



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Diseño de las instalaciones de una vivienda bioclimática

Titulación: Máster en Energías Renovables

Alumno/a: Jesús Manuel Esparza San Nicolás

Director/a/s: Ana María Nieto Morote

Cartagena, 16 de Septiembre de 2013

ÍNDICE

ÍNDICE	1
RESUMEN DE FIGURAS	3
1. OBJETIVO	6
2. DISEÑO BIOCLIMATICO DE UNA VIVIENDA	7
2.1. INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA	7
2.2. OBJETIVOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA	9
2.3. BIOCLIMATIZACIÓN PASIVA	10
2.3.1. CALEFACCIÓN PASIVA	10
2.3.2. REFRIGERACIÓN PASIVA	12
2.3.3. ILUMINACIÓN PASIVA	14
2.3.4. TÉCNICAS PASIVAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	15
3. INTEGRACION DE ENERGIAS RENOVABLES EN EDIFICIACION	21
3.1. ENERGÍA GEOTÉRMICA	21
3.2. BIOMASA	25
3.3. ENERGÍA EÓLICA	28
3.4. ENERGÍA SOLAR	31
4. CARACTERISTICAS DE LA VIVIENDA	35
4.1. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	35
4.2. CLIMA	37
4.3. VIVIENDA	38
5. MEDIDAS BIOCLIMATICAS UTILIZADAS EN EL DISEÑO	40
6. DEMANDA ENERGETICA	43
6.1. DEMANDA ELÉCTRICA	43
6.1.1. VALORACIÓN DE CONSUMOS	45
6.2. DEMANDA TÉRMICA DE ACS	48
6.3. DEMANDA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN	51
6.4. DEMANDA TÉRMICA TOTAL DE ACS Y CALEFACCIÓN	55
7. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES.	57

7.1. ALTERNATIVAS PROPUESTAS	57
7.2. INSTALACIÓN GENERADOR DIESEL	59
7.3. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	62
7.3.1. PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN	63
7.4. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	72
7.4.1. PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN	74
7.5. INSTALACIÓN CALDERA DE BIOMASA	84
7.5.1. PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN	84
8. COSTES	93
8.1. COSTES INSTALACIÓN GRUPO ELECTRÓGENO DIESEL	93
8.2. COSTES INSTALACIÓN CALDERA DE BIOMASA	95
8.3. COSTES INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA CON CALENTADOR AUXILIAR DE GAS BUTANO	97
8.4. COSTES INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA CON CALDERA AUXILIAR DE BIOMASA	99
8.5. COSTES INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	101
9. VIABILIDAD ECONOMICA	102
9.1. ALTERNATIVA 1: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA Y CALDERA DE BIOMASA	102
9.2. ALTERNATIVA 2: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA E INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA (CON APOYO DE CALENTADOR DE BUTANO)	104
9.3. ALTERNATIVA 3: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA E INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA (CON APOYO DE CALDERA DE BIOMASA)	106
10. RESUMEN Y CONCLUSIONES	108
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	112
ANEXO I: CATALOGOS	114

RESUMEN DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquema calefacción solar pasiva

Figura 2.2. Esquema Ventilación cruzada

Figura 2.3. Ganancia térmica en función de la orientación

Figura 2.4. Tipos de protección a utilizar según orientación de la fachada

Figura 2.5. Elementos del sistema SATE

Figura 3.1. Fuentes de energía Geotérmica

Figura 3.2. Esquema instalación solar geotérmica

Figura 3.3. Ciclo energético de la biomasa

Figura 3.4. Partes de una caldera de biomasa

Figura 3.5. Sistema híbrido de generación eléctrica

Figura 3.6. Partes de un sistema eólico de pequeña potencia

Figura 3.7. Partes de un modulo solar fotovoltaico

Figura 3.8. Esquema instalación solar térmica

Figura 4.1. Plano de ubicación la vivienda

Figura 4.2. Plano de situación de la vivienda

Figura 4.3. Plano del emplazamiento de la vivienda

Figura 4.4. Detalle de la parcela donde se encuentra la vivienda

Figura 4.5. Plano de la vivienda

Figura 5.1. Medidas Adoptadas en la vivienda

Figura 6.1. Demanda eléctrica mensual de la vivienda

Figura 6.2. Demanda térmica mensual para ACS

Figura 6.3. Condiciones climáticas y parámetros de entrada de DP Clima

Figura 6.4. Carga térmica mes a mes de la vivienda

Figura 6.5. Demanda térmica mensual de calefacción.

Figura 6.6. Demanda térmica mensual total.

Figura 7.1. Grupo Electrógeno Himoinsa HLA3-6 T6

Figura 7.2. Radiadores RD/600 de la casa Rayco

Figura 7.3. Factor de corrección de superficie inclinada en Moratalla.

Figura 7.4. Panel fotovoltaico SANYO HIT H250E01

Figura 7.5. Batería 12 OPZS-1200

Figura 7.6. Regulador Victron Energy Blue Solar MPPT 150/70

Figura 7.7. Inversor Victron Energy Phoenix Inverter 24/3000

Figura 7.8. Mapa de las distintas zonas climáticas de España.

Figura 7.9. Contribución mínima solar en función de la demanda y la zona climática

Figura 7.10 Limitación de pérdidas por orientación e inclinación, por sombras, y total

Figura 7.11. Panel Heatsun SFK-21

Figura 7.12. Interacumulador Vitocell 100-H

Figura 7.13. Bomba WILO STAR-ST 15/9

Figura 7.14. Vaso expansión PreasureWave PWB 12

Figura 7.15. Caldera de Biomasa Vitoligno 300-P

Figura 7.16. Depósito Acumulador Lapesa CV200R

Figura 7.17. Silo de almacenamiento SP150 de EnerxySolar

1. OBJETIVO

Con el proyecto “Diseño de las instalaciones de una vivienda bioclimática” se plantea un Trabajo Fin de Máster, en el cual se realizará un estudio económico de diferentes opciones de suministro energético para satisfacer la demanda energética de una vivienda aislada situada en el término municipal de Moratalla, en la Región de Murcia.

En primer lugar, se realizará el diseño bioclimático de la vivienda, con el cual se conseguirá una reducción de la demanda energética, y su consecuente ahorro, mediante técnicas que definen una arquitectura adaptada al medioambiente.

Una vez minimizado el consumo energético del edificio y tras un estudio de las necesidades a cubrir y de los recursos naturales del lugar, podremos determinar los sistemas más adecuados, para suplir la demanda energética necesaria mediante el uso y la integración de fuentes de energías renovables, cubriendo dichas necesidades, de una manera limpia y responsable.

Por último, se realizará el estudio económico de las distintas alternativas de suministro energético, realizando una comparativa y seleccionada aquella opción que resulte más ventajosa para sustituir las instalaciones actuales, compuestas principalmente por un generador diesel para suplir la demanda energética.

2. DISEÑO BIOCLIMATICO DE UNA VIVIENDA

2.1. Introducción a la arquitectura bioclimática

Vivimos en un mundo en el que tenemos que hacer frente a nuevos retos, y el respeto al medio ambiente se está convirtiendo poco a poco en una pieza fundamental de todos los ámbitos de nuestra vida.

La apuesta por las ciudades sostenibles es una realidad y cada día es más frecuente encontrar en nuestras urbes edificios, parques y avenidas cuyo diseño colabora con el medio ambiente.

La construcción sostenible, que debería ser la construcción del futuro, se puede definir como aquella que, con especial respeto y compromiso con el medioambiente, implica el uso sostenible de la energía.

Cabe destacar la importancia del estudio de la aplicación de las energías renovables en la construcción de los edificios, así como una especial atención al impacto ambiental que ocasiona la aplicación de determinados materiales de construcción y la minimización del consumo de energía que implica la utilización de los edificios.

La gran mayoría de los edificios construidos actualmente suplen su pésimo diseño bioclimático con enormes consumos energéticos de calefacción y acondicionamiento de aire. Una vivienda bioclimática puede conseguir un gran ahorro e incluso llegar a ser sostenible en su totalidad.

Por eso, la arquitectura bioclimática se basa en la aportación de ideas para que la sostenibilidad y el confort sean la máxima prioridad a la hora de realizar un proyecto de construcción, pudiéndose definir como un nuevo tipo de arquitectura diseñada para lograr el máximo bienestar dentro del edificio con el mínimo gasto energético.

Si queremos una vivienda verde, deberemos empezar su diseño sostenible desde el momento de selección de su ubicación, donde se evitará la proximidad de fuentes emisoras de contaminación eléctrica y electromagnética, química y acústica, tales como: fábricas contaminantes, grandes vías de comunicación, tendidos de alta tensión, subestaciones y centros de transformación, etc. También deberán ser evitados aquellos lugares donde, por la actuación del hombre, pueda ponerse en peligro algún determinado ecosistema.

Habrá que tener en cuenta la morfología del terreno, construcciones adyacentes, los estilos arquitectónicos tradicionales de la zona, incluyendo vegetación propia del lugar y armonía de las formas constructivas.

Los materiales de la obra deberán ser de materia prima lo menos elaborada posible y encontrarse relativamente cerca de la ubicación seleccionada, utilizando recursos de la zona.

En este ámbito de vivienda sostenible, se introduce el concepto de eficiencia energética como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el confort ni la calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso.

Dentro de la arquitectura bioclimática podemos considerar dos vertientes diferentes, la arquitectura que utiliza técnicas pasivas para lograr los objetivos de eficiencia energética y la que empleará las técnicas activas, para la aportación de energía mediante la integración tecnológica de distintas fuentes de energía renovables.

La arquitectura bioclimática pasiva empleará aquellas técnicas o estrategias bioclimáticas intr secas al diseño del edificio, inherentes a la forma, orientación, materiales, etc. que por sí solas ya producen un ahorro energético importante sin el uso de tecnología o mecanismos complejos.

La utilización de técnicas pasivas deberá estar prevista desde el diseño, teniendo que realizar un estudio de muchos aspectos, como el clima y las condiciones del entorno (sol, vegetación, lluvias, vientos), así como de los materiales de construcción del edificio, la adecuación del diseño, la geometría, la orientación etc.

2.2. Objetivos de la arquitectura bioclimática

Una vez conocemos la importancia de buscar una nueva forma de construcción, que responda al contexto social, económico y medioambiental actual, pasaremos a definir los principales objetivos que se pretenden conseguir con la arquitectura bioclimática:

1. Minimizar la demanda energética del edificio, ya sea en forma eléctrica o de calefacción; la potenciación de la luz natural en el interior supondrá un ahorro económico, debido al menor consumo de electricidad.
2. Alcanzar un confort térmico adecuado, es decir, unas condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire.
3. Maximizar / minimizar ganancias energéticas en función de la estacionalidad, evitando el uso de sistemas de calefacción o refrigeración que aumenten la demanda energética.
4. Contribuir a economizar en el consumo de combustibles, actuando responsablemente con el planeta.
5. Disminuir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, sustituyendo las instalaciones convencionales por otras de energías renovables.

2.3. Bioclimatización pasiva

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 tal manera que pueda conseguirse un acondicionamiento natural, para alcanzar los objetivos propuestos de ahorro y eficiencia energética.

2.3.1. Calefacción pasiva

El diseño solar pasivo representa una de las estrategias más importantes para reemplazar los combustibles fósiles convencionales y reducir la contaminación ambiental en el sector de la construcción. La energía solar puede ser una gran contribución a los requerimientos de calefacción de un edificio.

El aprovechamiento de la calefacción solar pasiva se potencia, cuando además de materiales de elevada masa térmica, la envolvente del edificio cuenta con aislamiento exterior. De esa manera se reducen significativamente las pérdidas de calor, mientras que se permite que la masa térmica interactúe con los espacios interiores. De igual manera el uso de ventanas con dos o más capas de vidrio y cámaras de aire, y/o con pantallas aislantes, reducen las pérdidas de calor por conducción a través de las superficies acristaladas durante el periodo nocturno.

Los sistemas de ganancia directa nos permiten el ingreso de la radiación solar, mediante superficies acristaladas, a los espacios habitables o a espacios que se usan de manera esporádica pero que guardan una estrecha relación con los primeros.

El sistema de ganancias directas a través de ventanas es el más simple de todos, y generalmente el más económico. La estrategia es sencilla: generar aberturas acristaladas en los espacios habitables del edificio, dispuestas de tal manera que tengan la máxima captación posible de radiación solar durante el invierno y la mínima durante el verano.

La disposición de los espacios habitables de la vivienda, así como su orientación respecto al sol, cobran una enorme importancia durante las primeras etapas del proyecto

arquitectónico. Cuando no se toman las decisiones iniciales correctas, lograr una adecuada relación del edificio con el sol se hace una tarea difícil, y obviamente mucho más costosa.

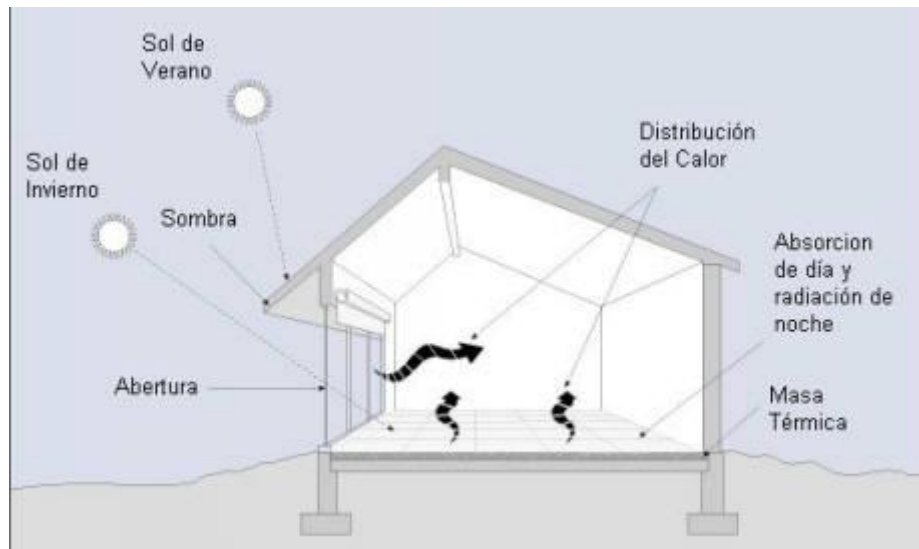


Figura 2.1. Esquema calefacción solar pasiva

El fenómeno básico involucrado es el llamado efecto invernadero, el cual podemos describir a partir de la siguiente secuencia de eventos:

1. Captación solar diurna, donde la energía solar es recolectada y convertida en calor.
2. Almacenamiento de calor, en el que el calor recolectado durante el día es almacenado dentro del edificio para ser usado en el futuro.
3. Distribución del calor, en el que el calor almacenado es distribuido hacia habitaciones o zonas que requieran de acondicionamiento térmico.
4. Conservación de calor, en el que el calor es retenido en el edificio durante el mayor tiempo posible.

2.3.2. Refrigeración pasiva

La ventilación natural es sin duda la estrategia de enfriamiento pasivo más eficiente y de uso más extendido.

La ventilación natural, implica permitir la entrada y la salida del viento en los espacios habitables de las viviendas, una estrategia que se conoce como ventilación cruzada. Sin embargo esta condición no siempre es factible, ya sea porque el viento es demasiado débil o porque la configuración de los edificios y/o su entorno reducen su aprovechamiento. Por otro lado, han de tenerse en cuenta las condiciones del aire exterior, como la temperatura, la humedad relativa y el nivel de pureza del mismo, ya que no siempre son las más adecuadas.

El movimiento del aire obedece casi siempre a fenómenos convectivos, los cuales a su vez se derivan de desequilibrios térmicos provocados por la distribución desigual de la energía calorífica, principalmente relacionada con la radiación solar. Podemos afirmar que la ventilación natural suele basarse en dos estrategias básicas: la captación y el aprovechamiento de los vientos de la zona, y la generación de fenómenos convectivos a pequeña escala. Existen sistemas de ventilación natural que emplean ambas estrategias de manera simultánea o alternada.

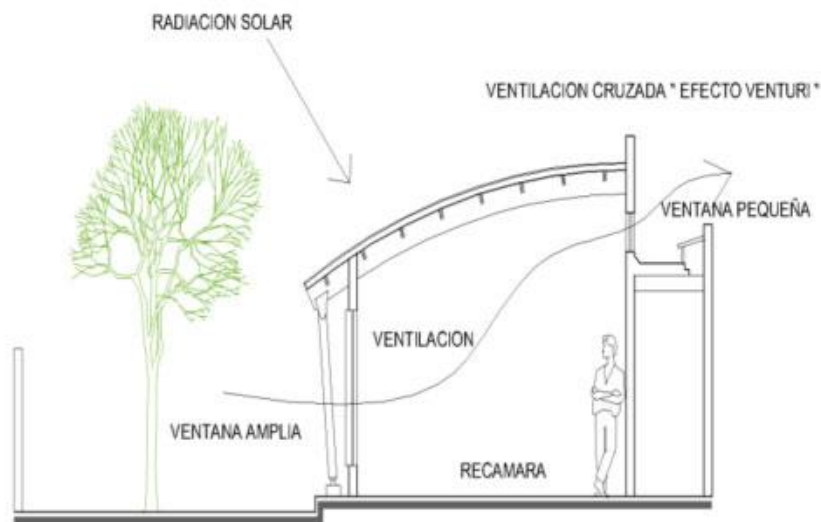


Figura 2.2. Esquema Ventilación cruzada

Prácticamente todos los edificios intercambian aire con el exterior, aun cuando sus aberturas se encuentren cerradas. Esto es porque sus componentes constructivos tienen numerosos poros y fisuras, en ocasiones microscópicas, que permiten que el aire pase a través de ellos y de lugar a lo que se conoce como infiltración, es decir, ventilación no controlada.

Para un óptimo enfriamiento por ventilación, se requiere un área efectiva suficiente, tanto para la entrada como para la salida del aire, con la entrada localizada en una zona de presión positiva y la salida en una zona de presión negativa. Se deberá procurar siempre una ventilación cruzada para incrementar la convección sobre los ocupantes y proveer una mayor comodidad de los mismos.

Los tamaños de las ventanas no son determinados por la ventilación solamente, sino que también se tienen que tomar en cuenta otros factores arquitectónicos como iluminación, privacidad, seguridad y control a la radiación solar.

2.3.3. Iluminación pasiva

La iluminación natural constituye una alternativa válida para la iluminación de interiores y su aporte es valioso no sólo en relación a la cantidad sino también a la calidad de la iluminación.

En relación a la iluminación artificial, la iluminación natural presenta las siguientes ventajas:

- Es provista por una fuente de energía renovable. La iluminación natural es proporcionada por la energía radiante del sol, en forma directa o a través de la bóveda celeste.
- Implica ahorro de energía. Una iluminación natural bien diseñada puede cumplir con los requerimientos de iluminancia de un local interior donde se realicen tareas visuales de complejidad media entre un 60-90% del total de horas de luz natural.
- Puede proporcionar niveles de iluminancia más elevados en las horas diurnas, para una considerable parte del año, que los obtenidos con luz eléctrica mediante instalaciones económicamente sustentables. Se puede, mediante la iluminación natural, obtener una iluminancia homogénea interior de alrededor de 1000 lux.

Así como las lámparas de distinto tipo constituyen las fuentes de luz en la iluminación eléctrica, el sol y el cielo son las fuentes de las que se dispone para la iluminación natural.

La luz natural llega al interior de un local directa o indirectamente, dispersada por la atmósfera y reflejada por las superficies del ambiente natural o artificial. De la misma manera que una luminaria filtra y distribuye la luz emitida por la lámpara eléctrica que ésta contiene, la luminaria de la luz natural es la envolvente edilicia que admite la luz del sol en el interior de un espacio por transmisión, dispersión o reflexión de la misma.

Esto incluye el cielo, así como al ambiente externo natural o construido por el hombre. Por lo tanto, el tipo de cielo, las superficies de la tierra, plantas y otros edificios son parte de la "luminaria natural".

La ganancia térmica solar directa en fachadas verticales orientadas al norte, potencial causa de deslumbramiento, se puede controlar con un alero fijo o con sombra vegetal, bloqueando la radiación directa sobre las áreas vidriadas en los meses de verano, ingresando por lo tanto sólo iluminación difusa a los interiores. En la situación de invierno, lo que se desea es

el ingreso del sol en el local para ganancia térmica, cosa que ocurre naturalmente, ya que el sol tiene ángulos bajos y el alero que sombreaba en verano (ángulo solar alto) permite el total asoleamiento de la superficie vidriada.

Para evitar también el deslumbramiento y en consecuencia las molestias visuales, que produce el ingreso del sol directo en invierno a través de la ventana ubicada en la fachada norte, se puede difundir el rayo solar mediante estantes de luz interiores o difusores que redirijan o difundan la luz solar directa para iluminar.

2.3.4. Técnicas pasivas de eficiencia energética

▪ Ubicación

La ubicación determina las condiciones climáticas con las que la vivienda tiene que relacionarse, siendo estas, condiciones macro y micro climáticas.

Las condiciones macroclimáticas son consecuencia de la pertenencia a una latitud y región determinada. Los datos más importantes que las definen son:

- ✓ Las temperaturas medias, máximas y mínimas
- ✓ La pluviometría
- ✓ La radiación solar incidente
- ✓ La dirección del viento dominante y su velocidad media

Las condiciones microclimáticas son consecuencia de la existencia de accidentes geográficos locales que pueden modificar las anteriores condiciones de forma significativa, como pueden ser:

- ✓ La pendiente del terreno, por cuanto determina una orientación predominante de la vivienda
- ✓ La existencia de masas de agua cercanas, que reducen las variaciones bruscas de temperatura e incrementan la humedad ambiente
- ✓ La existencia de masas boscosas cercanas
- ✓ La existencia de edificios

La elección de la ubicación de la vivienda, si ello es posible, es una decisión muy importante en el proceso de diseño bioclimático, ya que dependiendo de los factores que nos rodean, deberemos optar por la aplicación de unas u otras técnicas.

- **Orientación del edificio**

De acuerdo con la orientación del edificio, la fachada sur recibe en invierno cerca del triple de radiación solar que cualquier otra fachada. Durante el verano la situación se invierte y la cara sur recibe mucha menos radiación en comparación con la cubierta y las fachadas este y oeste.

Para maximizar la ganancia solar se orientará al sur el edificio, hasta unos 30° a este u oeste. La fachada receptora deberá estar libre de edificios altos, árboles de hoja perenne y cualquier obstáculo que impida la radiación directa al edificio. En rehabilitación de edificios no se puede controlar este aspecto, al existir condicionantes de partida sobre los que no podremos actuar.

