para la climatización de la vivienda mediante suelo radiante la aerotermia es una buena opción, porque el ahorro es importante y el coste del equipo no es muy elevado.

Pero en zonas con mayor demanda y variaciones importantes de temperatura entre el verano e invierno, la geotermia es la mejor opción.

APORTACION DE LA SIMULACION DEL MURO TROMBE

En este estudio se ha simulado la incorporación de un sistema pasivo solar llamada muro Trombe. Con este dispositivo, se consigue un ahorro en calefacción en los meses de invierno y un ahorro en refrigeración en los meses de verano debido a su doble funcionalidad explicado



anteriormente. Con su incorporación a la estructura de la vivienda, se consigue llegar aún más a un consumo energético casi nulo, reduciendo así los costes de climatización de la vivienda y las emisiones de CO₂ que se producirían sin este elemento.

En el anexo número 4º "Muro Trombe" se aporta información de este dispositivo pasivo instalada en el muro sur de la vivienda estudio, aportando parámetros de entrada y utilizando modelos de radiación solar, calculados por el programa en función de las coordenadas pertenecientes al municipio cántabro de Ribamontan al Mar.

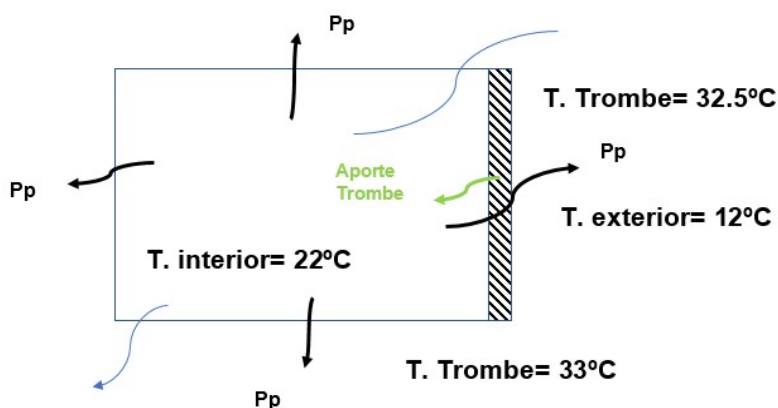
Con esta simulación se quiere obtener el valor de la temperatura que llega a alcanzar el aire, situado entre la capa de cristal en contacto con el exterior y el cerramiento de la fachada de la vivienda. Este aire a una determinada temperatura, suministra la calefacción exclusivamente a las estancias contiguas de la cara sur de la vivienda. En este estudio se obtiene aporte de calefacción a las estancias de salón-comedor, cocina y las habitaciones de la primera planta.

40. "Tabla de datos de temperatura obtenido en ansys" Elaboración propia

Maximum of Facet Values Static Temperature	(K)
aire_in	283.85309
aire_interior	305.50974
aire_lateral	291.90979
aire_out	299.50317
cristal_aire	287.03827
cristal_aire-shadow	287.03827
cristal_aire-shadow	287.03827
cristal_exterior	287.01785
cristal_lateral	286.99683
interior-aire	295.57373
interior-cristal	287.02997
Net	305.50974

El resultado obtenido son 305.50 K obtenidos en el mes de noviembre a las 14:00 h. Este valor se considera máximo ya que es mayor la incidencia de la radiación solar, con el este valor se puede llegar a calcular el aporte que supondría la instalación de este dispositivo en la vivienda a estudio.

Para ello se calculan las pérdidas de calor, a través de los diferentes cerramientos que conforman las habitaciones contiguas al muro Trombe. En la siguiente representación se escenifica de forma simplificada las pérdidas sufridas y el aporte del muro en función de la temperatura interna y externa. Se ha considerado una temperatura de 12°C como temperatura ambiente, datos obtenidos de la agencia estatal de meteorología.



46. "Esquema de pérdidas térmicas y aportación del muro Trombe con las estancias contiguas a él" Elaboración propia



*Siendo P_p las pérdidas sufridas por los cerramientos de las estancias contiguas al muro Trombe.

*Siendo P_v las pérdidas sufridas por ventilación.

Las formulas utilizadas para calcular las pérdidas son las siguientes:

$$P_p = U * A * \Delta T$$

$$P_v = Q * \rho * C_e * \Delta T$$

*Siendo U el coeficiente de intercambio térmico, A superficie de los cerramientos, ΔT diferencia de temperaturas entre el interior-exterior, Q caudal, ρ densidad del aire, C_e calor específico del aire.

Los resultados han sido obtenidos mediante hojas de cálculo programas, que se muestran en la siguiente tabla:

41. "Tabla de cálculo de pérdidas de las estancias contiguas al muro Trombe" Elaboración propia

Calculo de las pérdidas de las estancias contiguas al muro Trombe

	U (W/m ² °C)	Text (°C)	Tint (°C)	Superficie (m ²)	Pp (W)	Pv (W)	Ptotal (kW)
FACHADA	0,28	12	22	125,7	351,96	182,73	0,80
FORJADO	0,34	18	22	117	159,12		
CUBIERTA	0,34	12	22	32,57	110,738		

*la temperatura de confort optima dentro de la vivienda es considerada 22°C

Densidad aire 1,29 kg/m³
Velocidad 0,05090 m/s
Sección 0,2723 m²

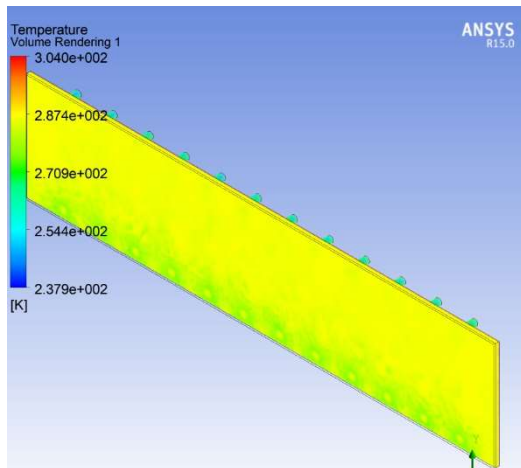
Los valores de la densidad del aire, la velocidad a la que se mueve y la sección de los orificios es necesaria para el cálculo de perdidas por ventilación, formula facilitada anteriormente. Estos datos presentados en términos de potencia conforman el computo global de las pérdidas de calor sufridas por las estancias contiguas al muro Trombe. A continuación, se expresan las ganancias de calor que aporta el muro Trombe en la vivienda a estudio.

42. "Tabla aporte térmico proporcionado por el muro Trombe" Elaboración propia

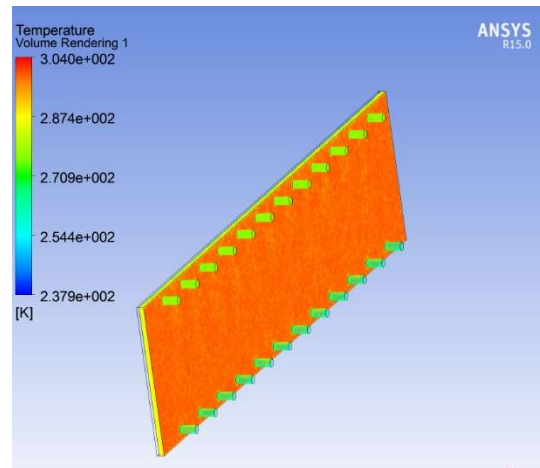
	U (W/m ² °C)	Text (°C)	Tint (°C)	Superficie (m ²)	Aporte (W)	Porcentaje cubierto%
TROMBE	0,28	32,5	22	60	-176,4	21,93

La temperatura de 32.5 °C es la temperatura que alcanza el aire ubicado entre el cristal y el muro, la cual es obtenida en la simulación mediante elementos finitos en ANSYS. Como resultado final se obtiene que el muro aporta un 22% en términos de potencia de las estancias contiguas a él. Es un valor a tener en cuenta para comprobar el aporte de este dispositivo.

En las siguientes imágenes se muestran visualmente la temperatura alcanzada en la cámara de aire del muro Trombe simulada con el software de elementos finitos ANSYS.



47. "Temperaturas del aire de la parte frontal obtenidos en la simulación de ANSYS" Elaboración propia

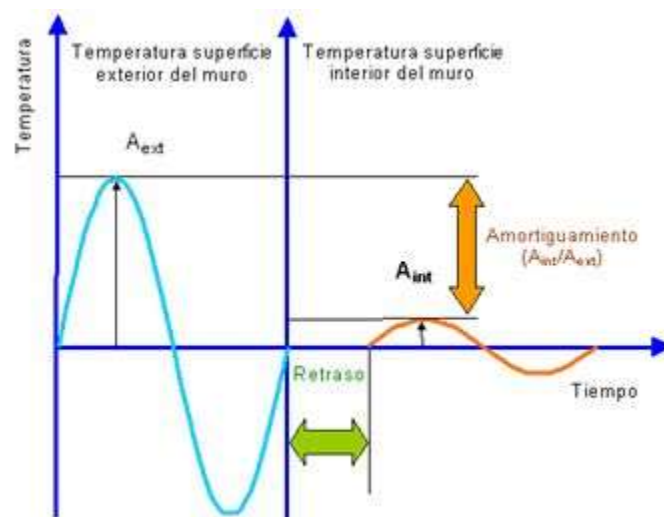


48. "Temperaturas del aire de la parte interior obtenidos en la simulación de ANSYS" Elaboración propia

AMORTIGUACIÓN DE LA ONDA TERMICA Y DEFASE TERMICO DEL MURO TROMBE

En el transcurso de un día la temperatura exterior varía entre la temperatura máxima en las horas centrales y la temperatura mínima en las horas nocturnas. Se suele considerar la variación de la temperatura como una curva senoide. La amplitud de la curva es la diferencia entre la temperatura media y la temperatura máxima o mínima. El periodo de la onda térmica es de 24 horas. La amplitud de la onda térmica en el exterior se altera al atravesar el elemento constructivo, convirtiéndose en una onda térmica con una amplitud atenuada. Aparte, la onda térmica sufre un desfase temporal.

Los parámetros que caracterizan el comportamiento de un cerramiento frente a variaciones de temperatura en el exterior son la amortiguación de la onda térmica (%) y el desfase térmico (horas).



49. "Representación del desfase de la onda térmica y el amortiguamiento" Fuente: climablock.com



Se ha calculado el valor del desfase térmico del muro Trombe en función del cerramiento propuesto. Previamente se ha realizado una media ponderada de las diferentes capas de materiales que conforman el cerramiento dando como resultado:

43. "Tabla de cálculo de propiedades del cerramiento según las capas que lo conforman, calculando su media ponderada" elaboración propia

	e (m)	λ (W/m°C)	ρ (kg/m ³)	CP (kJ/kg°C)
Aplacado Gres	0,020	2,3	2500	1
Mortero	0,015	0,4	875	1
Ladrillo 1/2 pie	0,115	0,512	900	1
Cámara de aire				
XPS	0,080	0,032	38	1
LHD	0,090	0,212	630	1
Total, x	0,32	0,41	707,39	1

Una vez definidos los valores del cerramiento se procede al cálculo del desfase de la onda térmica y el amortiguamiento de la onda térmica producida por el muro Trombe.

$$d = 0.53 * \frac{T}{2} * \sqrt{\frac{\rho * Ce}{\pi * \lambda * T}} * e$$

*Siendo T el periodo de 24 h

*Siendo ρ la densidad del muro kg/m³

*Siendo Ce el calor específico en kJ/kg

$$f = 1 - e^{(-0.53 * \sqrt{\frac{\pi * \rho * Ce}{\lambda * T}} * e}$$

*Siendo λ la conductividad W/m°C

*Siendo e el espesor m

Obteniendo unos valores de desfase de onda térmica y amortiguación de la onda térmica de:

Desfase onda térmica	9,69 horas
Amortiguación de onda térmica	92,18%

Una vez definido el desfase y la amortiguación, con ansys se obtiene los valores de la radiación difusa sobre superficies verticales y la radiación reflejada sobre el suelo. Estos valores son de gran importancia para calcular el aporte de energía que recibe el muro procedente del sol. Esto es posible, ya que ANSYS con el modelo "solar tracking" es capaz de calcular dichos valores según la ubicación de la simulación, facilitando previamente las siguientes coordenadas cartesianas.

- Longitud= 43. 4737°
- Latitud= -3. 6784°



Para el cálculo de aporte de energía, se ha simulado el día 15 de cada mes y en la franja horaria de horas de luz desde las 12 h hasta las 17 h. Dando valores de W/m^2 en cada hora y multiplicando por la superficie de muro Trombe disponible se obtiene el aporte energético que recibe el muro.

Noviembre	Radiacion difusa- superficie vertical	Radiacion solar reflejada en el suelo
12:00	51,1588 W/m ²	102,0150 W/m ²
13:00	59,2480 W/m ²	89,4500 W/m ²
14:00	66,1654 W/m ²	70,3163 W/m ²
15:00	67,3293 W/m ²	45,9838 W/m ²
16:00	51,9372 W/m ²	18,5067 W/m ²
17:00	0,0000 W/m ²	0,0000 W/m ²
DIA	0,30 kWh/m ²	0,33 kWh/m ²
MES	8,88 kWh/m ²	9,79 kWh/m ²
Aporte	914 kWh	

Enero	Radiacion difusa- superficie vertical	Radiacion solar reflejada en el suelo
12:00	49,6334 W/m ²	105,0340 W/m ²
13:00	56,4651 W/m ²	95,5240 W/m ²
14:00	63,8971 W/m ²	79,0384 W/m ²
15:00	67,8928 W/m ²	56,7412 W/m ²
16:00	61,7604 W/m ²	30,3238 W/m ²
17:00	19,2219 W/m ²	3,5623 W/m ²
DIA	0,32 kWh/m ²	0,37 kWh/m ²
MES	9,57 kWh/m ²	11,11 kWh/m ²
Aporte	1.007 kWh	

Marzo	Radiacion difusa- superficie vertical	Radiacion solar reflejada en el suelo
12:00	45,3531 W/m ²	106,9580 W/m ²
13:00	55,4893 W/m ²	97,0064 W/m ²
14:00	64,9886 W/m ²	79,8139 W/m ²
15:00	70,1388 W/m ²	56,5922 W/m ²
16:00	63,3475 W/m ²	29,1008 W/m ²
17:00	12,1621 W/m ²	1,9046 W/m ²
DIA	0,31 kWh/m ²	0,37 kWh/m ²
MES	9,34 kWh/m ²	11,14 kWh/m ²
Aporte	995 kWh	

Diciembre	Radiacion difusa- superficie vertical	Radiacion solar reflejada en el suelo
12:00	47,8393 W/m ²	102,0420 W/m ²
13:00	54,1686 W/m ²	90,9651 W/m ²
14:00	60,3219 W/m ²	73,2591 W/m ²
15:00	62,4461 W/m ²	50,1900 W/m ²
16:00	52,9866 W/m ²	23,6028 W/m ²
17:00	1,7804 W/m ²	0,2224 W/m ²
DIA	0,28 kWh/m ²	0,34 kWh/m ²
MES	8,39 kWh/m ²	10,21 kWh/m ²
Aporte	901 kWh	

Febrero	Radiacion difusa- superficie vertical	Radiacion solar reflejada en el suelo
12:00	41,7633 W/m ²	108,5470 W/m ²
13:00	49,7390 W/m ²	99,2965 W/m ²
14:00	58,0295 W/m ²	82,7478 W/m ²
15:00	63,1883 W/m ²	60,0660 W/m ²
16:00	59,3757 W/m ²	32,9492 W/m ²
17:00	23,1103 W/m ²	4,8515 W/m ²
DIA	0,30 kWh/m ²	0,39 kWh/m ²
MES	8,86 kWh/m ²	11,65 kWh/m ²
Aporte	986 kWh	

Aporte	4.804 kWh
---------------	------------------

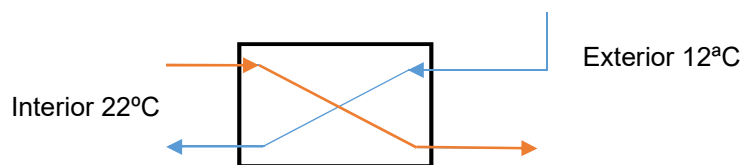
El aporte obtenido es muy elevado, se debe aclarar que es la cantidad de energía recibida del sol en invierno, pero no la aprovechada, ya que parte de esta energía es reflejada por el cristal (en pequeñas proporciones) y mucha energía emitida por el muro Trombe, el cual en su parte exterior se comporta como un cuerpo negro, ya que esta pintado de este color, que alcanza alta temperatura y se comporta como un emisor de energía. En este campo entra la amortiguación de la onda térmica calculada previamente, ya que el valor de energía amortiguada del muro asciende hasta el 82% de la recibida, dando un aporte final al interior de la vivienda de **376 kWh**.

