



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería de la Energía

**ESTUDIO DE LA IMPLANTACIÓN DEL MODELO DE EDIFICIO
DE EMISIONES CERO**



Memoria y Anexos

Autor: Alex Velasco Sánchez
Director: Pablo Buenestado Caballero
Convocatoria: Abril 2019

Resum

El present document tracta sobre els edificis d'emissions zero, generalment coneguts com edificis de consum de energia nul (NZEB).

D'una banda, trobem un anàlisi teòric sobre els edificis d'emissions zero. Es realitza un anàlisi a fons de tots els termes que afecten a aquest, destacant l'estudi sobre com aconseguir el balanç zero. El balanç zero és l'objectiu del edificis d'emissions zero i consisteix en equilibrar la producció i demanda energètica d'un edifici per aconseguir reduir les emissions de CO₂ generades en la producció energètica actual.

A continuació, es realitza el estudi de rehabilitació d'un edifici per intentar aconseguir que tingui un balanç de zero emissions. Per fer aquest estudi s'ha agafat com a punt de partida una mostra representativa d'un habitatge de l'edifici a estudiar. Mitjançant aquesta mostra s'aconsegueix fer un anàlisi dels consums i emissions actuals de l'edifici. Per tal d'assolir l'objectiu, s'analitzen les tecnologies i els recursos per poder produir energia, tant elèctrica com tèrmica, de fonts renovables i de zero emissions.

Finalment es dimensiona una instal·lació de producció d'energia solar fotovoltaica de 16,5kW i la instal·lació d'una caldera de biomassa de 400kW. Aquestes dues instal·lacions no aconsegueixen assolir l'objectiu inicial degut a una falta de producció de 1.939kWh elèctrics equivalents a 0,62 tones d'emissions de CO₂.

Resumen

El presente documento trata sobre los edificios de emisiones cero, generalmente conocidos como edificios de consumo de energía nulo (NZEB).

Este, primero de todo está formado por un estudio teórico sobre lo que significa un edificio de emisiones cero. Se realiza un análisis desde el origen de este término y sobre cómo conseguir el balance cero, principal objetivo de los edificios de emisiones cero que consiste al equilibrar la producción y demanda energética de un edificio para conseguir reducir las emisiones de CO₂ generadas en la producción energética actual.

A continuación, se realiza un estudio de rehabilitación de un edificio para intentar conseguir que produzca cero emisiones. Para hacer este estudio se ha cogido como punto de partida una muestra representativa de una vivienda del edificio a estudiar. Mediante esta muestra se consigue hacer un análisis de los consumos y emisiones actuales del edificio. Para lograr el objetivo, se analizan las tecnologías y los recursos para poder producir energía, tanto eléctrica como térmica, de fuentes renovables y de cero emisiones.

Finalmente se dimensiona una instalación de producción de energía solar fotovoltaica de 16,5kW y la instalación de una caldera de biomasa de 400kW. Estas dos instalaciones no consiguen lograr el objetivo inicial debido a una falta de producción de 1.939kWh eléctricos equivalentes a 0,62 toneladas de emisiones de CO₂.

Abstract

This document deals with zero emission buildings, generally known as net zero energy buildings (NZEB).

This, first of all, is formed by a theoretical study about what a zero emission building means. An analysis is carried out from the origin of this term and how to achieve the zero balance, the main objective of the buildings of zero emissions that consists in balancing the production and energy demand of a building to achieve reduce the CO₂ emissions generated in the energy production current.

Next, a renovation study of a building is carried out to try to get it to produce zero emissions. To make this study, a representative sample of a dwelling of the building to be studied has been taken as a starting point. Through this sample, an analysis of the current consumption and emissions of the building is achieved. To achieve the objective, the technologies and resources are analyzed in order to produce energy, both electric and thermal, from renewable sources and zero emissions.

Finally, a 16.5kW photovoltaic solar energy production facility and the installation of a 400kW biomass boiler are sized. These two facilities fail to achieve the initial objective due to a lack of production of 1,939kWh electrical equivalent to 0.62 tons of CO₂ emissions.



Agradecimientos

Primero de todo debo de irme a los orígenes para poder agradecer a mis padres, Javi y Laura, la educación que me han dado durante mi infancia, por su apoyo incondicional durante toda mi etapa formativa y por explicarme e introducirme en el mundo de la ingeniería desde el momento que me llamo la atención. Sin ellos quizás no hubiese llegado jamás a escribir estas páginas.

En segundo lugar, gracias a toda persona con la que he compartido proyectos y conocimientos durante la etapa universitaria. Especialmente a mis amigos Carles de la Iglesia, Joaquim Peña, Daniel Romartinez y Joel Moreno a los he tenido la suerte de conocer desde la infancia y con quienes he podido compartir asignaturas, horas de estudio y grandes momentos durante esta etapa de mi vida.

En la vida a veces se da una consecuencia de situaciones y coincidencias que hace que te encuentres, sin saber cómo, delante de la persona adecuada. Gracias a Eva Bartis por hacerme la vida un poco más fácil, por su confianza en mí, por sus conocimientos, consejos y por gastar su tiempo desinteresadamente para dar apoyo de forma activa en este proyecto. Una pequeña parte de mi éxito se deberá a ella.

Por último, dar las gracias a Pablo Buenestado por aceptar coger este proyecto en un momento en el que nadie me apoyaba, ni escogía, para poder realizar un trabajo como este.



Glosario

UE	Unión Europea
BPIE	Instituto de Rendimiento de Edificios de Europa
ICAEN	Institut Català de l'Energia
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
EPBD	Directiva de eficiencia energética en edificios
RD	Real Decreto
nZEB	Edificio de consumo de energía casi nulo
NZEB	Edificio de consumo de energía nulo
CTE	Código Técnico de la Edificación
DBHE	Documento básico de ahorro de energía
REE	Red eléctrica española
kWhe	Kilovatio hora eléctrico
kWht	Kilovatio hora térmico
kWp	Kilovatio pico

Índice

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRADECIMIENTOS	V
GLOSARIO	VII
1. PREFACIO	1
1.1. Origen del trabajo	1
1.2. Motivación	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. Objetivos del trabajo.....	3
2.2. Alcance del trabajo	3
3. EDIFICIO DE EMISIÓN CERO	5
3.1. Evolución hacia la emisión cero en el contexto europeo	5
3.2. Descripción del balance cero	8
3.3. Requisitos mínimos para un edificio de consumo de energía nulo	10
3.3.1. Requisitos en eficiencia energética.....	10
3.3.2. Requisitos obligatorios sobre el suministro de energía.....	15
3.4. Camino hacia la emisión cero	15
4. CASO PRÁCTICO: REMODELACIÓN DE UN EDIFICIO PARA LLEGAR A SER DE CONSUMO DE ENERGÍA NULO	18
4.1. Introducción al proyecto.....	18
4.1.1. Ubicación del proyecto.....	18
4.1.2. Escala del proyecto.....	18
4.2. Consumo energético del edificio	19
4.2.1. Consumo eléctrico.....	19
4.2.2. Consumo térmico	23
4.3. Recursos energéticos	24
4.3.1. Recurso solar	24
4.3.2. Recurso eólico	28
4.4. Medidas de eficiencia energética aplicables en el edificio	31

4.4.1.	Medidas pasivas.....	32
4.4.2.	Medidas activas.....	32
4.5.	Producción energética mediante las tecnologías disponibles.....	35
4.5.1.	Energía solar fotovoltaica	36
4.5.2.	Energía solar térmica	40
4.5.3.	Energía minieólica	44
4.5.4.	Microgeneración	48
4.5.5.	Energía térmica a partir de biomasa	50
4.5.6.	Valoración y selección de las tecnologías.....	52
4.6.	Diseño del NZEB.....	52
4.6.1.	Dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica	52
4.6.2.	Dimensionamiento de la instalación de biomasa	69
4.6.3.	Presupuesto	73
4.7.	Conclusiones del estudio	76
4.7.1.	Análisis económico del proyecto	77
5.	ANÁLISIS DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DEL PROYECTO	79
	CONCLUSIONES	81
	PRESUPUESTO	83
	BIBLIOGRAFIA	85
	ANEXO A: FACTURAS	89
A1.	Facturas eléctricas	89
A2.	Facturas gas	92
	ANEXO B: DATASHEETS	94

1. Prefacio

1.1. Origen del trabajo

Originalmente la idea de este proyecto era realizarlo dentro de SEAT, lugar dónde me encontraba realizando las prácticas de empresa en esos instantes. Entonces inicié una búsqueda de posibles proyectos dentro del catálogo de la universidad que se pudieran realizar, igual que intentaba contactar con la gente de mantenimiento de SEAT para que aceptasen la propuesta. Finalmente, no hubo éxito y no pude realizar un proyecto de ámbito industrial como deseaba.

A los pocos días, el periodista Jalis de la Serna y la cadena Antena 3 emitieron un programa que hablaba sobre los edificios de emisión cero en Suecia (greenhouse). Esto me hizo recordar que en catálogo había varias propuestas relacionadas con este tema. De nuevo no hubo éxito y volví a fracasar en el intento de conseguir el proyecto deseado.

Fue gracias a mi amigo Joel Moreno que me motivó a que le propusiera lo que tenía pensado a Pablo Buenestado, al cual le pareció interesante el proyecto y me dio viabilidad y libertad para llevarlo a cabo.

1.2. Motivación

La motivación de este proyecto se ha basado en seguir un objetivo personal: definir lo que quiero que sea mi futuro laboral. Desde adolescente he querido realizar un proyecto como este donde poner a prueba mis aptitudes y actitudes.

Tengo la oportunidad de formarme y de realizar un proyecto en un aspecto que va a marcar el futuro de la sociedad, y quiero formar parte de ese futuro.

2. Introducción

2.1. Objetivos del trabajo

En el presente proyecto se quiere estudiar si se puede remodelar el edificio donde resido para conseguir que este sea un edificio de emisiones cero.

Para ello se realizará un estudio teórico-práctico que permita encontrar la opción óptima de las medidas de eficiencia energética y las tecnologías de producción de energía renovable que permitan cumplir el objetivo de emitir cero emisiones. Por este motivo, se estudiará como minimizar la demanda energética mediante características bioclimáticas y coeficientes del edificio y, al mismo tiempo, se maximizará la producción energética con fuentes renovables.

2.2. Alcance del trabajo

En el trabajo se construirá un sujeto, que representará el edificio, emisor de CO₂ a causa del consumo energético proveniente de combustibles fósiles, mediante una muestra representativa de una vivienda que forma parte de este. El edificio será estudiado según sus características actuales para comprobar si estas permiten conseguir el objetivo del proyecto.

En el dimensionamiento de las instalaciones del proyecto no se tendrá en cuenta el consumo de las zonas comunes, únicamente las veintiuna viviendas que lo componen. Igualmente, no se realizará ningún estudio sobre la viabilidad legislativa de este ya que se prioriza la consecución del objetivo y se entiende que la legislación evolucionará en un futuro de forma favorable hacia el proyecto diseñado.

Este trabajo no consiste en la modificación de la estructura eléctrica ni térmica actual del edificio. Únicamente se dimensionará la instalación proyectada de forma que se pueda entender todo lo que esta requiere para poder conseguir el objetivo.

3. Edificio de emisión cero

Un edificio de emisión cero es aquel en el que el balance de emisiones de CO₂ es nulo durante su funcionamiento, es decir, que las emisiones de consumo son las mismas que las emisiones de producción.

3.1. Evolución hacia la emisión cero en el contexto europeo

Actualmente, los edificios se han establecido como la base de la actividad social y económica de Europa convirtiéndose en los lugares donde la población europea emplea la mayor parte de su tiempo de vida. Esto los convierte en el principal foco de consumo energético de la Unión Europea.