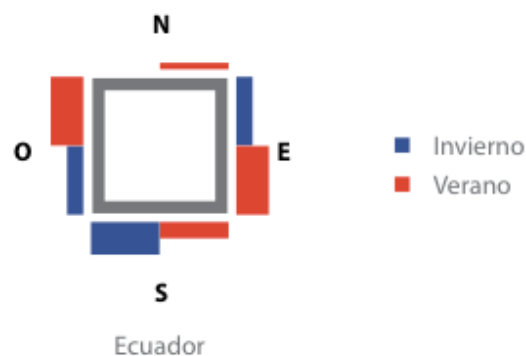


Figura 2.3. Ganancia térmica en función de la orientación

- **Forma**

La superficie de contacto entre la vivienda y el exterior, influye en las pérdidas o ganancias caloríficas. Normalmente se desea un buen aislamiento, para lo cual, además de utilizar los materiales adecuados, la superficie de contacto tiene que ser lo más pequeña posible. La existencia de patios, alas, etc. incrementan esta superficie.

La forma ideal es una casa compacta y alargada, es decir, de planta rectangular, cuyo lado mayor va de este a oeste, y en el cual se encontrarán la mayor parte de los dispositivos de captación (fachada sur), y cuyo lado menor va de norte a sur. La altura es determinante: una casa alta siempre ofrece mayor resistencia que una casa baja. Esto es bueno en

verano, puesto que incrementa la ventilación, pero malo en invierno, puesto que incrementa las infiltraciones.

La forma del tejado y la existencia de salientes diversos también influye en conseguir una casa más o menos "aerodinámica". Teniendo en cuenta las direcciones de los vientos predominantes, tanto en invierno como en verano es posible llegar a una situación de compromiso que disminuya las infiltraciones en invierno e incremente la ventilación en verano.

▪ **Tamaño de los Huecos**

Las ventanas constituyen el medio para intercambiar flujos de calor con el exterior, produciéndose dichos intercambios en ambos sentidos. Su situación y su tamaño es uno de los factores concretos más importantes que afecta al consumo de energía de una vivienda por lo que se deben limitar las pérdidas energéticas por las ventanas

Los grandes huecos (ventanas, balcones, grandes puertas) deben mirar hacia el sur. Es la parte más soleada, por lo que la aprovecharemos para obtener todo el calor pasivo posible. Dentro de la casa aseguraremos una buena masa térmica. Al este, al oeste, y sobre todo al norte las ventanas deberían ser pocas y pequeñas, para evitar pérdidas de calor. Las pequeñas ventanas al norte facilitarán la refrigeración natural en verano y la poca pérdida de calor en invierno.

Es importante que las aberturas tengan las dimensiones adecuadas para captar suficiente radiación solar en relación con el tamaño de los espacios habitables. Sin embargo también se debe considerar que las aberturas acristaladas demasiado grandes pueden propiciar pérdidas significativas de calor en los periodos sin soleamiento. En términos generales podemos establecer una proporción adecuada de las aberturas sobre la fachada orientada al ecuador en el orden de 30 al 60%. Proporciones más pequeñas dificultan la captación de la radiación necesaria, mientras que proporciones más grandes suelen obligar a tomar medidas adicionales para evitar las pérdidas de calor.

Se pueden disminuir las pérdidas incluyendo persianas o contraventanas aislantes. El sistema de persianas enrollables es el más usado y más habitual en la mayor parte de las viviendas españolas. Es un sistema compacto que ocupa muy poco espacio, permitiendo bien la bajada y la recogida manual o bien su automatización.

▪ Protección contra el sol

En invierno, la fachada sur recibe la mayoría de radiación, gracias a que el sol está bajo, mientras que las otras orientaciones apenas reciben radiación. En verano, en cambio, cuando el sol está más vertical a mediodía, la fachada sur recibe menos radiación directa, mientras que las mañanas y las tardes castigan especialmente a las fachadas este y oeste, respectivamente.

Los aleros bien calibrados o los toldos son una opción efectiva de optimizar la ganancia del calor. Permiten la protección contra el calentamiento excesivo en verano pero permiten dejar pasar el sol en invierno. Ajardinar con vegetación caducifolia ayuda a dar sombra en verano a las ventanas situadas al sur, este y oeste, impidiendo la ganancia del calor del verano.

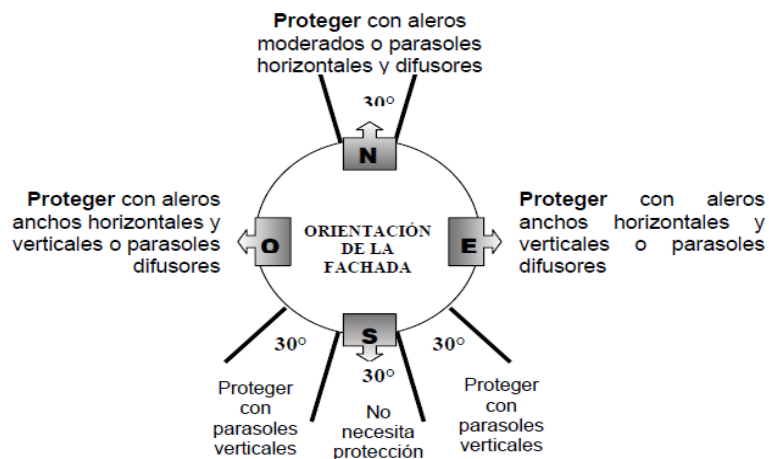


Figura 2.4. Tipos de protección a utilizar según orientación de la fachada

▪ Materiales

Los aislamientos constituyen una parte fundamental a la hora de la pérdida o ganancia de calor, por ejemplo los muros gruesos retardan las variaciones de temperatura, debido a su Inercia térmica, evitando las filtraciones, reduciendo así las pérdidas y ganancias de calor a través de la envolvente térmica.

El aislamiento térmico consiste en fijar una capa de aislamiento a la fachada existente, y posteriormente proteger dicho aislante mediante un nuevo acabado exterior.

Esta solución constructiva es especialmente recomendable cuando la fachada a aislar sea plana y vertical, puesto que la disposición en horizontal se vería afectada por inclemencias meteorológicas como las precipitaciones.

A nivel europeo se está trabajando en la elaboración de una norma armonizada que especificará los requisitos de los sistemas SATE e incorporará en un futuro la obligatoriedad del marcado CE de los mismos.

Los sistemas SATE que incorporan un aislamiento con un espesor óptimo aseguran drásticas reducciones de la energía disipada al exterior, demostrando una disminución del consumo de combustibles próximo al 30% y permiten un ahorro energético consistente y continuo.

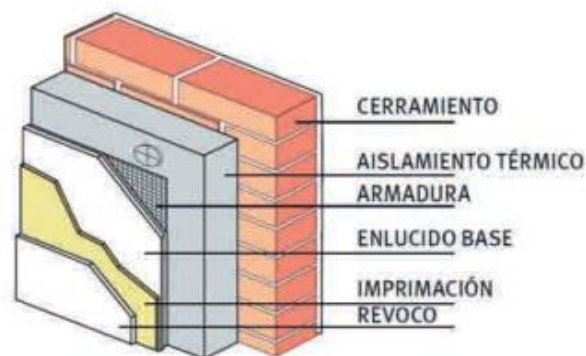


Figura 2.5. Elementos del sistema SATE

▪ **Sistemas evaporativos de refrigeración**

La evaporación de agua refresca el ambiente. Si utilizamos la energía solar para evaporar agua, paradójicamente estaremos utilizando el calor para refrigerar. Hay que tener en cuenta que la vegetación, durante el día, transpira agua, refrescando también el ambiente.

En un patio, una fuente refrescará esta zona que, a su vez, puede refrescar las estancias colindantes. El efecto será mejor si hay vegetación. La existencia de vegetación y/o pequeños estanques alrededor de la casa, especialmente en la fachada sur, mejorará también el ambiente en verano. Sin embargo hay que considerar dos cosas: por una parte, un exceso de vegetación puede crear un exceso de humedad que, combinado con el calor, disminuirá la sensación de confort, por otra, en invierno habrá también algo más de humedad. De cualquier manera, en climas calurosos, suele ser conveniente casi siempre el uso de esta técnica.

El riego esporádico alrededor de la casa, o la pulverización de agua sobre fachadas y tejado, también refrescará la casa y el ambiente.

- **Efecto climático del suelo**

La elevada inercia térmica del suelo provoca que las oscilaciones térmicas del exterior se amortigüen cada vez más según la profundidad. A una determinada profundidad, la temperatura permanece constante. La amortiguación de temperatura que se produce depende de la profundidad y del tipo de suelo. Para amortiguar las variaciones día - noche el espesor debe ser de unos 20 - 30 cm.

Aunque en la práctica no sea factible grandes profundidades en enterramientos de viviendas, si que han surgido proyectos de viviendas semienterradas para tratar de aprovechar esta capacidad de amortiguamiento del suelo, por ejemplo, si se construye la casa en una pendiente orientada al sur, se puede construir de tal manera que la fachada norte esté parcialmente enterrada.

Para aprovechar la temperatura del suelo, se pueden enterrar tubos de aire (cuanto más profundos mejor), de tal manera que este aire acaba teniendo la temperatura del suelo. Se puede introducir en la casa bombeándolo con ventiladores o por convección.

3. INTEGRACION DE ENERGIAS RENOVABLES EN EDIFICIACION

Mediante la integración de fuentes de energía renovable, es posible reducir gran parte del consumo utilizado en la climatización. Las energías renovables, pueden aportar a la construcción una parte de la demanda energética que necesita, de una manera limpia y responsable.

La directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del consejo de 23 de abril de 2009, da un impulso y fomenta el uso de las energías renovables con fines de mejora energética en edificios de viviendas y terciarios mediante su integración.

3.1. Energía geotérmica

El aprovechamiento del calor terrestre para producir energía útil es conocido desde hace milenios por la humanidad, y baste el recuerdo de Pompeya –la ciudad romana engullida por el Vesubio, que aprovechaba el calor del volcán para sus termas– para constatarlo.

La energía geotérmica es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas y se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres.

La energía geotérmica proviene del calor interior de la Tierra, a diferencia del resto de energías renovables cuyo origen es la radiación solar, ya sea de forma directa como la solar térmica y fotovoltaica o de forma indirecta como la eólica, hidroeléctrica y biomasa; un calor que se alimenta, por un lado la desintegración de isótopos radiactivos, y por otro, de movimientos diferenciales entre las distintas capas que constituyen la Tierra y del calor latente de la cristalización del núcleo externo.

Los rayos del sol calientan la corteza terrestre, especialmente en verano. Como la tierra tiene una gran inercia térmica, es capaz de almacenar este calor, y mantenerlo incluso estacionalmente. La corteza de la tierra se calienta constantemente con el sol y el agua de lluvia. Una instalación geotérmica es, por eso, una fuente de energía renovable interminable y limpia.

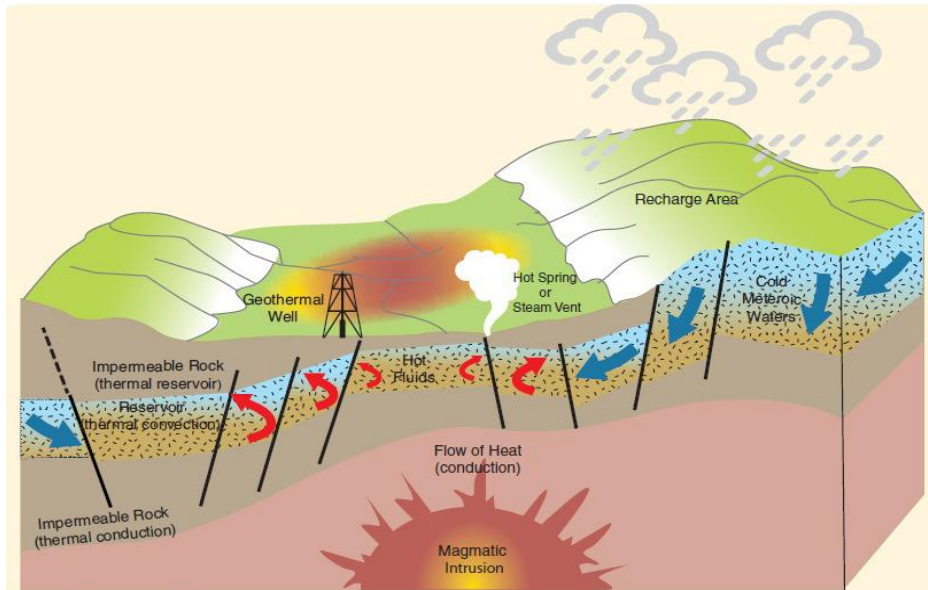


Figura 3.1. Fuentes de energía Geotérmica

Por tanto, la energía geotérmica es, en su más amplio sentido, la energía calorífica que la tierra transmite desde sus capas internas hacia la parte más externa de la corteza terrestre que puede ser aprovechado por el hombre en condiciones técnicas y económicas

Hay distintas tecnologías, en función del tipo de explotación: muy baja, baja, media y alta temperatura. En España no hay plantas de aprovechamiento eléctrico y son escasas las instalaciones térmicas, la mayoría asociada a balnearios y centros similares.

- *Alta temperatura:* Existe en las zonas activas de la corteza. Su temperatura está comprendida entre 150 y 400 C°, gracias a la cual el agua contenida en estas zonas se transforma en vapor en la superficie y es enviado a las turbinas para generar electricidad.
- *Media temperatura:* En esta los fluidos de los acuíferos están a temperaturas menos elevadas, normalmente entre 90 y 150 C°. Por lo que la conversión vapor-electricidad se realiza obteniendo un menor rendimiento, y debe utilizarse como intermediario un fluido volátil. Se puede utilizar en centrales eléctricas y en la producción de frío por absorción.
- *Baja temperatura:* Se debe al gradiente geotérmico y los fluidos se sitúan entre los 30 y 90 C°. La podemos aprovechar en zonas más amplias que las anteriores, como

en las cuencas sedimentarias para su uso directo en procesos industriales y climatización.

- *Muy baja temperatura:* Esta la consideraremos cuando los fluidos se calienten a temperaturas inferiores a 30C° y la utilizaremos para necesidades domesticas (climatización con bomba de calor geotérmica), urbanas o agrícolas.

En instalaciones de climatización para viviendas, cabe mencionar que se trata de la explotación de un recurso geotérmico de baja entalpía, por lo que no se trabajará en ningún momento con fluidos geotérmicos en estado gaseoso y alta presión, ni se procederá a la extracción de ningún recurso hídrico.

El intercambio geotérmico se realiza por medio de un circuito cerrado instalado en los sondeos que perforan el terreno junto al edificio. De esta forma, se produce un intercambio de calor entre el agua anticongelante que circula y la tierra. En invierno, la tierra transfiere al agua el calor que almacena y se utiliza para calefacción, ya que la bomba geotérmica eleva esta temperatura con su eficaz compresor a más de 55 °C si fuera necesario. En verano, el agua transfiere al terreno el exceso de calor del edificio de forma que se obtiene en refrigeración.

En el subsuelo, a partir de unos 5 metros de profundidad, los materiales geológicos permanecen a una temperatura estable, independientemente de la estación del año o las condiciones meteorológicas. En España es alrededor de 15 grados. Entre los 15 y 20 metros de profundidad, la estabilidad térmica es de unos 17 grados todo el año, que se puede considerar una verdadera fuente de calor. A su vez, esta estabilidad térmica supone que, en verano, el subsuelo esté considerablemente más fresco que el ambiente exterior.

El refrigerante que circula es conducido a la bomba de calor geotérmica para generar la energía suficiente para la completa climatización de una vivienda. Si en invierno la bomba geotérmica saca calor de la tierra, en verano se deshace de él transfiriéndolo al pozo. La bomba geotérmica es reversible, por lo que el calor de la vivienda en verano es extraído y transferido al subsuelo a través de los mismos colectores.

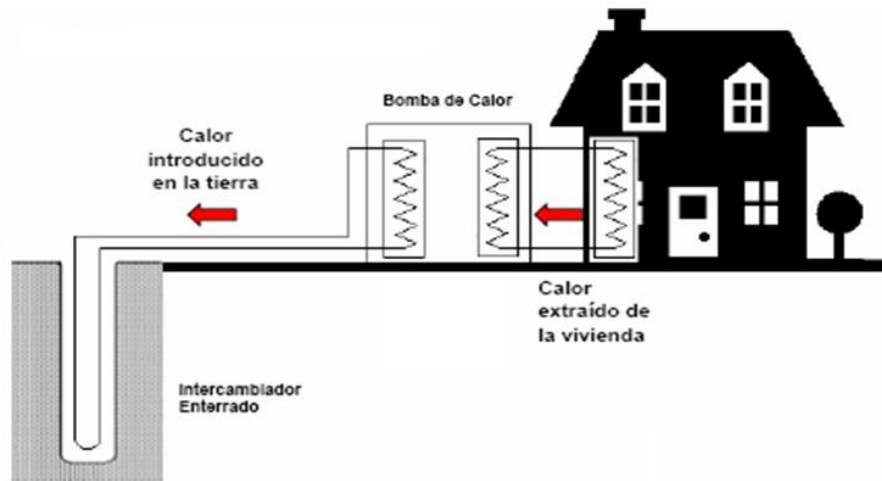


Figura 3.2. Esquema instalación solar geotérmica

Las ventajas energéticas y medioambientales del uso de esta tecnología son notables, ya que se aprovecha un recurso renovable ampliamente disponible y que, además, ofrece una gran eficiencia energética.

Permite obtener unos ahorros constatados de hasta un 75% en modo calefacción y de un 50% en refrigeración activa. En refrigeración pasiva, donde el fluido del circuito enfría la casa sin pasar por el compresor de la bomba de calor con un consumo de electricidad debido exclusivamente a la bomba de circulación, el ahorro es aún mayor.

3.2. Biomasa

En términos generales, el término biomasa define el conjunto de la materia (masa) vegetal, considerando tanto los árboles, plantas, arbustos y hierbas (biomasa vegetal), como la materia orgánica procedente del ciclo alimentario de las especies animales vegetarianas (biomasa animal). En nuestro caso nos ceñiremos a la biomasa vegetal.

En términos energéticos, la biomasa es la energía solar captada por los organismos fotosintéticos almacenados en su estructura celular.

La utilización de la biomasa para obtener calor es tan antigua como las primeras hogueras de leña que utilizaron los hombres prehistóricos como sistema único de calefacción en sus cuevas. Después de miles de años, parece que esta tecnología puede ser parte de la solución al grave problema que plantea la utilización de combustibles fósiles.

La característica esencial de la biomasa como combustible, es que constituye un ciclo cerrado energético y por tanto renovable: En su formación, las especies vegetales absorben la energía solar mediante la fotosíntesis, energía que se fija (almacena) en forma de carbono mediante la transformación del CO₂ ambiental, el agua y diversos minerales (sin valor energético), en materias orgánicas altamente energéticas.

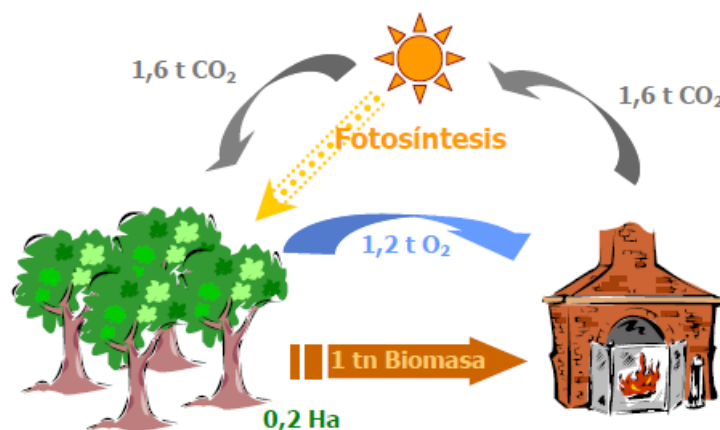


Figura 3.3. Ciclo energético de la biomasa

La combustión directa de esta "biomasa" vegetal se realiza mediante su oxidación total en contacto con el O₂ del aire, liberándose en el proceso energía térmica, agua, CO₂ y

cenizas. El CO₂ liberado se corresponde con el CO₂ absorbido, por lo se asegura su equilibrio en la atmósfera (ciclo neutro). A su vez, las cenizas servirán de abono en el proceso de fotosíntesis de nuevas plantaciones, cerrándose así el ciclo. Esto es lo que le confiere la denominación de energía renovable.

La instalación necesaria en viviendas para el aprovechamiento de biomasa en calefacción y ACS no difiere sustancialmente de la utilizada con combustibles convencionales como el gasóleo o gas natural.

Las calderas de biomasa son muy semejantes en tamaño y funcionamiento a las calderas de gasóleo, salvo por el quemador, que está adaptado a las condiciones especiales de la biomasa que recibe el suministro dosificado y regulado del combustible, normalmente granulado (pellets o huesos de aceituna) ya que son estos los más idóneos por tamaño y forma para su dosificación automática. En el quemador, y mediante unas resistencias eléctricas, se produce el encendido automático de la biomasa, iniciándose su combustión, que produce el calor que se inyecta en el cuerpo de la caldera, donde se produce el intercambio de calor con el circuito primario de agua. El resto del equipo es similar al de las calderas convencionales.

Aunque inicialmente estas calderas ofrecían rendimientos muy bajos, en la actualidad han evolucionado mucho, alcanzando en muchos casos rendimientos cercanos al 90%, y un mantenimiento mínimo, así como sistemas automáticos de limpieza de las cenizas resultantes de la combustión.



Figura 3.4. Partes de una caldera de biomasa

En cuanto a los equipos, actualmente en el mercado se encuentran distintos tipos en función de su uso o tipo de biomasa que utilizan para su funcionamiento:

- *Equipos compactos:* las calderas compactas de biomasa están diseñadas específicamente para su uso en calefacción doméstica, tanto en viviendas unifamiliares como en bloques residenciales. Incluyen sistemas de encendido y limpieza automáticos, que facilitan el manejo del usuario. Normalmente, se trata de equipos de potencia baja-media (hasta 150 Kw).
- *Calderas con alimentador inferior:* Disponen de un sistema de alimentación por afloramiento en la zona inferior, y presentan buen rendimiento con biomásas de alta calidad, es decir, poco húmedas y con bajo contenido en cenizas, como son las astillas secas, los pellets y algunos residuos agroalimentarios.
- *Calderas de gasóleo con quemador de pellets:* Sobre una caldera tradicional de gasóleo, tal y como se dijo es posible adaptar un quemador de biomasa. Tiene el inconveniente de reducir el rendimiento de la caldera y presentar mayores problemas en el sistema de limpieza.

Las calderas de biomasa presentan gran resistencia al desgaste, puesto que tienen una larga vida útil y son prácticamente silenciosas debido a que no necesitan un quemador que insufla aire a presión para pulverizar el combustible, como las calderas de gasóleo.

Las ventajas de este tipo de energía residen en que los sistemas de climatización basados en ella, son respetuosos con el medioambiente, ya que no generan olores, como el gasóleo, ni se pueden producir escapes peligrosos como con el gas.