Como conclusión de los valores obtenidos se puede afirmar que el muro Trombe tiene muy buena capacidad de acumulación de inercia térmica que es capaz de devolver el calor acumulado en su interior transcurridas 9.7 horas. Esto facilita una calefacción nocturna gratuita.



Por otra parte, el valor de la amortiguación es elevado y mucho calor es cedido al exterior solo siendo aprovechable un 8% del calor almacenado del muro. Se tiene que observar que los muros de inercia térmica conllevan a proporcionar un confort térmico óptimo dentro de la vivienda y aportando un porcentaje de la energía acumulada durante el día, reduciendo así el consumo en climatización de la vivienda.

Una mejora que se puede plantear para reducir las pérdidas producidas por la ventilación, es crear un flujo cruzado en el que se intercambie el calor del aire del interior de la vivienda que se va a evacuar, con el aire del exterior que se introduce dentro para la renovación del mismo.



50. Esquema de flujo cruzado para la ventilación de la vivienda" Elaboración propia

Con este sistema se consigue introducir el aire externo a mayor temperatura que la ambiente, así se aprovecha parte de la energía que liberamos al exterior de la vivienda.

La situación ideal de funcionamiento de las viviendas, tanto como la vivienda unifamiliar estudiada y viviendas en bloque o pisos, sería obtener energía eléctrica de forma limpia, para así llegar a ser una vivienda sostenible y autosuficiente. Esta situación se conseguiría con la instalación de equipos de captación solar fotovoltaica o bien instalando equipos de mini eólica que aprovechan la energía del viento para producir energía eléctrica. Estos equipos se complementarían con la instalación de baterías para uso doméstico para cubrir determinados momentos del día donde ninguna de las tecnologías funcione en ese preciso instante. Existen muchas empresas que avanzan cada día más rápido para desarrollar este tipo de sistemas, como TESLA.

Instalar estos equipos supondría no emitir gases contaminantes a nuestra atmosfera.

8. Conclusión

La conclusión de este estudio se puede abordar desde diferentes aspectos. En primer lugar, la valoración en la instalación de equipos generadores de calor es un aspecto muy importante, ya que en la mayoría de los casos solo se tiene en cuenta la inversión inicial que se debe de realizar y equipos con alta inversión inicial suelen ser rechazados sin realizar una valoración o estudio comparativo al respecto, los cuales son equipos con una mayor eficiencia y un menor gasto de operación. Esto muchas veces conlleva a equivocaciones, principalmente por los precios que se pagan por la energía actualmente y que tienden al alza.

Actualmente, con dos problemas principales que son la crisis económica y el cambio climático, cada vez más representativo, se debería cambiar la forma de vida que tenemos actualmente. Los hogares son grandes consumidores de energía, se deberían realizar viviendas con alta eficiencia energética, bajos consumos y tender a innovar para respetar el medio ambiente el cual está fuertemente castigado. Este punto de vista ecológico es el de mayor importancia, ya que el objetivo común de la sociedad debería ser mantener lo que es de todos.

El último punto, pero no menos importante, es la metodología de construcción. Como ya se ha comentado en este estudio, la demanda de una vivienda aumenta o disminuye en función de la calidad de los cerramientos empleados en la construcción de una vivienda. La envolvente deber ser capaz de preservar un estado de confort térmico óptimo en su interior, cediendo lo



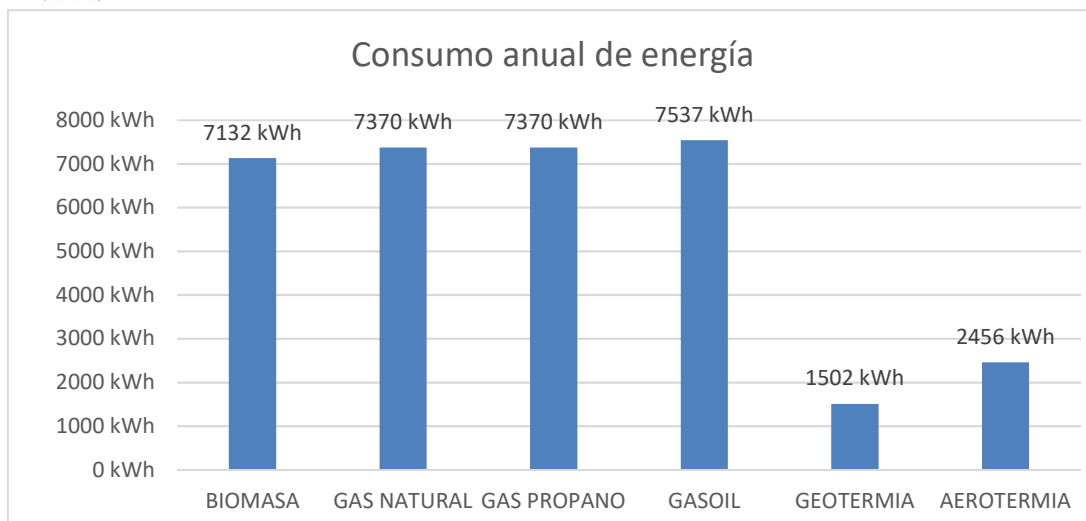
mínimo posible al exterior para así no aumentar el consumo en la climatización de la vivienda. Dispositivos de captación solar pasivos tiene un gran potencial, pero actualmente no se están promoviendo de una manera general. Si es cierto, que existen ciertos modelos de casas pasivas con alta eficiencia energética que proporcionan unos consumos de energía muy bajos. Esta forma de construcción es una manera correcta y respetuosa de edificación con el medio ambiente, son la línea a seguir.

Como resumen final, se expone a continuación los valores obtenidos de las tecnologías escogidas y estudiadas, donde se puede apreciar la gran diferencia entre las tecnologías escogidas como solución final a la climatización de la vivienda, anteriormente explicado. Haciendo un balance de ahorro con equipos básicos hasta la suma de diferentes mejoras para llegar a un consumo mucho menor.

A continuación, se muestran las graficas obtenidas mediante una hoja de cálculo del consumo de energía, sin aporte solar térmico de ACS para cada tecnología, cubriendo una demanda de 6633 kWh. Se añade también, unos costes de operatividad para cubrir esta demanda, y las emisiones de CO₂ de cada tipo de equipo generador de calor.

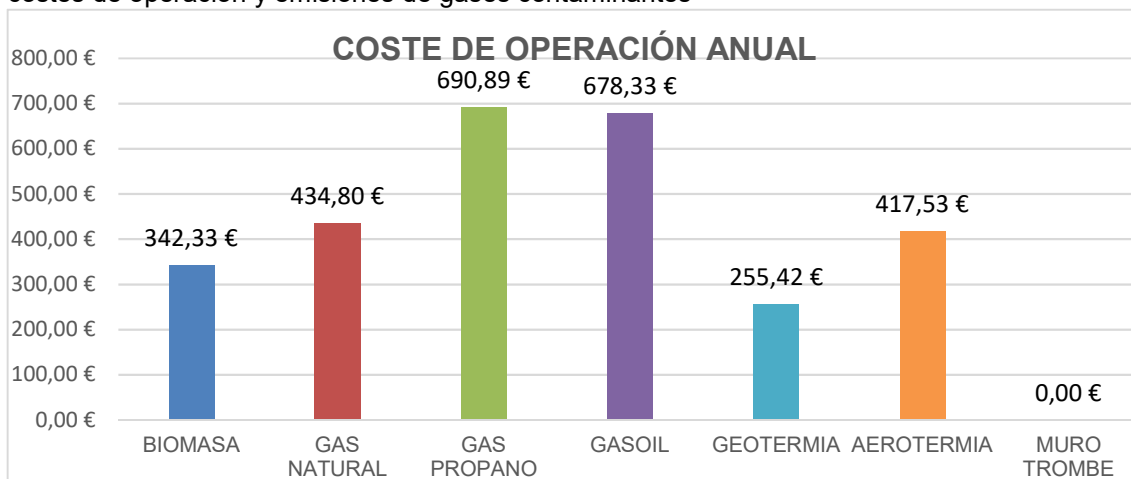
Después se implementarán las gráficas resultantes con una cobertura solar térmica de un 70% de la demanda de ACS que reducirán el gasto energético de la vivienda a estudio.

Por último, Se facilitan las gráficas del aporte correspondiente al muro Trombe situado en la pared sur de la vivienda a estudio.

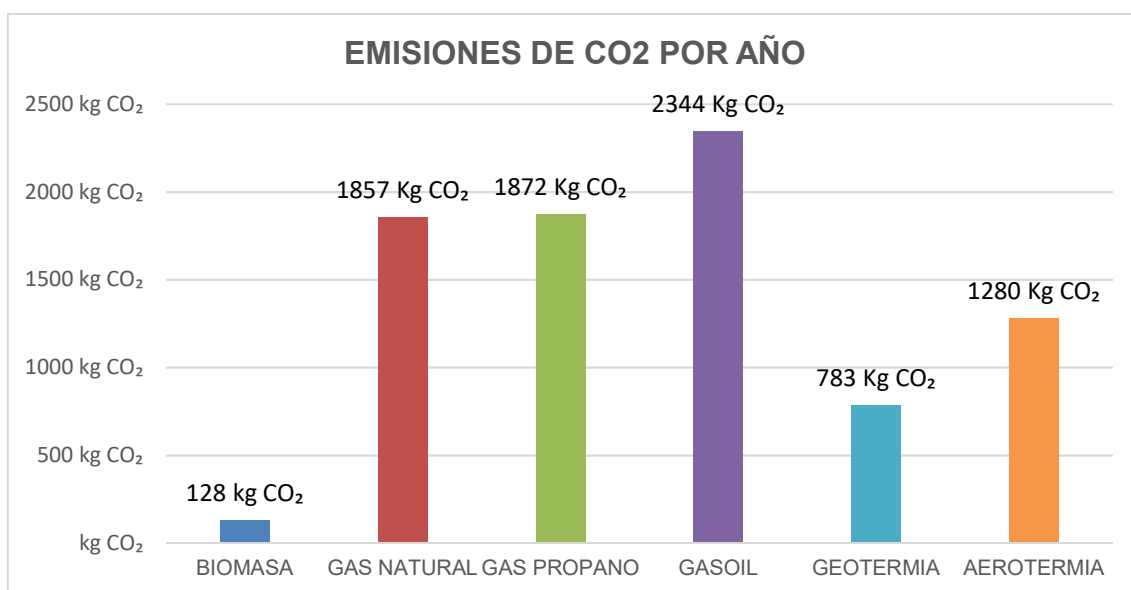


6. "Gráfica de consumo anual de energía cubriendo la demanda total solo con los equipos generadores de calor"
Elaboración propia

Con estas graficas se resume de forma visual la implantación de equipos para reducir consumos, costes de operación y emisiones de gases contaminantes



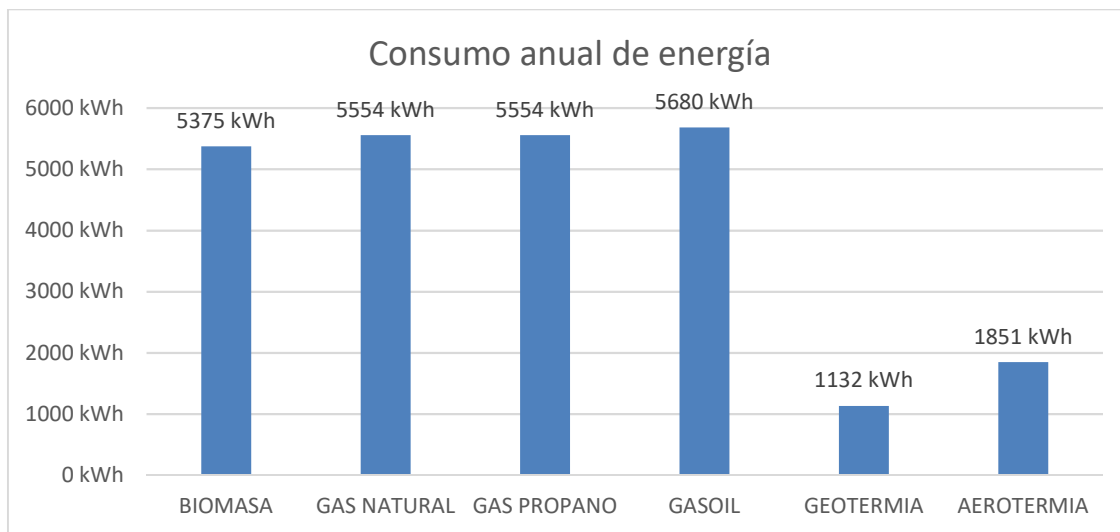
7. "Gráfica del coste de operación anual, solo equipos generadores de calor" Elaboración propia



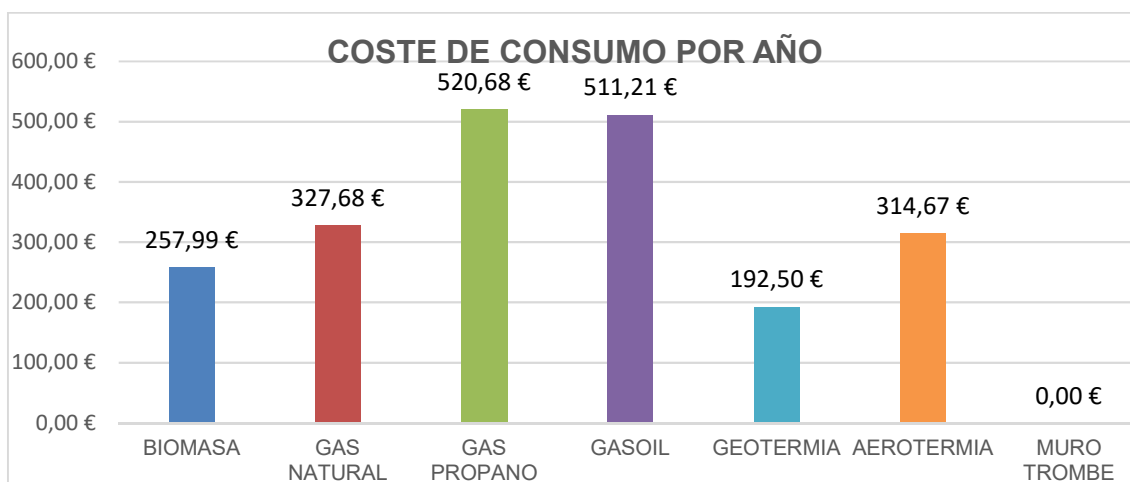
8. "Gráfica de emisiones anuales de CO₂, solo equipos generadores de calor" Elaboración propia



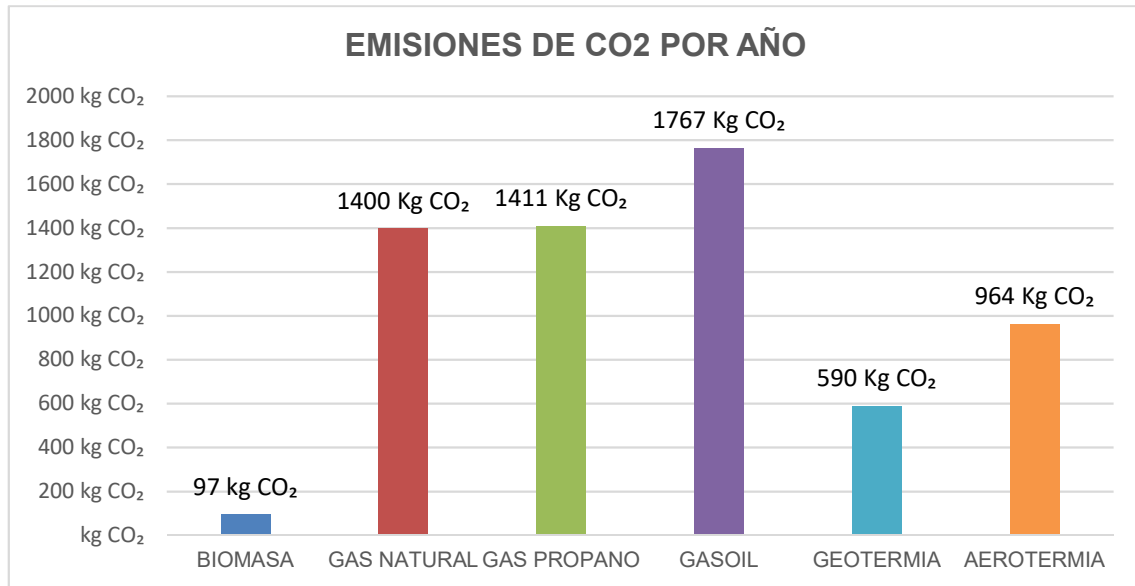
A continuación, se muestran las mismas graficas con una cobertura solar de 70% de ACS, mostrando el ahorro que supone la instalación de estos equipos.