Se estima que los edificios representan el 40% del consumo energético total en Europa, siendo, por delante del transporte, el principal consumidor del continente. [1]

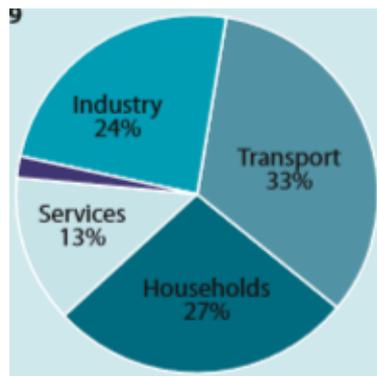


Figura 3.1 Gráfico de consumo energético por sectores en la UE (Fuente: BPIE)

El sector de la edificación se desglosa en dos principales grupos: los edificios residenciales y los no residenciales. Los primeros representan el principal volumen dentro del sector; dentro del cual existen dos subgrupos que determinan las condiciones del edificio en cuestión. [1]

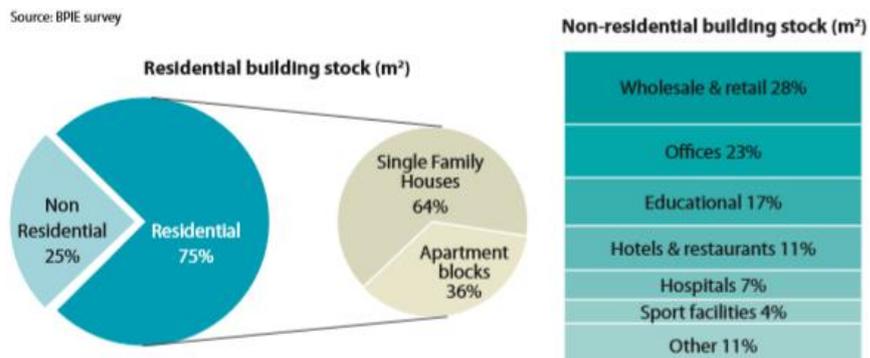


Figura 3.2 Desglose del consumo en edificios según su modalidad en la UE (Fuente: BPIE)

Entonces, si el sector de la edificación es el principal consumidor de la unión europea, este, tiene una gran importancia en la contaminación producida por la generación de energía y actualmente esta es generada mediante la quema de combustibles fósiles que generan gases contaminantes. [1]

La Unión Europea empezó a buscar solución a este problema en la directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo [2]. Esta directiva se centraba en la eficiencia energética de los edificios y viene promovida por el protocolo de Kyoto.

La EPBD (Energy Performance Building Directive) 2002/91/CE, en el punto 10, introduce el método de cálculo de la eficiencia energética integrada en edificios teniendo en cuenta la región, el diseño del edificio, calefacción y aire acondicionado, entre otros aspectos. También, en el punto 9 y 12, se habla de unas medidas mínimas, para los edificios de nueva edificación, que deben de estar tomadas según las condiciones climáticas del lugar, las cuales no deben de afectar a aspectos importantes del edificio como es la accesibilidad a este. Otros puntos destacables de la directiva son los que indican la creación de certificados energéticos en edificios al igual que las inspecciones reguladas de calefacciones y aires acondicionados. [2][3]

Posteriormente, en el 2007, dentro del marco de la Estrategia Europea 2020 se determinó como uno de los principales objetivos el aumento de la eficiencia energética por tal de reducir un 20% el consumo energético de la UE respecto a las proyecciones esperadas para esta fecha. Así que, la eficiencia energética en edificios empezó a adquirir gran importancia dentro de las normativas energéticas de la Unión Europea y sus países miembros. Tanto es así que, el 19 de mayo de 2010, se publica la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo; relativa a la eficiencia energética de los edificios y refunda la Directiva 2002/91/CE. [4]

Esta EPBD entra más en detalle sobre los requisitos mínimos de eficiencia energética en edificios y hace referencia a el consumo energético de la calefacción, el calentamiento de agua, la refrigeración, la ventilación y la iluminación; centrándose en los edificios nuevos y existentes, tanto residenciales como no residenciales. [2][4]

El artículo 2 de dicha Directiva define terminología relacionada sobre la eficiencia energética en edificios. Y es en este punto dónde se hace referencia por primera vez a los edificios de emisión reducida. Más exactamente, el artículo define los “edificios de consumo de energía casi nulo” como *edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno*. El anexo mencionado se encarga de determinar el “marco general común del cálculo de la eficiencia energética de los edificios”. [5]

Es el artículo 9 el que determina la normativa respecto a los edificios de consumo de energía casi nulo. Esta, marca los plazos para que estos edificios sean introducidos en la sociedad y como se deben de realizar los planes nacionales para cumplirlos. [5]

Recientemente, con el fin de seguir evolucionando, el Parlamento Europeo y el Consejo han publicado la Directiva 2018/844/UE, la cual modifica la 2010/31/UE, comentada anteriormente, y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética en la UE. [2]

La EPBD viene impulsada en parte por el compromiso adquirido por los países miembros a establecer un sistema energético sostenible y descarbonizado en 2050 lo que conlleva un cambio de estrategia sobre la eficiencia energética en los edificios. También tiene como objetivos fomentar los edificios inteligentes, creando un indicador de inteligencia para estos, y la electromovilidad de forma equilibrada y rentable. [6]

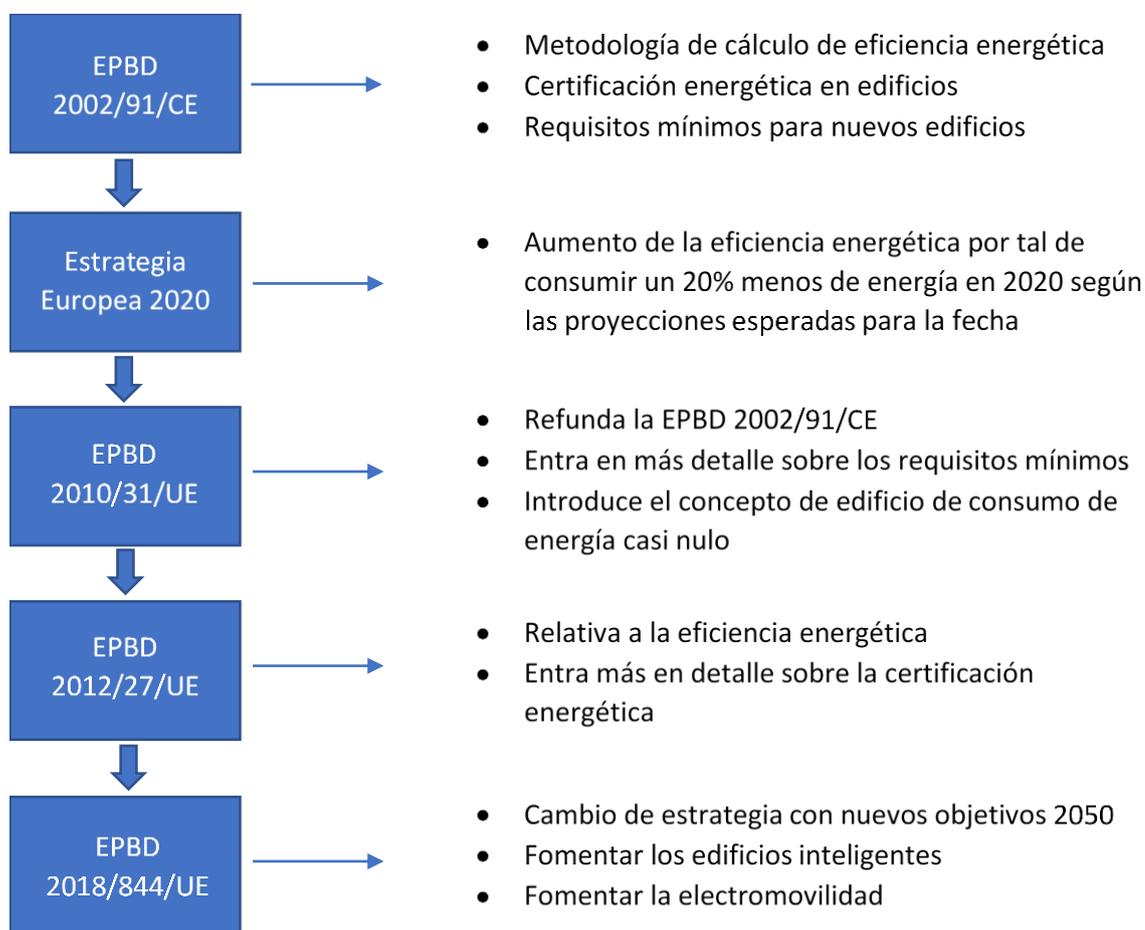


Figura 3.3 Resumen de la normativa europea referente a la eficiencia energética en edificios. (Fuente: Elaboración propia)

Debido a las normativas impuestas por la Unión Europea, el término de los edificios de energía cero (ZEB) ha crecido con importancia en la sociedad. A pesar de que globalmente no se ha estandarizado todavía la nomenclatura, en Europa si que encontramos una definición respecto a los edificios de consumo de energía casi nulo (nZEB)^[5], en cambio no pasa lo mismo con los edificios de consumo de energía nulo (NZEB). Estas modalidades de edificios también pueden ser llamadas de emisiones cero o casi cero, al igual que de balance cero o casi cero basándose en las figuras de generador y consumidor del actual modelo energético basado en la combustión de combustibles fósiles que conlleva emisiones de carbono. Por lo tanto, la introducción de los ZEB conlleva una transición energética y una descarbonización de los edificios tal y como establece la normativa europea. [7][6]

3.2. Descripción del balance cero

Para poder definir los ZEB, primero, se debe de entender como están compuestos y en que consiste la teoría del balance cero. Tal y como se puede observar en la Figura 3.4, se da el balance cero cuando el suministro y la demanda a la red de energía son iguales y por lo tanto la resta de este balance es cero. Por este motivo, se identifican dos grandes bloques: el edificio y la red de energía.[7]

Se denomina bloque al sujeto consumidor y generador ya que, para poder suministrar energía a la red, esta se debe de generar en el mismo edificio. Así que, como el objetivo es la emisión cero de carbono, la energía generada debe de ser de origen renovable. Esta energía producida será consumida según la demanda instantánea del edificio, y la restante se suministrará a la red. Entonces, se entiende que este bloque está compuesto por: el conjunto de cargas eléctricas y térmicas, y por el sistema de generación de energía con cualquier sistema no convencional, por ejemplo, un sistema fotovoltaico.

El objetivo de la red es suministrar la energía necesaria al edificio cuando este no pueda suplir su demanda mediante su propia generación. Este bloque está compuesto por: la red eléctrica, la red de transporte de gas u otros sistemas como puede ser el transporte de agua sobrecalentada o el de biomasa.

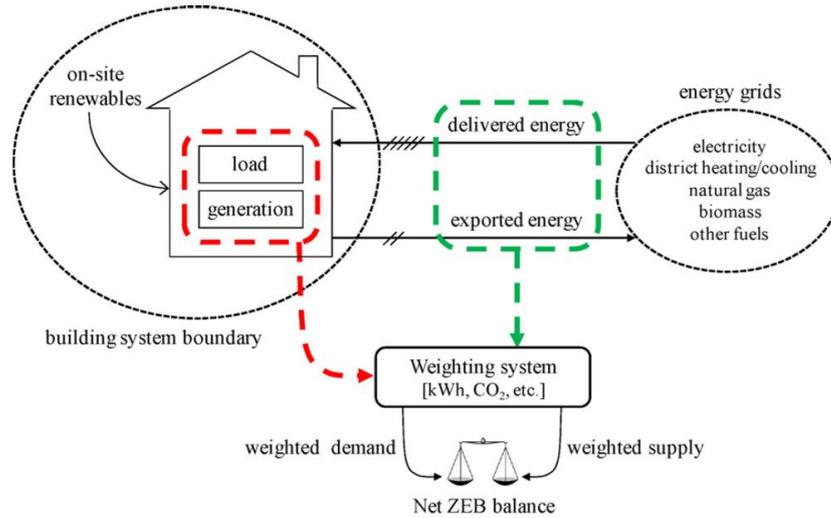


Figura 3.4 Explicación visual del balance cero. (Fuente: Igor Sartori)

Entonces, si el balance cero consiste en una relación directa entre dos sujetos, si se grafica, dibujará una línea recta y continua que relacionará el suministro y la demanda de la red dándose el caso que a mayor demanda, deberá de ser mayor el suministro para poder conseguir el balance cero, es decir, se deberá de generar más energía en el edificio. En este punto es dónde se genera la relación entre la eficiencia energética y los edificios de energía cero (ZEB). El objetivo de la eficiencia energética es favorecer el balance cero reduciendo la demanda necesaria por el edificio. Toda esta relación se puede observar en el gráfico de la Figura 3.5 Representación de la línea de balance cero. (Fuente: Igor Sartori). En este gráfico se representa la línea de balance cero que representa a los NZEB y un ejemplo de cómo se ha conseguido reducir la demanda (eje horizontal) mediante la eficiencia energética; si el resultado del balance se situase por debajo de esta línea serían de edificios nZEB, en cambio, si estuviera por encima serían edificios con excedente de energía. [7]