Como inconvenientes relativos a los sistemas de climatización y producción de agua caliente sanitaria basados en biomasa, se podría argumentar la necesidad de espacio para el combustible, como en el caso del gasóleo y el carbón, y una disponibilidad de suministro de combustible equivalente al gas embotellado o al gasóleo, puesto que aun no existe una red de distribuidores demasiado extensa.

3.3. Energía eólica

Es la energía obtenida del viento, es decir, aquella que se obtiene de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire y así mismo las vibraciones que el aire produce.

Esta energía cinética constituye la potencia eólica que el hombre ha utilizado inicialmente en la navegación, en el bombeo del agua, para molienda de granos y otras actividades. Los primeros molinos datan del siglo VII d.C. en Persia, donde eran utilizados para el riego y molienda de granos. Hoy en día Alemania, Dinamarca, Inglaterra y Estados Unidos lideran los adelantos tecnológicos en la generación de energía eléctrica usando esta fuente.

La energía mini eólica fue originalmente definida por sus características para producir poca cantidad de electricidad para cubrir el consumo de los electrodomésticos o cubrir la demanda varios hogares con poca demanda eléctrica.

Una familia estadounidense promedio utiliza 11.500 W de electricidad al año. Bajo esas mismas premisas, se necesitaría una turbina de unos 10 Kw para cubrir el consumo total. En comparación, un hogar promedio europeo tiene un consumo energético más ajustado, y con una turbina de 4 Kw podría autoabastecerse.

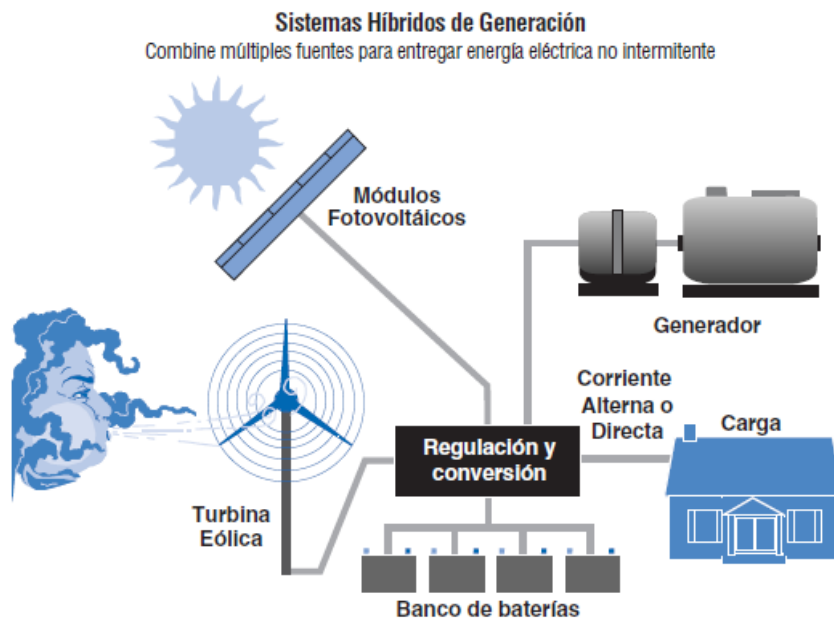


Figura 3.5. Sistema híbrido de generación eléctrica

La tecnología eólica de pequeña potencia presenta múltiples soluciones tecnológicas que conviven en el mercado, lo cual indica una falta de madurez que poco a poco se va evitando a medida que se consolidan las mejores soluciones y los diseños se van pareciendo cada vez más. Esta evolución hacia una configuración común se comienza a entrever y aunque puedan parecer los aerogeneradores diferentes, conceptualmente cada vez son más similares.

Un aerogenerador de pequeña potencia está compuesto por el rotor, en el cual se convierte la energía cinética del viento en momento de giro, en energía en forma mecánica. El generador eléctrico que acoplado mecánicamente al rotor convierte la energía mecánica en energía eléctrica normalmente de frecuencia y tensión variable y el timón o aleta de cola, que básicamente es el sistema de orientación.

Todos estos componentes, por razones evidentes, tienen que estar a una distancia del suelo mediante una estructura soporte o torre y por último hace falta un sistema de acondicionamiento de potencia que en el caso de aerogeneradores para carga de baterías (sistemas aislados de la red) será un rectificado o convertidor CA/CC y un regulador de carga y en el caso de conexión a la red el regulador se sustituye por un convertidor CC/CA o inversor.

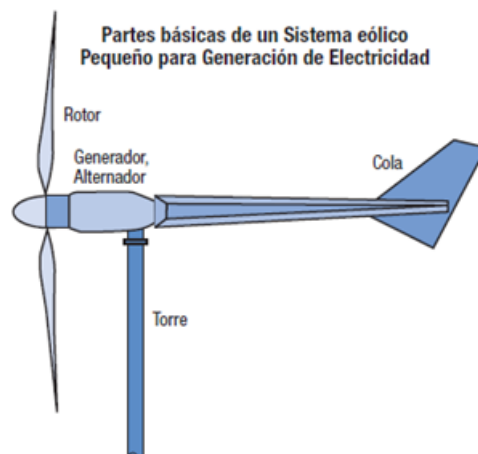


Figura 3.6. Partes de un sistema eólico de pequeña potencia

No se puede garantizar la total seguridad de un aerogenerador de pequeña potencia aun disponiendo de control aerodinámico y sistema de frenado eléctrico o mecánico, por lo que el sistema de control de sobrevelocidad aerodinámico es imprescindible para alargar lo

máximo posible su vida útil al evitar importantes cargas mecánicas sobre las palas que son los componentes de mayor riesgo.

Las mayores diferencias tecnológicas aparecen en el diseño de las palas y en el sistema de control o protección contra sobrevelocidad.

Básicamente una aeroturbina de pequeña potencia puede ser de eje horizontal o de eje vertical. En el caso de las aeroturbinas de eje horizontal, el rotor puede estar a barlovento de la torre, o sea en la dirección de incidencia del viento delante de la torre o a sotavento, en cuyo caso el rotor se encuentra detrás de la torre en la dirección dominante del viento. La mayoría de los aerogeneradores comerciales son de rotor a barlovento de la torre, lo cual hace que requieran de algún sistema de orientación. En el caso de rotor a sotavento el rotor es auto-orientable, lo cual simplifica su diseño.

- *Aeroturbinas de eje horizontal:* Poseen un mayor coeficiente de potencia, su velocidad de giro es más elevada, por lo que requieren multiplicadores más sencillos, sin embargo tiene dificultad para soportar las continuas orientaciones y su eficiencia se reduce operando en régimen turbulento.
- *Aeroturbinas de eje vertical:* Es necesario un sistema de orientación para alinear el eje de la turbina con la dirección del viento., son menos sensibles a las condiciones de alta turbulencia y produce menos vibraciones, por lo que estas condiciones las hacen ideales para integración en zonas residenciales, urbanas e incluso en edificios.

3.4. Energía solar

El uso de la energía solar se puede remontar a épocas muy antiguas donde por sí misma la agricultura no podría concebirse sin la utilización constante de la energía emanada del sol, pero siendo más específicos y considerando el uso de la energía solar mediante mecanismos más elaborados podríamos remontarnos a el año 212 a.C. cuando Arquímedes ataco mediante un rayo de luz a una flota romana en Siracusa quemando algunas de sus naves. También se puede hacer referencia al uso de la energía o luz solar en calendarios, o instrumentos para calcular el tiempo.

▪ Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados módulos fotovoltaicos que están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas, que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. La potencia máxima que puede suministrar un módulo se denomina potencia pico.

Las células convencionales están fabricadas con silicio cristalino y montadas en serie sobre los paneles o módulos. Éstos, que están conectados entre sí, captan la energía solar transformándola en energía eléctrica en forma de corriente continua. Sobre el silicio se coloca una capa fina anti-reflectante que mejora su rendimiento y da a la célula un tono azulado. Sobre esta capa se coloca una malla metálica que constituye el contacto óhmico de la cara expuesta al sol.

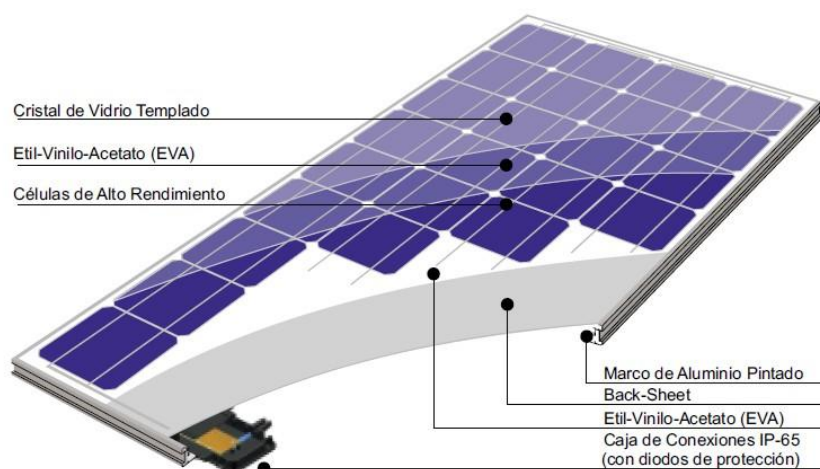


Figura 3.7. Partes de un modulo solar fotovoltaico

Las células monocristalinas pueden ser de varios colores, pero las más eficaces son las negras y las azules, que permiten una mayor absorción de los rayos solares.

Si queremos hablar integración solar fotovoltaica nos estamos refiriendo a cualquier instalación solar fotovoltaica integrada en cualquier superficie de un edificio, un tejado, una cubierta, una fachada, marquesinas, etc.

Las cubiertas o tejados en edificios son el lugar donde más instalaciones fotovoltaicas se encuentran porque suele ser un espacio poco aprovechado.

Las instalaciones solares fotovoltaicas realizadas sobre cubiertas suponen un valor añadido, además de colaborar con el medio ambiente, ya que se obtiene un beneficio económico considerable mediante una actividad que en absoluto interfiere en las funciones habituales del edificio.

A la hora de integrar una solución solar fotovoltaica en un edificio, en cualquiera de sus diversas aplicaciones o en las múltiples posibilidades que existen, hay que tener en cuenta no sólo las necesidades que requiere la construcción del edificio en sí, sino que también hay que tener en cuenta las necesidades del sistema solar fotovoltaico.

La inclinación y las sombras son aspectos fundamentales para realizar el proyecto. Siempre hay que perseguir la mayor producción de electricidad, los sistemas deben ser eficaces y se debe encontrar la mejor colocación de los módulos para obtener el máximo rendimiento.

▪ **Energía solar térmica**

La energía solar térmica aprovecha la radiación del sol para calentar un fluido que, por lo general, suele ser agua o aire. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es precisamente el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable.

En el caso de una instalación térmica, los captadores solares se valdrán de superficies de color oscuro para absorber la mayor cantidad de radiación solar posible. Así, en días soleados, bastará con que los rayos solares incidan directamente sobre nuestro sistema de captación para obtener el aporte energético que necesitamos para su uso en muy diversas aplicaciones.

En cuanto a los captadores solares se han diseñado distintas y avanzadas versiones de captadores solares térmicos con el objetivo de incrementar la cantidad de energía absorbida y disminuir las pérdidas. Aunque los más comunes son los captadores planos, que utilizan

como fluido el agua, en la actualidad también se comercializan otros tipos de captadores que cuentan con gran aceptación en el mercado. Entre ellos cabe destacar el captador solar de vacío, que consigue temperaturas más elevadas de funcionamiento, y los captadores solares de aire, que se utilizan fundamentalmente en los climas fríos para calentar el espacio.

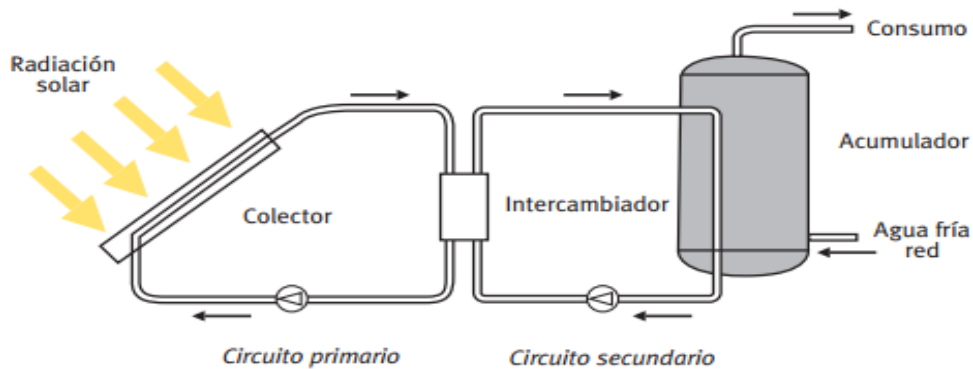


Figura 3.8. Esquema instalación solar térmica

El procedimiento actual que se lleva a cabo en cualquier instalación solar consiste en absorber la energía térmica contenida en los rayos solares. Una vez que el fluido que circula en el interior del captador se calienta, hay que evitar su enfriamiento a través de un aislamiento térmico lo más eficaz posible, también se puede, y es el caso más habitual, mantener el calor de una masa de agua por medio de un tanque de almacenamiento bien aislado.

Ahora bien, cualquiera que sea el procedimiento utilizado, lo cierto es que se puede pensar en acumular cantidades importantes de energía durante largos periodos de tiempo (almacenamiento estacional). No obstante, los depósitos de almacenamiento terminan por perder la energía térmica conseguida a lo largo del tiempo, por lo que el funcionamiento de nuestra instalación también estará condicionado por la cantidad de radiación solar que llega hasta el captador y por la demanda de energía de cada momento.

Para evitar posibles restricciones energéticas en aquellos periodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto, casi la totalidad de los sistemas de energía solar térmica cuentan con un aporte de energía extraordinario. En estas ocasiones, entrará automáticamente en funcionamiento un sistema de calentamiento auxiliar que permite compensar el déficit existente

En la actualidad, una instalación de energía solar cubre del 50 al 80% del total de la demanda de agua caliente sanitaria de una vivienda, aunque en zonas de gran soleamiento a lo largo del año (por ejemplo el sur de España), el porcentaje de aporte puede ser superior. El resto se supe con un sistema de apoyo energético.

La razón por la que las instalaciones solares no se diseñan para cubrir el 100% del consumo es porque, de hacerse así, sería necesario instalar costosos sistemas de acumulación de energía a largo plazo que harían económicamente inviable este tipo de equipos.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

En este apartado se van a describir todas las características del edificio, tanto los aspectos de diseño bioclimático como los aspectos constructivos más relevantes y que competen en este proyecto, así como el cumplimiento del CTE en los aspectos generales de diseño y construcción.

4.1. Ubicación y emplazamiento

La vivienda considerada en el estudio se encuentra situada en Campo de San Juan, una pedanía murciana integrada en el municipio de Moratalla, situada en el valle del mismo nombre, entre Moratalla, Archivel, San Bartolomé y Benizar, situado a 800 metros sobre el nivel del mar.



Figura 4.1. Plano de ubicación la vivienda

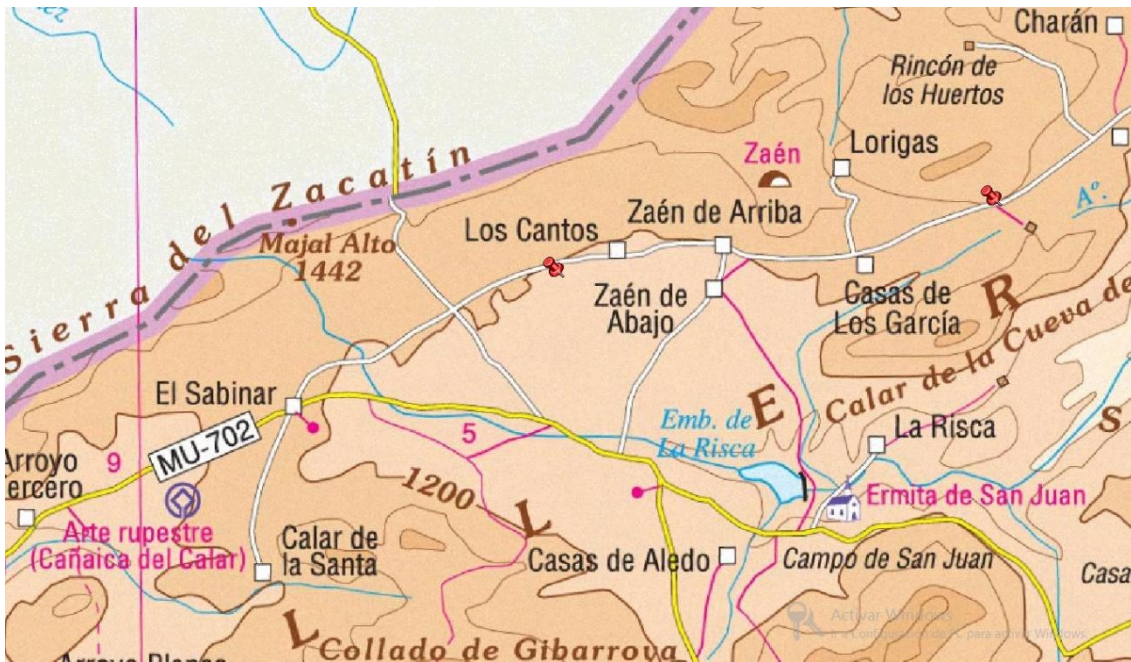


Figura 4.2. Plano de situación de la vivienda

La parcela en la cual se encuentra la vivienda, dispone de una superficie de 1.062 metros cuadrados, de los cuales 68 pertenecen a la superficie construida de la vivienda, y que data del año 1900, siendo su principal uso residencial.

Como se observa en el plano de emplazamiento, el acceso a la parcela solo se puede realizar por el lado sur, ya que es donde se encuentra, el acceso rodado, y las otras tres caras se encuentran lindantes con otras parcelas.

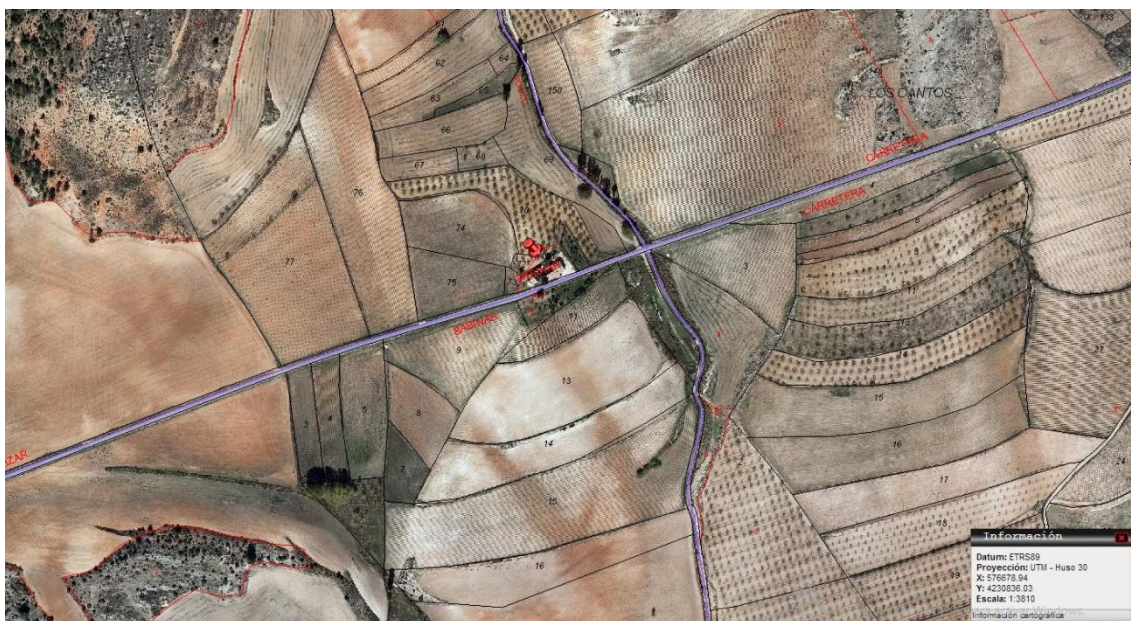


Figura 4.3. Plano del emplazamiento de la vivienda

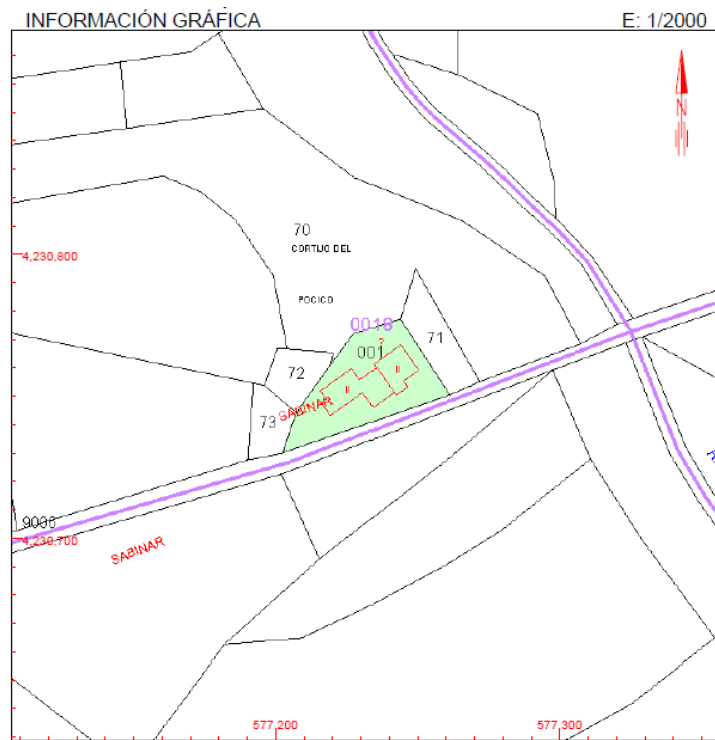


Figura 4.4. Detalle de la parcela donde se encuentra la vivienda

4.2. Clima

Moratalla participa de las características del clima Mediterráneo, con escasez de precipitaciones, concentradas en los meses de octubre y abril, sequía estival y temperaturas suaves. El hecho de que en esta zona se den los relieves más importantes de la Región de Murcia, así como su posición alejada del mar, le va a conferir diferencias del resto regional y contrastes comarcales dentro del propio municipio.

El municipio de Moratalla queda repartido entre la Murcia subhúmeda y la Murcia semiárida. La zona subhúmeda corresponde a las zonas de mayor altitud: Benizar, Campo de San Juan, Campo de Béjar y Cañada de la Cruz. Los observatorios existentes en esta zona recogen la mayor cantidad de precipitaciones del municipio y de la Región. Esta circunstancia se debe al efecto pantalla que ejercen las sierras del Noroeste con respecto a los frentes atlánticos, que desmangan aquí sus últimas lluvias.