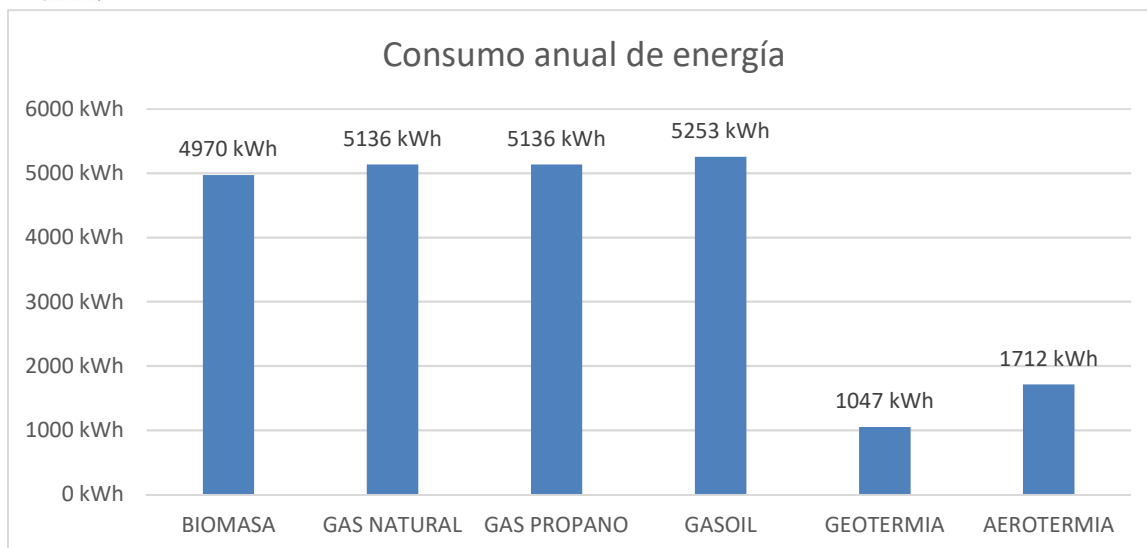
9. "Grafica de consumo anual de energía con una cobertura solar de ACS de un 70%" Elaboración propia



10. "Grafica de coste de operación anual con una cobertura de 70% de ACS" Elaboración propia

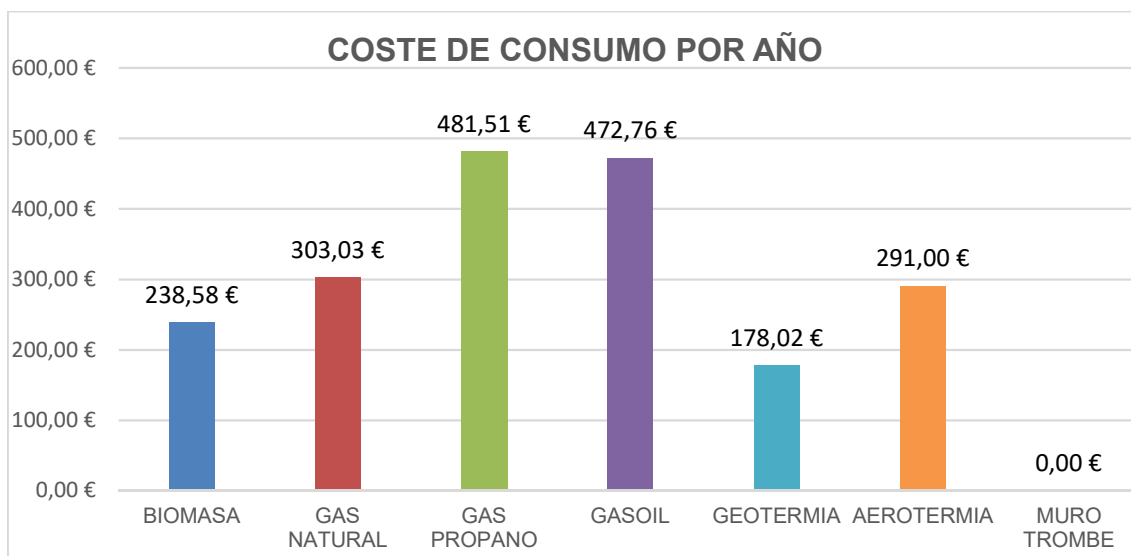


11. "Gráfica de emisiones de CO₂ anuales con una cobertura de ACS de un 70 %" Elaboración propia

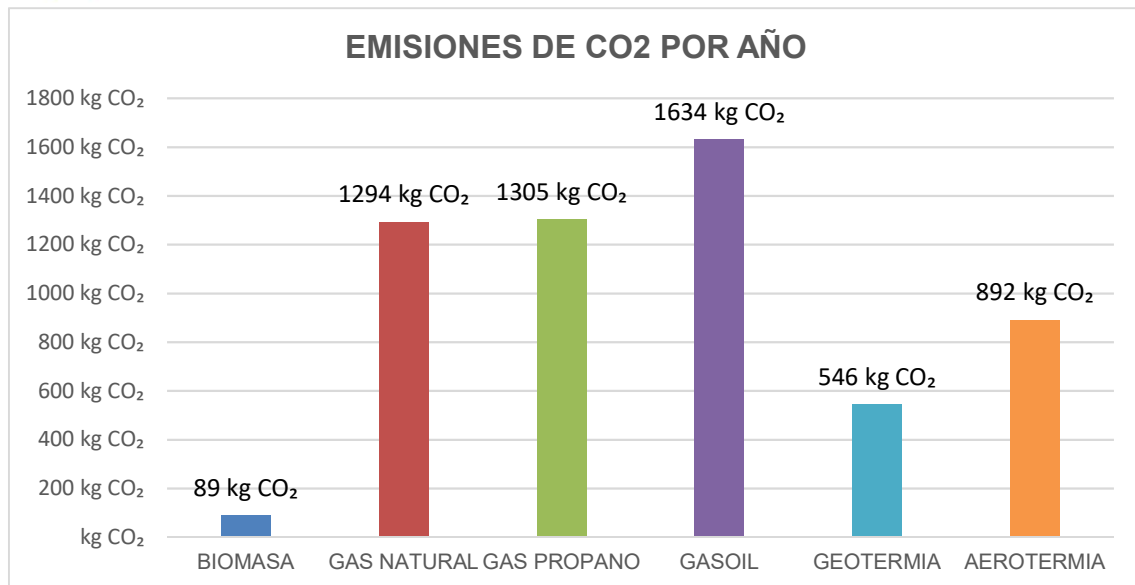


12. "Gráfica de consumo anual de energía con una cobertura solar de ACS de un 70% más el aporte del muro Trombe" Elaboración propia

Por último, el aporte que supone la instalación del dispositivo de captación solar pasivo, muro Trombe con un aporte de 376 kWh anuales.



13. "Gráfica de coste de operación anual con una cobertura de 70% de ACS más el aporte del muro Trombe" Elaboración propia



14. "Gráfica de emisiones de CO₂ anuales con una cobertura de ACS de un 70 % más aporte del muro trombe"
Elaboración propia

Con las tecnologías propuestas el consumo final de la vivienda a estudio desciende a 1047 kWh para una bomba de calor geotérmica y 1712 kWh para una bomba de calor de aerotermia. El consumo se ha reducido gracias a los equipos solares térmicos y a dispositivo solar pasivo simulado en la vivienda.

9. Bibliografía y software utilizados

BIBLIOGRAFIA

LA BIOMASA. Fundamentos, tecnologías y aplicaciones.

Autor: Alain Damien

AMV ediciones

ENERGIA GEOTERMICA DE BAJA TEMPERATURA.

Autor: Antonio Creus Soler

Ediciones CEYSA

MANUAL ANSYS

SITIOS WEB

www.se-advancedenergy.com

www.codigotecnico.org

www.ovacen.com

www.censolar.es

www.passivehouse.com

www.aemet.es

www.futurism.com



www.idae.es

www.saltoki.es

www.biourb.es

www.energias-renovables.com

www.ecoticias.com

www.plataformaarquitectura.cl

www.mimbrea.com

www.evwind.com

www.cambioclimaticoglobal.com

www.sedigas.es

www.energiasrenovablesinfo.com

www._ecologismos.com

www.climaahorro.es

www.energiaeficaz.es

SOFTWARE UTILIZADOS

CTEHE. Herramienta unificada

Ansys 15.0

Energy design

AutoCad

Energy2d

Energy3d

CHEQ4.2

APUNTES

Apuntes de la asignatura “Transformación y Uso Eficiente de la Energía” (G606)

Apuntes de la asignatura “Energías Renovables y Alternativas” (G1693)



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía



ANEXO N°1.

CERRAMIENTOS DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR



ÍNDICE:

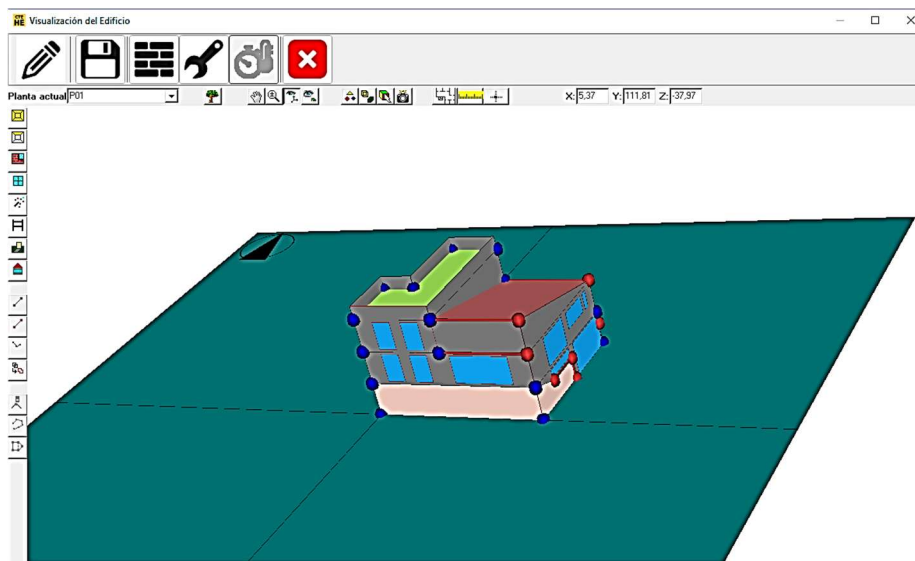
	<i>páginas</i>
1. Modelización de los cerramientos y materiales empleados.....	78
1.1. Fachada.....	78
1.2. Cubierta.....	80
1.3. Forjado.....	80
1.4. Forjado baja.....	81
1.5. Solera.....	82
1.6. Muro sótano.....	82
1.7. Ventanas.....	83
1.8. Puertas.....	84
2. Propuestas de mejora de cerramientos.....	84
3. Hormigón celular.....	86
4. Passive house.....	87

1. Modelización de los cerramientos y materiales empleados

En primer lugar, se define la estructura de la vivienda aportando los datos geométricos de la misma con el apoyo de la representación gráfica de los planos, definidos en el “anexo 2”.

Se crean las superficies de cada planta con sus respectivas cotas, después se definen los espacios de la vivienda con la creación de vértices que sirven de unión para los cerramientos definidos en la base de datos del programa.

La visualización de la vivienda unifamiliar en la herramienta informática LIDER-Calener se muestra a continuación:



51. “visualización de la vivienda a estudio en la herramienta unificada” Elaboración propia

Los parámetros principales para el cálculo del consumo energético de la vivienda son:

- La orientación de la vivienda. Se debe orientar la vivienda de tal manera que los espacios de mayor porcentaje de uso dentro de ella queden orientados al sur o norte (dependiendo del hemisferio donde se localice la construcción) para aprovechar la radiación solar lo máximo posible. Esta fachada sur de la vivienda tendrá un porcentaje de superficie de lucernarios mayor que el resto de las fachadas, por el simple hecho de aprovechar la luz y energía procedente del sol.
- Parámetros de los cerramientos. Los cerramientos empleados son multicapa, ya que para obtener un aislamiento térmico y acústico óptimo de una vivienda precisamos de diferentes materiales que aporten unas cualidades determinadas al cerramiento. Por lo tanto, definimos los cerramientos según su función en la vivienda.

Una buena definición de cerramientos, que sean capaces de reducir las pérdidas de calor de la vivienda, hace posible la reducción de consumo energético para obtener un confort térmico óptimo de la vivienda a estudio. El objetivo prioritario es conseguir un consumo energético casi nulo, y por ello, se precisan de unos cerramientos que aíslen la vivienda.



1.1 FACHADA

Es el cerramiento vertical, llamado comúnmente pared, que revisten y protegen el perímetro de la vivienda. Estos tipos de cerramientos están acompañados por huecos y lucernarios como elementos decorativos y de iluminación. Estos huecos y lucernarios

son puentes térmicos en la fachada de la vivienda por los cuales se producen de forma más fácil la pérdida de calor de la vivienda.

Como se ha comentado previamente, todos los cerramientos son cerramientos multicapa, para así cumplir con todas las necesidades requeridas por normativa en una vivienda.

Las capas del cerramiento fachada empleadas en el estudio se muestran a continuación, especificando los valores de espesor, conductividad, densidad, Cp y resistencia térmica. El orden de las capas va desde el interior de la vivienda al exterior de la misma.

Base de datos -

Proyecto: Opacos

Materiales y productos

Cerramientos y particiones

CERRAMIENTO

Cubierta

Fachada

Forajdobaja

Forjado

Murosotano

Solera

Semitransparentes

Vidrios

Marcos

Huecos y lucernarios

Puentes térmicos

Opacos | Semitransparentes | Puentes térmicos

Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores

Grupo: CERRAMIENTO

Nombre: Fachada

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	Aplacado gres	0,020	2,300	2500	1000	
2	Mortero	0,015	0,400	875	1000	
3	Ladrillo medio pie	0,115	0,512	900	1000	
4	Camara aire					0,170
5	XPS	0,080	0,032	38	1000	
6	LHD	0,090	0,212	630	1000	
7						

Grupo Material: MATERIALES

Material: Aplacado gres

0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0,28 W/(m²K)

Aceptar

52. "Capas materiales del cerramiento fachada" Elaboración propia



1.2 CUBIERTA

La cubierta es un cerramiento horizontal situado en la parte superior de la vivienda, llamado comúnmente tejado, que protege a la vivienda. En la vivienda unifamiliar a estudio existen dos cubiertas diferenciadas por su orientación, una es plana y la otra es inclinada.

Base de datos -

Proyecto: Opacos | Semitransparentes | Puentes térmicos |

Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores |

Grupo: CERRAMIENTO

Nombre: Cubierta

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	Teja cerámica-porcelana	0,006	1,300	2300	840	
2	Camara horizontal					0,080
3	XPS	0,080	0,032	38	1000	
4	Hormigon	0,250	2,500	2600	1000	
5	Yeso	0,015	0,300	750	1000	
6						

Grupo Material: Cerámicos

Material: Teja cerámica-porcelana

0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0,34 W/(m²K)

Aceptar

53. "Capas materiales del cerramiento cubierta" Elaboración propia

Al igual que en la fachada, las capas que conforman el cerramiento de la cubierta se presentan a continuación:

1.3 FORJADO

El forjado es un cerramiento horizontal, conforma parte de la estructura interna de la vivienda y separa la planta baja y la planta primera de la vivienda. Es el suelo para la planta primera y el techo para la planta baja.



Las capas que forman este cerramiento se muestran a continuación:

No	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Tarima madera	0,018	0,130	430	1600	
2	Mortero	0,015	0,400	875	1000	
3	Forjado	0,250	1,323	1330	1000	
4	Yeso	0,015	0,300	750	1000	
5						

Grupo Material: MATERIALES
Material: Tarima madera
Espesor (m): 0,018
U: 1,71 W/(mK)

54. "Capas materiales del cerramiento forjado" Elaboración propia

Como se puede apreciar el coeficiente de intercambio termico es mas elevado para favorecer el intercambio de calor entre las plantas de la vivienda ya que estas son espacios habitables.

1.4 FORJADO BAJA

Es el forjado que separa el sótano/garaje y la planta baja de la vivienda. Siendo este el techo del sótano/garaje y el suelo de la planta baja.