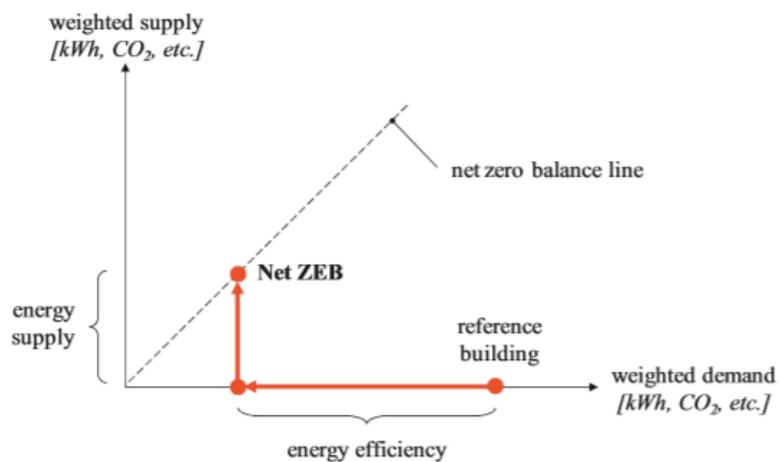


Figura 3.5 Representación de la línea de balance cero. (Fuente: Igor Sartori)

Si se vuelve al estudio en detalle del edificio, se pueden definir varios tipos de balances a estudiar. Primero existen los balances según el tipo de energía: eléctrica o térmica. Estos deben de ser estudiados independientemente dependiendo del tipo de carga y de red que tenga el sistema. Por otro lado, tal y como queda representado en el gráfico de la Figura 3.6 Modelos de balances energéticos para un NZEB. (Fuente: Igor Sartori), existen tres formas de representación de los balances para cada modelo energético: [7]

- Sin autoconsumo. En este balance se considera el valor de la carga energética del edificio y el de la generación de este mismo tal y como se ve en rojo en el gráfico.
- Con autoconsumo. En este balance se considera el valor de energía entregada al edificio y la exportada por este tal y como se puede ver en verde en el gráfico.
- Autoconsumo virtual mensual. Este balance consiste en conseguir de forma virtual que la generación y la carga estén equilibradas mensualmente tal y como se puede ver en azul en el gráfico.

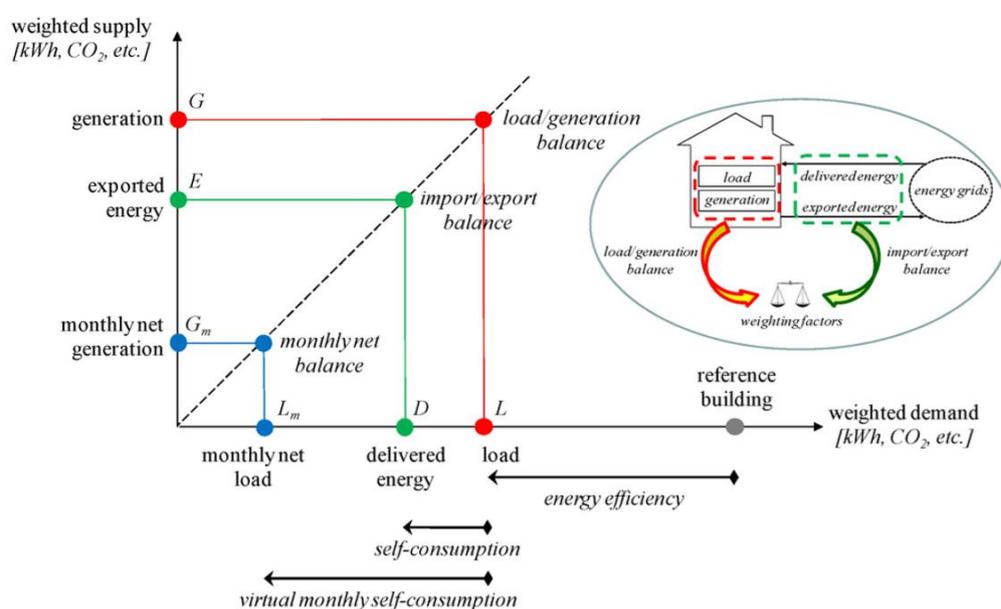


Figura 3.6 Modelos de balances energéticos para un NZEB. (Fuente: Igor Sartori)

3.3. Requisitos mínimos para un edificio de consumo de energía nulo

Una vez estudiado el sistema y objetivos de los NZEB, para poder completar la definición hay que establecer los requisitos mínimos obligatorios de estos en eficiencia energética y en generación.

3.3.1. Requisitos en eficiencia energética

En eficiencia energética encontramos requerimientos que pueden ser prescriptivos o requisitos de rendimiento, o una combinación de los dos.

Los requisitos prescriptivos se aplican a las propiedades de los componentes del edificio, por ejemplo: la envolvente térmica de este (coeficientes térmicos de paredes y ventanas) y los sistemas HVAC (alimentación específica de electrodomésticos, COP de bombas de calor...).

En cambio, los requisitos de rendimiento se aplican a las necesidades energéticas, por ejemplo, necesidades de calefacción, refrigeración o iluminación; o para el total de energía primaria demandada. [7]

Los requisitos obligatorios sobre eficiencia energética se basan en la metodología conocida como coste óptimo de la EPBD 2010/31/UE. [7] En dicha directiva se menciona el nivel óptimo de rentabilidad y el balance coste-beneficio en los que se deben de basar los proyectos de eficiencia energética al igual que también se indica entre sus artículos y anexos la metodología de cálculo de estos términos. [5] En el anexo III de la misma Directiva se define el marco metodológico comparativo para determinar los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos.

3.3.1.1. Metodología coste óptimo

Se entiende la metodología de coste óptimo como el método que permite comparar distintos proyectos de eficiencia energética en edificios que permitan un ahorro de energía y una disminución de las emisiones de CO₂. [8]

Los conceptos de rentabilidad y optimización de costos, a pesar de ser conceptos distintos, ambos se basan en la comparación de los costos y el ahorro de un proyecto, en este caso, de introducción de requisitos mínimos de rendimiento energético para los edificios. En general, un proyecto es rentable cuando el coste de implementación es inferior al valor de los beneficios que se obtienen durante la vida útil esperada de éste; esta diferencia de valores genera un "valor actual neto". Entonces, si el "valor actual neto" es positivo, la acción es rentable. La acción o combinación de acciones que maximizan el valor presente neto son las acciones de "coste-óptimo". [9] Esta definición se puede ver reflejada en la Figura 3.7, donde según los términos mencionados, la línea roja corresponde a los costes de implementación, la verde a los beneficios energéticos generados y por último la línea azul que representa el balance entre ambos términos, siendo el punto más rentable el que más diferencia entre beneficios y costes hay.

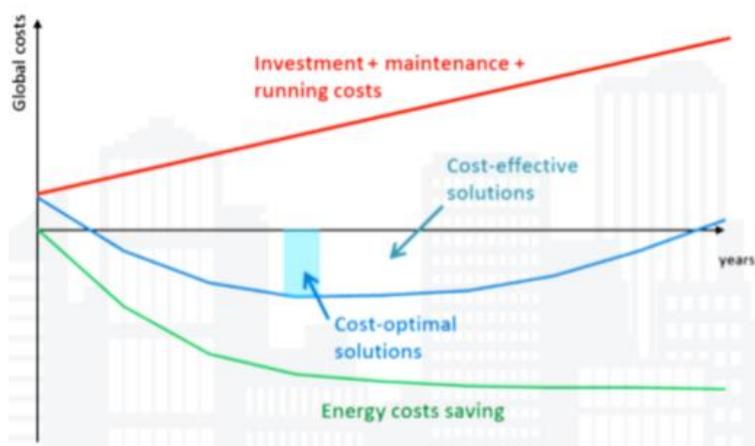


Figura 3.7 Representación gráfica de la obtención del punto de coste óptimo. (Fuente: BPIE)

Para poder generar este gráfico representativo del coste-óptimo, hay que contemplar una variedad de variables económicas tanto de costes de implementación como de beneficio. Estas, en el caso de un proyecto ZEB, se deben de establecer como variables de entrada, que indican la situación inicial del edificio y los costes de implementación, y como variables de salida, las cuales indican los estudios hipotéticos del comportamiento del edificio y los beneficios que tendrá una vez realizado el proyecto.[8] En la Tabla 3.1, se establecen cuáles son las más importantes en un proyecto de NZEB.

Tabla 3.1 Resumen de las variables a considerar en la metodología de coste óptimo. (Fuente: Elaboración propia)

Variables de entrada	Variables de salida
<ul style="list-style-type: none"> • Coste anual de la energía. • Coste de eliminación o valor residual de elementos o sistemas existentes. • Coste de mantenimiento anual. • Inversión en equipos o sistemas. • Inversión en la envolvente térmica del edificio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Valor actual neto (VAN) de la intervención [€] • Tiempo de amortización [años] • Coste acumulado derivado del consumo de energía [€] • Consumo de energía primaria [kWh] • Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) [kgCO₂eq]

El Instituto del Rendimiento de los Edificios en Europa (BPIE), basándose en la EPBD 2010/31/UE y en los artículos y definiciones ya comentadas en este documento, publicó cómo incorporar la metodología de coste-óptimo en los proyectos nZEB por tal de ayudar a implementarlos en la sociedad.

En este ámbito, la metodología de costo óptimo debe tener en cuenta los objetivos de descarbonización a largo plazo de la Unión Europea. Sin embargo, para cumplir con el concepto de construcción sostenible, el requisito de reducción de CO₂ no puede ser un objetivo en sí mismo sin estar asociado con los requisitos de reducción de energía. Por lo tanto, las emisiones de CO₂

relacionadas con el consumo de energía primaria del edificio deben evaluarse y los ahorros relacionados deben considerarse en los costes globales para la evaluación social.

A la hora de introducir la metodología de coste-óptimo en los edificios de consumo casi cero de energía, se contempla que en la actualidad existen tres brechas que hay que hacer frente (Figura 3.8 Afectación de las brechas actuales al coste óptimo. (Fuente: BPIE)):

- Brecha financiera: diferencia de coste real entre los niveles de coste óptimo y nZEB.
- Brecha de rendimiento energético: diferencia entre la necesidad de energía primaria a niveles de coste óptimo y nZEB.
- Brecha ambiental: diferencia entre las emisiones de CO₂ asociadas a la necesidad de energía primaria de los costes óptimos y los niveles de nZEB.

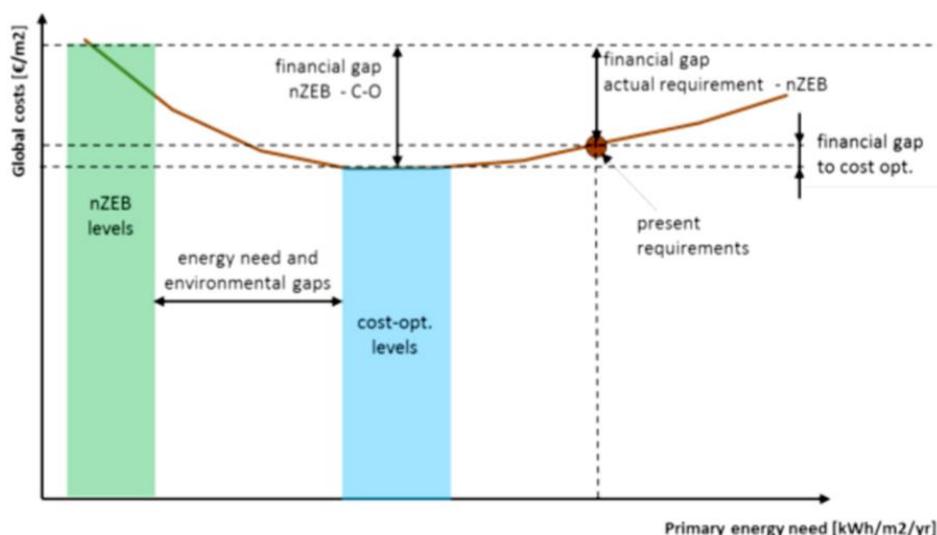


Figura 3.8 Afectación de las brechas actuales al coste óptimo. (Fuente: BPIE)

La implementación de la metodología de coste-óptimo comienza con la definición del edificio y de las medidas aplicadas en el proyecto. El cálculo del coste óptimo se debe realizar mediante la aplicación de una variedad de posibles medidas a aplicar en el edificio, comenzando con los requisitos actuales y hasta cumplir los requisitos mínimos de nZEB, tanto en términos de rendimiento energético como de rendimiento financiero.

Los cálculos de rendimiento energético deben basarse en metodologías nacionales, tal y como se establece en la EPBD 2010/31/UE. Las condiciones para los cálculos deben definirse en términos de datos climáticos, rendimiento de los sistemas energéticos, etc.