El resto de municipio queda enmarcado dentro de la Murcia semiárida. Las precipitaciones se concentran en unos pocos días, siendo frecuente la torrencialidad de éstas producidas por la gota fría, fenómeno de difícil previsión que suele formarse tras un período de acusada

sequía. Durante el período invernal, en las zonas más elevadas y occidentales pueden darse precipitaciones en forma de nieve.

La temperatura media anual oscila en torno a 11,7° C, si bien existe un descenso paulatino de éstas a medida que se avanza hacia el noroeste. A partir de los meses de enero y febrero, la temperatura empieza a ascender, siendo en el mes de julio cuando alcanza sus valores máximos. A finales de septiembre se produce un acusado descenso de estos valores, alcanzando medias de 0° C durante los meses de enero-febrero.

4.3. Vivienda

La vivienda sobre la cual se va a realizar el estudio energético así como la integración de distintas fuentes de energías renovables, consta de 1 planta, con forma cuadrada y compacta, con las siguientes dimensiones: 8,19 m de largo, 9 m de ancho.

Esta forma compacta, sin entrantes ni salientes, es la que determina la superficie de contacto más pequeña, ayudando a que las pérdidas o ganancias caloríficas sean favorables tanto en invierno como en verano.

La altura media de la vivienda puede considerarse en torno a los 2,70 metros permitiendo que el edificio presente poca resistencia frente al viento.

La orientación de la fachada principal es hacia el sur, la cual recibe la mayor ganancia térmica y capta más luz a lo largo de todo el año. La distribución interior de la vivienda consta de 3 dormitorios, 1 salón-comedor, cocina y cuarto de baño, siendo las superficies útiles de la vivienda las siguientes:

Local	Superficie (m ²)
Salor - Comedor	26
Cocina	8
Dormitorio 1	12
Dormitorio 2	8
Dormitorio 3	10
Baño	4
Total	68

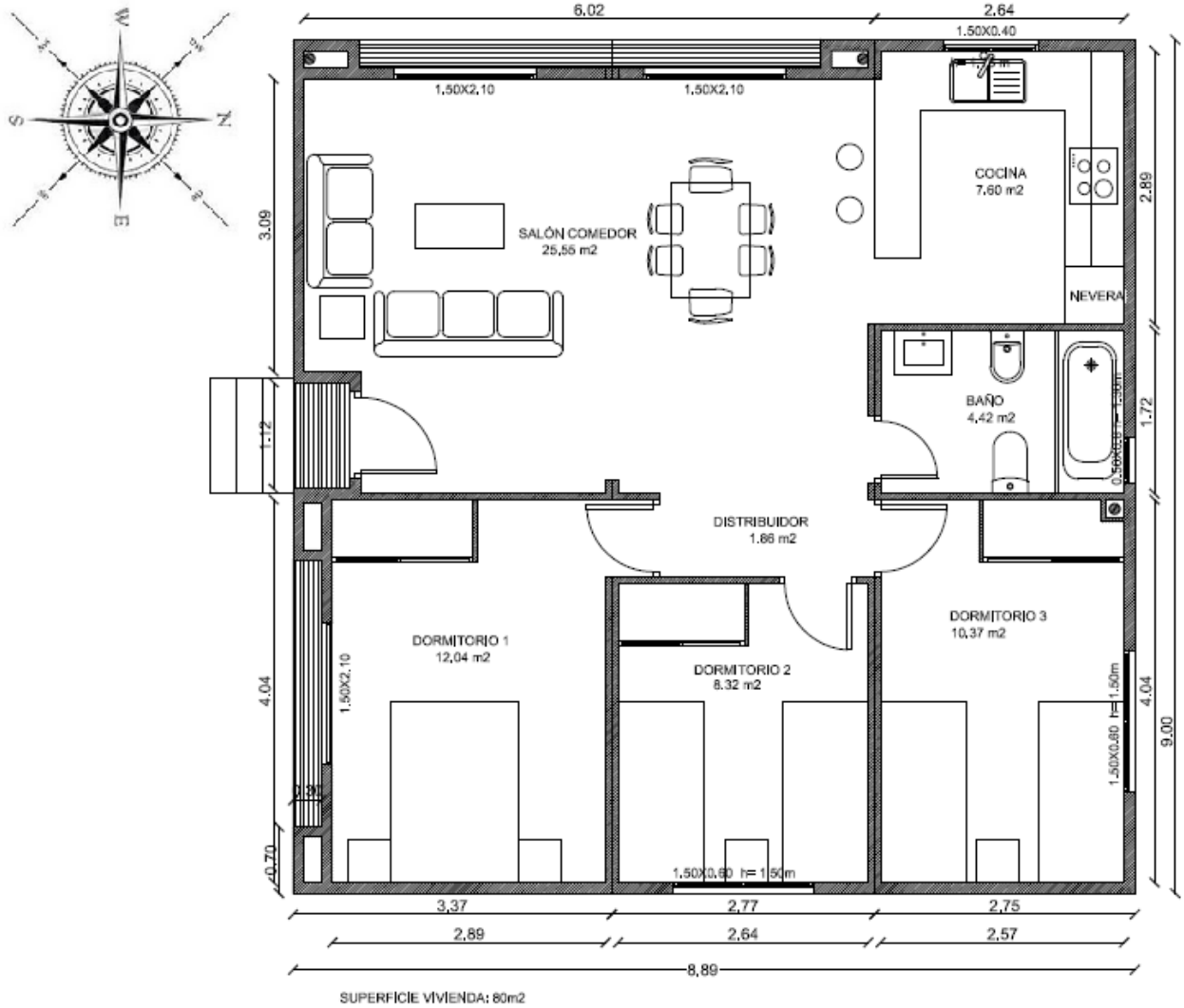


Figura 4.5. Plano de la vivienda

5. MEDIDAS BIOCLIMATICAS UTILIZADAS EN EL DISEÑO

En el diseño del edificio se ha procurado favorecer la captación de energía ya que será la fuente de climatización principal en invierno, mientras que en verano se utilizarán técnicas para evitar esta captación.

- **Vegetación:** La mayor parte de radiación en verano la reciben las superficies horizontales, así que prestaremos especial atención a los suelos, que en el exterior serán de materia vegetal permitiendo la evotranspiración del terreno y suavizando las temperaturas; también optaremos por la plantación de árboles en los alrededores de la vivienda. Los árboles de hojas caducas que se siembren en los costados sur y oeste de la casa, ayudarán a mantenerla fresca durante el verano y permitirán la entrada de la luz del sol a través de las ventanas durante el invierno.

Los sistemas de captación utilizados en el diseño del edificio son de tipo directo, que no son más que grandes superficies acristaladas en la cara sur para que el sol penetre directamente a través del acristalamiento al interior del edificio.

- **Fachada Sur:** De acuerdo con la orientación del edificio, la fachada recibirá en invierno cerca del triple de radiación solar que cualquier otra fachada. Durante el verano la situación se invierte y la cara sur recibe mucha menos radiación en comparación con la cubierta y las fachadas este y oeste, por lo que se optará por cerrar uno de los huecos de ventana del lado oeste de la vivienda perteneciente al salón, para proceder a abrir un hueco de las mismas dimensiones orientado al sur, para poder aprovechar al máximo la radiación solar, al ser la zona de la casa más transitada durante el día.

La vivienda recibirá por ganancia directa una gran cantidad de calor y luz a en el salón, a través de las ventanas ubicadas en la fachada sur. Como el resto de estancias de la vivienda se comunican abiertamente con el salón-comedor, estas también podrán disfrutar del calor ganado en el salón calentando el resto de habitaciones.

Deberemos minimizar las ganancias térmicas en verano, por ello diseñaremos la cubierta de manera que sobresalga con su alero lo suficiente para que en verano nunca incida el sol sobre la fachada principal, debido a la diferente inclinación de los rayos solares.

- **Fachada Este y Oeste:** Los huecos situados en las fachadas este y oeste servirán principalmente para iluminación, siendo estas ventanas de formas estrechas y alargadas en

vertical para proporcionar la máxima luz con las mínimas dimensiones y pérdidas en invierno. Éstas fachadas son las más castigadas en verano por el sol, así que sus huecos estarán protegidos con aleros anchos horizontales o parasoles difusores.

Todas las ventanas llevan persianas exteriores para poder regular la temperatura, de tal manera que con poco esfuerzo se consigue un gran ahorro.

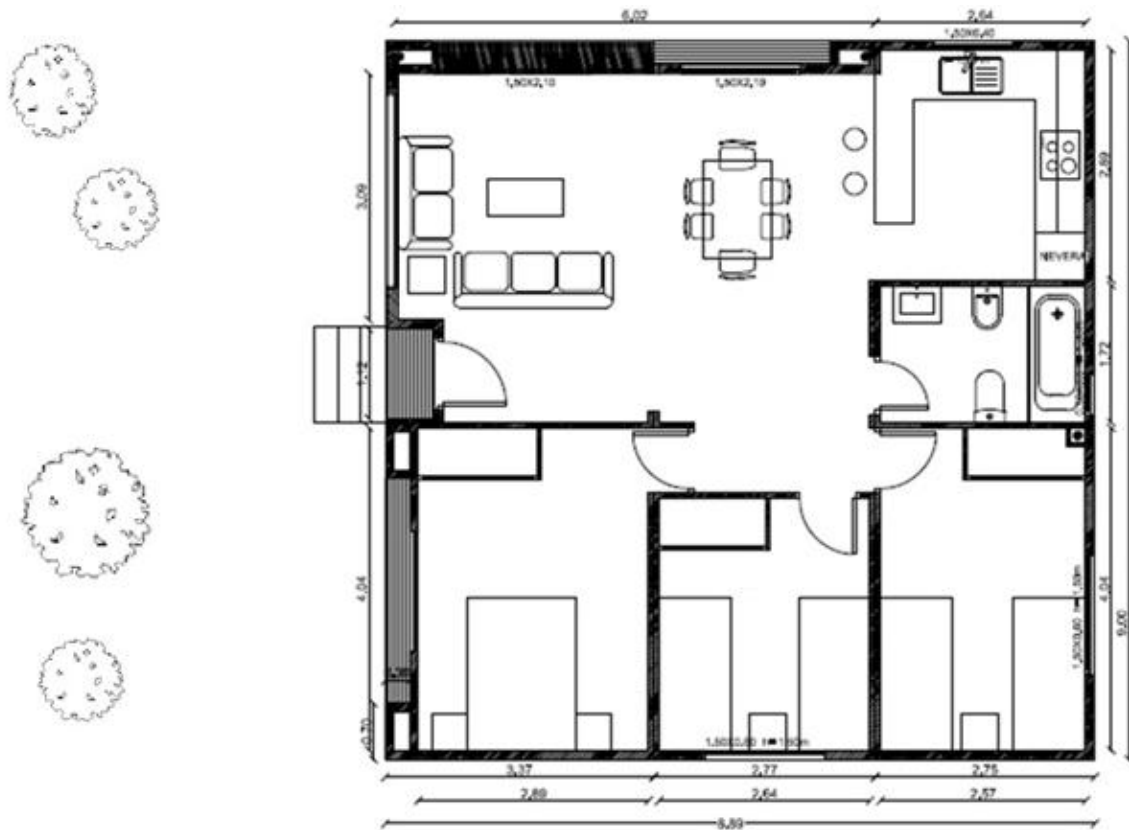


Figura 5.1. Medidas Adoptadas en la vivienda

- **Fachada Norte:** En la fachada Norte, los huecos existentes además de iluminación también servirán de ventilación. Serán ventanas de dimensiones muy pequeñas para evitar pérdidas en invierno, situadas a una altura mayor de lo normal para iluminar al máximo toda la estancia.

La ganancia térmica solar directa se puede controlar con un alero fijo o con sombra vegetal, bloqueando la radiación directa sobre las áreas vidriadas en los meses de verano, ingresando por lo tanto sólo iluminación difusa a los interiores. En la situación de invierno, lo que se desea es el ingreso del sol en el local para ganancia térmica, cosa que ocurre

naturalmente, ya que el sol tiene ángulos bajos y el alero que sombreaba en verano (ángulo solar alto) permite el total asoleamiento de la superficie vidriada.

Para evitar también el deslumbramiento, y en consecuencia las molestias visuales que produce el ingreso del sol directo en invierno, a través de la ventana ubicada en la fachada norte, se puede difundir el rayo solar mediante estantes de luz interiores o difusores que redirijan o difundan la luz solar directa para iluminar.

- **Ventilación Natural:** En cuanto a la refrigeración pasiva de la vivienda, esta se llevará a cabo a través de una ventilación de tipo cruzada, para ello, se dispondrán de unas pequeñas aberturas en la parte baja de la fachada sur, a unos 20 cm del suelo, que podrán ser abiertas o cerradas según se desee, y que formaran una corriente de aire junto a las ventanas ubicadas en la zona norte de la vivienda, que permitirán la ventilación de la vivienda, donde el aire nuevo que entre desde abajo ascienda y salga por las ventanas superiores situadas en el lado opuesto de la fachada, refrescando el ambiente y evitando el exceso de calor.

6. DEMANDA ENERGETICA

6.1. Demanda eléctrica

Para el cálculo de la demanda eléctrica tendremos en cuenta los consumos producidos en la vivienda tanto de iluminación como de los pequeños electrodomésticos.

En primer lugar, seleccionaremos la cantidad de luminarias de bajo consumo y electrodomésticos que formaran parte de la vivienda, y a continuación estimaremos la energía media diaria que necesitamos cubrir en corriente alterna.

A continuación se detallaran los distintos elementos que están presentes en nuestra vivienda de un modo genérico, según recoge el “Análisis del consumo energético del sector residencial en España” realizado por IDAE, donde se detalla el consumo energético por viviendas diferenciando entre diferentes zonas climáticas y tipo de vivienda.

Cocina

La práctica totalidad de los hogares españoles están dotados de este tipo de equipamiento, correspondiendo en su mayoría a cocinas de gas (31%) y vitrocerámicas (30%). En la zona Mediterránea predominan las cocinas de gas, mientras que en el Atlántico Norte la preferencia es la cocina vitrocerámica. Por tipo de vivienda, las viviendas unifamiliares manifiestan una mayor preferencia por la cocina vitrocerámica, mientras que en las viviendas en bloque, son las cocinas a gas las que ocupan la primera posición.

Iluminación

El número medio de bombillas por hogar es de alrededor de 23, equivalente a 3 por estancia. Este número se incrementa en las viviendas del Mediterráneo, así como en las viviendas unifamiliares.

Las bombillas con mayor penetración (86%) en los hogares son las de bajo consumo, aunque en términos absolutos, son las bombillas convencionales, las más abundantes con una media de 8,3 bombillas por hogar sobre las 7 bombillas de bajo consumo por hogar. Las bombillas LED apenas alcanzan un 1% de penetración en los hogares españoles, siendo el número medio de bombillas por hogar insignificante.

Electrodomésticos

Todos los hogares españoles cuentan con algún tipo de electrodoméstico, ya sea gama blanca o marrón, siendo los de gama blanca los que poseen mayor presencia. Si bien, el nivel de equipamiento en cualquier caso está relacionado, entre otros parámetros, con el poder adquisitivo de los hogares, existen diferencias de equipamiento por zonas climáticas y tipo de vivienda.

Entre los electrodomésticos de gama blanca, se encuentran el frigorífico, la lavadora, la lavadora-secadora, la secadora, el horno, el lavavajillas y el congelador. El frigorífico es el electrodoméstico de gama blanca de mayor penetración en los hogares, seguido de la lavadora, el horno y el lavavajillas. Por el contrario, otros equipos como la secadora, arcón y lavadora-secadora cuentan con una presencia más limitada.

En conjunto, los hogares tienen una media de 3,8 tipos de aparatos de gama blanca, cifra que asciende a 4,2 en las viviendas de tipo unifamiliar. Asimismo, son las viviendas unifamiliares de la zona Mediterránea las que mayor equipamiento presentan, mientras que las viviendas en bloque del Atlántico Norte, las que menos.

Entre los electrodomésticos de gama marrón, se integran los siguientes aparatos: televisión, microondas, DVD, ordenador fijo, ordenador portátil, módem/ADSL, cadena de música, consola de videojuegos, VHS-Blue Ray y alarma.

La televisión es el aparato que con mayor penetración, estando presente prácticamente en todos los hogares. Le siguen en importancia los microondas y aparatos DVD, ambos con una penetración considerable, entre el 90% y 80%. Los ordenadores, por su parte, son equipos cuyo uso se ha extendido mucho en los últimos años, lo que conduce a una penetración media global del orden del 70%, considerando conjuntamente la posesión de equipos fijos y portátiles. De manera adicional, otros accesorios considerados dentro de la categoría de gama marrón son las cadenas de música, los vídeos, videojuegos y alarmas, con un grado de penetración variable del 40% al 3%.

6.1.1. Valoración de consumos

A continuación se detalla la demanda eléctrica media diaria, calculada en función del número de aparatos eléctricos y potencia, y el tiempo de funcionamiento medio diario para verano (meses de mayo hasta septiembre) y para invierno (resto del año).

Demanda media diaria = Potencia aparato (W)*número de aparatos*número de horas en funcionamiento = Wh/día

Tipo	Potencia nominal (W)	Nº de aparatos	Horas func	Consumo Estimado (Wh/Día)
Lámparas de bajo consumo	11	15	4	660
Tubo fluorescente	15	2	4	120
Lavadora	2.000	1	0,2	400
Televisor	90	1	2	180
Varios	13	1	1	13
Equipo Música	150	1	1	150
Ordenador	50	1	3	150
Frigorífico	170	1	12	2.040
Consumo Verano				3.713

Tipo	Potencia nominal (W)	Nº de aparatos	Horas func	Consumo Estimado (Wh/Día)
Lámparas de bajo consumo	11	15	4	660
Tubo fluorescente	15	2	4	120
Lavadora	2.000	1	0,5	1.000
Televisor	90	1	2	180
Plancha	1.300	1	0,5	650
Equipo música	150	1	1	150
Ordenador	50	1	1	50
Frigorífico	170	1	12	2.040
Consumo Invierno				4.850

Con estos datos ya podemos obtener la demanda mes a mes y la demanda total anual.

$$\text{Demanda mensual} = \text{Consumo medio diario (Wh/día)} * \text{número de días} = \text{KWh}$$

Mes	Días	Consumo medio diario (Wh/día)	Demanda Eléctrica (Kwh)
ENE	31	4.850	150,35
FEB	28	4.850	135,80
MAR	31	4.850	150,35
ABR	30	4.850	145,50
MAY	31	3.713	115,10
JUN	30	3.713	111,39
JUL	31	3.713	115,10
AGO	31	3.713	115,10
SEP	30	3.713	111,39
OCT	31	4.850	150,35
NOV	30	4.850	145,50
DIC	31	4.850	150,35
ANUAL			1.596,29

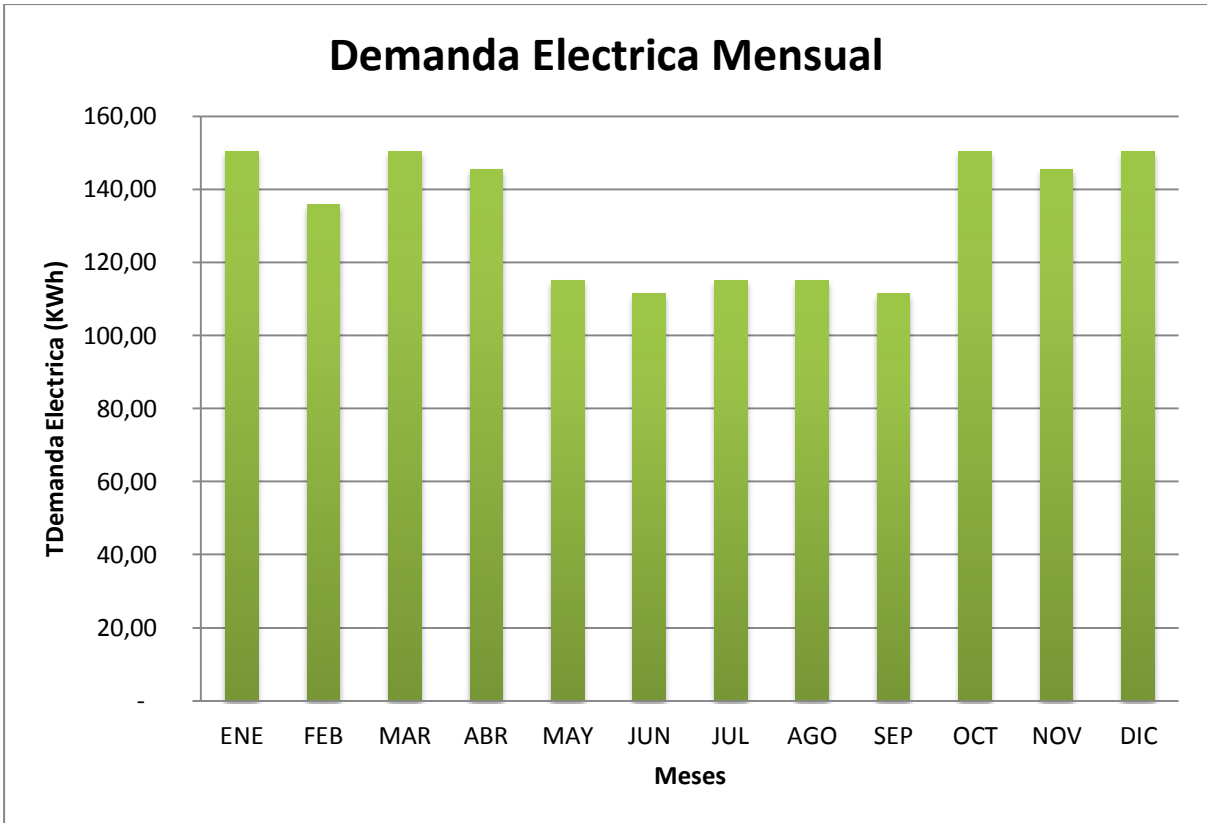


Figura 5.1. Demanda eléctrica mensual de la vivienda

La demanda anual eléctrica de la vivienda será de **1.596,29 KWh.**

6.2. Demanda térmica de ACS

La demanda energética en instalaciones de agua caliente sanitaria viene dada por el volumen de consumo diario y las temperaturas de preparación y de agua fría. Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en el CTE-HE4, siendo de 30 litros de ACS al día por persona, para el caso de viviendas unifamiliares

Para el caso de que se elija una temperatura de diseño, es decir, en el acumulador final, diferente de 60°C, se deberá alcanzar la contribución solar mínima correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60°C.

En el uso residencial, el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación según el documento básico HE del CTE:

Numero de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9

Por lo que, la demanda de referencia a 60°C será de 30 litros/día x 4 personas = 120 litros/día. Teniendo en cuenta el dato de consumo por persona y día, se obtiene a continuación el consumo mensual y anual en ACS de la vivienda:

Mes	Días	Consumo (l)
ENE	31	3.720
FEB	28	3.360
MAR	31	3.720
ABR	30	3.600
MAY	31	3.720
JUN	30	3.600
JUL	31	3.720
AGO	31	3.720
SEP	30	3.600
OCT	31	3.720
NOV	30	3.600
DIC	31	3.720
ANUAL		43.800

Para la ubicación donde se encuentra la vivienda, debemos obtener los datos de temperatura media de red para cada mes del año.