Las capas que forman el cerramiento del forjado baja se muestran a continuación:

No	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Baldosa gres	0,015	2,300	2500	1000	
2	Mortero	0,015	0,400	875	1000	
3	XPS	0,080	0,032	38	1000	
4	Forjado	0,250	1,323	1330	1000	
5	Yeso	0,015	0,300	750	1000	
6						

Grupo Material: MATERIALES
Material: Baldosa gres
Espesor (m): 0,015
U: 0,34 W/(mK)

55. "Capas materiales del cerramiento forjado-baja" Elaboración propia



1.5 SOLERA

La solera es el cerramiento horizontal que separa el sótano/garaje y el terreno sobre el que esta construido la vivienda.

Las capas que forman el cerramiento de solera se muestran a continuación:

Base de datos -

Proyecto: Opacos

Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores

Grupo: CERRAMIENTO

Nombre: Solera

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	Hormigon	0,250	2,500	2600	1000	
2	Poliétileno	0,010	0,500	980	1800	
3	Encachado piedra	0,200	2,000	1450	1050	
4						

Grupo Material: MATERIALES

Material: Hormigon

0,250 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 2,56 W/(m²K)

Aceptar

56. "Capas materiales del cerramiento solera" Elaboración propia

El coeficiente de intercambio termico es mas elevado que en el resto de cerramientos, esto basicamente es porque no se precisa de un confort termico dentro del sotano/garaje al no ser un espacio habitable.

1.6 MURO SOTANO

El muro sotano es un cerramiento vertical al igual que la fachada, pero este protege y reviste un espacio no habitable de la vivienda.



Las capas que forman el cerramiento del muro sótano se muestran a continuación:

Base de datos - Proyecto

- Opacos
- Materiales y productos
- Cerramientos y particiones
- CERRAMIENTO
 - Cubierta
 - Fachada
 - Forajobaja
 - Forjado
 - Murosotano
 - Solera
- Semitransparentes
 - Vidrios
 - Marcos
 - Huecos y lucernarios
 - Puentes térmicos

Opacos | Semitransparentes | Puentes térmicos

Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores

Grupo CERRAMIENTO

Nombre Murosotano

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	Poliétileno	0,010	0,500	980	1800	
2	Betun	0,010	0,230	1100	1000	
3	Hormigón	0,250	2,500	2600	1000	
4	Yeso	0,015	0,300	750	1000	
5						

Grupo Material MATERIALES

Material Poliétileno

0,010 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 2,61 W/(m²K)

Aceptar

57. "Capas materiales del cerramiento muro sótano" Elaboración propia

1.7 VENTANAS

Las ventanas son huecos o lucernarios donde es más fácil que el calor se escape del interior de la vivienda. Por ello quedan definidas:

Base de datos - Proyecto

- Opacos
- Materiales y productos
- Cerramientos y particiones
- CERRAMIENTO
 - Cubierta
 - Fachada
 - Forajobaja
 - Forjado
 - Murosotano
 - Solera
- Semitransparentes
 - Vidrios
 - Marcos
 - Huecos y lucernarios
 - Puentes térmicos

Opacos | Semitransparentes | Puentes térmicos

Vidrios | Marcos | Huecos y lucernarios

Grupo VIDRIO

Nombre 6-12-6

Propiedades

Transmitancia térmica (U) 1,10 W/m²K

Factor Solar (g) 0,430 Adimensional

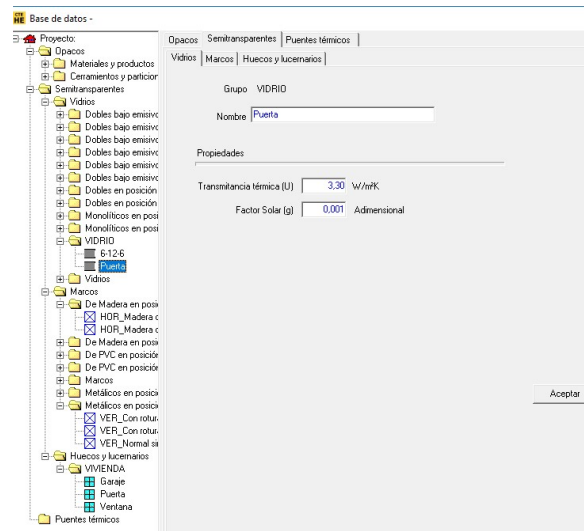
Aceptar

58. "Propiedades ventanas" Elaboración propia



1.8 PUERTAS

Las puertas también quedan definidas:



59. "Propiedades puerta" Elaboración propia

2. Propuestas de mejora de cerramientos

Los cerramientos definidos se han escogido por el empleo actual en las construcciones estándares que se realizan, pero es posible mejorarlos escogiendo otro tipo de materiales que reducen el coeficiente global de transmisión de calor, por lo tanto, se reducen las demandas térmicas de calefacción de la vivienda.

A continuación, se muestran diferentes tipos de cerramientos mejorados, los cuales se podrían emplear en los cerramientos de vivienda.

44. "Tabla capas de materiales cerramientos mejorados" Elaboración propia

Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mk)
Ladrillo macizo	0,1	1
Cámara de aire	0,05	0,0225
Espuma de poliuretano	0,08	0,028
Ladrillo hueco LH	0,115	0,22
Lana de roca	0,08	0,04
Yeso enlucido	0,015	0,57

$$U=0,12 \text{ W/m}^2\text{k}$$



Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mk)
Piedra caliza	0,03	4
Cámara de aire	0,04	0,0225
Espuma de poliuretano	0,13	0,028
Ladrillo macizo	0,115	0,87
Lana de roca	0,08	0,04
Placa de pladur	0,019	0,25

$$U=0,11 \text{ W/m}^2\text{k}$$

El coeficiente global de transmisión de calor de la vivienda a estudio es de $0.28 \text{ W/m}^2\text{k}$ con una demanda térmica de calefacción de 4298 kWh al año. Al modificar los cerramientos y reduciendo el coeficiente global de transmisión de calor, las pérdidas de calor disminuirán y por lo tanto la demanda de calefacción de la vivienda también.

Las capas de materiales de los cerramientos propuestos presentan un menor coeficiente global de transmisión de calor en su conjunto, la opción más óptima, es el cerramiento con menor coeficiente de transmisión de calor.

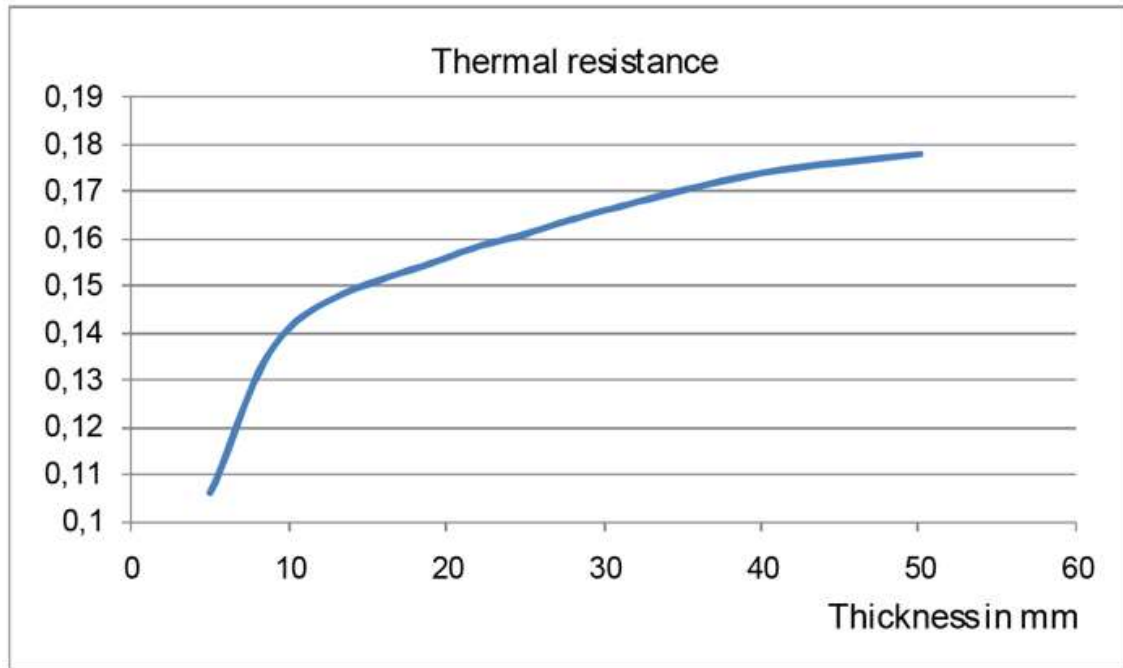
Para poder llegar a un consumo energético casi nulo, lo principal en la construcción de viviendas, es escoger adecuadamente la envolvente de la vivienda ya que esta impide la pérdida de calor de la misma, reduciendo consumo de energía y costes de calefacción/refrigeración.

Como conclusión final para conseguir un consumo energético casi nulo, la vivienda construida debe estar bien aislada y hermética para impedir fugas de calor. Es más fácil llegar a un consumo energético casi nulo reduciendo la demanda de calefacción y refrigeración de la vivienda empleando buenos materiales en la construcción de los cerramientos. Al mejorar los cerramientos de la vivienda, se debe considerar la alta inversión inicial en la construcción de la vivienda.

Los cerramientos propuestos para mejorar la envolvente de la vivienda estudio elevan el precio de construcción y la viabilidad técnica, por ello se tiene que tener en cuenta el tipo de material utilizado y el espesor del mismo.

El aislante es el material más importante en un cerramiento multicapa, principalmente porque su función es aislar el interior de la vivienda del exterior. Suele ser la capa que encarece el cerramiento ya por su elevado precio en la actualidad y precisa de conocimientos de técnicos cualificados para su correcta instalación.

La elección del espesor del aislante a utilizar es un tema a debatir, ya que su función queda limitada con ciertos grosores de aislantes. Esto es principalmente, porque sus propiedades quedan limitadas y la resistencia térmica que ofrecen es limitada, por lo tanto, se debe evaluar diferentes parámetros para decidir el espesor de los cerramientos a emplear.



Resistencia térmica en función del espesor del aislante.

Con esta grafica se puede comprobar que los valores de espesor interesantes, a la hora de trabajar con ellos, se encuentran en un intervalo de entre 8-13 cm. Ya que entre estos valores la función crece con mayor pendiente que en el resto de valores, aportando mayor resistencia estos espesores de aislante.

No es viable, ni lógico optar por la instalación de un aislante de 30 cm que ofrece una resistencia térmica de 0.165, cuando con un espesor de 0.13 cm puede llegar a obtener una resistencia térmica de 0.15 prácticamente.

3. Hormigón celular

El hormigón celular consiste en un material de construcción muy ligero, destinado a la obra gruesa. Debido a su condición aislante, este material supera los requerimientos de la normativa térmica, además de ser ecológico ya que utiliza materias primas naturales en un proceso productivo de muy baja contaminación y ahorra energía de forma pasiva en las construcciones.

Se dice que el hormigón es sustentable cuando se puede generar con componentes que contaminen menos y se puede reutilizar los mismos componentes para elaborar nuevos hormigones.

La sustentabilidad es un concepto muy profundo que, aplicado a una vivienda, necesita de muchos componentes para funcionar. En ese contexto, el hormigón celular constituye efectivamente un gran aporte. Al ser un efectivo material aislante, permite reducir drásticamente el consumo de combustibles fósiles, tanto al calefactar una vivienda, como al enfriarla, ayudando a preservar el medio ambiente.

El hormigón celular es un producto inerte y no contaminante con un proceso industrial que no genera ningún tipo de residuo. Se puede decir que es un hormigón sustentable y ecológico por su gran estabilidad en el tiempo y las externalidades positivas en el uso eficiente de la energía en las construcciones con este material.



El hormigón celular es un material de color blanco, que se logra por medio de la mezcla dosificada de arena de sílice, cemento y cal, a la que se le agrega agua y un agente de expansión, en base a aluminio, el que reacciona creando millones de micro esferas de aire distribuidas en la mezcla, lo que determina su estructura molecular. Las micro esferas cerradas no interconectadas mantienen aire estanco en su espacio interior, conformando una masa liviana de gran capacidad de aislamiento térmico.

Una de sus ventajas es que es un material con excelentes cualidades de aislamiento térmico, característica de gran importancia en estos tiempos, en que el concepto “ahorro de energía” es cada día más común. Se proyecta que el hormigón celular será el único material que por sí solo podrá cumplir las exigencias normativas de los próximos años. Estudios realizados demuestran que al construir la estructura de una vivienda con muros de hormigón celular, es posible ahorrar hasta un 50% en el consumo de calefacción.

Existen diferentes empresas que fabrican hormigón celular para la construcción de viviendas y edificios, a continuación, se aporta datos sobre características y comportamientos de los hormigones creados.

Aislamiento térmico

La propiedad aislante de un material depende de la cantidad de aire contenido en él, siempre y cuando el aire esté captado en celdas de reducido volumen.

El hormigón celular está constituido por millones de micro poros de aire cerrados y distribuidos de forma homogénea, llegando a alcanzar hasta un 80% del volumen total.

Lo que realmente le hace ser único, es que, a la vez posea una resistencia mecánica elevada, pudiendo ser empleado como elemento estructural. Podría considerarse ser una modificación del sistema constructivo de las viviendas.

4. Passive house

Una casa pasiva o casa solar pasiva es un tipo de casa en la que se utilizan los recursos de la arquitectura bioclimática combinados con una eficiencia energética muy superior a la construcción tradicional. Son casas con un consumo energético muy bajo y que ofrecen durante todo el año una temperatura ambiente confortable sin la aplicación de la calefacción convencional.

Todo edificio se construye con el fin de cobijar y protegernos del ambiente exterior creando un clima interior. Cuando las condiciones del exterior impiden el confort del espacio interior se recurre a sistemas de calefacción o refrigeración.

Entre las medidas más eficaces se encuentra el ahorro de energía mediante el uso de aislamiento térmico. Pero la conservación de energía implica aislarnos del exterior, el *diseño pasivo* busca abrir el edificio al exterior de manera tal que pueda conseguirse un acondicionamiento natural.

Así el clima donde se va a localizar el edificio se define por la temperatura, los niveles de humedad, la velocidad y dirección de los vientos y el soleamiento del sitio. Entonces las condiciones climáticas pueden constituir un inconveniente o una ventaja para un adecuado rendimiento energético de la casa.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía



ANEXO N°2.

**CALIFICACIONES ENERGETICAS
SEGUN EL TIPO DE TECNOLOGIA GENERADORA DE
CALOR**



INDICE:

	<i>páginas</i>
1. Verificaciones y certificaciones energéticas con un 50% de cobertura solar para ACS.....	88
1.1. Caldera condensación de gas natural.....	88
1.2. Caldera de gas propano.....	88
1.3. Caldera de gasoil.....	89
1.4. Caldera de biomasa.....	89
1.5. Bomba de calor geotérmica.....	90
1.6. Bomba de calor de aerotermia.....	90
2. Verificaciones y certificaciones energéticas con un 70% de cobertura solar para ACS.....	91
2.1 Caldera condensación de gas natural.....	91
2.2 Caldera de gas propano.....	91
2.3 Caldera de gasoil.....	92
2.4 Caldera de biomasa.....	92
2.5 Bomba de calor geotérmica.....	93
2.6 Bomba de calor de aerotermia.....	93





1. Verificaciones y certificaciones energéticas con un 50% de cobertura solar para ACS

1.1 Caldera condensación de gas natural

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	45,61 B	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	9,60 B

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	45,61	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	-------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	-----------

D_{cal} Demanda energética de calefacción del edificio objeto

D_{ref} Demanda energética de refrigeración del edificio objeto

D_{cal,lim} Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1

D_{ref,lim} Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1

C_{ep} Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto

C_{ep,lim} Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

1.2 Caldera de gas propano

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	46,02 B	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	9,67 B

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	46,02	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	-------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	-----------

D_{cal} Demanda energética de calefacción del edificio objeto

D_{ref} Demanda energética de refrigeración del edificio objeto

D_{cal,lim} Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1

D_{ref,lim} Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1

C_{ep} Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto

C_{ep,lim} Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0



1.3 Caldera de gasoil

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	46,20 B	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	12,05 B

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	46,20	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	-------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	-----------

D_{cal} Demanda energética de calefacción del edificio objeto

D_{ref} Demanda energética de refrigeración del edificio objeto

D_{cal,lim} Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1

D_{ref,lim} Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1

C_{ep} Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto

C_{ep,lim} Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

1.4 Caldera de biomasa

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	4,50 A	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	0,89 A

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	4,50	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	-----------

D_{cal} Demanda energética de calefacción del edificio objeto

D_{ref} Demanda energética de refrigeración del edificio objeto

D_{cal,lim} Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1

D_{ref,lim} Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1

C_{ep} Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto

C_{ep,lim} Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0



1.5 Bomba de calor geotérmica

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	25,21 A	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	4,27 A

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	25,21	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	-------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	--

D _{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D _{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
D _{cal,lim}	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
D _{ref,lim}	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1
C _{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
C _{ep,lim}	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

1.6 Bomba de calor de aerotermia

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	40,25 B	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	6,82 A

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	40,25	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	-------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	--

D _{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D _{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
D _{cal,lim}	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
D _{ref,lim}	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1
C _{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
C _{ep,lim}	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

Como se puede comprobar, las calificaciones energéticas de los equipos generadores de calor convencionales tienen altos valores de certificación. Esto es básicamente por ir acompañados de equipos solares térmicos cubriendo una alta demanda del ACS.