Para evaluar el rendimiento financiero de las medidas seleccionadas, el cálculo del coste global a partir de los Estándares Europeos EN 15459. Este método da como resultado un valor descontado de todos los costes para un cálculo definido. El cálculo de los costes de energía se basa en los resultados de los cálculos de rendimiento energético.

Todo este proceso queda resumido y representado por el BPIE en la Figura 3.9 Resumen del proceso de la metodología de coste óptimo. (Fuente: BPIE).

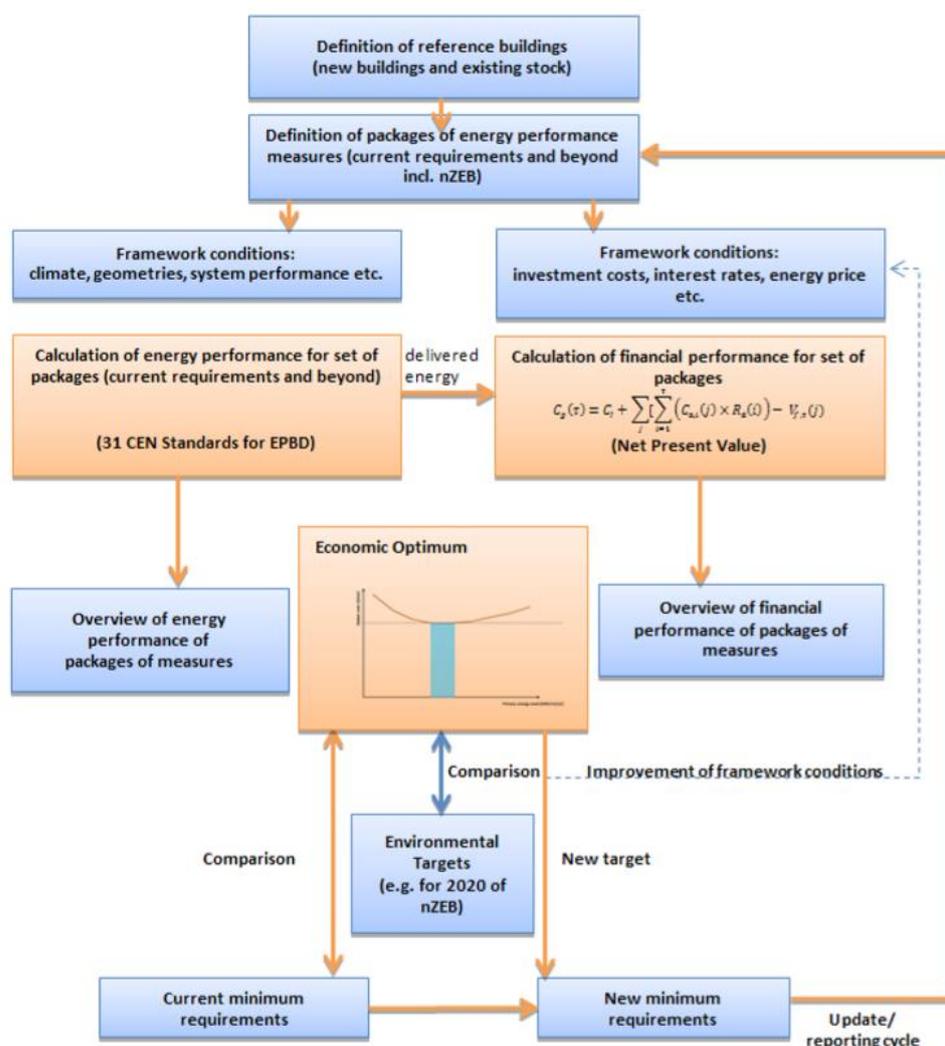


Figura 3.9 Resumen del proceso de la metodología de coste óptimo. (Fuente: BPIE)

La comparación con los niveles futuros de nZEB y los objetivos medioambientales a más largo plazo podrían contribuir a un nuevo proceso de cálculo y evaluación distinto a la metodología de coste-óptimo. Pero el BPIE espera que este análisis pueda utilizarse como una herramienta de orientación nacional para evaluar las condiciones y fomentar el desarrollo de materiales, tecnología y técnicas de construcción más eficientes. En ese caso, la implementación del cálculo de coste-óptimo se volverá más beneficiosa, ya que el cálculo no solo contribuiría a la evaluación específica de los requisitos de los

códigos de construcción, sino que también ayudaría a configurar las políticas de construcción futuras desde una perspectiva a medio y largo plazo.

3.3.2. Requisitos obligatorios sobre el suministro de energía

Para poder completar la definición de los NZEB, hay que establecer los requisitos obligatorios sobre el suministro de energía.

Debe de existir una cuota mínima de energía renovable que debe de cubrir la demanda energética del edificio. Este suministro de energía renovable se prioriza basándose en tres principios: (1) Libre de emisiones y reducción de pérdidas en el transporte, la transmisión y la conversión de la energía; (2) Disponibilidad del recurso energético durante todo el tiempo de vida del edificio; (3) Tecnología escalable y ampliamente disponible. Estos principios conducen a una variedad de opciones de suministro donde son mejores los recursos que no necesitan de un agente externo. [7]

Las tecnologías que favorecen más el cumplimiento de estos requisitos de suministro de energía son: energía solar fotovoltaica, eléctrica; energía mini eólica, eléctrica; energía solar térmica, térmica; y la cogeneración, eléctrica y térmica. También se puede incluir, a pesar de necesitar un agente externo al edificio, la energía térmica proveniente de las calderas de biomasa, también consideradas como fuente de energía renovable.

3.4. Camino hacia la emisión cero

Tras estudiar el funcionamiento y las necesidades de los edificios de emisión cero, se requiere establecer los pasos necesarios para poder desarrollar un proyecto dónde el objetivo sea conseguir el balance cero. Basándose en la pirámide de Kioto, a pesar de esta nacer antes de los conceptos nZEB y NZEB, se puede conseguir el desarrollo de los pasos requeridos.

Previamente, si lo que se requiere es desarrollar un NZEB desde el inicio, es importante que a la hora de diseñar y construir el edificio se tenga en cuenta la integración de sistemas pasivos de climatización.

[2] Estos están formados principalmente por: [10]

- Diseño general del edificio (estructura, ubicación...)
- Envoltente térmica del edificio
- Calefacción solar
- Protección solar
- Ventilación natural
- Tratamiento del aire

Para edificios ya construidos, se deben de introducir medidas de eficiencia energética tanto térmicas como eléctricas con el objetivo de reducir la demanda energética del edificio. Entre ambos términos, hay que priorizar las medidas de eficiencia energética térmicas ya que los sistemas de climatización (calefacción y aire acondicionado) representan el 48% del consumo energético de una vivienda, siendo la calefacción el principal consumidor de energía. [11] Dentro de lo que compone el consumo eléctrico del edificio hay dos grandes bloques que representan el 26% (suponiendo el caso en que la cocina sea de gas): electrodomésticos e iluminación. [11]

Por último, se debería de sustituir la energía consumida mediante combustibles fósiles por energías renovables generadas in situ. Se establece el mismo orden de prioridad que a la hora de introducir las medidas de eficiencia energética, pero a la hora de diseñar todo dependerá de las características del edificio. [2] Las tecnologías que se disponen para la generación de energía renovable in situ son las mostradas en la Tabla 3.2. [4]

Tabla 3.2 Tecnologías de generación de energía aptas para un edificio. (Fuente: Elaboración propia)

Generación térmica	Generación eléctrica
<ul style="list-style-type: none"> • Energía solar térmica. • Energía geotérmica de baja temperatura i aerotérmica. • Microgeneración. • Calderas de biomasa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía solar fotovoltaica. • Energía minieólica. • Microgeneración.

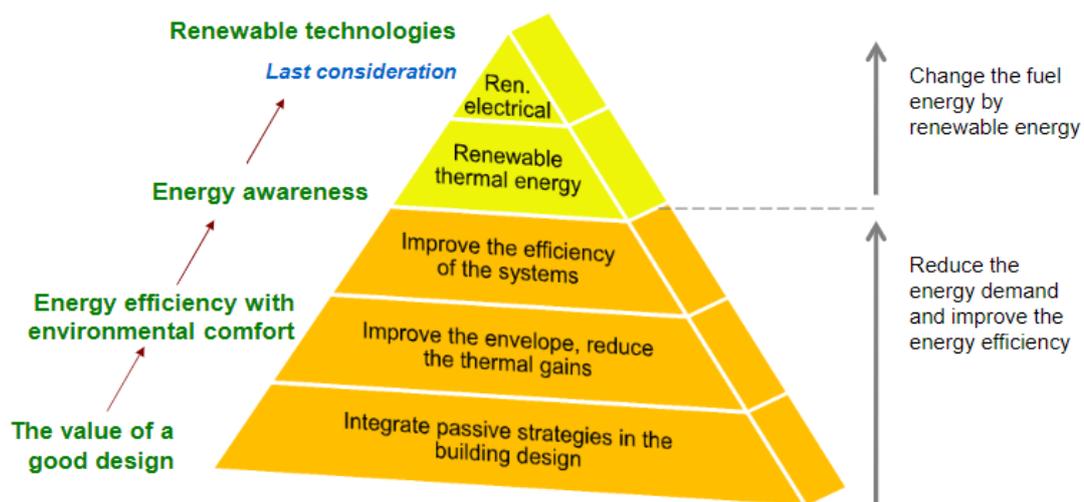


Figura 3.10 Pirámide de Kioto para un NZEB. (Fuente: Joana Ortiz)

4. Caso práctico: Remodelación de un edificio para llegar a ser de consumo de energía nulo

4.1. Introducción al proyecto

4.1.1. Ubicación del proyecto

El sujeto del proyecto será el edificio nº2 de la calle Sant Andreu de la Barca de la localidad de Martorell (41.475163, 1.913446). El edificio, construido en el año 2000, consta de 7 plantas habitables, una planta baja, aparcamiento comunitario y terraza superior. Este ocupa una superficie de 354m² dentro de un terreno de 900m².

La localidad de Martorell pertenece a la provincia de Barcelona y tiene una altitud de 56m. Según estas características, el CTE determina que el edificio está en la zona climática C2. [12] Según la clasificación Köppen y Geiger es un clima CSA (templado con veranos secos y calurosos). Para esta zona climática se establece una temperatura media anual de 16,5 °C y una precipitación de 512 mm al año. El mes más seco es julio con 25 mm. [4] Estas condiciones climáticas implican un porcentaje de horas de confort:

- 13,60% Condiciones exteriores de confort.
- 13,20% Condiciones exteriores con necesidad de refrigeración y / o deshumidificación.
- 73,30% Condiciones exteriores con necesidad de calefacción.

4.1.2. Escala del proyecto

Para realizar el estudio del edificio se debe de tener en cuenta todas las partes que lo componen. Como ya se ha comentado, el edificio consta de una serie de equipamientos privados y comunes. En este proyecto, solo se tiene en cuenta las áreas privadas, descartando así las zonas comunes del edificio.

Por un lado, se tiene en cuenta las siete plantas habitables con tres viviendas cada una haciendo un total de 21 residencias. Por lo contrario, se descarta el consumo eléctrico de zonas comunes como puede ser el consumo del ascensor, ya que tendría una gran repercusión sobre el total y sería complicado estimar el valor, o la iluminación interior y exterior de las zonas comunes porque su peso en relación con el total del proyecto se estima de menor importancia.

El estudio de las viviendas se va a realizar utilizando la vivienda del 6º3ª como una muestra representativa para posteriormente estudiar el edificio como un único sujeto. Para poder comprender

a este sujeto, se debe realizar un estudio ocupacional (como el de la Tabla 4.1) que ayude a dimensionarlo.

Tabla 4.1 Estudio ocupacional del edificio seleccionado para el proyecto. (Fuente: Elaboración propia)

Piso		Nº de ocupantes	Piso		Nº de ocupantes
1º	1ª	1	5º	1ª	2
	2ª	2		2ª	2
	3ª	2		3ª	3
2º	1ª	2	6º	1ª	2
	2ª	3		2ª	4
	3ª	3		3ª	4
3º	1ª	4	7º	1ª	4
	2ª	2		2ª	2
	3ª	4		3ª	3
4º	1ª	2			
	2ª	5			
	3ª	2			

4.2. Consumo energético del edificio

4.2.1. Consumo eléctrico

El consumo eléctrico del edificio viene dado por el consumo directo de energía de la red eléctrica.