Mes	Temperatura (°C)
ENE	8
FEB	9
MAR	11
ABR	13
MAY	14
JUN	15
JUL	16
AGO	15
SEP	14
OCT	13
NOV	11
DIC	8

Con estos datos ya podemos obtener la demanda de ACS mensual y total anual:

$$\text{Demanda} = \text{Consumo mensual (l)} * \text{densidad del agua (1kg/l)} * \text{Calor específico agua (4,185 KJ/kgK)} * (T_{\text{consumo}} - T_{\text{red}}) / 1000 = \text{MJ} = \text{MJ} \times 1000 / 3600 = \text{KWh}$$

Mes	Días	Consumo (L)	Tagua Red (°C)	ΔT (°C)	Demanda ACS (MJ)	Demanda ACS (KWh)
ENE	31	3.720	8	52	808,58	224,61
FEB	28	3.360	9	51	716,28	198,97
MAR	31	3.720	11	49	761,93	211,65
ABR	30	3.600	13	47	707,26	196,46
MAY	31	3.720	14	46	715,28	198,69
JUN	30	3.600	15	45	677,16	188,10
JUL	31	3.720	16	44	684,18	190,05
AGO	31	3.720	15	45	699,73	194,37
SEP	30	3.600	14	46	692,21	192,28

OCT	31	3.720	13	47	730,83	203,01
NOV	30	3.600	11	49	737,35	204,82
DIC	31	3.720	8	52	808,58	224,61
ANUAL		43.800				2.427,60

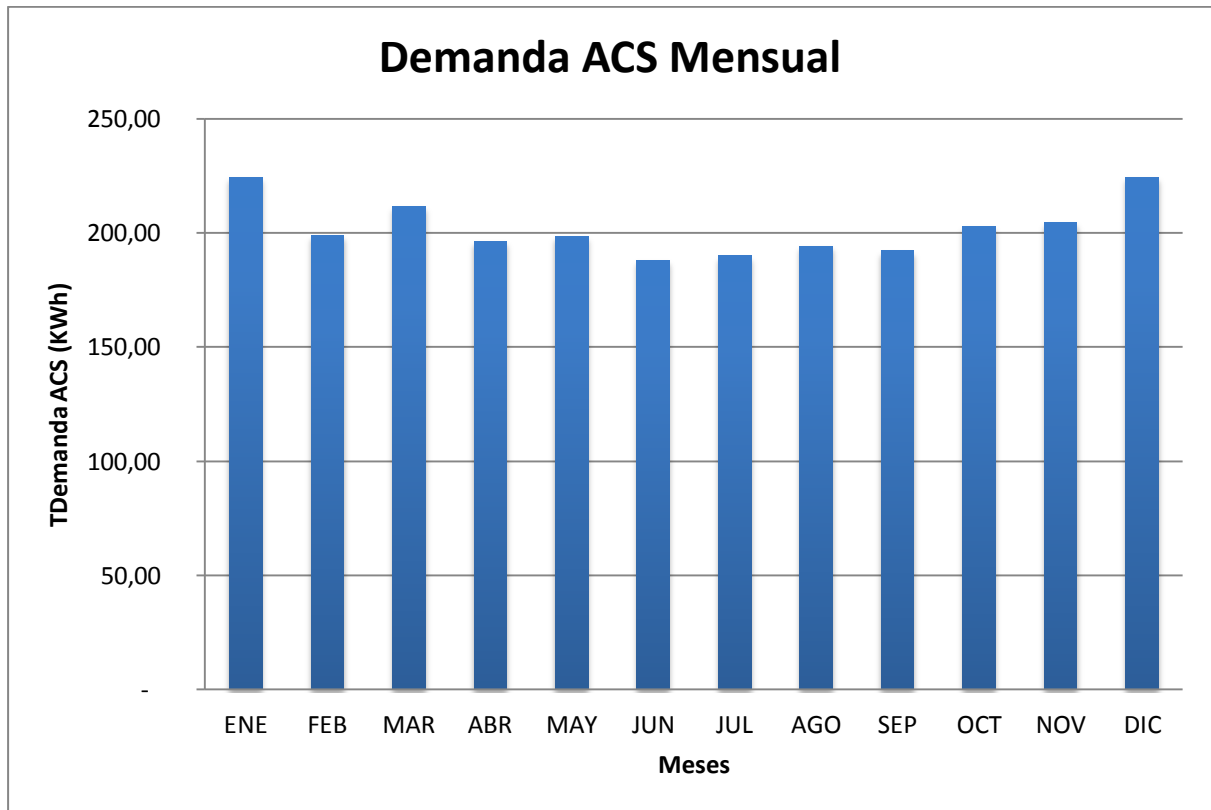


Figura 5.2. Demanda térmica mensual para ACS

La demanda anual de ACS será de **2.427,60 KWh**.

6.3. Demanda térmica de calefacción

Se utilizará para el cálculo de la demanda energética de la vivienda la herramienta Dpclima, desarrollada por la Universidad Politécnica de Valencia.

El cálculo de la demanda de calefacción comienza introduciendo las condiciones interiores de temperatura y humedad que pretendemos conseguir con la calefacción dentro de la vivienda y una serie de condiciones climáticas exteriores a ésta, obtenidas mediante las fuentes de datos del programa, a partir de la localidad donde se ubica.

Figura 5.3. Condiciones climáticas y parámetros de entrada de DP Clima

Una vez introducidas las condiciones climáticas, introduciremos los distintos parámetros que caracterizan cada una de las distintas estancias que forman la vivienda, como la superficie, altura, ventilación, o número máximo de personas por habitación.

Local	Superficie (m ²)	Altura (m)	Nº Max Personas	Ventilación (m ³ /h)
Salor – Comedor	26	2,70	4	54
Cocina	8	2,70	4	133
Dormitorio 1	12	2,70	1	54
Dormitorio 2	8	2,70	2	54
Dormitorio 3	10	2,70	2	54
Baño	4	2,70	1	133
Total	68			

Las infiltraciones se consideraran 0, debido al buen aislamiento que posee la vivienda con el exterior, así como el porcentaje de carga propia de la instalación. También se definirá un 5% de coeficiente de mayoración de cargas, y las transmitancias de todos los cerramientos exteriores e interiores.

Por otro lado, será necesario definir el tamaño de los distintos huecos que presenta la vivienda en función de su orientación.

Orientación	Medidas ventanas (m)		Superficie (m2)	Total
NORTE	0,5	0,8	0,4	1,3
	1,5	0,6	0,9	
SUR	1,5	2,1	3,15	6,3
	1,5	2,1	3,15	
ESTE	1,5	0,6	0,9	0,9
OESTE	1,5	2,1	3,15	3,75
	1,5	0,4	0,6	

A continuación se muestra una tabla resumen del porcentaje de huecos de fachada con respecto a su superficie en función de la orientación.

Orientación	Medidas Fachada (m)		Superficie (m2)	% Huecos
NORTE	9	2,7	24,3	5,35
SUR	9	2,7	24,3	25,93
ESTE	8,89	2,7	24,003	3,75
OESTE	8,89	2,7	24,003	15,62

El programa también identifica como posibles factores de aumento de temperatura en la vivienda, la actividad de los ocupantes, la iluminación y otras cargas que producen calor como el funcionamiento de pequeños electrodomésticos.

Una vez definidos todos los parámetros, obtenemos las cargas térmicas máximas totales de calefacción para cada mes en W, y que comprenden las cargas sensibles y latentes.

Cargas Térmicas Totales					
Cargas Térmicas de Calefacción Máximas Totales					dpCLIMA
Empresa : UPCT			Autor : Jesus Esparza San Nicolas - OFecha : 17/04/2013		
Edificio : Trabajo Final					
Zona: Vivienda Bioclimatica					
Hora :	Mes :	C.sen. (W)	C.lat. (W)	C.total (W)	
7	Enero	-4530	-348	-4878	
7	Febrero	-4592	-355	-4947	
6	Marzo	-4018	-272	-4290	
5	Abril	-2764	-58	-2822	
5	Mayo	-1183	315	-868	
5	Julio	-605	476	-129	
5	Julio	-59	657	598	
5	Agosto	-619	476	-143	
6	Septiembre	-1628	202	-1426	
7	Octubre	-2438	11	-2427	
7	Noviembre	-3273	-145	-3418	
7	Diciembre	-4015	-272	-4287	

Figura 5.4. Carga térmica mes a mes de la vivienda

A partir de la demanda máxima de cada mes obtenida en el paso anterior, calcularemos los KWh mensuales suponiendo un tiempo de funcionamiento diario dependiendo del mes en el que nos encontremos:

Demanda mensual = Consumo máximo (W) * días del mes * Funcionamiento diario de calefacción (h) /1000 = KWh/Mes

Mes	Días	Horas	Demanda Calefacción (W)	Demanda Calefacción (kWh)
ENE	31	5	4878	756,09
FEB	28	5	4947	692,58
MAR	31	3	4290	398,97
ABR	30	2	2822	169,32
MAY	31	1	868	26,91
JUN	30	-	-	-
JUL	31	-	-	-
AGO	31	-	-	-
SEP	30	1	1426	42,78
OCT	31	2	2427	150,47
NOV	30	3	3418	307,62
DIC	31	5	4287	664,49
ANUAL				3.209,23

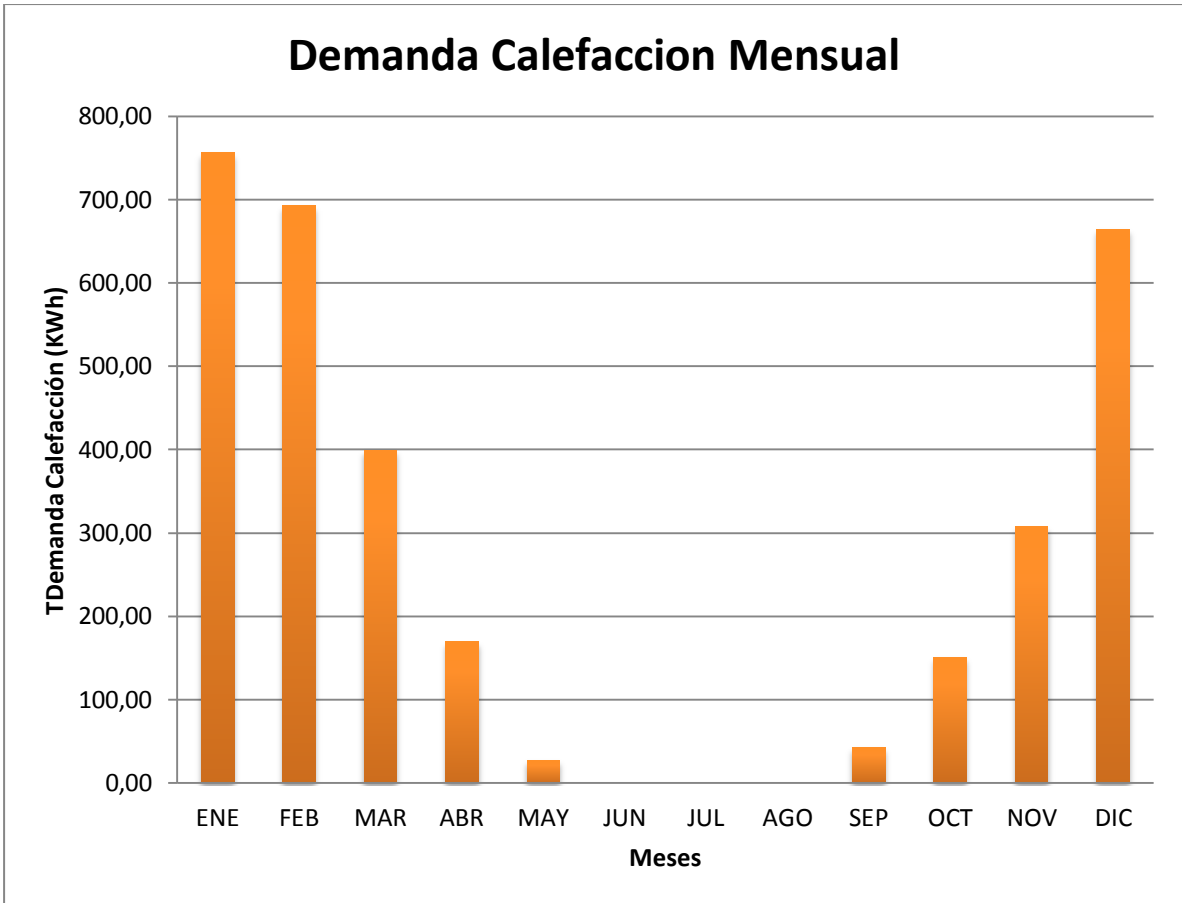


Figura 5.5. Demanda térmica mensual de calefacción.

La demanda máxima anual de calefacción es de **3.209,23 KWh**.

6.4. Demanda térmica total de ACS y calefacción

Una vez conocidas las demandas de ACS y calefacción de la vivienda, obtenemos la demanda total:

Mes	Demanda ACS (kWh)	Demanda calefacción (kWh)	Demanda Total (kWh)
ENE	224,61	756,09	980,70
FEB	198,97	692,58	891,55
MAR	211,65	398,97	610,62
ABR	196,46	169,32	365,78
MAY	198,69	26,91	225,60
JUN	188,10	-	188,10
JUL	190,05	-	190,05
AGO	194,37	-	194,37
SEP	192,28	42,78	235,06
OCT	203,01	150,47	353,48
NOV	204,82	307,62	512,44
DIC	224,61	664,49	889,09
ANUAL	2.427,60	3.209,23	5.636,83

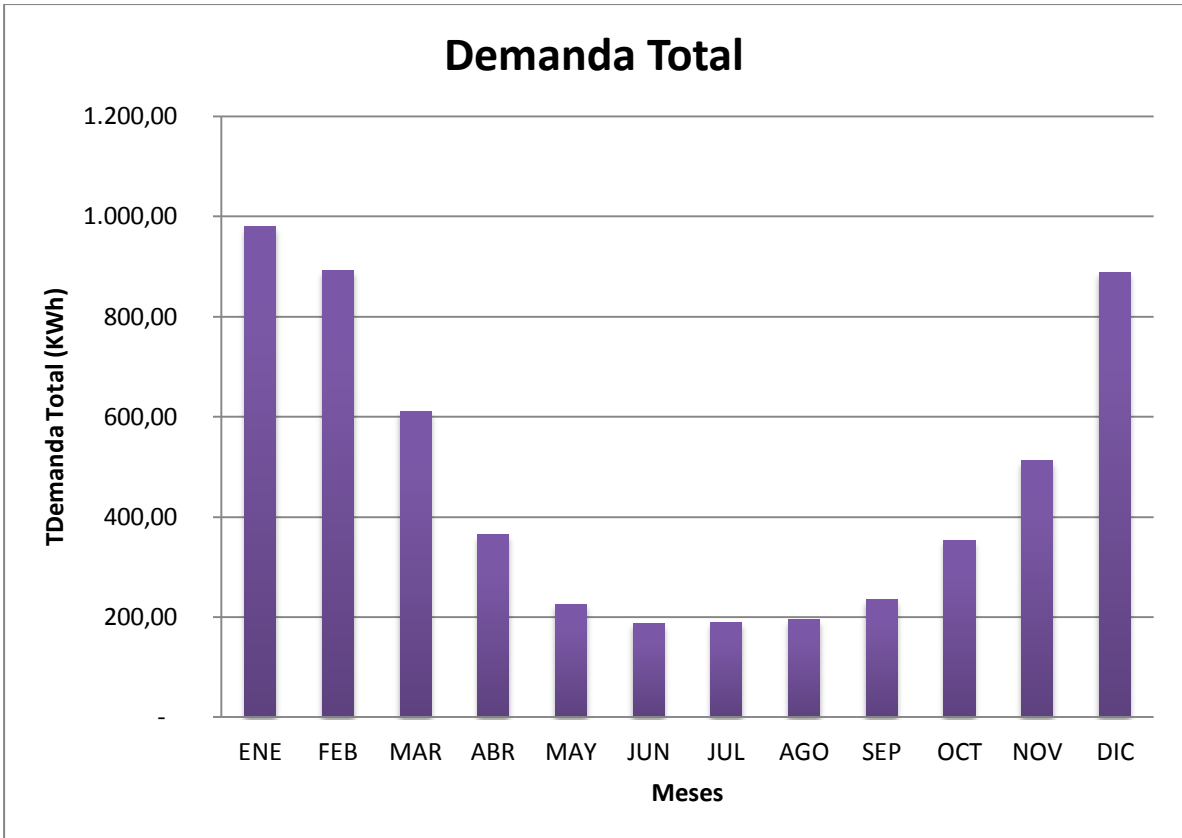


Figura 5.6. Demanda térmica mensual total.

La demanda térmica anual de la vivienda será de **5.636,83 KWh.**

7. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES.

7.1. Alternativas propuestas

Una vez minimizada la demanda energética de nuestra vivienda, y habiendo estimado los consumos que serán necesarios cubrir mediante generación propia, se realizará un predimensionamiento de las instalaciones necesarias para suplir ese déficit de energía, tanto eléctrico como térmico.

En la actualidad, son muchas las opciones que se disponen para conseguir una vivienda con generación de energía verde, por lo que se plantearan diferentes alternativas de suministro energético, para posteriormente realizar un estudio comparativo sobre cuál de ellas será la más ventajosa a emplear.

En cuanto a los tipos de instalaciones renovables que utilizaremos para seleccionar la mejor combinación energética disponible para nuestra vivienda, serán los siguientes:

• **Instalación Solar Térmica:**

La instalación de un sistema para suministro de agua caliente sanitaria es obligatoria en los edificios de nueva construcción en España, desde la aprobación del Código Técnico de la Edificación en 2006. Dependiendo de las condiciones climáticas de cada zona y del consumo, la aportación solar de agua caliente sanitaria variará, siendo el mínimo un 30%, y el máximo un 70% del consumo total de agua caliente sanitaria. El resto del porcentaje de agua caliente sanitaria suele ser aportado gracias a un sistema auxiliar de energía, que normalmente hace empleo de combustibles fósiles.

• **Caldera de Biomasa**

El empleo de calderas de biomasa puede abaratar mucho la climatización del hogar. Este tipo de calderas gracias a la evolución tecnológica de estos sistemas, nos permite automatizar la introducción del combustible, de tal forma que podamos ajustarlo en función de la temperatura que queramos conseguir.

• **Energía Solar Fotovoltaica:**

Por medio de la corriente eléctrica generada en las células fotovoltaicas por acción directa de la radiación solar, los paneles solares pueden alimentar un amplio número de aparatos eléctricos. La aplicación de este tipo de energías puede ir encaminada al autoconsumo, interesante para aquellas viviendas apartadas de la red eléctrica.

Tradicionalmente, el uso de generadores eléctricos ha sido la manera de garantizar un suministro energético, a aquellas viviendas móviles, o ubicadas en zonas aisladas, cuando no existían otras opciones disponibles, por lo que también se planteara dicha alternativa convencional de suministro energético.

Una vez definidas las distintas soluciones térmicas y eléctricas, será necesario plantear las alternativas a tener en cuenta, combinando varias fuentes de energías renovables, que darán lugar a la mejor combinación posible de ellas para satisfacer la demanda energética.

Como posibles soluciones para el suministro energético de la vivienda, se proponen las siguientes alternativas:

Alternativa 1: Instalación solar fotovoltaica y una caldera de biomasa.

Alternativa 2: Instalación solar fotovoltaica e instalación solar térmica (con apoyo de un calentador de butano).

Alternativa 3: Instalación solar fotovoltaica e instalación solar térmica (con apoyo de una caldera de biomasa).

Alternativa 4: Instalación generador diesel.

En el siguiente cuadro, queda reflejado el tipo de instalación que satisfará cada demanda energética.

	Demanda Eléctrica	Demanda Térmica
Alternativa 1	Instalación Solar Fotovoltaica	Caldera Biomasa
Alternativa 2	Instalación Solar Fotovoltaica	Instalación Solar Térmica Sistema Auxiliar Gas Butano
Alternativa 3	Instalación Solar Fotovoltaica	Instalación Solar Térmica Sistema Auxiliar Biomasa
Alternativa 4	Generador Diesel	Generador Diesel

7.2. Instalación generador diesel

Los generadores eléctricos diesel son la combinación de un motor diesel con un generador eléctrico (a menudo llamado un alternador) para generar energía eléctrica, estos se suelen utilizar en lugares sin conexión a la red eléctrica o como suministro de energía eléctrica de emergencia si la red falla.

Una vez conocidas las necesidades energéticas, se fijaran unas horas de funcionamiento diarias medias, que consideraremos en 5 horas.

Conociendo el consumo diario en KWh, (dividendo el consumo de cada mes por sus respectivos días) se puede calcular la potencia en KW con la siguiente expresión:

$$\text{Potencia Generador} = \text{Demanda energética total} / \text{Dias} / \text{Horas Funcionamiento}$$

Mes	Demanda Total (KWh)	Potencia (Kw)
ENE	1131,05	7,30
FEB	1027,35	7,34
MAR	760,97	4,91
ABR	511,28	3,41
MAY	340,7	2,20
JUN	299,49	2,00
JUL	305,15	1,97
AGO	309,47	2,00
SEP	346,45	2,31
OCT	503,83	3,25
NOV	657,94	4,39
DIC	1039,44	6,71
ANUAL	7233,12	

La instalación se basa en el funcionamiento de un grupo electrógeno portátil que suministra una potencia eléctrica nominal mínima de 7.34 KW para cubrir la potencia eléctrica máxima instantánea de la vivienda.

- ✓ Se ha seleccionado un grupo electrógeno portátil de la casa Himoinsa, modelo HLA3-10 T5, el cual tiene una potencia de 7,9 KW, en un régimen de funcionamiento de 3.600 rpm y un consumo de combustible de 2,17 l/h.



Figura 6.1. Grupo Electrónico Himoinsa HLA3-10 T5

▪ Selección de los radiadores

Para poder transmitir el calor en las diferentes zonas de la vivienda vamos a utilizar radiadores en el que el número de módulos de cada radiador dependerá de la pérdida de calor en cada habitación de la vivienda.

Sabiendo que el ratio de calefacción calculado para la vivienda con Dpclima es de 72 W/m², calcularemos el número de radiadores en función de las necesidades térmicas por m² de cada estancia de la vivienda.