2. Verificaciones y certificaciones energéticas con un 70% de cobertura solar para ACS

2.1 Caldera condensación de gas natural

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
 41,80 B		 8,79 B	

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	41,80	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	-------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	--

D _{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D _{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
D _{cal,lim}	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
D _{ref,lim}	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1
C _{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
C _{ep,lim}	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

2.2 Caldera de gas propano

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
 42,17 B		 8,86 B	

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	42,17	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	-------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	--

D _{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D _{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
D _{cal,lim}	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
D _{ref,lim}	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1
C _{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
C _{ep,lim}	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0



2.3 Caldera de gasoil

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	42,33 B	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	11,03 B

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	42,33	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	-------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	-----------

D _{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D _{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
D _{cal,lim}	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
D _{ref,lim}	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1
C _{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
C _{ep,lim}	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

2.4 Caldera de biomasa

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	4,24 A	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	0,84 A

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m ² ·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m ² ·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m ² ·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m ² ·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	4,24	kWh/m ² ·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m ² ·año	Sí cumple
-----------------	------	-------------------------	---------------------	-------	-------------------------	-----------

D _{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D _{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
D _{cal,lim}	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
D _{ref,lim}	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1
C _{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
C _{ep,lim}	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0



2.5 Bomba de calor geotérmica

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m²·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	23,85 A	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	4,04 A

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m²·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m²·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m²·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m²·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	23,85	kWh/m²·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m²·año	Sí cumple
-----------------	-------	------------	---------------------	-------	------------	-----------

D _{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D _{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
D _{cal,lim}	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
D _{ref,lim}	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1
C _{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
C _{ep,lim}	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

2.6 Bomba de calor de aerotermia

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m²·año)	
<35.80 A 35.80-58.1 B 58.10-90.00 C 90.00-138.40 D 138.40-254.10 E 254.10-305.00 F =>305.00 G	38,03 B	<8.10 A 8.10-13.10 B 13.10-20.30 C 20.30-31.10 D 31.10-58.30 E 58.30-73.40 F =>73.40 G	6,44 A

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D _{cal}	26,05	kWh/m²·año	D _{cal,lim}	26,07	kWh/m²·año	Sí cumple
D _{ref}	1,49	kWh/m²·año	D _{ref,lim}	15,00	kWh/m²·año	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C _{ep}	38,03	kWh/m²·año	C _{ep,lim}	59,11	kWh/m²·año	Sí cumple
-----------------	-------	------------	---------------------	-------	------------	-----------

D _{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D _{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
D _{cal,lim}	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
D _{ref,lim}	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1
C _{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
C _{ep,lim}	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0



Cuanta mayor cobertura solar térmica para cubrir la demanda de ACS, mayor eficiencia energética de la instalación.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía



ANEXO N°3.

MURO TROMBE



ÍNDICE:

	<i>página</i>
1. Introducción.....	95
2. Definición.....	95
2.1 Vidrio.....	96
2.2 Cámara de aire.....	96
2.3 Muro.....	96
3. Dimensionamiento.....	99



1. INTRODUCCIÓN

El muro Trombe es un sistema de calentamiento solar pasivo indirecto, Edward Morse patentó el diseño en 1881 pero este fue ignorado hasta 1964. En los años 1960 el diseño fue popularizado por las construcciones que usaban los principios de las casas solares pasivas en Font-Romeu, Odeillo (Francia), por el ingeniero Felix Trombe y el arquitecto Jacques Michel.

Un muro Trombe o Trombe-Michel, es un muro o pared orientado hacia el sol, al sur en el hemisferio norte y al norte en el hemisferio sur. Está construida con materiales que puedan acumular calor bajo el efecto de masa térmica, combinado con un espacio de aire y una lámina de vidrio.

El muro de Trombe trabaja básicamente, absorbiendo radiación solar en la cara exterior y transfiriendo este calor a través de la pared por conducción. Es posible añadir orificios de ventilación en la pared para distribuir el calor dentro de una habitación, por convección (termocirculación), exclusivamente durante las horas de luz. Consiste básicamente de una pared gruesa entre unos 20 y 40 centímetros (elemento confinador o pared de masa), y enfrente un vidrio (cristal) solo o doble. El vidrio se coloca entre unos 20 a 150 cm de la pared para generar un espacio pequeño o cámara de aire, en la cual no se pueda producir efectos conductivos.

Adicionalmente, es posible colocar una película oscura sobre la pared en la parte exterior para absorber parte del espectro solar visible y emitir una pequeña porción del rango infrarrojo. Esta absorción transforma esta luz en calor en la superficie de la pared disminuyendo la reflexión. Por lo general, las paredes son de elementos de baja difusividad térmica para que exista un almacenamiento rentable de energía durante el día, y en la noche mediante un proceso lento ésta sea transmitida al interior de la casa o de la vivienda.

2. DEFINICION

El Muro Trombe es un sistema pasivo de recolección de energía solar de forma indirecta, que se puede utilizar para el calentamiento interno de viviendas por medio de la transferencia de calor, ya sea por conducción, convección y/o radiación.

Es un sistema indirecto ya que la captación la realiza a través de un elemento dispuesto entre el vidrio y el interior de la vivienda, y se trata de un sistema pasivo porque no utiliza elementos mecánicos en su funcionamiento.

Basado en el efecto invernadero, consta de un vidrio exterior (que en España debe estar orientado al sur), una cámara de aire y un elemento confinador o pared de masa. Éste es un muro de gran espesor y densidad que puede ser de cualquier material de gran inercia térmica (fábrica de ladrillo, piedra, agua, hormigón armado), en general pintado de un color oscuro para captar una mayor cantidad de energía.

Sus funciones son la captación, la acumulación de la energía aportada por la radiación solar y la restitución del calor por radiación al espacio habitable. La radiación solar de onda corta atraviesa el vidrio y calienta el muro. La radiación emitida por el muro, de onda larga, no puede atravesar otra vez el vidrio produciéndose el efecto invernadero. Como consecuencia de esto se calienta el aire que hay en la cámara. En la versión original del muro Trombe se incluyen dos conjuntos de orificios en la pared de masa, uno en la parte superior y otro en la parte inferior, de forma que cuando el aire de la cámara se calienta por la energía solar aportada, asciende por convección natural y, atravesando el muro por los orificios superiores, pasa al interior del local. El vacío que se crea en la cámara de aire succiona, a través de los orificios inferiores del muro, el aire frío del interior del local, que se encuentra estratificado por su temperatura.

De esta forma se crea el llamado bucle convectivo o termosifón, que hace circular el aire frío de la estancia a la cámara de aire, se calienta, y vuelve a entrar al interior del local. El aire continuará circulando y calentando la vivienda.



Los principales elementos que componen el Muro Trombe son los siguientes: el muro (espesor, material y número y dimensiones de sus orificios), la superficie de vidrio, y el espesor de la cámara de aire.

2.1 Vidrio

La superficie de vidrio debe tener un buen comportamiento en invierno y no comprometer la refrigeración en verano. Por eso, normalmente, se utilizan persianas o voladizos que en verano tapen lo suficiente el muro para ayudar a que no se produzca un sobrecalentamiento indeseable. Por lo general se utiliza un vidrio ordinario de forma vertical, aunque también es posible girarlo para obtener la inclinación a través de la cual se pueda captar la mayor cantidad de radiación.

La función del vidrio en el muro Trombe es la de generar el efecto invernadero, impidiendo que la radiación retorne al exterior una vez captada. La utilización de vidrios con una alta transmitancia (monolítico) maximiza las ganancias solares a la pared de masa. En cambio, la utilización de un doble acristalamiento aislante puede mejorar el rendimiento del sistema al tener una menor transmitancia térmica y retener hacia el interior una mayor cantidad de energía captada.

En el caso del doble acristalamiento aislante, el acristalamiento exterior debe ser duradero. Estará directamente expuesto a duras condiciones meteorológicas y rayos ultravioletas. En el caso del doble acristalamiento aislante, las temperaturas alcanzadas por el acristalamiento exterior no serán tan elevadas como a las se expone el cristal interior.

2.2. Cámara de aire

Varios factores deben tenerse en cuenta a la hora de decidir acerca de la distancia entre la parte interior del vidrio y el exterior de la pared de masa de un muro de almacenamiento térmico. Si el espacio es demasiado estrecho (menos de 2 cm), las pérdidas de calor serán muy grandes y en el caso de los muros Trombe ventilados la circulación de aire quedará limitada.

Con un gran espacio de aire (mayor de 15 cm), las pérdidas de calor pueden ser grandes en las partes superior y laterales, además de causar un problema de sombreado (disminuye el factor solar del hueco). Una cámara de aire con un ancho mayor de 10 cm se traduce en exceso de convección térmica en el espacio, lo que reduce el almacenamiento de calor.

2.3. Muro acumulador.

Se deben utilizar materiales de alta capacidad calorífica y alta conductividad y transmisión térmicas. Es necesario prestar atención a la cantidad de calor que puede almacenar un material y a la rapidez con que se puede transmitir el calor (por conducción) a través del material para irradiarlo al interior del espacio a calefactar. Estas características están determinadas por cuatro propiedades físicas de los materiales: densidad, conductividad, calor específico, y capacidad térmica.

Densidad (Kg / m^3): mide el peso de un determinado volumen de un material. En general, cuanto más pesado (más denso) sea un material, mayor será la capacidad de absorber y almacenar calor

Conductividad térmica es la medida de la rapidez y facilidad con que el calor puede pasar a través de un material. El movimiento de calor siempre es debido a una diferencia de temperatura ($\text{W} / \text{m K}$).

Calor específico. Mide la cantidad de calor que necesita un material para aumentar su temperatura en 1°C ($\text{W} / \text{Kg }^\circ\text{C}$)



Capacidad de almacenamiento térmico. Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura 1°C de una unidad de masa de material ($W / Kg^3\ ^\circ C$).

En resumen, la pared de masa en colectores Trombe debería ser capaz de almacenar una gran cantidad de calor (alta capacidad de almacenamiento térmico) y dejar pasar el calor fácilmente a través de ella (alta conductividad térmica).

Es necesario que la superficie de la masa pared pueda absorber casi toda la energía que atraviesa el vidrio. Para ello, la superficie de la pared de masa debe ser de color oscuro. Si se utiliza la pintura sobre la pared de masa, debe ser de color negro o de un color muy oscuro y debe ser capaz de soportar las altas temperaturas que alcanza el colector. Se pueden utilizar, en función de la pared de material, agentes para el oscurecimiento distintos de las pinturas. Un enfoscado de cemento puede ser fácilmente oscurecido agregándole pigmentos. Hay muy poca diferencia en la absorción entre pinturas mate o brillante. Es posible que sea preferible utilizar un acabado brillante, ya que tiende a retener menos polvo y suciedad.

Ventajas y desventajas de la instalación de un muro Trombe:

VENTAJAS:

- Bajo coste, los materiales son habituales en construcción.
- Fácil de ejecutar, tanto en obra nueva como en rehabilitación.
- Es un sistema solar pasivo, no tiene partes móviles, ni mantenimiento (tan solo limpieza), no requiere ningún tipo de combustible y no contamina.
- Es confortable, el calor que se aporta es más penetrante y agradable que los sistemas de aire forzado, con temperaturas más estables.

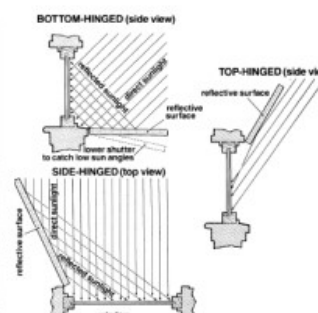
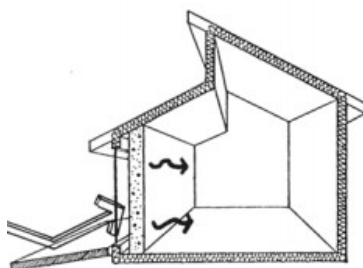
INCONVENIENTES:

- La necesidad de un muro ciego, penaliza la entrada de luces o las posibles vistas que pudieran tener interés paisajístico.
- En climas templados, con inviernos suaves y veranos intensos, el muro Trombe puede producir problemas de sobrecalentamiento que lo hacen inadecuado.
- Solo es aplicable a paramentos con orientación adecuada, sur en hemisferio norte y norte en hemisferio sur.
- El efecto del muro Trombe está limitado a las estancias contiguas con el mismo.

POSIBLES MEJORAS

-Utilización de reflectores.

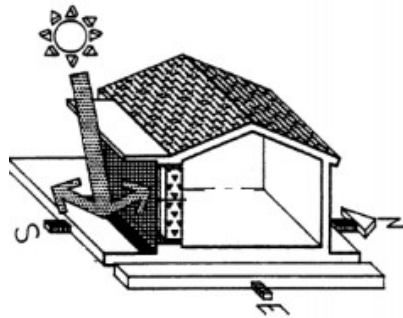
Un reflector es un elemento auxiliar solar de concentración de la radiación. En condiciones climáticas de invierno, es posible mejorar el rendimiento del muro Trombe mediante reflectores que pueden elevar la cantidad de radiación solar que alcanza la pared de masa. Gracias a estos reflectores es posible reducir la superficie del muro Trombe necesaria para calentar un espacio.





-Protecciones fijas.

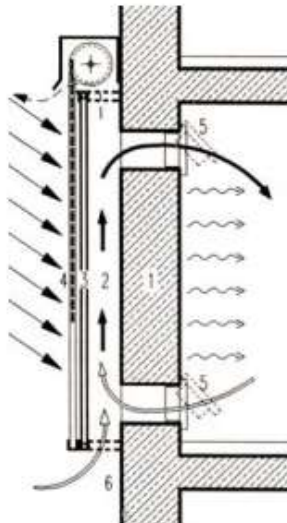
La situación ideal, consiste en diseñar una visera fija sobre el vidrio de tal forma que dejara pasar la radiación en invierno pero que arrojara sombra sobre dicho vidrio en verano. Un alero de cubierta o un voladizo pueden realizar esta función. Tienen la ventaja de que funcionan sin intervención del usuario.



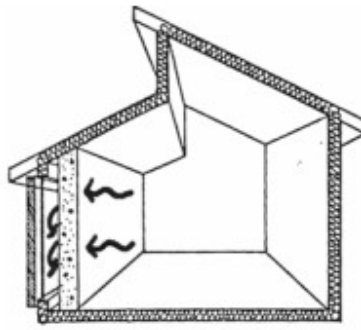
-Protecciones móviles.

Otra opción puede ser la colocación de una protección solar móvil (cortinas, contraventanas...) para que en verano no se caliente la cámara de aire y se pueda refrigerar el interior a través de una ventilación cruzada. En regiones con veranos soleados con temperatura media mayor o igual a 27 °C, la elevación de la temperatura de la superficie externa de la pared de cristal oscuro puede causar un fuerte sobrecalentamiento del interior. En estas zonas climáticas es indispensable asegurar el sombreado completo de la pared, también de la radiación reflejada del suelo. Esto solamente se puede lograr mediante elementos de sombreado vertical, ya sea mediante toldos o por mecanismos de sombreado enrollables o paneles que se instalan en verano y se eliminan en invierno.

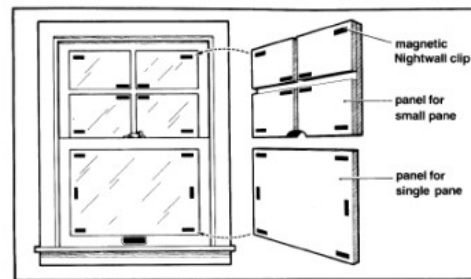
- Aislamiento térmico contra las pérdidas nocturnas en invierno.



Para evitar los riesgos de exceso de enfriamiento nocturno en invierno se suele utilizar protecciones térmicas móviles. La situación ideal sería la colocación de una protección móvil (contraventana, persiana...), con valores altos de aislamiento térmico y que sea capaz de reflejar la radiación infrarroja proveniente del muro. En las regiones con inviernos suaves (temperatura media en invierno de unos 5 °C) el aislamiento nocturno no puede ser justificado desde el punto de vista de la calefacción solar.