El estudio de este consumo se va a realizar a partir de la muestra representativa de la vivienda seleccionada y del estudio ocupacional del edificio. Para ello, primero de todo se debe de conocer el consumo anual del 6º3ª; el cual se puede conocer gracias a las facturas eléctricas del último año natural. Estas facturas nos permiten conocer el consumo por periodos de dos meses, lo que condiciona los siguientes pasos de este estudio. La vivienda también cuenta con contador de telegestión de Endesa que permite conocer el consumo por hora que permitirá hacer un estudio más acurado.

Tabla 4.2 Consumos eléctricos del 6º3ª. (Fuente: Facturas Endesa)

	1 de Enero - 13 de Marzo	13 de Marzo - 14 de Mayo	14 de Mayo - 29 de Junio	29 de Junio - 13 de Agosto	13 de Agosto - 14 de Octubre	14 de Octubre - 13 de Diciembre	13 de Diciembre - 31 de Diciembre
Consumo (kWh)	270	351	439	212	252	345	112

Por lo tanto, tras analizar las facturas, se puede observar que el consumo eléctrico total de la muestra representativa, en el año 2018, fue de 1981 kWh.

Para poder reflejar correctamente esta vivienda como una muestra representativa, se debe entender que hay consumos que dependen proporcionalmente a la cantidad de personas que habitan y otros que son bastante estables independientemente del número de personas. Por lo tanto, se deberá de desglosar el consumo en dos partes: un consumo base y otro por persona. Basándose en la estructura de consumo aportada por el IDAE se establece un consumo base de 673 kWh que incluye elementos como el frigorífico, stand-by o el aire acondicionado. Por lo tanto, teniendo en consideración que en la vivienda escogida habitan 4 personas, quedaría un consumo de 327 kWh/persona.

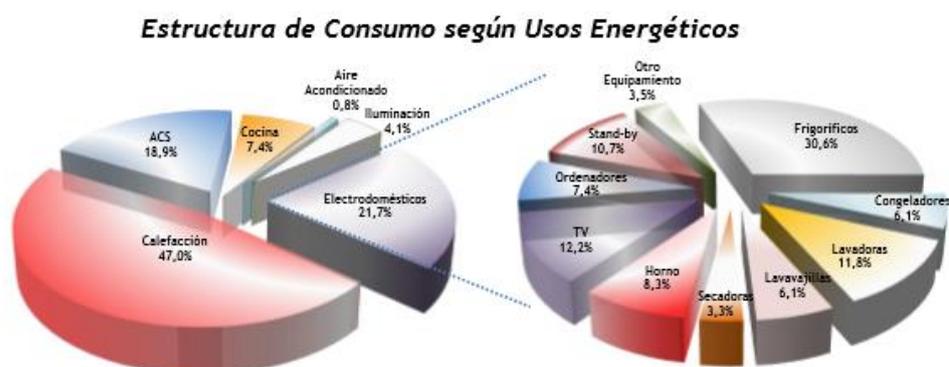


Figura 4.1 Estructura de consumo según usos energéticos. 2011. (Fuente: IDAE)

Entonces, teniendo en cuenta el estudio ocupacional de la Tabla 4.1 y los consumos eléctricos establecidos, el consumo eléctrico anual del conjunto de las viviendas del edificio es de 33,1 MWh.

A parte del consumo eléctrico, también se debe de conocer la potencia total necesaria para poder llegar a cubrir los picos más elevados de consumo. Para ello se realiza un estudio en el vecindario para conocer que potencia tiene contratada cada hogar.

Tabla 4.3 Estudio de la potencia contratada por edificio. (Fuente: Elaboración propia)

Piso		kW contratados
1º	1ª	3,3
	2ª	3,45
	3ª	4,6
2º	1ª	3,45
	2ª	4,4
	3ª	4,4
3º	1ª	4,6
	2ª	3,45
	3ª	5,5
4º	1ª	3,3
	2ª	5,5
	3ª	4,4

Piso		kW contratados
5º	1ª	3,3
	2ª	3,45
	3ª	3,3
6º	1ª	4,4
	2ª	4,4
	3ª	4,4
7º	1ª	4,6
	2ª	3,3
	3ª	4,4

Así que, observando la Tabla 4.3, se comprueba que el conjunto del edificio tiene una potencia contratada de 86 kW.

En caso de que se quisiera hacer una instalación de autoconsumo, esta debería de ser la potencia que debería de poder suministrar la instalación. Pero es posible que actualmente el edificio tenga contratadas erróneamente las potencias de sus viviendas. Para conocer si esto es así, se debe de hacer un estudio del consumo instantáneo. Gracias al contador de telegestión de Endesa, se puede obtener las curvas de consumo por hora y estimar, aproximando a que el consumo ha sido estable durante esa hora, las potencias pico durante un día. Para ello se ha hecho una media del consumo por hora, de la semana de los solsticios y equinoccios del 2018, de la muestra del 6º3ª que permitirá hacer un mejor dimensionado de la instalación.

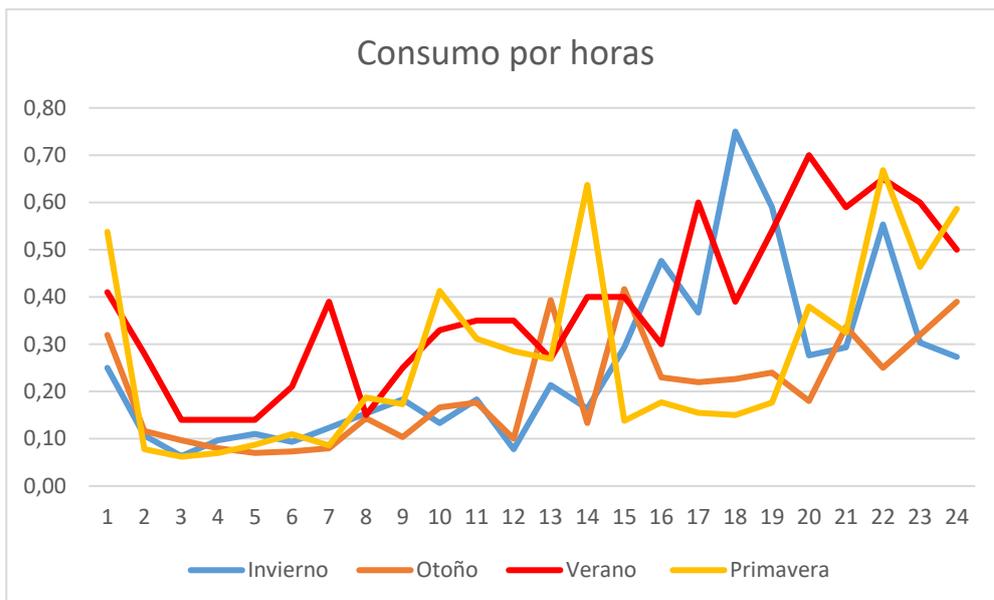


Figura 4.2 Representación gráfica del consumo medio por horas (kWh) en las semanas seleccionadas.

Como ya es sabido, este consumo eléctrico proviene de la red eléctrica, la cual incluye en su mix energético fuentes de energía no renovables. Por lo tanto, basándose en el mix estatal, la electricidad consumida en el edificio habrá emitido CO₂ a la atmosfera. Estas emisiones están estimadas en 321 g CO₂/kWh [13], así que, el edificio, indirectamente, emitió 10.63 toneladas de CO₂ a la atmosfera.

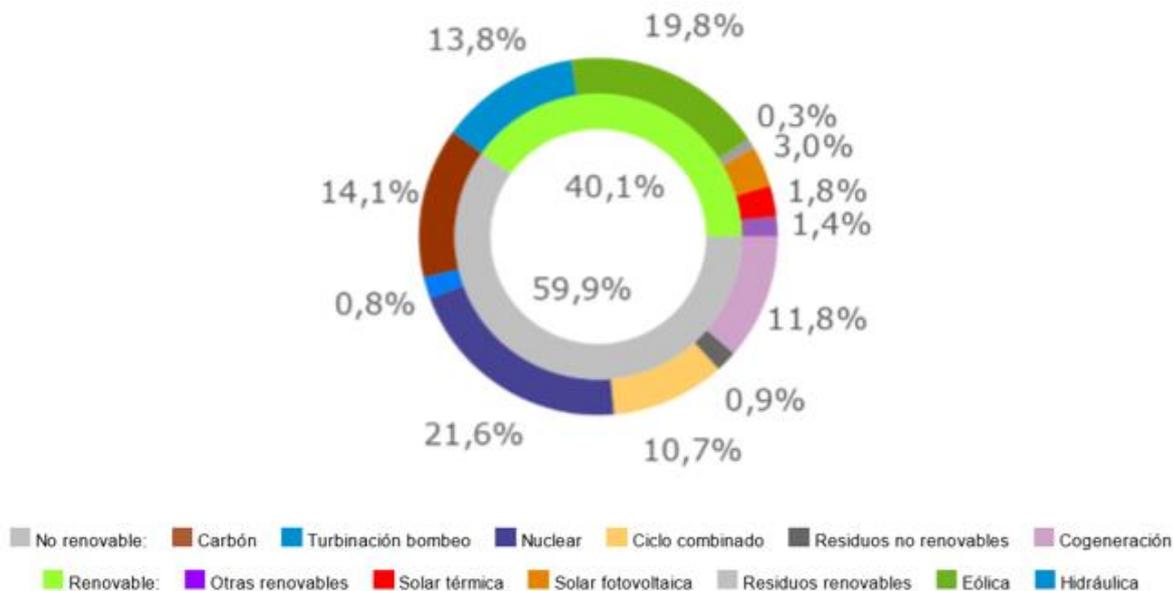


Figura 4.3 Mix energético del 2018 en España. (Fuente: REE)

4.2.2. Consumo térmico

La producción de energía térmica de este edificio viene dada por el consumo de la red de gas natural mediante una caldera de combustión.

Siguiendo el mismo proceso que en el estudio del consumo eléctrico, se analizan las facturas de la muestra representativa del edificio. Estas facturas lo que miden es el consumo de metros cúbicos de gas natural. Es la compañía, la que según el poder calorífico estimado para cada periodo, calcula el consumo energético en kWh.

Tabla 4.4 Consumo de gas natural del 6º3ª. (Fuente: Facturas Endesa)

	10 de Enero - 12 de Marzo	12 de Marzo - 9 de Mayo	9 de Mayo - 6 de Julio	6 de Julio - 13 de Septiembre	13 de Septiembre - 13 de Noviembre	13 de Noviembre - 14 de Enero
Consumo (m ³)	207	106	32	23	53	169
Consumo (kWh)	2407	1230	366	263	608	1967

Analizando las facturas aportadas por la compañía distribuidora, el consumo de gas natural del 6º3ª es de 590 m³. Al tener cocina de gas, todo este consumo no representa las necesidades térmicas de la vivienda; así que, siguiendo la estructura de consumos de la Figura 4.1 Estructura de consumo según usos energéticos. 2011. (Fuente: IDAE) se establece un consumo térmico para la vivienda de 6159.7 kWh. Este, tal y como se puede observar en la misma figura, se desglosa en dos bloques: calefacción y ACS.

La calefacción, que representa el 71% del consumo térmico (4386.45 kWh anuales), es independiente del número de habitantes por vivienda. Este consumo tiene como principal factor la superficie del edificio y la temperatura de consigna. [14] Si se supone una temperatura de consigna igual para todas las viviendas, entonces, el consumo por vivienda dependerá de los metros cuadrados de cada una. Sabiendo que la vivienda de muestra, igual que todos los 3ª, tiene una superficie de 105m² se establece un ratio de 41.78 kWh/m² anual; por lo tanto, si los otros dos tipos de vivienda (1ª y 2ª) miden 95m² el consumo total de calefacción estimado en el edificio es de 86,27 MWh.

En cambio, el consumo de ACS si que va en función de la ocupación de la vivienda. Así que, si el consumo del 6º3ª es de 1773.25 kWh y, según el estudio ocupacional del edificio, este lo habitan 4 personas, queda un ratio de 443.31 kWh/persona. Entonces, el consumo total de ACS estimado en el edificio es de 25.71 MWh.

Teniendo en cuenta ambos conceptos, se establece un consumo térmico total de 111.98 MWh. Cómo está energía es generada directamente en el edificio y proviene de un combustible fósil, el edificio emite CO₂ insitu. El factor de emisión del gas natural está estimado en 203 g CO₂/kWh [15], lo que equivale a una emisión de 22.73 toneladas de CO₂ a la atmosfera.