Cada módulo seleccionado del modelo RD/600 de la casa Rayco, tiene una emisión calorífica aproximadamente de 125W, por lo que será necesario calcular el número de elementos para cada estancia. Su ubicación será debajo de las ventanas y en caso de no tener ventanas se ubicará en el sitio más apropiado para no interferir en el diseño

Local	Superficie (m ²)	Potencia (W)	Nº de elementos
Salor - Comedor	26	1.872	15
Cocina	8	576	5
Dormitorio 1	12	864	7
Dormitorio 2	8	576	5

Dormitorio 3	10	720	5
Baño	4	288	3
Total	68	4896	

Por lo que necesitaremos:

- ✓ 1 radiador de 3 módulos, 3 radiadores de 5 módulos, 1 radiador de 7 módulos y 1 radiador de 15 módulos.

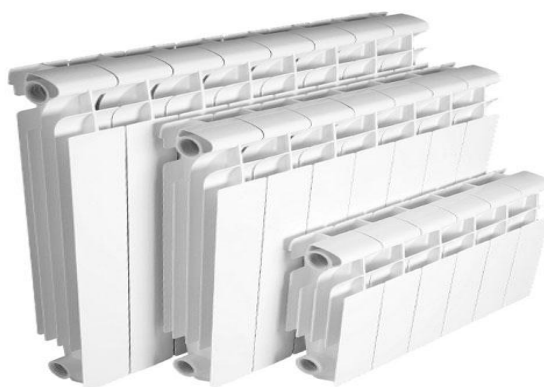


Figura 6.2. Radiadores RD/600 de la casa Rayco

7.3. Instalación solar fotovoltaica

Básicamente un sistema fotovoltaico consta de los siguientes elementos:

- Sistema de captación de energía o Generador fotovoltaico: Transforma la energía del sol en energía eléctrica y carga las baterías. El módulo fotovoltaico es el encargado de la captación de la energía solar y convertirla, mediante materiales semiconductores, en energía eléctrica. Por lo tanto es el elemento clave de esta instalación, ya que de su eficiencia depende toda la instalación.
- Sistema de acumulación o Batería: Se encargan de acumular la energía eléctrica generada por el sistema de generación fotovoltaico para poder disponer de ella en las horas del día que no luzca el sol.

Las más recomendadas para este tipo de instalaciones son las estacionarias de plomo ácido, con vasos de 2V cada uno, que se dispondrán en serie y/o paralelo para completar los 12, 24 o 48 Vcc que sea adecuado en cada caso. Este tipo de baterías pueden permanecer largos periodos de tiempo cargadas y soportar descargas profundas esporádicamente.

- Sistema de Regulación de carga: Controla la carga de la batería evitando que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas, que disminuyen la vida útil del acumulador. De un modo sencillo, un regulador se puede entender como un interruptor, cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada.

Las intensidades máximas de entrada y salida del regulador adecuado para cada aplicación dependerán de la corriente de máxima que pueda producir el sistema de generación fotovoltaico para la entrada y la corriente máxima de las cargas para la salida. Puede incorporar un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, que es un dispositivo que aumenta el rendimiento de la instalación.

- Sistema de adaptación de corriente o Inversor: La corriente que entrega la batería es corriente continua y la mayoría de los electrodomésticos que se comercializan, funcionan con corriente alterna. Por este motivo se utilizan inversores que convierten la corriente continua en alterna.

7.3.1. Predimensionado de la instalación

▪ Estimación de la demanda

Como ya se ha estimado anteriormente, se necesitan 3.713 Wh al día para abastecer las necesidades eléctricas de la vivienda para los meses de verano (meses de mayo hasta septiembre) y 4.850 Wh al día para los meses de invierno (resto del año).

La demanda eléctrica total, será:

$$G = \frac{(100 + Eb) * T}{Ei}$$

$$G_{\text{verano}} = \frac{(100 + Eb) * T}{Ei} = \frac{(100 + 15) * 3.713}{90} = 4744 \text{ Wh/día}$$

$$G_{\text{invierno}} = \frac{(100 + Eb) * T}{Ei} = \frac{(100 + 15) * 4.850}{90} = 6197 \text{ Wh/día}$$

Siendo:

- Eb, Margen de seguridad de captación aplicado, estimado en un 15 % .
- Ei, la Eficiencia del inversor estimada en un 90 %.
- T, el consumo estimado.

▪ Irradiación e inclinación óptima

Una vez realizados los cálculos de demanda, debemos de considerar la “Tabla de Radiaciones“(Wh/m²*día) según la ubicación de nuestra vivienda, situada en Moratalla.

A continuación se muestra una tabla con los datos recogidos de las radiaciones mensuales medias, mínimas y máximas en la zona.

Mes	Radiación mínima	Radiación media	Radiación máxima
ENE	409,032	2384,12	4771,82
FEB	557,83	3313,81	5466,96
MAR	912,166	4579,35	5970,18

ABR	2255,57	5827,31	6518,81
MAY	3476,34	6796,32	7184,21
JUN	4242,08	7139,31	7492,45
JUL	3782,69	6807,69	7174,96
AGO	2547,42	5838,92	6389,29
SEP	1210,29	4529,65	5498,74
OCT	621,19	3247,47	4863,54
NOV	410,196	2320,1	4331,21
DIC	353,567	2002,73	42,7601

Calculamos ahora la inclinación óptima para nuestra instalación, para ello aplicamos el Criterio del Mes Crítico, así pues, se ha de preparar a partir de la tabla de radiaciones y en función del factor de corrección para superficie inclinada, la “Tabla de Cocientes Consumo / Radiación” .

Inclinación superficie	E	F	M	A	M	J	JI	A	S	O	N	D
0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10°	1.27	1.19	1.11	1.04	1.00	0.99	0.99	1.03	1.08	1.16	1.25	1.30
20°	1.51	1.35	1.19	1.06	0.98	0.95	0.97	1.03	1.14	1.29	1.46	1.57
30°	1.71	1.47	1.24	1.06	0.95	0.90	0.92	1.01	1.16	1.39	1.64	1.80
40°	1.87	1.56	1.26	1.02	0.89	0.83	0.86	0.97	1.16	1.45	1.78	1.98
50°	1.97	1.61	1.24	0.97	0.81	0.75	0.78	0.90	1.13	1.47	1.87	2.11
60°	2.02	1.61	1.20	0.89	0.72	0.65	0.68	0.82	1.07	1.46	1.91	2.18
70°	2.02	1.57	1.13	0.80	0.62	0.55	0.58	0.72	0.99	1.41	1.89	2.19
80°	1.96	1.49	1.03	0.68	0.50	0.44	0.47	0.60	0.88	1.32	1.83	2.14
90°	1.85	1.38	0.90	0.56	0.39	0.33	0.36	0.48	0.76	1.20	1.72	2.03

Figura 6.3. Factor de corrección de superficie inclinada en Moratalla.

Para cada inclinación se buscará el mayor valor de todos los cocientes de cada columna, pues se corresponderán con el momento del año donde la relación entre el consumo de energía y la irradiación disponible será mayor, con lo que habrá que asegurar el suministro de energía sobre todo en ese momento aunque eso implique un sobredimensionamiento para los otros meses, como por ejemplo, los de verano, donde habrá excedente de energía.

	Incl. 0°	Incl. 30°	Incl. 40°	Incl. 50°	Incl. 60°	Incl. 70°	Incl. 80°
ENE	2599,28	1520,05	1389,99	1319,43	1286,77	1286,77	1326,16
FEB	1870,05	1272,14	1198,75	1161,52	1161,52	1191,12	1255,07
MAR	1353,25	1091,33	1074,01	1091,33	1127,71	1197,57	1313,83
ABR	1063,44	1003,25	1042,59	1096,33	1194,88	1329,30	<u>1563,88</u>
MAY	698,02	734,76	784,30	861,76	969,48	1125,85	1396,05
JUN	664,49	738,32	800,59	885,99	1022,29	1208,16	1510,20
JUL	696,86	757,46	810,30	893,41	1024,79	1201,48	1482,68
AGO	812,48	804,43	837,61	902,75	990,83	1128,44	1354,13
SEP	1047,32	902,86	902,86	926,83	978,81	1057,90	1190,14
OCT	1908,25	1372,85	1316,04	1298,13	1307,02	1353,37	1445,65
NOV	2671,01	1628,66	1500,56	1428,35	1398,43	<u>1413,23</u>	1459,57
DIC	<u>3094,28</u>	<u>1719,04</u>	<u>1562,77</u>	<u>1466,48</u>	<u>1419,39</u>	1412,91	1445,92

Una vez que se conocen esos valores se elige a continuación el menor de todos ellos que en este caso corresponde al valor de 1413,23 y 70 ° de inclinación. Es decir, nuestra instalación deberá disponer de una inclinación de 70°.

- **Dimensionado del generador fotovoltaico (número de paneles necesarios)**
- ✓ El panel escogido es el SANYO HIT-H250E01, con una potencia de 250 Wp y cuyo resto de características pueden consultarse en el ANEXO I adjunto.

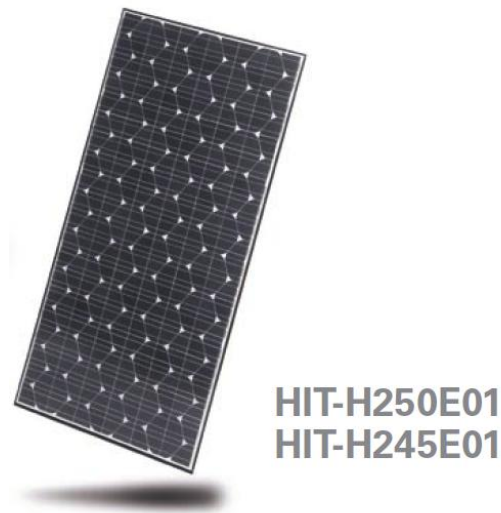


Figura 6.4. Panel fotovoltaico SANYO HIT H250E01

$$\text{Numero Paneles} = \frac{G}{PR * HPS * PMPP} = \frac{6.197}{0,9 * 4,38 * 250} = 6,28 = 7 \text{ paneles}$$

Siendo

- G, el consumo medio diario mensual para el mes crítico, 6.197 Wh/día
- HPS, son las horas de sol pico del mes crítico calculado a partir de la “Tabla de Radiaciones”, es decir: Irradiación del mes crítico (Noviembre 70°) / 1000 W/m² = 4,38 HPS.
- PMPP, la potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida, 250 Wpp
- PR, el factor global de funcionamiento que varía entre 0.65 y 0.90. Usaremos 0.90 por defecto.

Respecto a la conexión de los módulos calculados en serie o paralelo, teniendo en cuenta que el panel SANYO HIT-H250E01 tiene una $V_{max} = 34,9$ V:

$$Numero\ serie = \frac{T}{V_{oc}} = \frac{24}{34,9} = 0,68 = 1$$

$$Numero\ paralelo = \frac{Numero\ paneles}{Numero\ serie} = \frac{7}{1} = 7$$

Donde la potencia total de la instalación será:

$$CT(wp) = Numero\ paneles * PMPP = 7 * 250 = 1750\ Wp$$

▪ Dimensionado del sistema de acumulación (número de baterías)

Para evaluar el tamaño del sistema de acumulación es necesario definir previamente los siguientes factores, que son:

- N, Días de autonomía, que corresponden al tiempo que podrá funcionar la instalación sin recibir la radiación solar en condiciones adecuadas. Este parámetro está fuertemente condicionado por las características climáticas del emplazamiento y por las necesidades de fiabilidad del suministro. Habitualmente, para instalaciones de electrificación rural este factor puede ser de 4 ó 6 días (se ha considerado 4 días en nuestra instalación).
- Pf, Profundidad de descarga máxima, correspondiente al límite de descarga que puede alcanzar la batería, sin perjudicarla de cara a sus prestaciones. Para los casos más habituales de electrificación rural, puede tomarse este valor como de un 70%. Las baterías empleadas en otros tipos de sistemas pueden permitir profundidades de descarga superiores al 90%.

- U, Tensión de trabajo de la instalación, elegido en función de las características de la instalación. En el caso de instalaciones de electrificación rural, lo más usual son tensiones de 12, 24 o 48 Vcc. Para el proyecto, dado el tamaño de la instalación y al objeto de reducir intensidades, hemos seleccionado 24 V.

$$\text{Capacidad Bateria} = 1,1 * \frac{G * N}{\text{Pf} * U} = 1,1 * \frac{6.197 * 4}{0,7 * 24} = 1.623,02 \text{ Ah}$$

A continuación realizaremos una serie de comprobaciones, para verificar el correcto dimensionamiento, donde las corrientes de carga y descarga no deben superar el 10% de la capacidad de la batería, es decir, deben ser inferiores a 162,30 Ah

$$\text{Corriente carga} = \frac{CT}{U} = \frac{1.750}{24} = 72,91 \text{ Ah}$$

$$\text{Corriente descarga} = \frac{P_{inv}}{U} = \frac{2532}{24} = 105,5 \text{ Ah}$$

- ✓ Elegiremos el modelo de batería en función del cálculo de la capacidad nominal de acumulación para una tensión de trabajo de 24 V. Seleccionaremos 2 baterías de 6 vasos (12 V), del modelo 12 OPZS-1200, para suministrar los 24 V en continua.



Figura 6.5. Batería 12 OPZS-1200

▪ Dimensionado del regulador

Debemos calcular cual es la máxima corriente que debe soportar el regulador, a su entrada pero también a su salida. Se usa la corriente de cortocircuito para el cálculo de la corriente de entrada al regulador por que será la máxima corriente que podría ser generada por el módulo fotovoltaico y ha de ser esa la que tengamos en cuenta para evitar pérdidas de rendimiento

La corriente de entrada viene definida como

$$I_{\text{entrada}} = 1,25 * ISC * Np = 1,25 * 7,74 * 7 = 67,72 \text{ A}$$

Siendo,

- ISC= corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito, en este caso, es de $I_{sc} = 7,74 \text{ Amp}$.
- Np = el número de las ramas en paralelo, 7.
- 1,25 es un factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador

Para el cálculo de la corriente de salida hemos de valorar las potencias de las cargas, es decir:

$$I_{\text{salida}} = \frac{1,25 * \frac{P_{ac}}{\eta_{inv}}}{U} = \frac{1,25 * \frac{2.449}{0,95}}{24} = 134,26 \text{ A}$$

Siendo,

- P_{ac} , potencia de las cargas en alterna.
- η_{inv} , rendimiento del inversor, el cual consideraremos en torno al 95%.

Así pues, el regulador debería soportar una corriente, como mínimo de 67,72 A a su entrada y 134,26 A, a su salida.

- ✓ Seleccionaremos el regulador de la marca Victron Energy, Blue Solar MPPT 150/70.



Figura 6.6. Regulador Victron Energy Blue Solar MPPT 150/70

- **Dimensionado del inversor**

La entrada del convertidor será de 24 V y la salida 220 v 50 Hz de frecuencia, el convertidor será utilizado para los electrodomésticos de la casa que funcionan a 220 voltios convencionales.

El inversor debe dimensionarse para que sea capaz de transformar aproximadamente un 25% más de la potencia instantánea máxima de la vivienda, por lo que tendremos en cuenta únicamente la suma de las potencias de las cargas de alterna funcionando simultáneamente. En nuestro caso, sería la lavadora (2000W) (110W) y aplicar dicho margen de seguridad, por lo que:

$$P_{inversor} = 1,25 * PAC = 1,25 * 2110 = 2637 \text{ W}$$

- ✓ Seleccionaremos el inversor de la marca Victron Energy, Phoenix Inverter 24/3000.



Figura 6.7. Inversor Victron Energy Phoenix Inverter 24/3000

7.4. Instalación solar térmica

Una instalación solar térmica está constituida por colectores de radiación solar, que transforman dicha radiación en energía térmica. La energía es transferida a un fluido de trabajo y finalmente almacenada en dicho fluido o transferida a otro fluido para su posterior uso en los puntos de consumo.

Para ello se hace circular el fluido contenido en el circuito primario, de tal modo que se caliente al paso por los colectores solares y se enfríe transfiriendo la energía térmica almacenada al agua de consumo cuando pasa a través de los sistemas de intercambio.

El agua caliente del sistema de acumulación queda almacenada y dispuesta para ser consumida. Cuando la temperatura del agua caliente solar es inferior a la establecida para el consumo, el sistema de energía auxiliar se encarga de realizar el calentamiento adicional hasta alcanzar la temperatura deseada.

Los sistemas encargados de utilizar la energía térmica para el uso de agua caliente sanitaria son:

- Sistema de captación constituido por un conjunto de captadores solares, cuya misión será la de transformar la radiación solar incidente en energía térmica utilizada para el calentamiento del fluido que discurre a través de ellos.

Los captadores solares planos no tienen seguimiento solar, así que en casos donde la inclinación o dirección óptimas para captar la radiación no sean posibles de alcanzar, se recomienda usar captadores de tubos de vacío ya que tienen mucha más eficiencia.

La disposición de los colectores sobre la cubierta se recomienda que sea en paralelo y dispuestos en una sola fila. Si se realiza la conexión en serie hay que tener en cuenta que el número máximo de colectores por normativa en una sola fila es de 3 y en paralelo según los datos del fabricante.

El conexionado debe realizarse en retorno invertido para repartir equitativamente el fluido caloportador por todo el campo de captación o poner válvulas de equilibrado.

- Sistema de acumulación e intercambio solar formado por acumuladores e intercambiadores de placas. Los depósitos de acumulación suelen ser de tipo cilíndrico, dispuestos en vertical para favorecer la estratificación del agua, y con las

estimadas conexiones de agua fría (por abajo) y caliente (por arriba) tal como dispone la normativa.

Un buen depósito debe tener una alta capacidad calorífica, un volumen adecuado, responder de manera rápida a la demanda, integrarse bien en el edificio, ser accesible económicamente, ser seguro, y tener larga duración.

- Circuito hidráulico, formado por el conjunto de tuberías con los correspondientes aislamientos, bombas de circulación, vaso de expansión, sistemas de seguridad, llenado, purga, válvulas y accesorios, y cuya misión es generar y posibilitar el movimiento del fluido caliente entre los sistemas de captación, acumulación e intercambio.

Es fundamental el aislamiento de los conductos del circuito primario de energía solar para minimizar las pérdidas en la distribución de la energía y poner un purgador de aire por cada fila de colectores, en la parte más alta del circuito primario, para eliminar posibles bolsas de aire que se hayan formado durante el llenado y que puedan influir negativamente en el rendimiento de la instalación al impedir la correcta circulación del fluido caloportador.

La instalación de ACS se realiza bajo el suelo con tubería de cobre hasta los distintos aparatos sanitarios, teniendo en cuenta que el agua caliente siempre va por encima de la fría para evitar el traspaso de calor entre ellas.

- Sistema de energía auxiliar utilizado para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica en los casos en que el aporte solar suministrado no sea suficiente o el consumo sea superior al previsto.
- Sistema de sensores y control, de tipo diferencial, que asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos del circuito primario, ni temperaturas inferiores a tres grados por encima de la temperatura de congelación del fluido.

También se encargará de la puesta en marcha y parada de las bombas en función de la diferencia de temperaturas entre la salida de la batería de colectores y el depósito de acumulación solar.

7.4.1. Predimensionado de la instalación

▪ Dimensionado del sistema de captación

Para el dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica se sugiere en el Pliego de Condiciones Técnicas de IDE el método de las curvas f-chart, que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

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

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método puede apreciarse en la siguiente fórmula:

$$f = 1,092 D1 + 0,065 D2 + 0,245 D1^2 + 0,0018 D2^2 + 0,0215 D1^3$$

Siendo:

- D1, el parámetro que expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes.
- D2, el parámetro que expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes.

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada a la demanda y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En la siguiente tabla se indica, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria a una temperatura de 60°C, la contribución solar mínima anual.

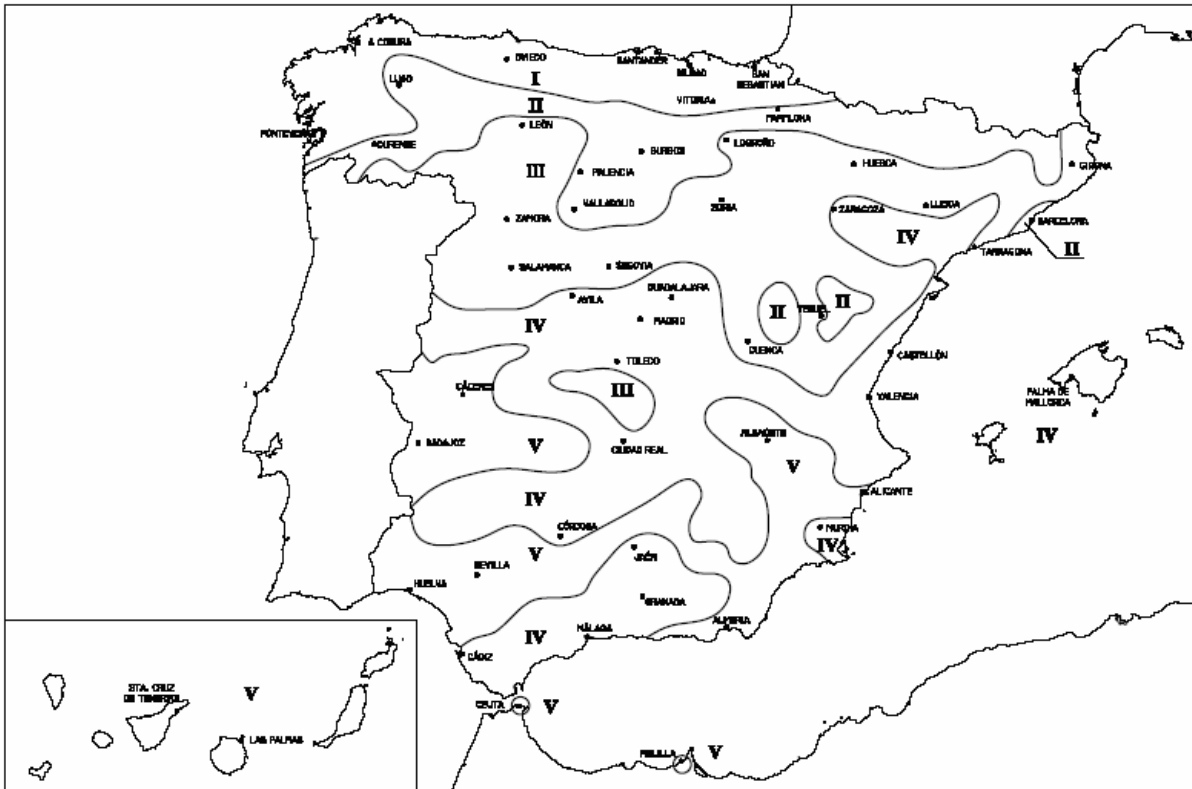


Figura 6.8. Mapa de las distintas zonas climáticas de España.

Las zonas climáticas están ordenadas de la I a la V, de menor irradiación solar a mayor, tal y como podemos ver en la leyenda de la figura.