Algunos aislamientos móviles pueden hacer a su vez las funciones de reflectores y/o de protección solar. La utilización de vidrio bajo-emisivo con muy baja transmitancia térmica puede sustituir al aislamiento exterior.



3. DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento del muro no precisa de unas reglas establecidas. El diseño ha sido escogido por criterios de superficie disponible.

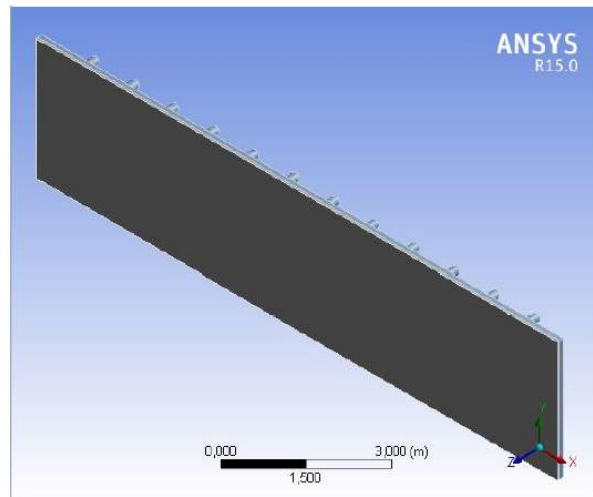
EL grosor de los elementos que lo componen, citados anteriormente, son los siguientes:

- Cristal: 0.05 m
- Aire: 0.1 m
- Muro: 0.32 m

La superficie del muro en la planta baja abarca toda la pared, con unas dimensiones de 39 m² y en la planta primera de 21 m².

La disposición de los orificios para la entrada de aire caliente durante las horas de sol se ha considerado una separación de 1m entre ellos, siendo un total de 12 agujeros en la pared de 13m de la planta baja y 6 agujeros en la pared de 7m en la planta primera. El radio de los agujeros es de 0.085 m.

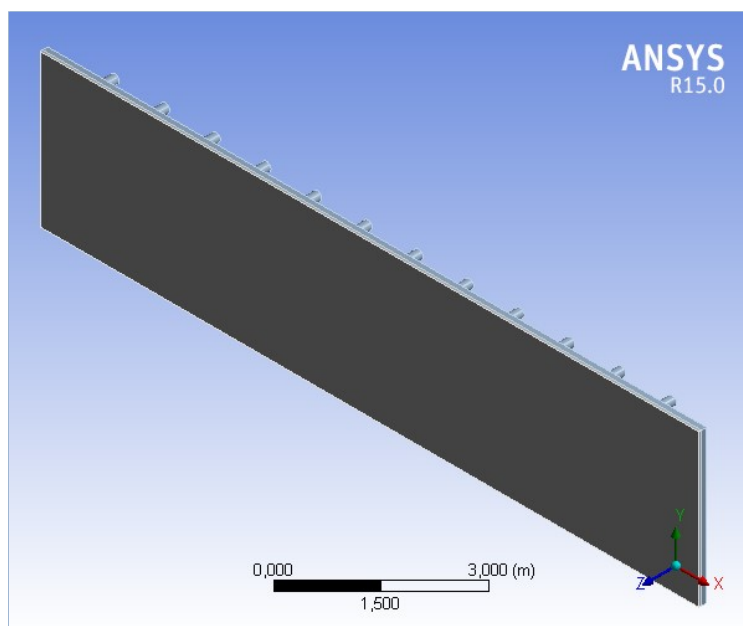
Las dimensiones establecidas no tienen porque ser las medidas más óptimas en el diseño de un muro Trombe. Los grosores, anteriormente explicado, si están entre unos valores aconsejables a la hora de implantar este dispositivo pasivo solar pero la distancia entre agujeros y superficie de los mismos no se ha parametrizado. Con ANSYS es posible realizar un estudio paramétrico con diferentes valores acotados, para comprobar la solución más óptima requerida en el estudio.





Project

Author	Luis Lopez Landa
Subject	TFG
First Saved	Friday, August 25, 2017
Last Saved	Thursday, September 7, 2017
Product Version	15.0.7 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(A3\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [TROMBE](#)
 - [Parts](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Connections](#)
 - [Mesh](#)
 - [Named Selections](#)

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (A3)

Geometry

TABLE 2
Model (A3) > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\Jose\Desktop\TFG Luis\TROMBE WALL_files\dp0\FFF\DM\FFF.agdb
Type	DesignModeler
Length Unit	Meters
Bounding Box	
Length X	13, m
Length Y	3, m
Length Z	0,47 m
Properties	
Volume	6,0243 m³
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	2
Active Bodies	2
Nodes	1287387
Elements	4869092
Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Jose\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	No

TABLE 3
Model (A3) > Geometry > Body Groups

Object Name	TROMBE
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Definition	
Suppressed	No
Coordinate System	Default Coordinate System
Bounding Box	
Length X	13, m
Length Y	3, m
Length Z	0,47 m
Properties	
Volume	6,0243 m³
Statistics	
Nodes	1287387
Elements	4869092
Mesh Metric	None

TABLE 4
Model (A3) > Geometry > TROMBE > Parts

Object Name	CRISTAL	AIRE
State	Meshed	

Graphics Properties		
Visible	Yes	
Transparency	1	
Definition		
Suppressed	No	
Coordinate System	Default Coordinate System	
Reference Frame	Lagrangian	
Material		
Fluid/Solid	Defined By Geometry (Solid)	Defined By Geometry (Fluid)
Bounding Box		
Length X	13, m	
Length Y	3, m	
Length Z	5,e-002 m	0,42 m
Properties		
Volume	1,95 m³	4,0743 m³
Centroid X	107,12 m	
Centroid Y	178,79 m	
Centroid Z	0,445 m	0,36106 m
Statistics		
Nodes	560880	866727
Elements	417786	4451306
Mesh Metric	None	

Coordinate Systems

TABLE 5
Model (A3) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Connections

TABLE 6
Model (A3) > Connections

Object Name	<i>Connections</i>
State	Fully Defined
Auto Detection	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
Transparency	
Enabled	Yes

Mesh

TABLE 7
Model (A3) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	CFD
Solver Preference	Fluent
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	On: Proximity and Curvature
Relevance Center	Coarse
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Curvature Normal Angle	Default (18,0 °)
Num Cells Across Gap	Default (3)
Min Size	Default (6,6541e-003 m)
Proximity Min Size	Default (6,6541e-003 m)
Max Face Size	Default (0,665410 m)
Max Size	Default (1,33080 m)
Growth Rate	Default (1,20)
Minimum Edge Length	5,e-002 m
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Assembly Meshing	
Method	None
Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Patch Independent Options	
Topology Checking	Yes

Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Shape Checking	CFD
Element Midside Nodes	Dropped
Straight Sided Elements	
Number of Retries	0
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Pinch Tolerance	Default (5,9887e-003 m)
Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default (3,3271e-003 m)
Statistics	
Nodes	1287387
Elements	4869092
Mesh Metric	None

Named Selections

TABLE 8
Model (A3) > Named Selections > Named Selections

Object Name	CRISTAL	CRISTAL_LATERAL	CRISTAL_EXTERIOR	AIRE	AIRE_LATERAL	OUTLET	INLET	AIRE_INTERIOR	AIRE_OUT	AIRE_IN	CRISTAL_AIRE
State	Fully Defined										
Scope											
Scoping Method	Geometry Selection										
Geometry	1 Body	4 Faces	1 Face	1 Body	4 Faces	12 Faces	1 Face	12 Faces	1 Face		
Definition											
Send to Solver	Yes										
Visible	Yes										
Program Controlled Inflation	Exclude										
Statistics											
Type	Manual										
Total Selection	1 Body	4 Faces	1 Face	1 Body	4 Faces	12 Faces	1 Face	12 Faces	1 Face		
Suppressed	0										
Used by Mesh Worksheet	No										



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía



ANEXO N°4.

PRESUPUESTO DE LOS EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN DE LA VIVIENDA ESTUDIO



ÍNDICE:

	<i>página</i>
1. Equipos generadores de calor.....	101
2. Equipos auxiliares solares térmicos, cobertura ACS.....	101
3. Muro Tombre.....	101
4. Coste total de equipos y dispositivos.....	102



1. Equipos generadores de calor.

Los precios de los diferentes dispositivos que conforman los equipos según cada tecnología han sido estimados en función por analogía de diferentes catálogos comerciales de fabricantes.

EQUIPOS GENERADOS DE CALOR						
	GEOTERMIA	AEROTERMIA	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL
Generador calor	5.600,00 €	7.140,00 €	3.430,00 €	1.120,00 €	1.120,00 €	1.260,00 €
Silo/Tanque	0,00 €	0,00 €	900,00 €	0,00 €	1.800,00 €	600,00 €
Acumulador A.C.S.	800,00 €	800,00 €	800,00 €	0,00 €	0,00 €	800,00 €
Chimenea/evacuación	0,00 €	0,00 €	500,00 €	360,00 €	360,00 €	500,00 €
Accesorios instalacion	8.000,00 €	120,00 €	360,00 €	120,00 €	120,00 €	180,00 €
Mano de obra instalación	1.800,00 €	1.050,00 €	1.500,00 €	900,00 €	900,00 €	1.050,00 €
Conexión a red	360,00 €	360,00 €	0,00 €	360,00 €	0,00 €	0,00 €
Otros	90,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €	90,00 €
TOTAL	16.650,00 €	9.560,00 €	7.580,00 €	2.950,00 €	4.390,00 €	4.480,00 €

Las tecnologías escogidas como solución, han sido la geotermia y aerotermia en función de requisitos de ubicación y clima explicados en la memoria del presente estudio. Como se puede comprobar son las dos tecnologías con mayor inversión a realizar.

2. Equipos auxiliares solares térmicos, cobertura ACS.

A continuación, se muestra el precio de los equipos solares térmicos que proporcionan una cobertura de un 70% del ACS demandado por la vivienda, tienen el mismo precio en todas las tecnologías ya que se pueden acoplar a cualquiera de ellas del mismo sistema. Estos precios han sido estimados por analogía mediante catálogos comerciales de fabricantes.

EQUIPOS AUXILIARES SOLARES TERMICOS, COBERTURA ACS						
	GEOTERMIA	AEROTERMIA	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL
Equipo solar 70% ACS	4.200,00 €	4.200,00 €	4.200,00 €	4.200,00 €	4.200,00 €	4.200,00 €

3. Muro Trombe

La instalación de este dispositivo de captación solar pasivo requiere realizar una inversión importante en el cristal, ya que los demás materiales lo conforman el cerramiento de la vivienda a estudio, por lo tanto, el presupuesto de este dispositivo sería en sí el precio del cristal. El cual ha sido estimado por analogía con catálogos comerciales de fabricantes.

MURO TROMBE						
	GEOTERMIA	AEROTERMIA	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL
Cristal	2.000,00 €	2.000,00 €	2.000,00 €	2.000,00 €	2.000,00 €	2.000,00 €



4. Coste total de equipos y dispositivos.

El coste total de equipos y dispositivos, se resume en el sumatorio de los equipos generadores de calor, equipos auxiliares solares térmicos para cubrir parte de la demanda de ACS y el dispositivo de captación solar pasivo, muro Trombe.

COSTES TOTAL DE EQUIPOS Y DISPOSITIVOS					
GEOTERMIA	AEROTERMIA	BIOMASA	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GASOIL
22.850,00 €	15.760,00 €	13.780,00 €	9.150,00 €	10.590,00 €	10.680,00 €



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía

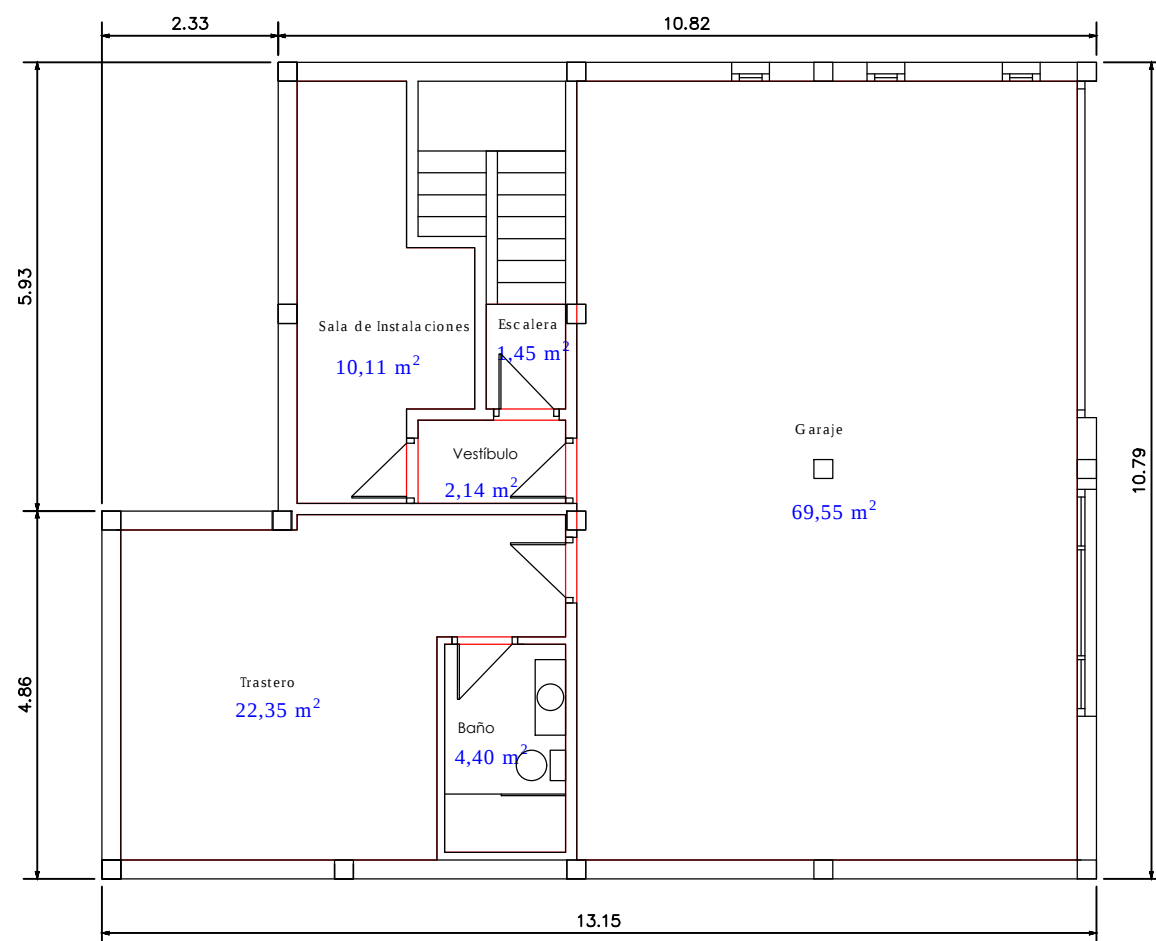


ANEXO N°5.