La vivienda estudiada consta de una caldera Junkers Cerapur ZWB 25-2C. Esta caldera tiene una potencia térmica de 25kW útiles, que según el 94% de rendimiento que garantiza el fabricante, equivale a una potencia consumida de 26,6kW. Debido al desconocimiento de la potencia instalada en el resto de las viviendas del edificio, se utilizará esta potencia para todas ellas obteniendo así una potencia total de 558,6 kW térmicos instalados en el edificio.

4.3. Recursos energéticos

4.3.1. Recurso solar

Para poder entender el recurso solar, previamente, se debe de realizar un estudio teórico sobre el comportamiento del sol y de cómo se recibe su energía en la superficie terrestre.

Primero de todo hay que entender tres conceptos que determinan el recurso solar, definidos en las terminologías descritas en el documento básico de ahorro de energía del CTE. [12]

- Radiación solar: es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.
- Irradiancia solar: potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en kW/m².
- Irradiación solar: energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia solar durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se mide en kWh/m².

Por lo tanto, entendiendo que el recurso solar es la energía proveniente del Sol que incide en la superficie, la magnitud que se debe de tener en cuenta para una instalación de captación de energía solar es la de irradiación solar dado que nos da el valor de la energía que recibimos del sol por cada metro cuadrado de superficie (se entiende la superficie perpendicular a la incidencia de los rayos solares).

Con el fin de entender la incidencia que tiene la radiación en el campo solar, así como para poder realizar una configuración idónea, es necesario tener en cuenta los movimientos relativos de la Tierra y el Sol: [16]

- **Movimiento rotacional:** es el que realiza la Tierra en torno a sí misma. Este movimiento dura 24 horas, es decir, es el movimiento diario que ocasiona el día y la noche.

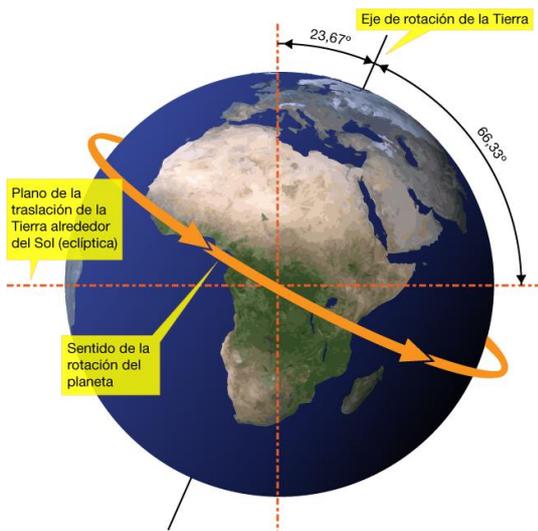


Figura 4.4 Movimiento de rotación de la tierra y representación de los ejes. (Fuente: Junta de Andalucía)

- **Movimiento de traslación:** es el movimiento que realiza la Tierra alrededor del Sol. Este dura 365 días aproximadamente y da lugar a las estaciones.

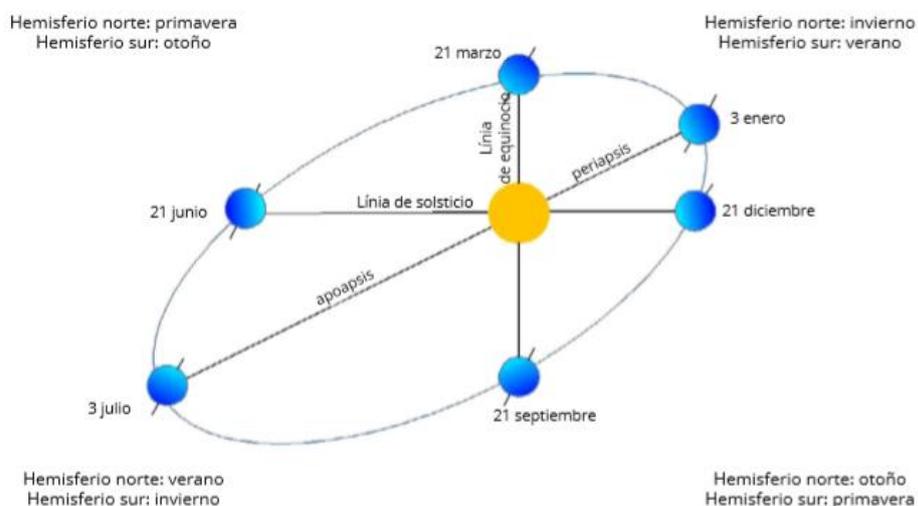


Figura 4.5 Movimiento de translación de la tierra alrededor del Sol. (Fuente: Benjamín Vera)

Analizando los movimientos, se observa que ambos determinan la cantidad de recurso solar existente en un punto determinado. Sabiendo que existen dos hemisferios y que el proyecto se va a realizar en el hemisferio norte, se puede analizar más detalladamente como proviene este recurso. Teniendo en cuenta el plano de traslación, se verifica que en el hemisferio norte el sol incide desde el sur. Lo que significa que, situándonos en el hemisferio norte, al incidir el sol desde el sur y en función del movimiento de rotación de la tierra, solo recibe radiación en un rango determinado haciendo un abanico de radiación de este a oeste.

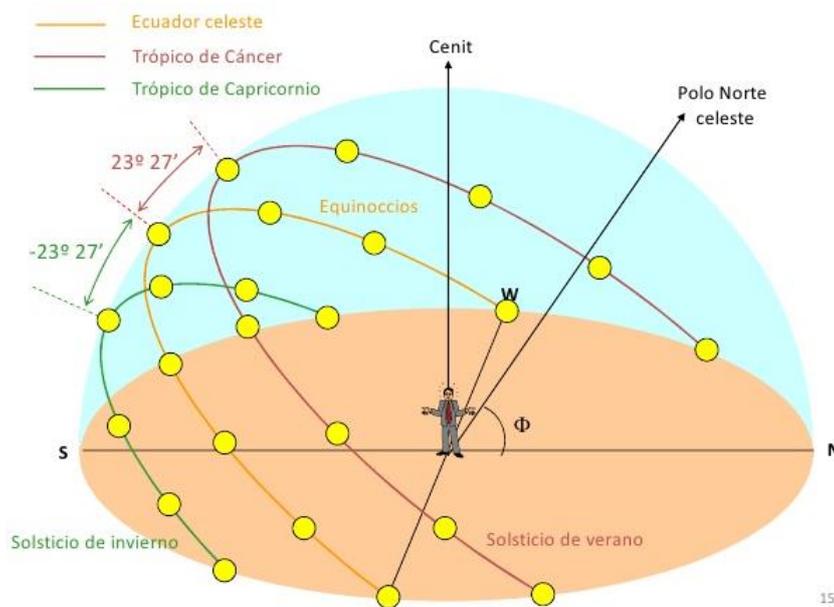


Figura 4.6 Trayectoria de incidencia del Sol sobre un punto del hemisferio norte. (Fuente: DesQbre)

Esta trayectoria solar hace que, para estudiar el recurso solar, se tenga en consideración los siguientes ángulos que indicaran la posición del Sol en los distintos instantes: [16]

- Acimut: ángulo de variación respecto al sur (desde el hemisferio norte).
 - Si la variación es hacia el este, el ángulo es negativo.
 - Si la variación es hacia el oeste, el ángulo es positivo.
- Altura solar: ángulo que refleja la altura a la que se encuentra el Sol respecto a la horizontal.

4.3.1.1. Estimación del recurso solar

El recurso solar viene determinado por distintos tipos de radiación como son la directa, difusa y la reflejada. Todas estas forman la llamada radiación global que es la radiación total que incide sobre un punto. Así que, el valor a estudiar para estimar el recurso solar es la irradiación directa. [17]



Figura 4.7 Conjunto de radiaciones solares que forman la radiación global. (Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile)

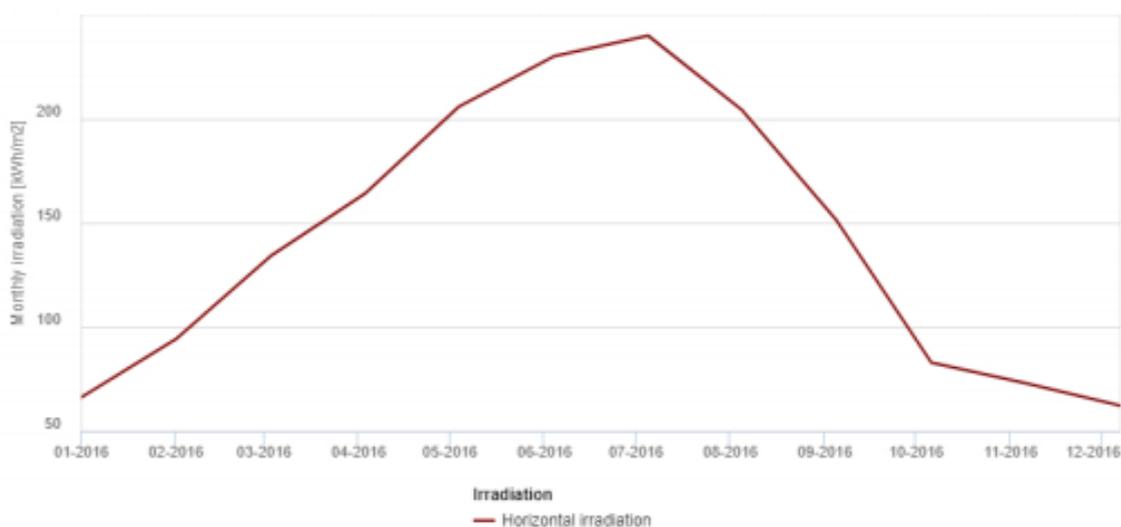
El valor del recurso deseado se podría estimar analíticamente gracias al trabajo hecho por numerosos científicos que han estudiado el comportamiento del sol reflejado en leyes y ecuaciones que expresan valores numéricos. Estos estudios principalmente se basaban en comprender las ondas solares y como se reflejaban sobre la superficie. Algunas de estas leyes son: ley de Kirchhoff, ley de Planck, ley de desplazamiento de Wien, ley de Stefan-Boltzmann y ley de Duffie y Beckman. [17]

Actualmente, gracias a la tecnología de medición y la creación de base de datos, existen otros métodos para poder calcular el recurso para un determinado punto. Generalmente, en Europa, la base de datos más utilizada es la de Climate-SAF PVGIS del centro de investigación de la Comisión Europea: Joint Research Centre (JRC). Uno de los puntos a favor a esta base de datos es que es pública y consta de una aplicación web que, aparte de dar al instante los valores deseados para los distintos grados de captación y orientación, posee una calculadora para dimensionar instalaciones fotovoltaicas.

Por lo tanto, según los datos obtenidos de PVGIS, para las coordenadas seleccionadas (41.475, 1.914) se obtiene una irradiación mensual expresada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y representadas en la Figura 4.8 Representación gráfica de la irradiación global en plano horizontal para la ubicación seleccionada. (Fuente: PVGIS). Los resultados de este cálculo consisten en los totales o promedios mensuales de la irradiación global sobre plano horizontal, para cada mes del año 2016. Los valores de irradiación los dan en kWh/m².

Tabla 4.5 Irradiación global sobre plano horizontal para la ubicación del proyecto. (Fuente: PVGIS)

Mes	kWh/m ²
Enero	66,3
Febrero	94,2
Marzo	134
Abril	164
Mayo	206
Junio	230
Julio	240
Agosto	204
Septiembre	151
Octubre	83
Noviembre	73
Diciembre	62,3
Promedio	142,32

**Figura 4.8** Representación gráfica de la irradiación global en plano horizontal para la ubicación seleccionada. (Fuente: PVGIS)

4.3.2. Recurso eólico

La evaluación del recurso eólico es una de las fases más importantes en el desarrollo de un proyecto de energía eólica, ya que los datos obtenidos determinan la viabilidad de este.

La forma en que aparece el viento (velocidad, dirección, turbulencia, etc.) es complicada de predecir, ya que depende de distintos factores globales y locales: rotación de la tierra, posición de la luna, diferencia de temperaturas, entre otros.

Para poder estudiar el recurso eólico se han solicitado los datos de la velocidad del viento al Servicio Meteorológico de Cataluña ya que actualmente no existe ninguna base de datos pública de la cual se puedan extraer. Estos datos vienen dados por la estación meteorológica de Castellbisbal (Barcelona), situada a 7km de la ubicación del edificio, en intervalos de 30 min durante el transcurso de todo el año 2016 y con el fin de uso educativo.

Para poder trabajar mejor con los datos obtenidos es conveniente establecer un modelo de las frecuencias de las velocidades del viento. Este puede venir expresado por un histograma de valores numéricos o bien representado por una función matemática como podría ser la distribución de Weibull para representar la probabilidad para las distintas velocidades.