En la Región de Murcia hay zonas climáticas de nivel IV y de nivel V, siendo de los más altos de la escala. En el municipio de Moratalla en concreto, la zona climática es la V, en la cual la irradiación solar es mayor o igual a 18.000 kJ/m² y el factor de aporte solar anual mínimo para la demanda de ACS debe ser al menos de un 70% de la demanda.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
>20.000	52	70	70	70	70

Figura 6.9. Contribución mínima solar en función de la demanda y la zona climática

Con independencia del uso al que se destine la instalación, El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses el 100 %, en caso contrario deberán adoptarse medidas especiales como dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario), o el tapado parcial del campo de captadores.

Adicionalmente, durante todo el año se vigilará la instalación con el objeto de prevenir los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos. La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la siguiente tabla.

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

Figura 6.10 Limitación de pérdidas por orientación e inclinación, por sombras, y total

- ✓ El panel escogido es el HEATSUN SFK-21, con una superficie de 2,05 m.



Figura 6.11. Panel Heatsun SFK-21

Se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización y puesto que la demanda anual es constante, se seleccionara una inclinación igual a la latitud geográfica, que en este caso será en torno a 40°.

Los datos de irradiación diaria media para dicha disposición, así como la temperatura ambiente media mensual de la zona, queda reflejada en la siguiente tabla.

Mes	Incl. 40° (Wh/m2*día)	T. Ambiente (°C)
ENE	4815,92	10.1
FEB	5202,68	11.7
MAR	5174,67	13.5
ABR	4661,85	15.6
MAY	4213,72	19.0
JUN	3926,62	23.1
JUL	3948,46	26.2
AGO	4204,02	26.7
SEP	4484,35	23.6
OCT	4578,93	18.8
NOV	4384,99	14.1

DIC	4385,98	11.1
------------	---------	------

Calculamos el factor de aporte solar para cada mes y la media anual, para cubrir solo la demanda de ACS. A continuación se muestran dichos datos calculados con 2 colectores solares:

Mes	Factor de aporte (%)
ENE	95,76
FEB	101,87
MAR	103,63
ABR	99,40
MAY	94,70
JUN	92,12
JUL	95,35
AGO	98,46
SEP	99,79
OCT	99,01
NOV	93,28
DIC	88,99
ANUAL	96,98

Donde podemos comprobar que cumple los requisitos anteriormente establecidos de satisfacer una demanda superior al 70% de la demanda de ACS, y no hay más de tres meses consecutivos que superen la demanda del 100%.

A continuación se detallan los factores solares mensuales con 2 captadores para cubrir la demanda de ACS y calefacción:

Mes	Factor de aporte (%)
ENE	32,43
FEB	35,03
MAR	52,50
ABR	68,97
MAY	88,73

JUN	92,12
JUL	94,29
AGO	97,43
SEP	90,16
OCT	71,64
NOV	50,22
DIC	32,11
ANUAL	52,39

Cumplimos que el factor de aporte solar mensual no sobrepase el 110% en ningún mes o el 100% en más de 3 meses consecutivos para evitar el sobrecalentamiento de la instalación en ese periodo de tiempo.

Se desestima la opción de utilizar 3 colectores para generación solar térmica de ACS y calefacción puesto que no cumplen los requisitos establecidos en el IDAE sobre los límites de generación superiores a la demanda establecida.

$$\text{Numero de captadores} = 2$$

- **Dimensionado del sistema de acumulación e intercambio**

Para el dimensionado del acumulador, como norma general el valor del volumen de acumulación solar en n viviendas unifamiliares debe estar entre los 50 l -100 l por m² de captador solar instalado. Seleccionaremos un volumen idóneo de 70 litros.

$$\text{Deposito de acumulacion} = m^2 * 70 = 4 * 70 = 280 \text{ l}$$

En cuanto al intercambiador, la potencia mínima del intercambiador P, se determinará para las condiciones de trabajo en las horas centrales del día suponiendo una radiación solar de 1000 W/m² y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50 %, cumpliéndose la condición:

$$\text{Potencia} > 500 * m^2 = 2000 \text{ W}$$

- ✓ Se seleccionará el interacumulador Vitocell 100-H, de la marca Viessman.



Figura 6.12. Interacumulador Vitocell 100-H

▪ **Dimensionado del circuito hidráulico**

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se pueden utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado.

El caudal volumétrico de diseño por unidad de superficie recomendado es de unos 50 litros/(h m²) ~ 0.0130 l/(s m²), siendo por lo tanto.

$$Caudal\ circuito\ primario = 50 * m^2 = 200\ l$$

Sistema de bombeo

La caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito. Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

La potencia eléctrica de la bomba máxima indicada por IDEA no debe ser superior a 50 W.

- ✓ Las bombas seleccionadas (una para el circuito primario y otra para el secundario) serán de la marca Solarstar, modelo WILO STAR-ST 15/9.



Figura 6.13. Bomba WILO STAR-ST 15/9

Vaso de expansión

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 6% del volumen total de fluido en el circuito primario (según norma UNE 100.155-88), siendo dicho volumen 200 l/h.

Por lo tanto utilizaremos un vaso de expansión de 12 litros, sin compresor y con válvula de seguridad con embudo de desagüe de salida.

- ✓ Seleccionaremos el vaso de expansión PWB 12 Litros de la marca PressureWave.



Figura 6.14. Vaso expansión PressureWave PWB 12

Sistemas de protección

La instalación está provista de unos productos químicos no tóxicos cuyo calor específico no es inferior a 3 kJ/kg °K, en 5°C por debajo de la mínima histórica registrada en la zona, para no producir daños en el circuito primario de captadores debido a las heladas.

La instalación también estará protegida contra sobrecalentamientos mediante sistemas automáticos que evitan la rotura de los equipos. También se utilizan sistemas de drenaje diseñados para que el agua caliente o el vapor de drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes ni enseres domésticos.

El sistema está diseñado para evitar quemaduras producidas por el sobrecalentamiento del agua a más de 60°C.

Purga

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de des-aireación y purgador manual o automático.

▪ **Sistema auxiliar de apoyo**

Para la selección del sistema auxiliar de apoyo se puede optar por múltiples alternativas, si bien la combinación de una caldera de biomasa con un sistema de energía solar térmica es una opción particularmente atractiva que puede suministrar todas las necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria de una instalación.

Además de ventajas ecológicas (cubrir la demanda térmica únicamente con energías renovables), esta solución permite la reducción de los costes de climatización y ACS de un edificio o vivienda unifamiliar.

Durante la época de verano, con bajo consumo de energía térmica, la instalación solar puede proporcionar el 100% de la energía demandada y la instalación de biomasa puede permanecer parada, reduciendo sus costes de mantenimiento, sus emisiones y las pérdidas de energía.

Durante la época de invierno, el sistema de biomasa se emplea para proporcionar la energía que no puede obtenerse del sol.

En España estas aplicaciones mixtas deben cumplir los siguientes requisitos:

- Consumir prioritariamente la energía solar evitando las pérdidas por acumulación.
- Asegurar la correcta complementariedad entre la energía solar y la energía auxiliar (biomasa).
- Es recomendable no utilizar un mismo acumulador para la energía solar con la energía auxiliar (biomasa).
- Nunca debe mezclarse el agua caliente sanitaria con el agua para calefacción.

La distribución de calefacción y ACS se realiza de forma independiente siendo conveniente la existencia de acumuladores individuales de agua caliente sanitaria o de un acumulador centralizado de ACS que esté conectado a la caldera de biomasa.

7.5. Instalación caldera de biomasa

Un sistema de calefacción con biomasa tiene unas exigencias de espacio mayores que un sistema convencional. En general, es necesario disponer de espacio suficiente para la caldera, el sistema de almacenamiento de combustible, así como el acceso para el suministro de éste (salvo en los casos de calderas que incorporan el depósito de combustible).

Una de las consideraciones más importantes para decidirse por la instalación de los sistemas de calefacción con biomasa de un tipo u otro es el aseguramiento del suministro de combustible. Debe asegurarse el suministro a medio-largo plazo con una calidad de la biomasa alta y constante, antes de su establecimiento. Asimismo, en la actual fase de penetración de este mercado, es recomendable acordar los precios para futuros suministros con el comercializador

Los más empleados son: los pellets, la astilla, los huesos de aceitunas, las cascara de frutos secos (almendras) y las podas (vid, olivos, etc.)

El esquema de la instalación será en "T"; esto significa que hasta que la caldera no esté a régimen se aprovechará el calor del depósito de inercia y cuando la caldera llegue a la temperatura de trabajo empieza a suministrar al consumo. De esta forma, con todo el sobrante de potencia instantánea y/o cuando el consumo cesa se puede almacenar la energía sobrante en el acumulador.

El trabajo conjunto de la caldera y el depósito, por un lado, complementa los tiempos largos de arranque y parada de la caldera (en ambos caso entre los 15 y 60 minutos) y, por otro, permite el ahorro en el precio de la caldera al dimensionarla ajustada a la necesidad real.

7.5.1. Predimensionado de la instalación

- **Selección del combustible**

Pellets

Los pellets de biomasa son un biocombustible estandarizado a nivel internacional. Se conforman como pequeños cilindros procedentes de la compactación de serrines y virutas molturadas y secas, provenientes de serrerías, de otras industrias, o se producen a partir de astillas y otras biomasa de diversos orígenes, como los agropéllets.

En el proceso de pelletización no se utilizan productos químicos sino simplemente presión y vapor, aunque es posible encontrar también un porcentaje reducido de aditivos biológicos.

Es aconsejable exigir al suministrador de pellets que indique explícitamente el origen y tipo de biomasa del que están compuestos para evitar malentendidos con otros tipos de pellets no aptos para las calderas de biomasa. Así mismo, se recomienda el uso de pellets de madera natural, por ser los más adecuados para su uso en la climatización de viviendas y grandes edificios.

Astilla

Las astillas de madera son trozos pequeños de entre 5 y 100 mm de longitud cuya calidad depende fundamentalmente de la materia prima de la que proceden, su recogida y de la tecnología de astillado.

En función de su procedencia y calidad, pueden distinguirse dos grupos principales de astillas:

- Astillas de clase 1: provenientes de la industria de la primera y segunda transformación de la madera o maderas forestales muy limpias. Suelen tener humedades menores al 30%, aunque pueden alcanzar el 45%. Apropriadadas para su uso en instalaciones domésticas y válidas para todo tipo de instalaciones.
- Astillas de clase 2: procedentes de tratamientos silvícolas, agrícolas y forestales (podas, clareos, entresacas, cultivos energéticos leñosos, etc.). Hasta un 45% de humedad. Utilizada en instalaciones de media a muy alta potencia, como grandes edificios y redes de calefacción.

Como ventaja tiene que, al ser un combustible que tiene un pretratamiento relativamente sencillo (astillado y, en su caso, secado), tienen un coste inferior a biomásas producidas industrialmente. Se pueden producir localmente y pueden ser un combustible de alta calidad para calderas de cualquier tamaño, aunque precisan de mayor espacio de almacenamiento que los pellets o el hueso de aceituna.

Residuos Agroindustriales

Los residuos agroindustriales adecuados para su uso como combustible en calderas de biomasa son fundamentalmente los provenientes de las industrias de la producción de

aceite de oliva y aceituna, de las alcohólicas y la uva, y de los frutos secos. En general, los proveedores suelen reducir su grado de humedad mediante procesos de secado con el objetivo de aumentar su poder calorífico inferior. Normalmente, son combustibles económicos y de buena calidad, aunque en algunos casos se debe prestar una especial atención a las distintas calidades de una misma biomasa. Por ejemplo, el hueso de aceituna es recomendable que esté limpio de pieles o pellejo, para reducir las labores de mantenimiento y mejorar la operación.

Tipo	PCI (Kj/Kg)	PCI (Kwh/Kg)	Humedad (%)
Pellets	17.000 - 19.000	4,7 - 5,3	< 15
Astillas	10.000 - 16.000	2,8 - 4,4	< 40
Hueso de Aceituna	18.000 - 19.000	5,0 - 5,3	7,0 - 12,0
Cascara de Frutos Secos	16.000 - 19.000	4,4 - 5,3	8,0 - 15,0
Leña	14.400 - 16.200	4,0 - 4,5	< 20
Briquetas	17.000 - 19.005	4,7 - 5,3	< 20

- ✓ El combustible que se empleará serán pellets, debido a su elevado poder calorífico, su bajo contenido en cenizas y su alta eficiencia, reduciendo así las necesidades de operación y mantenimiento a pesar de un precio superior en comparación con otras biomásas.

▪ Selección de la caldera

En el caso de la biomasa es muy importante no sobredimensionar la caldera. Conociendo el tipo de biocombustible a emplear, el primer paso para el dimensionamiento de la caldera es suponer un rendimiento de la misma, este dato nos permite estimar los consumos de combustible. Para este primer cálculo se ha estimado el rendimiento en torno a un $\eta=90\%$, se trata de un valor típico para calderas de biomasa.

Estimaremos el consumo de la caldera mensualmente, de la siguiente manera

$$\text{Consumo Caldera} = \frac{\text{Demanda Energetica Mensual}}{\eta} \text{ (Kwh)}$$

Y una vez conocemos el consumo, obtendremos los Kg de biomasa necesarios, en función del PCI de los pellets, que hemos considerado en un valor intermedio de 5 Kwh/Kg

$$\text{Consumo Biomasa} = \frac{\text{Consumo Caldera}}{\text{PCI}} \text{ (Kg)}$$

La caldera trabajará con un depósito de inercia, en cuanto, con biomasa, es impensable trabajar con una caldera que arranque cada vez que se necesita calor, siendo muy grande el transitorio de tiempo para llegar a su régimen de trabajo. A continuación, fijamos unas horas de funcionamiento diario, que consideraremos en 8, para el mes más desfavorable, calcularemos la potencia necesaria a instalar para satisfacer la demanda energética tal que así:

$$\text{Potencia Caldera} = \frac{\text{Demanda energetica diaria}}{\text{Horas funcionamiento}} \text{ (Kw)}$$

A continuación se muestra un resumen de los cálculos realizados:

Mes	Demanda Total (kWh)	Consumo Caldera (Kwh)	Consumo Biomasa (Kg)	Potencia (Kw)
ENE	980,70	1089,67	217,76	6,33
FEB	891,55	990,61	197,96	6,37
MAR	610,62	678,47	135,58	3,94
ABR	365,78	406,42	81,22	2,44
MAY	225,60	250,67	50,09	1,46
JUN	188,10	209,00	41,77	1,25
JUL	190,05	211,17	42,20	1,23
AGO	194,37	215,97	43,16	1,25
SEP	235,06	261,18	52,19	1,57
OCT	353,48	392,76	78,49	2,28
NOV	512,44	569,38	113,78	3,42
DIC	889,09	987,88	197,42	5,74
ANUAL	5.636,83	6.263,16	1.251,63	

De la tabla se puede analizar que el valor de potencia más alto es para el mes de febrero con 6,37 KW, este valor será él de la potencia de la caldera.

- ✓ La caldera seleccionada, será la caldera Vitoligno 300-P, de la marca Viessmann, con una potencia modulable de 4 a 48 KW, y que trabajara en torno a los 7 KW, ya que actualmente en el mercado es difícil encontrar calderas de tamaño más pequeño ajustado a nuestra demanda.



Figura 6.15. Caldera de Biomasa Vitoligno 300-P

▪ **Sala de Caldera**

Un sistema de calefacción con biomasa tiene unas exigencias de espacio mayores que un sistema convencional. En general, es necesario disponer de espacio suficiente para la caldera, el sistema de almacenamiento de combustible, así como el acceso para el suministro de éste (salvo en los casos de calderas que incorporan el depósito de combustible).

Como norma básica, las calderas y los equipos auxiliares deberán ser perfectamente accesibles en todas sus partes de forma que puedan realizarse adecuadamente y sin peligro todas las operaciones de mantenimiento, vigilancia y conducción. Toda sala de máquinas tendrá un camino desde su interior hacia el exterior por el que se podrá pasar con el equipo más pesado y voluminoso contenido en la misma sin dificultad alguna y sin necesidad de tener que eliminar del camino elementos constructivos o puertas.

La altura mínima de la sala será de 2,50 m. Se respetará una altura libre de tuberías y obstáculos sobre la caldera de 0,5 m, aunque es recomendable mantener al menos la cota de un metro.

Se recomienda que las salas de calderas estén situadas en contacto con el ambiente exterior, de manera que la ventilación tenga lugar siempre por medios naturales (ventilación natural directa por aperturas). Además, en estos casos, se facilita la salida de los productos de la combustión hacia el exterior. No obstante, también son válidos los sistemas de ventilación natural directa por conductos y los de ventilación forzada.

▪ **Deposito de Inercia**

Este tipo de depósitos almacenan la energía producida y permiten gestionar la demanda de manera más eficiente. Con ello se ajusta la curva entre demanda y generación y se mejora el rendimiento. En los sistemas de generación por biomasa este aspecto es fundamental, ya que la operación de parada necesita de entre 15 y 20 minutos para llevarse a cabo. Durante ese tiempo se sigue generando un calor que en caso de no tener depósito de inercia sería desperdiciado.

Para el correcto funcionamiento de la caldera de biomasa es necesario adecuar el actual circuito hidráulico de la instalación. Por un lado, es importante incorporar un acumulador de inercia dimensionado de acuerdo a la instalación y a la potencia de la caldera. Si no hay espacio suficiente para el depósito de inercia, se puede instalar en la caldera pero su rendimiento no es al 100%.

En este caso el depósito de inercia se dimensiona con la siguiente fórmula:

$$20 * Pot. Nominal < V deposito < 30 * Pot. Nominal$$

En nuestro caso los consumos no serán muy constantes y por esto se asume un valor alto, por ejemplo de 28 veces, obteniendo un depósito con un volumen de 196 l.

- ✓ Seleccionaremos el depósito acumulador de 200 litros, Lapesa modelo CV200R.



Figura 6.16. Depósito Acumulador Lapesa CV200R

- **Chimenea**

La chimenea es un componente importante del sistema de calefacción de leña. Su función no es sólo la de alejar y dispersar los humos, sino también asegurar, a través de un tiro adecuado, el buen funcionamiento de la caldera. El tiro debe ser tanto mejor cuanto más calientes sean los humos que pasan por la chimenea.

Por esta razón, la chimenea debería tener un buen aislamiento térmico. Otra razón importante para aislar térmicamente la chimenea es evitar que la temperatura de los humos baje al nivel de condensación, ya que en ese caso se ensuciarían rápidamente las paredes de la misma, hasta atascarse.

Las chimeneas de acero inoxidable asiladas dan unas prestaciones óptimas. Estas chimeneas necesitan en la base un desagüe para el producto de la condensación y tienen un buen tiro incluso con bajas temperaturas de los humos. Permiten obtener los mejores resultados de los modelos de calderas de pellets tecnológicamente más avanzados, en los que la temperatura de los humos pueden bajarse hasta un poco más de los 100° C, aumentando considerablemente el rendimiento del sistema.

Sea cual sea la chimenea presente en un sistema de biomasa, es muy importante realizar una limpieza profunda por lo menos una vez al año, incluso con la ayuda de un deshollinador.

Según el RITE el área del orificio de la chimenea, en cm², se define con la siguiente fórmula:

$$\text{Area orificio} = 5 * \text{Potencia Nominal} = 5 * 7 = 35 \text{ cm}^2$$

▪ Silo de Almacenamiento

Al igual que una instalación de caldera de gasóleo, las calderas de biomasa requieren un depósito de combustible de tipo silo, que puede ser tanto prefabricado (instalaciones pequeñas), como realizado mediante obra civil, normalmente para ser enterrado.

La gran diferencia de éste tipo de silos respecto de los depósitos de gasóleo o gas, reside en las limitaciones propias de un combustible que no es fluido, y por lo tanto su ubicación estará en función de la localización de la caldera, de la zona habilitada para el llenado desde el camión suministrador, y del tipo de biomasa empleado. Por otra parte, el volumen de estos silos debe ser bastante mayor que el de los depósitos convencionales, dado el menor poder calorífico por m³ respecto al gas o el gasóleo.

El IDAE aconseja dos métodos para elegir el volumen máximo del silo:

- I. Volumen equivalente a una temporada de funcionamiento, esto implica que se recargará el silo una vez al año. Este valor se obtiene dividiendo el valor de biomasa para un año por la densidad aparente de los pellets.

$$\text{Volumen Deposito} = \frac{\text{Kg Biomasa Anual}}{\text{Densidad Aparente}} = \frac{1.251,63}{650} = 1.92 \text{ m}^3$$

- II. 1,5 veces el volumen del camión de suministro, de esta forma se recarga el silo con un camión completo antes que se termine el biocombustible.

El silo de almacenamiento se situara junto a la caldera y estará protegido de la humedad. El llenado del depósito se hará con mediante un sistema neumático que impulsa la biomasa del camión al silo, el combustible entrará por una tobera mientras por otra se extrae aire.

El silo de almacenamiento será prefabricado y con suelo inclinado en los dos lados, la inclinación será de 35°. Al final de los dos suelos inclinados, se halla una ranura donde gira un tornillo sinfín que extrae la biomasa del almacén.

- ✓ Seleccionaremos el silo de almacenamiento SP150 de la casa EnerxySolar.



Figura 6.17. Silo de almacenamiento SP150 de EnerxySolar

8. COSTES

8.1. Costes instalación grupo electrógeno diesel

Costes de inversión

Como costes de inversión tendremos en cuenta un número aproximado de 10 horas de trabajo debidas a la mano de obra y montaje de la instalación.

Ud	Descripción	€/Ud	Precio Total €
1	Grupo electrógeno de 7 KW Himoinsa	1.121,45	1.121,45
1	Deposito de 50 litros, fabricado en PVC	57,42	57,42
10 h	Proyecto, instalación y mano de obra	8	80
TOTAL			1.258,87

Costes de explotación

Como costes de explotación tendremos en cuenta el combustible anual que gasta el generador diesel y un 2% de mantenimiento de la instalación (aplicado sobre los costes de inversión).

Conociendo el consumo l/h del grupo electrógeno (2,17 litros por hora), y estableciendo un funcionamiento medio diario de 8 horas del mismo, se calculara el coste mensual de diesel para generación eléctrica (el precio de diesel lo estimaremos en 1,34 €).

Mes	Días	Consumo Diesel diario (l)	Consumo Mensual (l)	Precio (€)
ENE	31	17,36	538,16	721,13
FEB	28	17,36	486,08	651,35
MAR	31	17,36	538,16	721,13
ABR	30	17,36	520,80	697,87
MAY	31	17,36	538,16	721,13
JUN	30	17,36	520,80	697,87
JUL	31	17,36	538,16	721,13

AGO	31	17,36	538,16	721,13
SEP	30	17,36	520,80	697,87
OCT	31	17,36	538,16	721,13
NOV	30	17,36	520,80	697,87
DIC	31	17,36	538,16	721,13
TOTAL				8.490,78

Teniendo en cuenta el mantenimiento asociado de la instalación, el coste total de explotación resulta de **8.515,95 €**.