PLANOS DE VIVIENDA UNIFAMILIAR

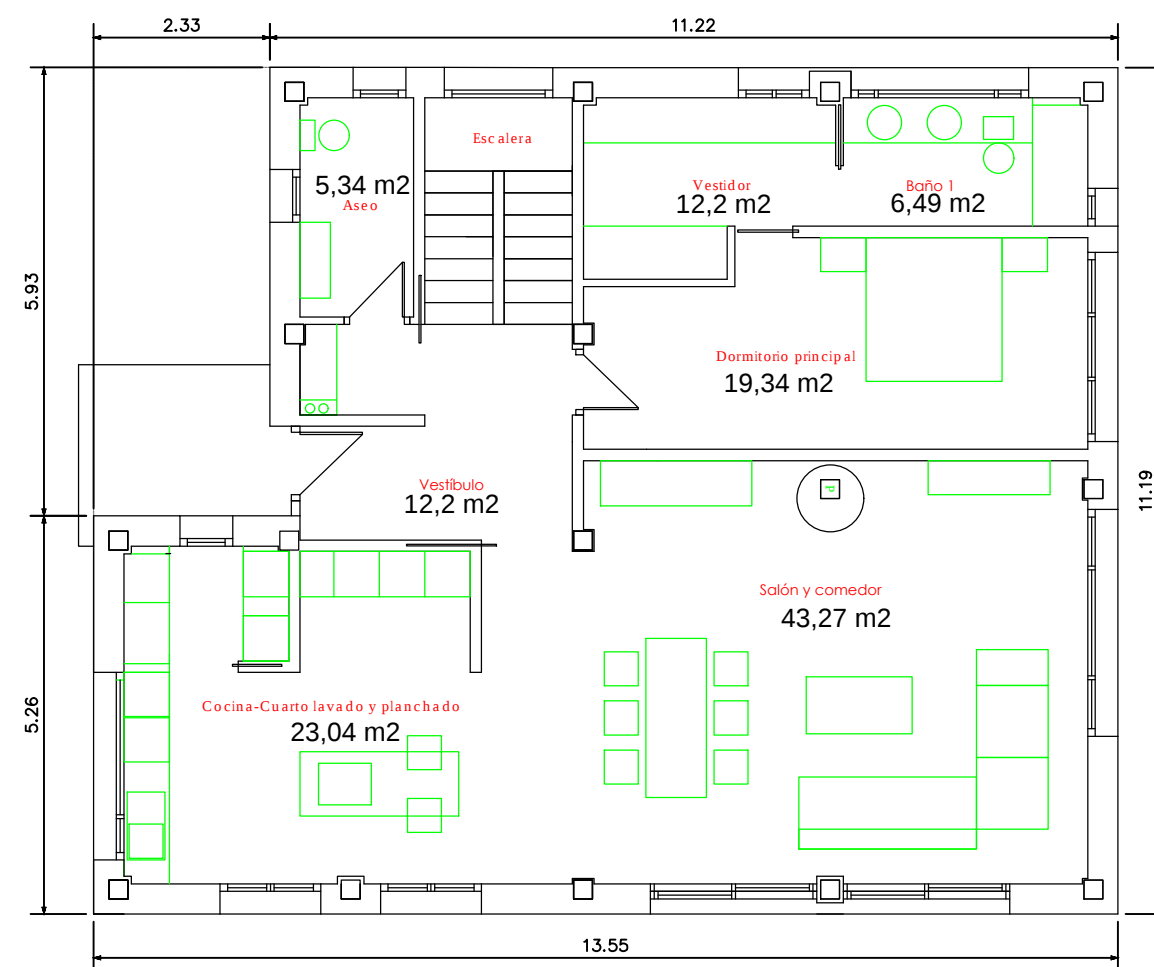
ÍNDICE:

1. Planta sótano y planta baja
2. Planta primera y cubierta
3. Alzados de fachadas
4. Esquema de instalación convencional con apoyo de ACS
5. Esquema convencional con suelo radiante y caldera de alta eficiencia
6. Esquema de instalación convencional sin apoyo solar
7. Esquema de instalación de calefacción y ACS mediante bomba de calor de aerotermia
8. Detalle constructivo de los cerramientos de la vivienda



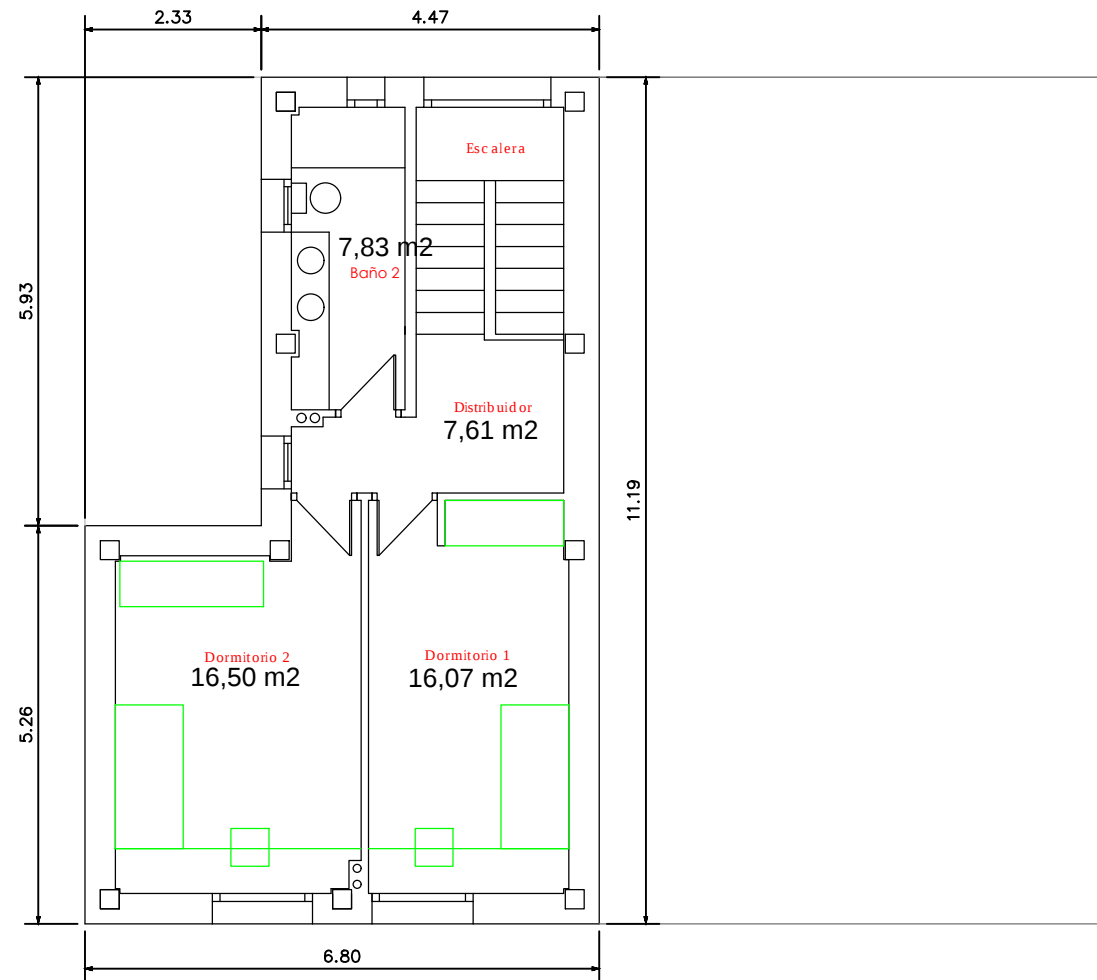
PLANTA SÓTANO

SUPERFICIE TOTAL (SÓTANO) 110 m²



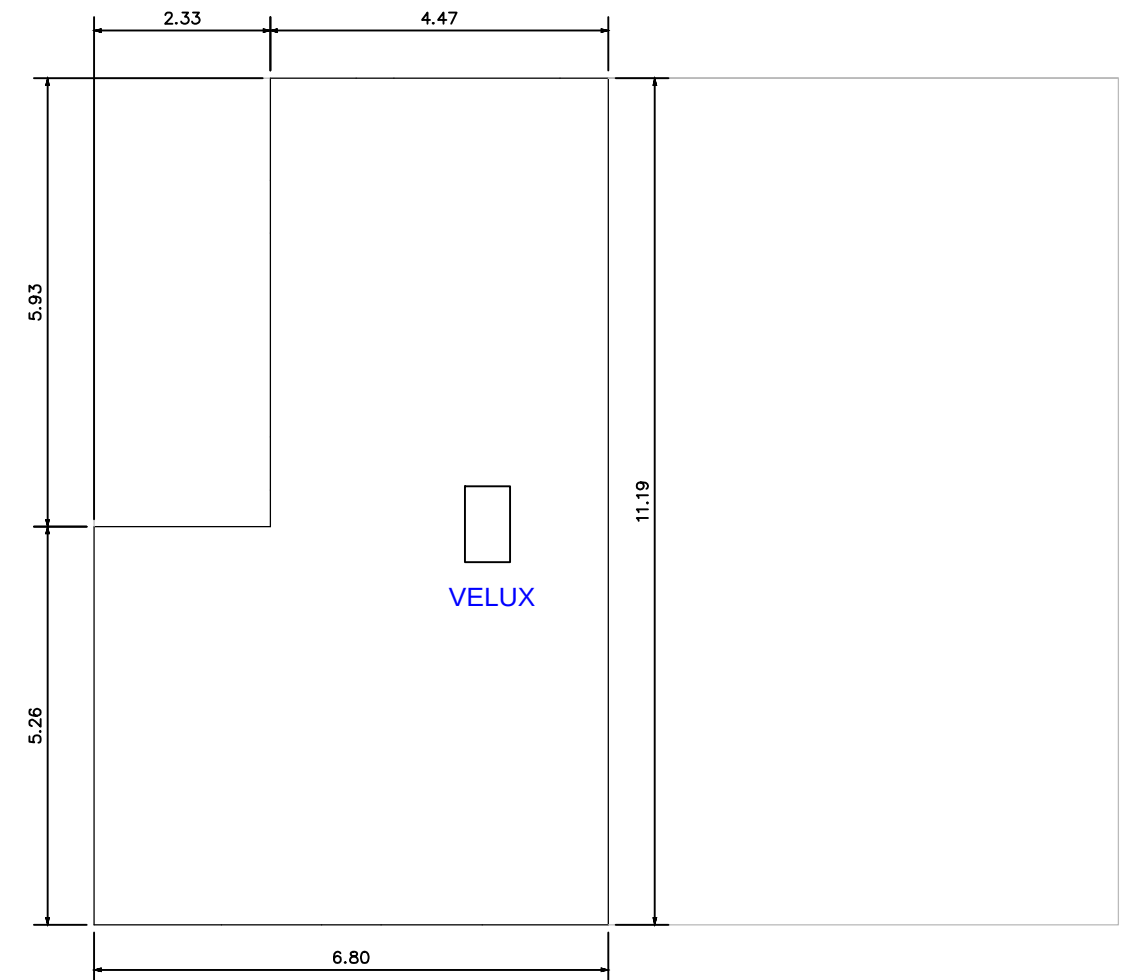
PLANTA BAJA

SUPERFICIE TOTAL (P. BAJA) 117 m²



PLANTA PRIMERA

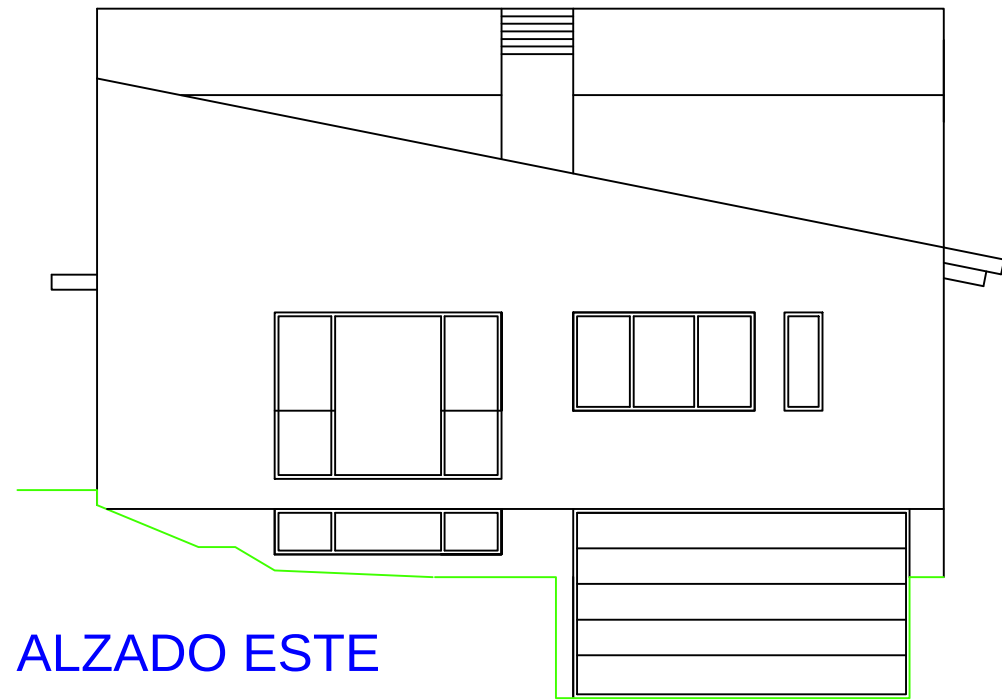
SUPERFICIE TOTAL P. PRIMERA 48 m2



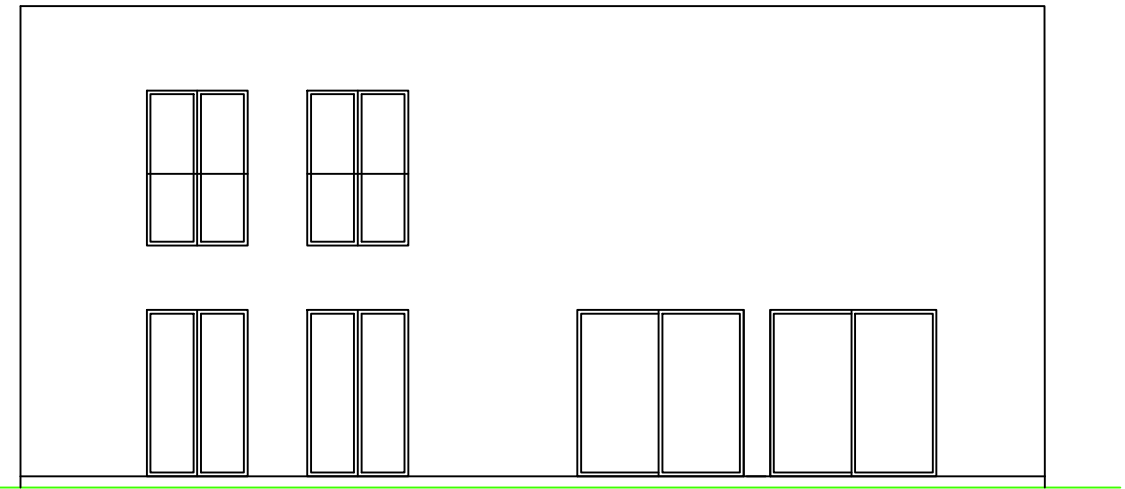
PLANTA CUBIERTA

SUPERFICIE TOTAL 48 m2

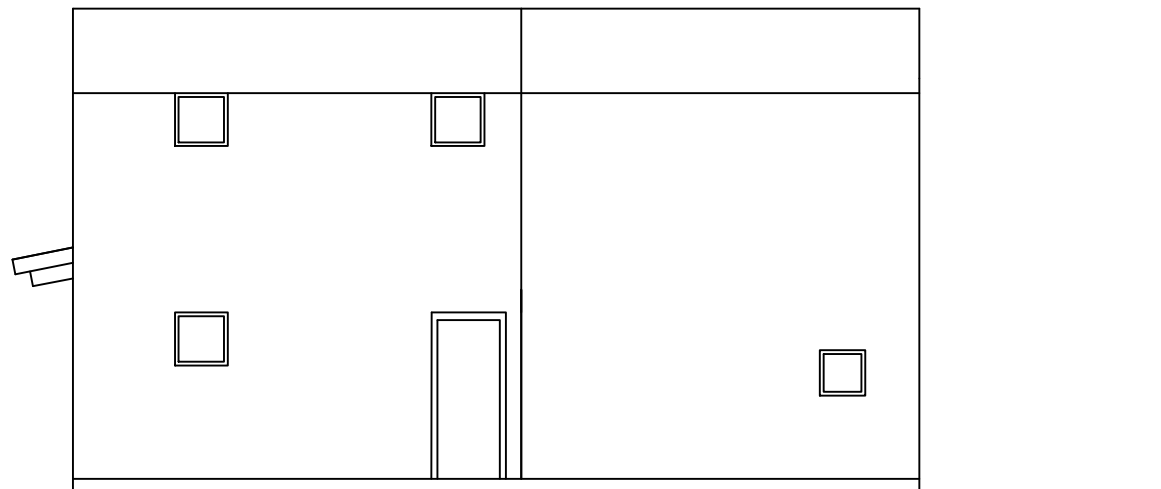
	Nº plano	Título de plano:
	2	PLANTA PRIMERA Y CUBIERTA
	Proyecto:	
	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES SOLUCIONES DE INSTALACION TERMICA PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR	
Fecha: Sept 2016	Escala plano: 1/100	Autor: Luis López Landa
Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía		