Tabla 4.6 Resumen del recurso eólico en Castellbisbal en el año 2016. (Fuente: Elaboración propia)

Velocidad (m/s)	Frecuencia	%	% acumulado
1,0	6749	44%	44,49%
2,0	3813	25%	69,63%
3,0	1938	13%	82,40%
4,0	1314	9%	91,07%
5,0	806	5%	96,38%
6,0	424	3%	99,18%
7,0	111	1%	99,91%
8,0	12	0%	99,99%
9,0	1	0%	99,99%
10,0	1	0%	100,00%

Los datos de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se pueden representar mediante un histograma o mediante una curva de probabilidad tal y como se puede ver, en barras y en línea respectivamente, en la Figura 4.9 Representación gráfica de la Tabla 4.6. (Fuente: Elaboración propia).

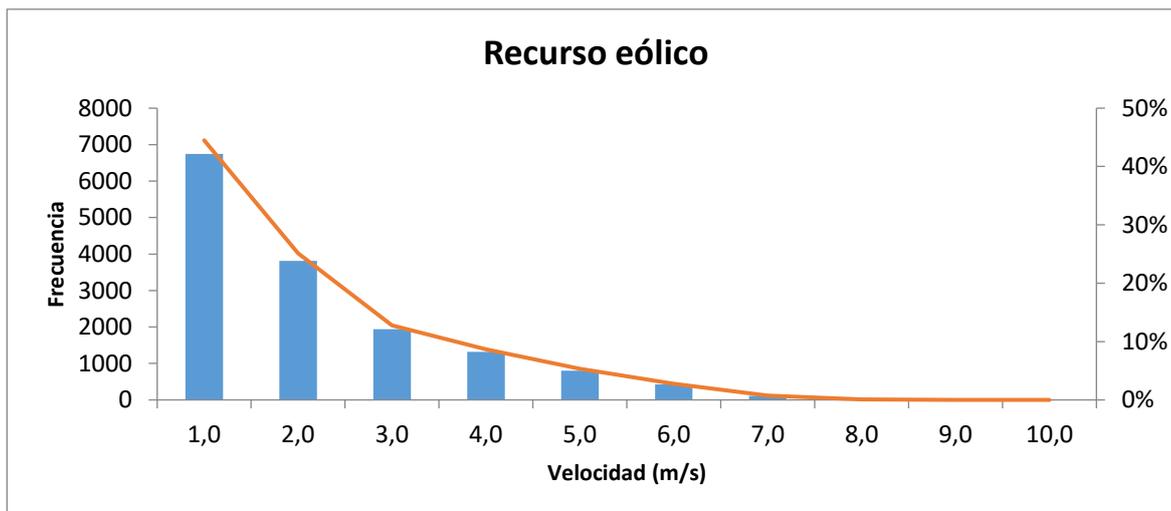


Figura 4.9 Representación gráfica de la Tabla 4.6. (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se realiza el estudio de la variación de la velocidad del viento en el tiempo. Con esta información se podrá completar la función matemática que representa la distribución de Weibull. Conociendo los datos de frecuencia y que esta corresponde a datos medidos cada 30 minutos, se puede estimar las horas anuales cuando el viento circula a una velocidad determinada. Realizando la representación gráfica de $\ln(-\ln Q(v))$ sobre $\ln(v)$, dónde v es la velocidad del viento y Q es la proporción del número de horas dónde la velocidad es superior a la velocidad dada, se obtiene la variación de la velocidad del viento en el tiempo. [18]

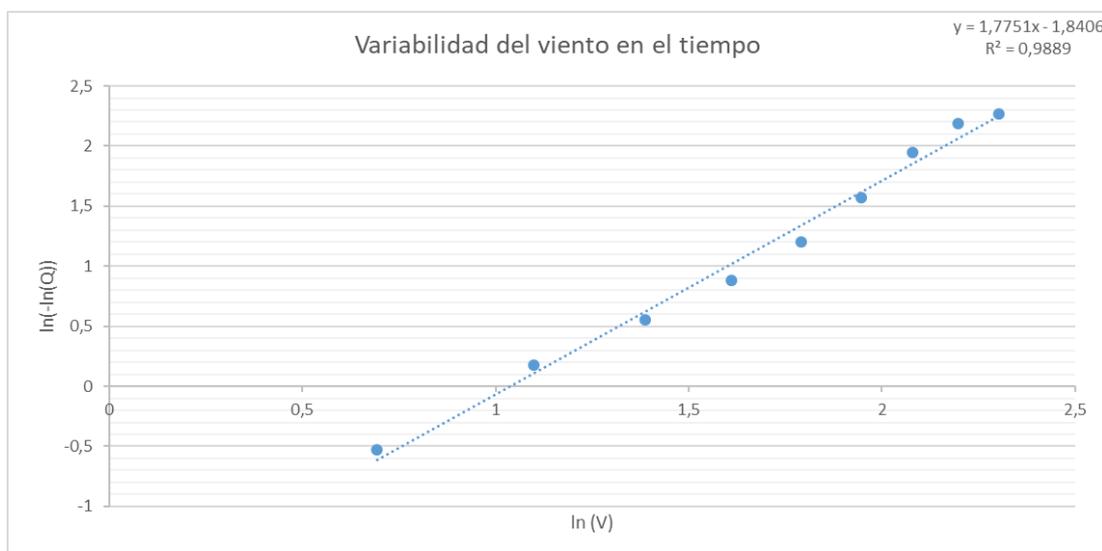


Figura 4.10 Representación gráfica de la variabilidad del recurso eólico. (Fuente: Elaboración propia)

Gracias a la representación de la Figura 4.10 Representación gráfica de la variabilidad del recurso eólico. (Fuente: Elaboración propia) se pueden obtener los parámetros necesarios para completar la ecuación de Weibull, que representa la probabilidad de la velocidad del viento, definida en la Eq. 4.1. El parámetro k es el parámetro de forma de la representación de Weibull y equivale a la pendiente de

la ecuación de la línea de tendencia de la variabilidad del viento en el tiempo. El parámetro C es el parámetro de escala de la representación de Weibull y viene calculado por la Eq. 4.2, donde x es el termino independiente de la ecuación de la línea de tendencia de la variabilidad del viento en el tiempo. [18]

$$P(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

$$c = e^{\left(\frac{-x}{k}\right)} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

A más a más, el cálculo del parámetro C permite, según la Eq. 4.3, calcular la velocidad media anual del recurso estudiado. [18] Según los datos del histograma estudiado se obtiene una velocidad media de 2,51m/s. Esta es distinta al promedio de velocidades total ya que para el histograma se han omitido los valores de velocidad inferiores a 1m/s teniendo así un error del 8%, según los 2,32m/s del promedio total.

$$v_{med} = C \cdot 0,89 \quad (\text{Eq. 4.3})$$

4.4. Medidas de eficiencia energética aplicables en el edificio

Como se ha podido comprender en los capítulos anteriores, el edificio tiene un consumo energético con unas emisiones pertinentes. Si se sabe que el consumo es la relación de la demanda energética del edificio entre el rendimiento de los sistemas utilizados para la generación de esta energía, se establecen tres estrategias que permitirán reducir este consumo y por lo tanto optimizar el rendimiento global del edificio:

- Disminuir la demanda energética, con medidas pasivas, arquitectónicas y de diseño.
- Aumentar el rendimiento de las instalaciones de los edificios con sistemas optimizados y de alta eficiencia energética: Iluminación, calefacción, climatización (free-cooling, sistemas de caudal variable o VRV ...), ventilación, recuperadores de calor, sistemas eficientes de generación de agua caliente sanitaria, etc.
- Disminuir el consumo energético:
 - Fomentar las fuentes de energía renovable (fotovoltaica, solar térmica, geotérmica, etc.) para reducir el consumo de energía primaria no renovable y las emisiones de CO₂.
 - Medir y monitorizar los consumos energéticos, la producción de energía y los parámetros ambientales para conocer cómo, cuándo y dónde consumimos energía.

- Mejorar los hábitos de consumo de los usuarios del edificio.

Estas estrategias se cumplen tras la aplicación de medidas pasivas y activas de eficiencia energética.

4.4.1. Medidas pasivas

Una de las principales funciones de los edificios es controlar térmicamente un ambiente, modificando las condiciones climáticas externas con el fin de establecer una zona de confort en el interior del edificio.

Para poder proyectar la construcción de un edificio de emisión cero (NZEB) se debe de tener en cuenta la concepción y el diseño arquitectónico de este. Estos primeros pasos que seguir en la proyección no implican maquinaria, más allá de la necesaria para la propia construcción, ni ningún gasto energético. Por eso, a estos primeros componentes del edificio se les denomina medidas o estrategias pasivas.

Para llegar a un edificio NZEB se requiere un correcto diseño bioclimático pasivo y optimizado que permita reducir al máximo la demanda de energía eléctrica y térmica como de iluminación, calefacción, refrigeración y agua caliente. Los factores principales que determinan la demanda energética de un edificio son: orientación, radiación solar, temperatura exterior, infiltraciones, ventilación y cargas internas, humedad relativa exterior y velocidad del viento, compacidad, transmitancia térmica de los cerramientos opacos y de los agujeros, masa de los cerramientos, porcentaje de huecos en fachada, elementos de sombra y puentes térmicos. Por lo tanto, la demanda de energía del edificio necesaria para obtener las condiciones de confort deseadas dependerá de las características geométricas y térmicas del edificio. [4]

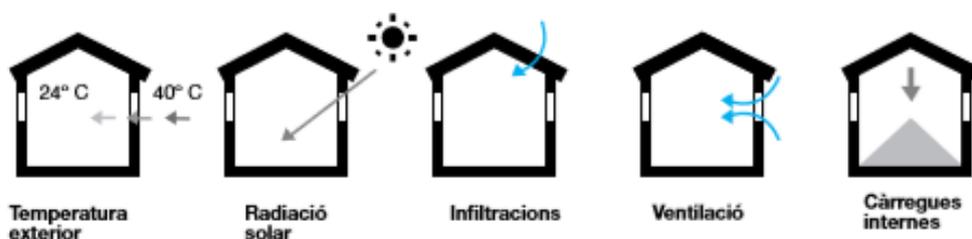


Figura 4.11 Intercambio de energía entre el interior y exterior de un edificio. (Fuente: ICAEN)

Ya que el edificio que se está estudiando ya está construido, las medidas pasivas de diseño no se pueden modificar. Pero, sí que se puede mejorar la envolvente del edificio reduciendo los puentes térmicos y modificando la conductividad de las paredes de este.

4.4.2. Medidas activas

Tras la elección de las adecuadas medidas pasivas del edificio, que permitan reducir sus necesidades energéticas, se deben de definir los sistemas que puedan aportar esta demanda energética. Estos

deberán de ser todo lo óptimo posible, debiendo de tener el mínimo consumo de energía posible al igual que el menor número de emisiones. [4]

4.4.2.1. Medidas activas para el ahorro de consumo eléctrico

Tal y como se explica en la Figura 4.1 Estructura de consumo según usos energéticos. 2011. (Fuente: IDAE), el consumo eléctrico principalmente se debe a los electrodomésticos y a la iluminación. Por ello, con el objetivo de poder aplicar las medidas activas, es necesario realizar un análisis de los sistemas de consumo energético de la vivienda utilizada como muestra representativa.

- Iluminación:

La vivienda actualmente no tiene instalada iluminación LED en todos los sistemas de iluminación. Un LED (Light Emitting Diode) es un diodo compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda cuando es polarizado correctamente. Esta tecnología tiene una mayor eficiencia que, por ejemplo, las bombillas incandescentes o halógenas actualmente instaladas porque estas últimas generan luz tras el paso de la corriente eléctrica por un filamento que hace de resistencia y se calienta hasta emitir luz, por lo tanto, la energía eléctrica, a parte de convertirse en lumínica, se convierte en térmica.

Así que, para poder realizar una correcta sustitución del alumbrado no LED y analizar el ahorro energético, se debe estudiar los sistemas actualmente instalados y como se puede reducir la potencia de estos sin que se pierda la cantidad de lúmenes requeridos.

Tabla 4.7 Resumen del alumbrado instalado y la propuesta de modificación. (Fuente: Elaboración propia, cambio según productos de Philips)

nº Bombillas	Actual		Cambio	
	Tecnología	Potencia/ud.	Tecnología	Potencia/ud.
4	Halógenas	35W	LED	3,5W
6	Halógenas	50W	LED	4,6W
5	LED	15W		
2	LED	10W		
4/2	Fluorescentes	24W	LED	9,5W
TOTAL		631 W	155,6 W	

Tras observar los valores representados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se estima que se podría conseguir un ahorro de potencia instalada del 75%. Este ahorro no tiene porque representarse directamente en el consumo de energía debido a la sectorización de alumbrado que tiene la vivienda y el distinto funcionamiento de estas. Pero, para la continuidad del proyecto, se estima que esta relación de ahorro de potencia es proporcional a la de ahorro de consumo de energía.