8.2. Costes instalación caldera de biomasa

Costes de inversión

Como costes de inversión tendremos en cuenta un 4% aproximado del coste de los componentes, por proyecto, instalación y mano de obra.

Ud	Descripción	€/Ud	Precio Total €
1	Caldera de Biomasa Vitoligno 300-P	7.977,18	7977,18
1	Acumulador Lapesa 200l CV200R	724	724
1	Silo de almacenamiento SP150 Enerxysolar	1515	1515
1	Radiador de 3 módulos modelo RD/600	30	30
3	Radiador de 5 módulos modelo RD/600	50	150
1	Radiador de 7 módulos modelo RD/600	70	70
1	Radiador de 15 módulos modelo RD/600	150	150
4%	Proyecto, instalación y mano de obra	424,64	424,64
TOTAL			11.040,82

Costes de explotación

Como costes de explotación tendremos en cuenta el consumo de pellets, así como un 1% de mantenimiento de la instalación (aplicado sobre los costes de inversión).

Como combustible, el precio del pellet puede verse afectado debido a las fluctuaciones del mercado, aunque no de la misma forma que los combustibles fósiles, siendo su precio siempre mucho más estable.

Según un reciente estudio elaborado por AVEBIOM (Asociación Española de Valorización de la biomasa), a fecha de octubre 2012, el precio por tonelada si compramos un pallet entero de sacos de pellets es de 223,84 euros la tonelada, por lo que se puede establecer un precio medio de suministro de 0,23 €/Kg de pellets.

Mes	Demanda Total (kWh)	Consumo Biomasa (Kg)	Precio (€)
ENE	980,70	217,76	50,08
FEB	891,55	197,96	45,53
MAR	610,62	135,58	31,18
ABR	365,78	81,22	18,68
MAY	225,60	50,09	11,52
JUN	188,10	41,77	9,61
JUL	190,05	42,20	9,71
AGO	194,37	43,16	9,93
SEP	235,06	52,19	12,00
OCT	353,48	78,49	18,05
NOV	512,44	113,78	26,17
DIC	889,09	197,42	45,41
ANUAL	5636,83	1251,63	287,87

Teniendo en cuenta el mantenimiento asociado de la instalación, el coste total de explotación resulta de **398,27 €**.

8.3. Costes instalación solar térmica con calentador auxiliar de gas butano

Costes de inversión

Como costes de inversión tendremos en cuenta un 4% aproximado del coste de los componentes, por proyecto, instalación y mano de obra.

Ud	Descripción	€/Ud	Precio Total €
2	Panel Fotovoltaico Heatsun SFK-21	540	1080
1	Vaso expansión PreasureWave PWB 12	48,4	48,4
2	Bomba WILO STAR-ST 15/9	364	728
1	Interacumulador Vitocell 100-H	1035	1035
1	Bancada de acero galvanizado Sopsfk212-I	132	132
1	Calentador CAESAR 14	675	675
1	Radiador de 3 módulos modelo RD/600	30	30
3	Radiador de 5 módulos modelo RD/600	50	150
1	Radiador de 7 módulos modelo RD/600	70	70
1	Radiador de 15 módulos modelo RD/600	150	150
4%	Proyecto, instalación y mano de obra	163,93	163,93
TOTAL			4.262,33

Costes de explotación

Como costes de explotación tendremos en cuenta el combustible anual que gasta el sistema auxiliar (butano) y un 1% de mantenimiento de la instalación (aplicado sobre los costes de inversión).

Teniendo en cuenta el factor de aporte solar mensual calculado previamente en el prediseño de la instalación solar térmica, se calculará el aporte energético que debe cubrir nuestra instalación auxiliar de butano.

El precio de la bombona de butano en mayo de 2013 es de alrededor de 17,50 €, por lo que a partir de su poder calorífico se puede estimar el precio alrededor de 0,081 €/KWh.

Mes	Demanda Total (kWh)	Aporte Butano (%)	Demanda butano (kWh)	Precio Combustible (€)
ENE	980,70	67,57	666,88	54,02
FEB	891,55	64,97	579,51	46,94
MAR	610,62	47,50	293,10	23,74
ABR	365,78	31,03	113,39	9,18
MAY	225,60	11,27	24,82	2,01
JUN	188,10	7,88	15,05	1,22
JUL	190,05	5,71	11,40	0,92
AGO	194,37	2,57	5,83	0,47
SEP	235,06	9,84	23,51	1,90
OCT	353,48	28,36	98,97	8,02
NOV	512,44	49,78	256,22	20,75
DIC	889,09	67,89	604,58	48,97
TOTAL		47,61	2705,68	219,16

Teniendo en cuenta el mantenimiento asociado de la instalación, el coste total de explotación resulta de **261,78 €**.

8.4. Costes instalación solar térmica con caldera auxiliar de biomasa

Costes de inversión

Como costes de inversión tendremos en cuenta un 4% aproximado del coste de los componentes, por proyecto, instalación y mano de obra.

Ud	Descripción	€/Ud	Precio Total €
2	Panel Fotovoltaico Heatsun SFK-21	540	1080
1	Vaso expansión PreasureWave PWB 12	48,4	48,4
2	Bomba WILO STAR-ST 15/9	364	728
1	Interacumulador Vitocell 100-H	1035	1035
1	Bancada de acero galvanizado Sopsfk212-I	132	132
1	Caldera Biomasa Vitoligno 300-P	7.977,18	7977,18
1	Acumulador Lapesa 200I CV200R	724	724
1	Silo de almacenamiento SP150 Enerxysolar	1515	1515
1	Radiador de 3 módulos modelo RD/600	30	30
3	Radiador de 5 módulos modelo RD/600	50	150
1	Radiador de 7 módulos modelo RD/600	70	70
1	Radiador de 15 módulos modelo RD/600	150	150
4%	Proyecto, instalación y mano de obra	545,58	545,58
TOTAL			14.185,16

Costes de explotación

Como costes de explotación tendremos en cuenta el combustible anual que gasta el sistema auxiliar (pellets) y un 1% de mantenimiento de la instalación (aplicado sobre los costes de inversión).

Como se ha calculado previamente, el consumo anual de biomasa, será de 1.251,63 Kg, por lo que considerando que el factor de aporte solar anual es del 52,39 %, el aporte con biomasa supondrá un 47,61 % de la demanda térmica anual, necesitando 595,90 Kg de pellets, traduciéndose en un coste total de 137.05 € (estimamos el coste medio del kg de pellets en 0,23€).

Teniendo en cuenta el mantenimiento asociado de la instalación, el coste total de explotación resulta de **278,90 €**.

8.5. Costes instalación solar fotovoltaica

Costes de inversión

Como costes de inversión tendremos en cuenta un 4% aproximado del coste de los componentes, por proyecto, instalación y mano de obra.

Ud	Descripción	€/Ud	Precio Total €
7	Panel Fotovoltaico SANYO HIT-H250	408	2856
1	Regulador Blue Solar MPPT 150/70	802	802
2	Baterías 12 OPZS-1200	697	1394
1	Inversor Phoenix Inverter 24/3000	1539	1539
3	Bancada de acero galvanizado	135	405
4%	Proyecto, instalación y mano de obra	335,60	335,60
TOTAL			7.331,60

Coste de explotación

Se considera un coste de mantenimiento de la instalación en torno al 1%, por lo que el coste de explotación de la instalación, asciende a **73,31 €**.

9. VIABILIDAD ECONOMICA

9.1. ALTERNATIVA 1: Instalación solar fotovoltaica y caldera de biomasa

Estudio de viabilidad

El coste de inversión inicial, se calculara como la diferencia entre el coste de la instalación convencional del generador diesel, y el coste de la instalación renovable, consistente en una caldera de biomasa junto a una instalación solar fotovoltaica, resultando dicha inversión de 17.113,55 €.

En cuanto a los costes de explotación, la instalación renovable supondrá unos costes de explotación inferiores a los costes de explotación producidos al generar la energía de una manera convencional, por lo que se puede realizar una estimación del ahorro económico anual conseguido gracias a la nueva instalación, resultando de 8.044,37 € anuales.

El IPC estimado como media de 25 años valido para costes de funcionamiento, se fijara en 1,50 %.

Año	Inversión	Ahorro	Cash Flow	Cash Flow actualizado	Cash Flow acumulado
0	17.114				
1		8.044,37	8.044,37	7.661,30	7.661,30
2		8.165,04	8.165,04	7.405,93	15.067,23
3		8.287,51	8.287,51	7.159,06	22.226,30
4		8.411,82	8.411,82	6.920,43	29.146,72
5		8.538,00	8.538,00	6.689,75	35.836,47
6		8.666,07	8.666,07	6.466,76	42.303,23
7		8.796,06	8.796,06	6.251,20	48.554,42
8		8.928,00	8.928,00	6.042,82	54.597,25
9		9.061,92	9.061,92	5.841,40	60.438,65
10		9.197,85	9.197,85	5.646,68	66.085,33
11		9.335,82	9.335,82	5.458,46	71.543,79
12		9.475,86	9.475,86	5.276,51	76.820,30
13		9.617,99	9.617,99	5.100,63	81.920,93
14		9.762,26	9.762,26	4.930,61	86.851,54
15		9.908,70	9.908,70	4.766,25	91.617,79
16		10.057,33	10.057,33	4.607,38	96.225,17
17		10.208,19	10.208,19	4.453,80	100.678,97
18		10.361,31	10.361,31	4.305,34	104.984,31
19		10.516,73	10.516,73	4.161,83	109.146,13

20	10.674,48	10.674,48	4.023,10	113.169,23
21	10.834,60	10.834,60	3.889,00	117.058,23
22	10.997,12	10.997,12	3.759,36	120.817,60
23	11.162,08	11.162,08	3.634,05	124.451,65
24	11.329,51	11.329,51	3.512,92	127.964,56
25	11.499,45	11.499,45	3.395,82	131.360,38

El payback o "plazo de recuperación" es un criterio estático de valoración de inversiones que permite seleccionar un determinado proyecto en base a cuánto tiempo se tardará en recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja. Resulta muy útil cuando se quiere realizar una inversión de elevada incertidumbre y de esta forma tenemos una idea del tiempo que tendrá que pasar para recuperar el dinero que se ha invertido.

La forma de calcularlo es mediante la suma acumulada de los flujos de caja, hasta que ésta iguale a la inversión inicial.

Como podemos comprobar, en el tercer año de funcionamiento de la instalación, se logra producir un ahorro suficiente capaz de cubrir la inversión inicial de la instalación.

9.2. ALTERNATIVA 2: Instalación solar fotovoltaica e Instalación solar térmica (con apoyo de calentador de butano)

Estudio de viabilidad

El coste de inversión inicial, se calculara como la diferencia entre el coste de la instalación convencional del generador diesel, y el coste de la instalación renovable, consistente en una instalación solar fotovoltaica y una instalación solar térmica con apoyo de gas butano, resultando dicha inversión de 10.335,06 €.

En cuanto a los costes de explotación, la instalación renovable supondrá unos costes de explotación inferiores a los costes de explotación producidos al generar la energía de una manera convencional, por lo que se puede realizar una estimación del ahorro económico anual conseguido gracias a la nueva instalación, resultando de 8.180,86 € anuales.

El IPC estimado como media de 25 años valido para costes de funcionamiento, se fijara en 1,50 %.

Año	Inversión	Ahorro	Cash Flow	Cash Flow actualizado	Cash Flow acumulado
0	10.335				
1		8.180,86	8.180,86	7.791,30	7.791,30
2		8.303,57	8.303,57	7.531,59	15.322,88
3		8.428,13	8.428,13	7.280,53	22.603,41
4		8.554,55	8.554,55	7.037,85	29.641,26
5		8.682,87	8.682,87	6.803,25	36.444,51
6		8.813,11	8.813,11	6.576,48	43.020,99
7		8.945,31	8.945,31	6.357,26	49.378,25
8		9.079,49	9.079,49	6.145,35	55.523,61
9		9.215,68	9.215,68	5.940,51	61.464,12
10		9.353,91	9.353,91	5.742,49	67.206,61
11		9.494,22	9.494,22	5.551,07	72.757,68
12		9.636,64	9.636,64	5.366,04	78.123,72
13		9.781,18	9.781,18	5.187,17	83.310,89
14		9.927,90	9.927,90	5.014,27	88.325,16
15		10.076,82	10.076,82	4.847,12	93.172,28
16		10.227,97	10.227,97	4.685,55	97.857,83
17		10.381,39	10.381,39	4.529,37	102.387,20
18		10.537,11	10.537,11	4.378,39	106.765,59
19		10.695,17	10.695,17	4.232,44	110.998,03
20		10.855,60	10.855,60	4.091,36	115.089,39

21	11.018,43	11.018,43	3.954,98	119.044,38
22	11.183,71	11.183,71	3.823,15	122.867,52
23	11.351,46	11.351,46	3.695,71	126.563,24
24	11.521,74	11.521,74	3.572,52	130.135,76
25	11.694,56	11.694,56	3.453,44	133.589,19

Como podemos comprobar, en el segundo año de funcionamiento de la instalación, se logra producir un ahorro suficiente capaz de cubrir la inversión inicial de la instalación.

9.3. ALTERNATIVA 3: Instalación solar fotovoltaica e Instalación solar térmica (con apoyo de caldera de biomasa)

Estudio de viabilidad

El coste de inversión inicial, se calculara como la diferencia entre el coste de la instalación convencional del generador diesel, y el coste de la instalación renovable, consistente en una instalación solar fotovoltaica y una instalación solar térmica con apoyo de una caldera de biomasa, resultando dicha inversión de 20.257,89 €.

En cuanto a los costes de explotación, la instalación renovable supondrá unos costes de explotación inferiores a los costes de explotación producidos al generar la energía de una manera convencional, por lo que se puede realizar una estimación del ahorro económico anual conseguido gracias a la nueva instalación, resultando de 8.163,74 € anuales.

El IPC estimado como media de 25 años valido para costes de funcionamiento, se fijara en 1,50 %.

Año	Inversión	Ahorro	Cash Flow	Cash Flow actualizado	Cash Flow acumulado
0	20.258				
1		8.163,74	8.163,74	7.774,99	7.774,99
2		8.286,20	8.286,20	7.515,82	15.290,81
3		8.410,49	8.410,49	7.265,30	22.556,11
4		8.536,65	8.536,65	7.023,12	29.579,23
5		8.664,70	8.664,70	6.789,02	36.368,25
6		8.794,67	8.794,67	6.562,72	42.930,96
7		8.926,59	8.926,59	6.343,96	49.274,92
8		9.060,49	9.060,49	6.132,49	55.407,41
9		9.196,39	9.196,39	5.928,08	61.335,49
10		9.334,34	9.334,34	5.730,47	67.065,97
11		9.474,35	9.474,35	5.539,46	72.605,42
12		9.616,47	9.616,47	5.354,81	77.960,23
13		9.760,72	9.760,72	5.176,32	83.136,55
14		9.907,13	9.907,13	5.003,77	88.140,32
15		10.055,73	10.055,73	4.836,98	92.977,30
16		10.206,57	10.206,57	4.675,75	97.653,05
17		10.359,67	10.359,67	4.519,89	102.172,94
18		10.515,06	10.515,06	4.369,23	106.542,16

19	10.672,79	10.672,79	4.223,59	110.765,75
20	10.832,88	10.832,88	4.082,80	114.848,55
21	10.995,37	10.995,37	3.946,71	118.795,25
22	11.160,30	11.160,30	3.815,15	122.610,40
23	11.327,71	11.327,71	3.687,98	126.298,38
24	11.497,62	11.497,62	3.565,04	129.863,42
25	11.670,09	11.670,09	3.446,21	133.309,63

Como podemos comprobar, en el tercer año de funcionamiento de la instalación, se logra producir un ahorro suficiente capaz de cubrir la inversión inicial de la instalación.

10. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En la siguiente tabla comparativa, se muestran las distintas instalaciones renovables que pueden ser empleadas en nuestra vivienda, para la generación de energía, junto a sus costes de inversión, y costes de explotación anuales.

Instalación	Coste Inver. (€)	Coste Explot. (€)
Instalación solar fotovoltaica	7.331,60	73,31
Instalación caldera de biomasa	11.040,82	398,27
Instalación solar térmica con calentador auxiliar de gas butano	4.262,33	261,78
Instalación solar térmica con caldera auxiliar de biomasa	14.185,16	278,90
Instalación generador diesel	1.258,87	8.519,95

Podemos observar como el coste de inversión de las instalaciones que cuentan con biomasa como combustible renovable, suele acarrear un desembolso inicial bastante superior al empleado en otro tipo de instalaciones, debiéndose esto principalmente al elevado coste que hoy en día supone una caldera de biomasa.

Esta inversión inicial puede verse reducida en hasta un 30% si se opta por una instalación solar térmica.

No solo los costes de inversión son más reducidos en las instalaciones solares térmicas, sino que también los costes de explotación anuales debido al uso de combustibles de respaldo y los costes acarreados por el mantenimiento, suelen ser inferiores a los utilizados en otro tipo de instalaciones.

En cuanto a las instalaciones fotovoltaicas, podemos comprobar cómo el coste anual debido al mantenimiento puede llegar a ser prácticamente despreciable en comparación con el

coste que supondría el suministro energético con gasóleo si optáramos por la utilización de un grupo electrógeno.

Las distintas combinaciones de estas instalaciones, nos proporcionarían las 3 alternativas a estudiar en este proyecto:

Alternativa 1: Instalación solar fotovoltaica junto a una caldera de biomasa

Alternativa 2: Instalación solar fotovoltaica junto a una instalación solar térmica (con apoyo de un calentador de butano)

Alternativa 3: Instalación solar fotovoltaica junto a una instalación solar térmica (con apoyo de una caldera de biomasa)

Alternativa 4: Instalación generador diesel.

Las cuales han quedado ya definidas en apartados anteriores, y que a continuación pasamos a comentar:

Alternativas	Coste Inver. (€)	Coste Explo. (€)	Payback (Años)	Ahorro acumulado (€)
Alternativa 1	18.372,42	471,58	3	131.360,38
Alternativa 2	11.593,93	335,09	2	133.589,19
Alternativa 3	21.516,76	352,21	3	133.309,63
Alternativa 4	1.258,87	8.519,95		

La alternativa con el menor tiempo de recuperación de la inversión, es la alternativa 2, por lo que se optará por una instalación solar fotovoltaica junto a una instalación solar térmica (con apoyo de un calentador de butano) para el suministro energético de la vivienda.

La justificación para optar por dicha opción energética, quedará detallada a continuación:

1. El periodo de retorno de la inversión será de tan solo 2 años, en comparación con el resto de opciones, las cuales requieren un plazo ligeramente superior.

2. El coste de inversión de las instalaciones es el más bajo dentro de las distintas opciones que se barajan.
3. El coste de explotación anual de la instalación, si bien no es nulo, es el más bajo dentro de las opciones que se disponen
4. Si bien el ahorro acumulado a lo largo de la vida útil de la instalación, no varía significativamente de una opción a otra, alcanzaremos el máximo beneficio optando por la alternativa 2.

Si bien al tratarse de una vivienda aislada, no es posible la vía de suministro energético mediante conexión a red, se puede hacer una estimación de los costes anuales debidos al consumo de electricidad mediante la vía tradicional, para suplir la demanda eléctrica y térmica.

El precio de un Kwh depende de la tarifa que tengamos contratada, pero se tomara como precio el de la tarifa regulada por el gobierno (TUR), siendo este de unos 0,15 € antes de impuestos, por lo que considerando los impuestos debidos a la moratoria nuclear y las subvenciones al carbón, así como los términos fijos de potencia contratada y alquileres de equipo, podemos estimar aproximadamente en 0,18 € el coste del Kwh eléctrico.

Mes	Días	Demanda Total (Kwh)	Precio (€)
ENE	31	1131,05	203,589
FEB	28	1027,35	184,923
MAR	31	760,97	136,9746
ABR	30	511,28	92,0304
MAY	31	340,7	61,326
JUN	30	299,49	53,9082
JUL	31	305,15	54,927
AGO	31	309,47	55,7046
SEP	30	346,45	62,361
OCT	31	503,83	90,6894
NOV	30	657,94	118,4292
DIC	31	1039,44	187,0992
ANUAL		7.233,12	1.301,9616

Este coste eléctrico asciende a más de 1300 € anuales.

Conclusión

Podemos concluir que no siempre una instalación renovable tiene que resultar más costosa que optar por una vía de suministro tradicional, cada proyecto será diferente y necesitará ser analizado para elegir la mejor opción energética. No hay una instalación ideal universal, porque depende de las condiciones del entorno y del acceso a las fuentes de energía, siendo lo habitual combinar diferentes tecnologías

En nuestro caso, se optará por el uso de instalaciones solares, tanto térmicas como fotovoltaicas, para satisfacer la demanda energética de la vivienda, siendo el coste de inversión y coste de explotación de ambas instalaciones, el que se detalla a continuación:

Instalación	Coste Inver. (€)	Coste Explo. (€)	Payback (Años)
Instalación generador diesel	1.258,87	8.519,95	
Alternativa 2	11.593,93	524,35	2

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Normativa

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Documentos Básicos de Ahorro de energía DB HE del CTE
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT).
- RD 1027/2007 de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas.
- RD 865/2003, de 4 de julio. Criterios higiénico-sanitarios para la prevención de la legionelosis.

Libros y Guías Técnicas

- “Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética“. FENERCOM. 2012
- “Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria“. IDAE. 2010.
- “Guía Técnica: Instalaciones de Biomasa Térmica en Edificios“. IDAE. 2009.
- “Guía de Integración Solar Fotovoltaica“. FENERCOM. 2009.
- “Guía sobre tecnología mini eólica“. FENERCOM. 2009.
- “Guía de energía solar Térmica“. CIEMAT.
- Plan de Acción de las Energías Renovables en España (PANER) 2011-2020
- Apuntes de la asignatura *ENERGIA DE LA BIOMASA Y BIOCOMBUSTIBLES*. Francisco Vera. Máster EERR cursado en la UPCT.
- Apuntes de la asignatura *PROYECTOS DE INGENIERIA EN ENERGIAS RENOVABLES*. Ana María Nieto Morote. Máster EERR cursado en la UPCT.
- Apuntes de la asignatura *ENERGIA SOLAR TERMICA*. José ramón García Cáscales. Máster EERR cursado en la UPCT.

Páginas Web

- Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). www.cener.com
- Comisión Nacional de Energía (CNE). www.cne.es
- Ministerio de Medio Ambiente. www.mma.es
- Portal de las Energías Renovables. www.energiasrenovables.ciemat.es
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de energía (IDEA). www.idae.es
- Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia. www.argem.es
- www.lacasasostenible.com
- www.tutiendasolar.es
- www.idae.es
- www.technosun.com
- www.viessmann.es
- www.censolar.es
- www.sol-arq.com

Programas Informáticos

- Dpclima
- Google Maps

ANEXO I: CATALOGOS