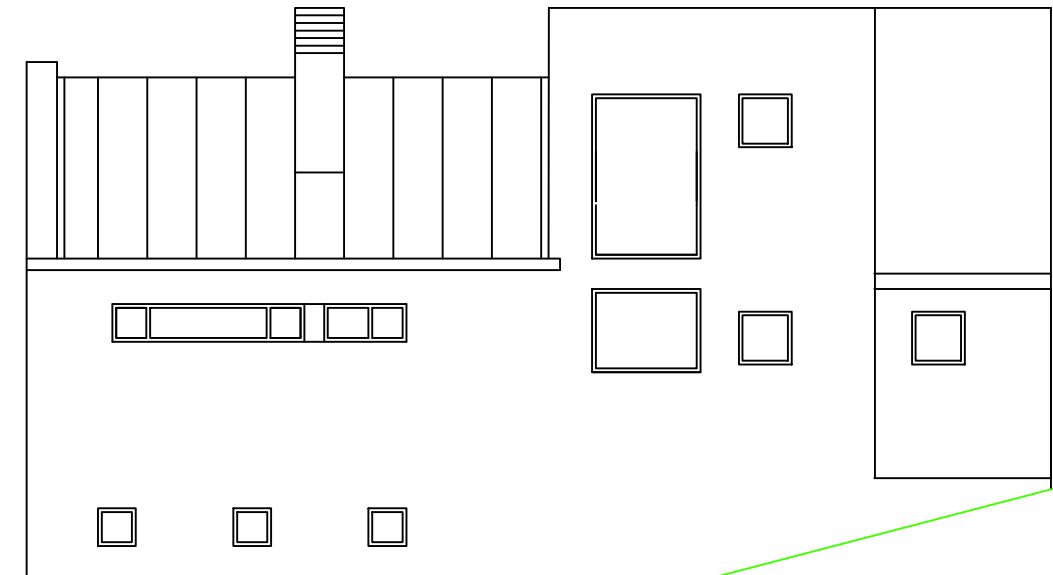
ALZADO ESTE



ALZADO SUR



ALZADO OESTE



ALZADO NORTE



Nº plano
3

Título de plano:
Alzados de fachadas

Proyecto:

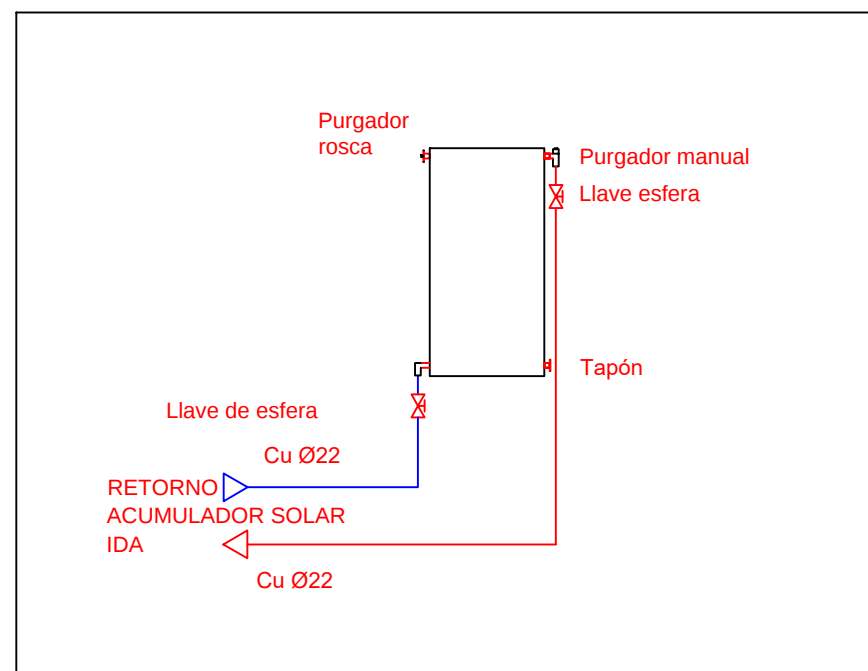
ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES
SOLUCIONES DE INSTALACION TERMICA PARA
VIVIENDA UNIFAMILIAR

Fecha: Sept 2016

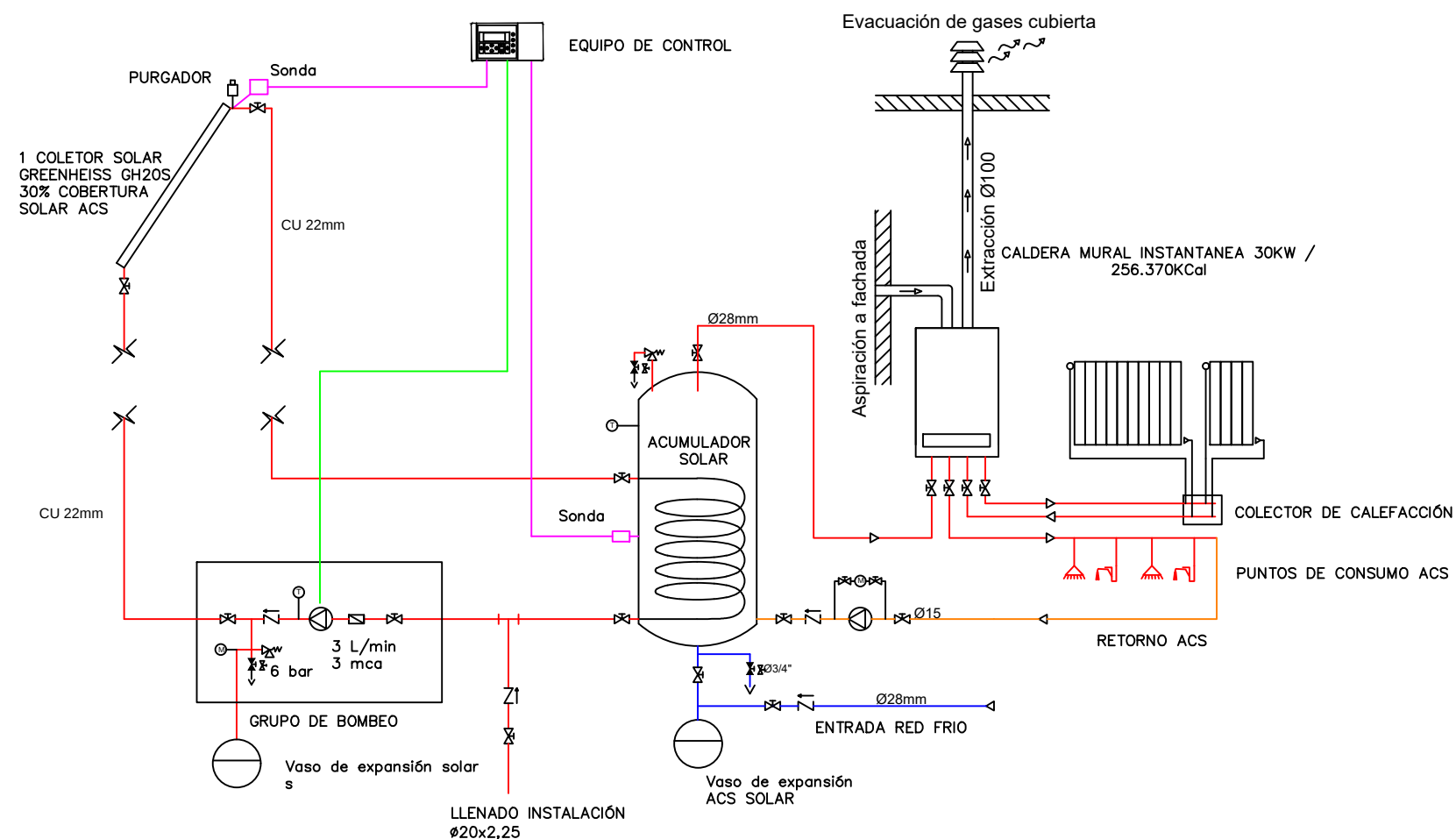
Escala plano: 1/100

Autor: Luis López Landa

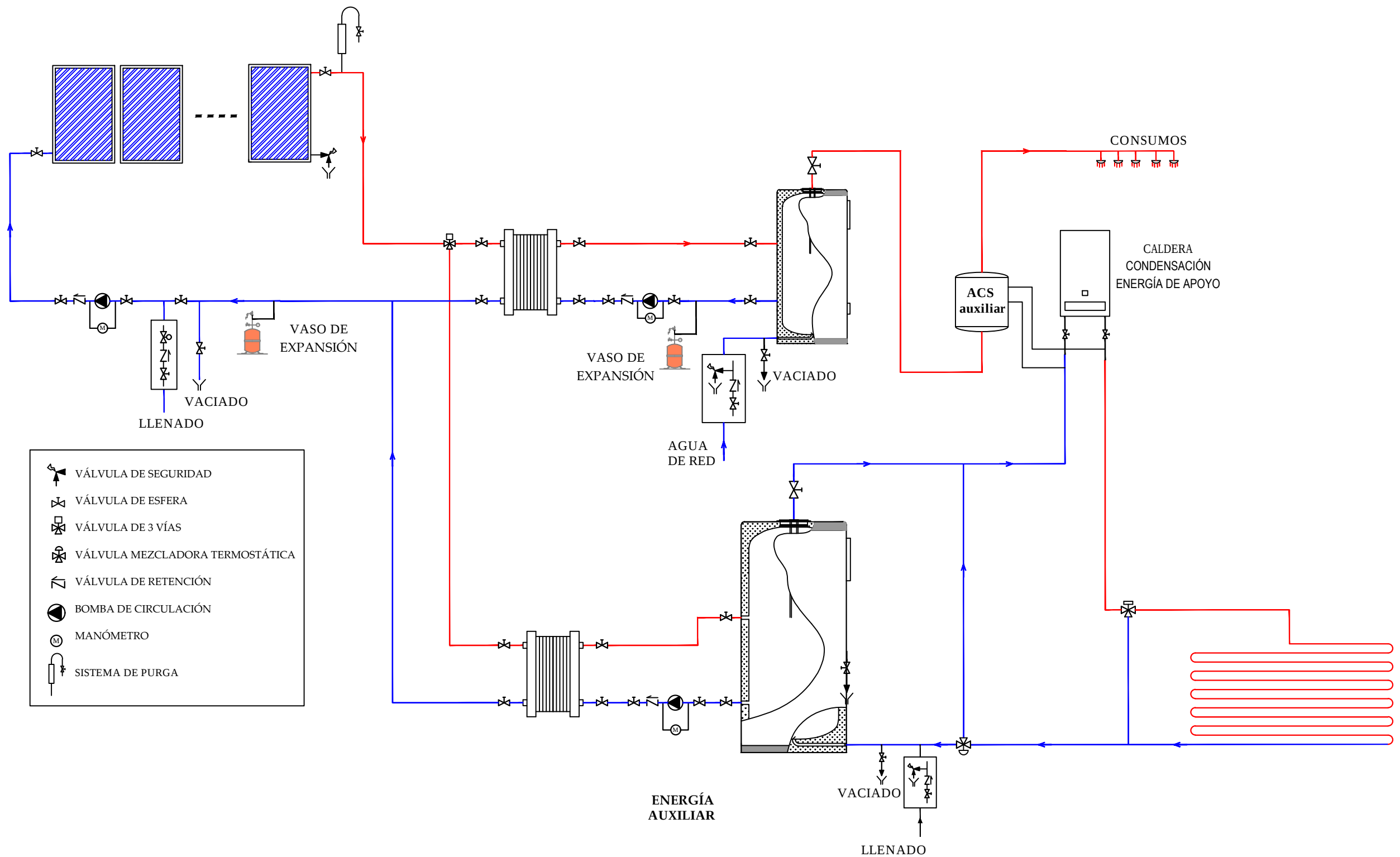
Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía



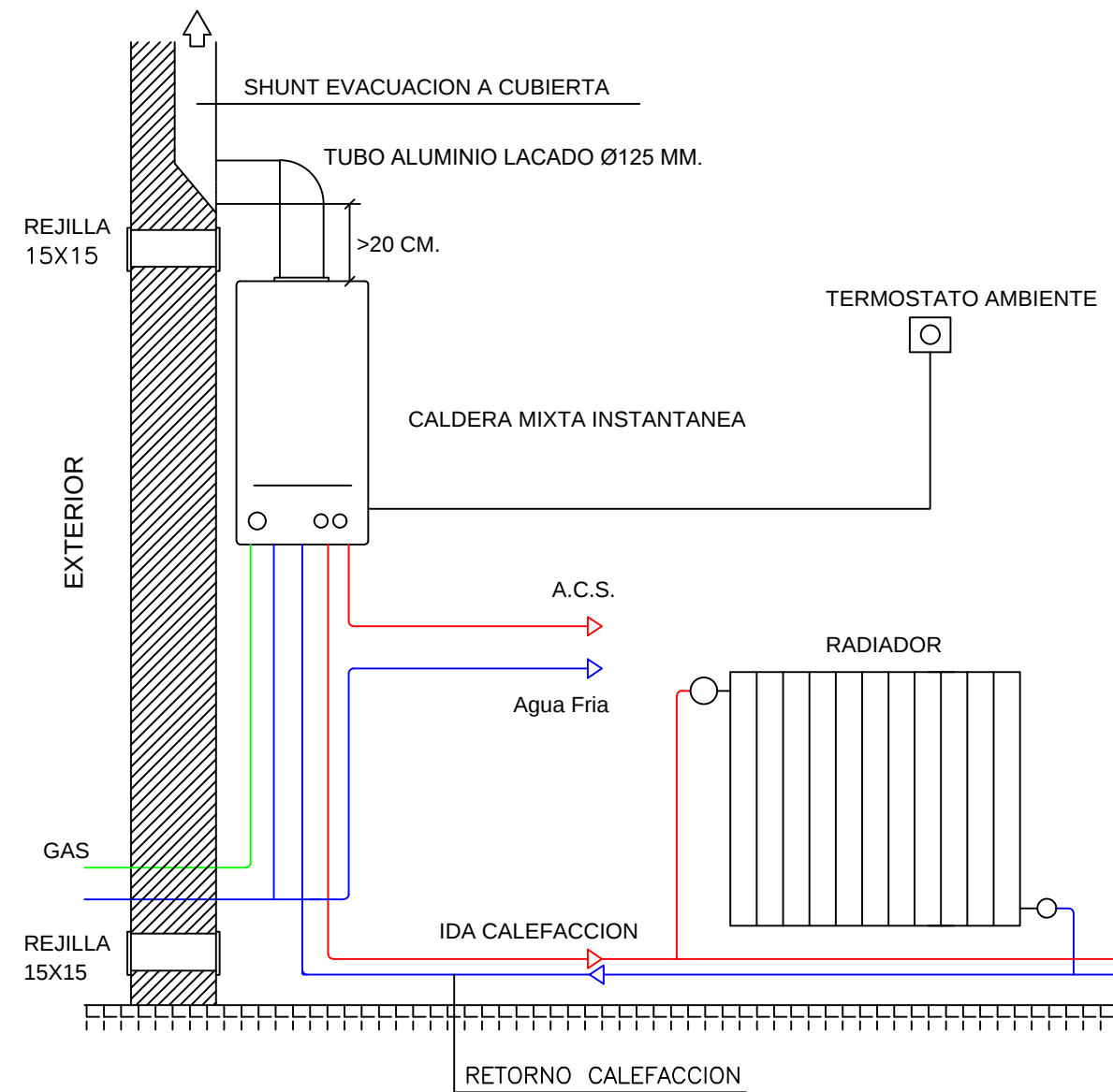
LEYENDA ACS	
	Bomba
	Antirretorno
	Caudalímetro
	Llave de corte
	Válvula de seguridad
	Manómetro
	Termómetro
	Válvula de 3 vías
	Sonda
	Relé
	Purgador
	Vaso expansión



 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Nº plano 4	Titulo de plano: CONVENCIONAL CON APOORTE SOLAR PARA ACS
	Proyecto: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES SOLUCIONES DE INSTALACION TERMICA PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Fecha: Sept 2016	Escala plano: Autor: Luis López Landa
	Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía	



 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Nº plano 5	Título de plano: CONVENCIONAL CON SUELO RADIANTE Y CALDERA DE ALTA EFICIENCIA (BAJA Tº)
	Proyecto: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES SOLUCIONES DE INSTALACION TERMICA PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR	
	Fecha: Sept 2016	Escala plano: Autor: Luis López Landa
	Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía	



NOTA: SUPERFICIE NECESARIA DE CADA REJILLA > 120 CM2.

TEJA CERAMICA-PORCELANA

ONDULINE

TABLERO FENOLICO

RASTREL

AISLANTE TÉRMICO RÍGIDO

ENTABLADO

CANALON DE ZINC

ENTARIMADO

LADRILLO 1/2 PIE

L.H.D

REVOCO CÁMARA DE AIRE

X.P.S 8cm

CÁMARA DE AIRE

REVOCO MORTERO DE CEMENTO

PINTURA PLÁSTICA

TARIMA DE MADERA

X.P.S 8cm

MORTERO DE CEMENTO

FORJADO

PINTURA PLASTICA

YESO

SUELO

BALDOSA GRES

X.P.S 8cm

MORTERO DE CEMENTO

FORJADO BAJA

PINTURA PLASTICA

YESO

YESO

HORMIGON

BETUN

POLIETILENO

ENCANCHADO DE PIEDRA

POLIETILENO

SOLERA HORMIGÓN