Para poder conseguir este ahorro deseado, según los productos seleccionados de Philips, se deberá de realizar una inversión de 138€. [19]

- Stand-by:

Se denomina stand-by al consumo en espera de diferentes aparatos electrónicos. Algunos de estos pueden ser la televisión, reproductores de audio o vídeo, aire acondicionado, cargadores, ordenadores, etc.

La única forma real de deshacerte de este consumo es desenchufando todos los aparatos electrónicos de la corriente. Algunos elementos se pueden desenchufar a través de algún mecanismo incorporado, en otros, en cambio se debe desenchufar manualmente. Por ello, se pueden instalar distintos mecanismos: [20]

- Temporizadores
- Regletas con interruptos
- Regletas de interruptores múltiples
- Regletas con eliminador de stand-by

Con esta medida de concienciación y con la introducción de las regletas eliminadoras de stand-by, se podría eliminar la totalidad de este consumo residual representado en la Figura 4.1 Estructura de consumo según usos energéticos. 2011. (Fuente: IDAE). Para alcanzar este ahorro se deberán de sustituir las seis regletas actuales, lo que implica, según el precio aproximado de mercado, una inversión de 120€.

- Electrodomésticos:

Tras realizar un primer análisis de los electrodomésticos instalados en la vivienda a estudio, se observa que todos estos tienen un tiempo de vida menor de cuatro años y que constan con una etiqueta de eficiencia energética de calificación A.

La etiqueta de eficiencia es un adhesivo que señala la calificación energética de un electrodoméstico o edificio según una escala que evalúa su consumo. Esta escala de calificación energética se representa con siete letras correlativas; de la A a la G, siendo A la mejor calificación y G la peor. Además de eso,

aporta información relacionada con el consumo anual de energía y el consumo de CO2 anual, y de datos relacionados con sus funciones como la capacidad útil de un congelador, la potencia de secado o el nivel de decibelios que produce, entre otras prestaciones específicas. [21]

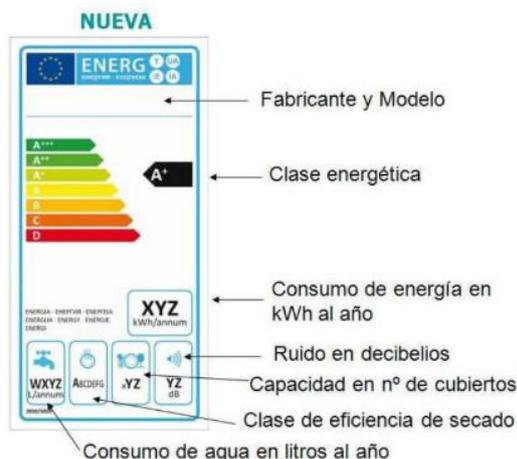


Figura 4.12 Ejemplo de etiqueta para un lavavajillas. (Fuente: Factor Energía)

Por lo tanto, al ya tener la calificación energética óptima, no se realiza el estudio de sustitución de estos aparatos.

Así que, tras el estudio de las medidas activas implementadas en el edificio, se estima un ahorro sobre la factura eléctrica del 16,5%. Este ahorro equivale a una reducción del consumo eléctrico del 5464kWh anuales en el conjunto del edificio. Aproximando el precio medio anual, reflejado en las facturas eléctricas, a 0,14€/kWh, se ahorra gracias a estas medidas activas una cantidad de 765€ anuales. Por lo tanto, si la inversión para las 21 viviendas es de 5418€, se obtendría una amortización ésta en 7,08 años.

4.5. Producción energética mediante las tecnologías disponibles

Los edificios NZEB, además de ser consumidores, también son generadores de energía. Esta energía, para poder cumplir el balance de emisiones nulo, debe de ser generada a partir de fuentes renovables. Existen diferentes formas de generar energía mediante fuentes renovables como la energía solar térmica, la geotérmica, la biomasa y la eólica de baja potencia (minieólica) entre otros. La elección de la fuente renovable dependerá principalmente de los recursos disponibles, y de otras variables como el espacio disponible. Esta generación podrá cubrir tanto la demanda eléctrica como térmica del edificio. [4]

Según la interacción que tenga el edificio con la red de suministro eléctrico, se pueden definir los siguientes conceptos:

- Autoconsumo: generación total o parcial de la energía que se consume en el edificio. Esta energía se consumirá directamente con la producción o bien se almacenará en el mismo edificio, contemplando así la posibilidad de un edificio aislado de red.
- Balance neto: Es una estrategia de autoconsumo eléctrico en el que el equipo generador del edificio se encuentra conectado a la red eléctrica. En este caso, cuando hay excedente de producción, esta inyecta en la red. En cambio, si el edificio, en un instante de tiempo, tuviese más demanda energética que la que puede producir, se consumiría de la red.

Por lo que respecta al edificio estudiado, el balance de cero emisiones, térmicamente estará basado en el autoconsumo porque no existe una red de calor en el municipio a la cual se pueda conectar, entonces, el balance será directamente la producción con la demanda. En cambio, eléctricamente se seguirá la estrategia de balance neto con la red eléctrica estatal, obviando las restricciones de normativa.

A continuación, se estudiarán las tecnologías que, según los recursos disponibles, podrán garantizar la estrategia de generación y consumo establecida.

4.5.1. Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica es el resultado de la transformación de la radiación solar en electricidad. La transformación de la radiación en energía eléctrica se produce mediante módulos fotovoltaicos, los cuales son conjuntos de células formadas por un material semiconductor que reacciona trasladando electrones con la llegada de los fotones de la luz solar. Los componentes básicos que intervienen en una instalación fotovoltaica son: módulos fotovoltaicos, soportes de los módulos, regulador, baterías eléctricas, inversor. Por ejemplo, para una instalación conectada a la red como la proyectada, se requieren los componentes representados en la Figura. [4]

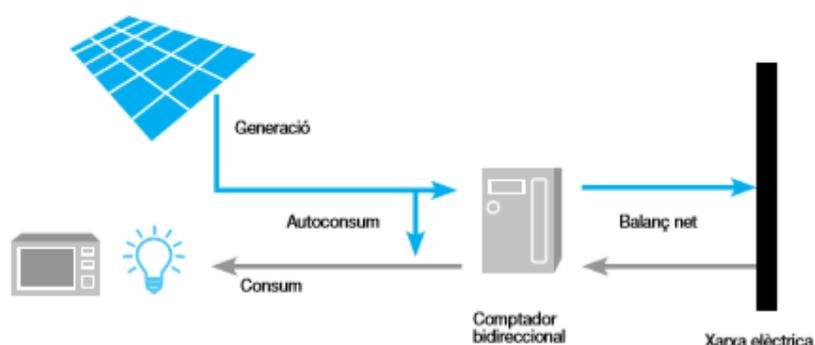


Figura 4.13 Componentes básicos de una instalación conectada a red. (Fuente: ICAEN)

La generación de electricidad en una instalación fotovoltaica se debe al efecto fotoeléctrico. Este efecto se produce debido a la excitación producida por la radiación a nivel atómico en materiales semiconductores. Cuando un fotón impacta contra un electrón de valencia de la última órbita de un

átomo del semiconductor, silicio en este caso; éste recibe la energía con la que viajaba el fotón. Si la energía adquirida supera la fuerza de atracción del núcleo, este sale de su órbita y queda libre del viajando a través del material. Cada electrón liberado deja un agujero que ocupara otro electrón generando así corriente eléctrica en forma continua. [22]

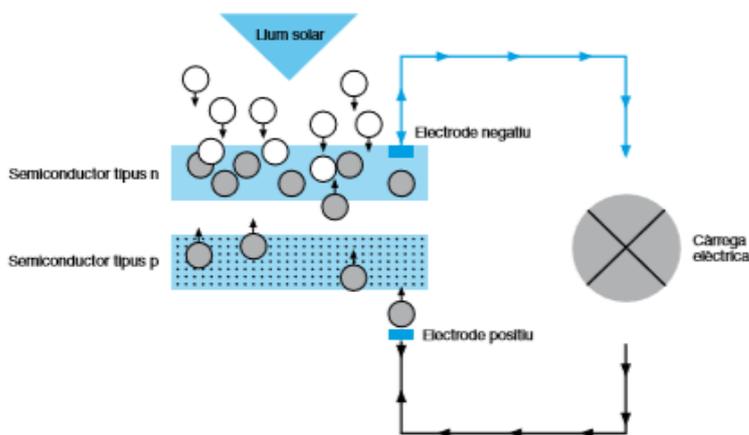


Figura 4.14 Representación del efecto fotovoltaico. (Fuente: ICAEN)

En una instalación fotovoltaica, el efecto fotoeléctrico se genera en las células de los módulos de captación solar. Cuando una célula solar fotovoltaica se conecta a una carga y, a la vez, le incide radiación solar, genera una diferencia de potencial entre sus contactos que provoca la circulación de los electrones a través de la carga. Estas células están formadas por dos semiconductores de distintas características, receptor y emisor, envueltos por dos contactos metálicos, donde en la cara expuesta al Sol se trata de una rejilla que permite la mayor cantidad de radiación solar posible sobre el semiconductor.

Existen distintos tipos de células según el material, generalmente silicio, y su tratamiento: monocristalinas, policristalinas y amorfas. Las células monocristalinas son las de mayor rendimiento ya que el cristal de silicio se presenta como un único cristal de forma redonda. Las policristalinas, en su proceso de fabricación, el silicio se deja solidificar lentamente en un molde rectangular y se obtiene un sólido rectangular con muchos cristales. Este tipo de células tienen un rendimiento inferior a las monocristalinas, pero actualmente presentan una fuerte implantación porque tienen un coste inferior a las monocristalinas. Por último, las células amorfas están formadas por una capa fina de silicio amorfo que a diferencia de las anteriores no se fabrica en forma de célula individual sino en forma de banda.

Estas células, al conectarse entre sí, forman los paneles solares. En estos, las células fotovoltaicas se encuentran protegidas dentro de un marco de aluminio o acero inoxidable con una protección posterior y una cubierta de vidrio que deja pasar la radiación. Entre las dos cubiertas del panel se encuentra el material encapsulante cuya función es la de formar un cuerpo rígido entre las dos cubiertas para dar rigidez al conjunto de las células. Por último, en la parte posterior de los paneles se

encuentra la caja de conexión dónde están los bornes de conexión y elementos de protección del panel. [16]

Tabla 4.8 Comparativa de las características de los paneles solares según el tipo de célula. (Fuente: Benjamín Vera)

	MONOCRISTALINO	POLICRISTALINO	AMORFO
RENDIMIENTO	16 %-19 %	13 %-17 %	10 %-11 %
CARACTERÍSTICAS	Color azul homogéneo	Diferentes cristales y, por lo tanto, diferentes tonos de azules	Color homogéneo
VENTAJAS	Alto rendimiento Estabilidad Tecnología fiable	Coste inferior	Coste inferior Buen rendimiento con radiación difusa Flexible
DESVENTAJAS	Alto coste	Sensibilidad a las impurezas	Bajo rendimiento Deterioro a largo plazo
FABRICACIÓN	Silicio puro fundido en un único cristal	Silicio puro fundido en diversos cristales	Se deposita en forma de lámina delgada sobre un sustrato

Así que, basándose en la relación precio-rendimiento, la tecnología escogida, para la captación fotovoltaica en el proyecto, es la del panel solar policristalino. Tras analizar el mercado y consultar con empresas y expertos del sector, se selecciona el fabricante REC (Renewable Energy Corporation) como proveedor de los paneles.[16] Este se trata de uno de los mayores fabricantes europeos con más variedad de paneles y potencias disponibles.

Dentro del catálogo REC, estos clasifican sus productos según el fin. Para el caso de la instalación de paneles en una vivienda, el producto que ofrecen con tecnología policristalina es el REC TwinPeak 2 Series con una versión de 300Wp de potencia, formado por 120 celdas y con una eficiencia del 18%. Este modelo, según el fabricante, brindan más potencia de salida por cada metro, al menos 20 Wp más por panel, en comparación con los paneles estándar de 60 celdas policristalinas. Este panel genera una tensión de 32,5V a 9,24 A de corriente continua.

Para poder cubrir la actual potencia instalada en el edificio, 86 kW, se deberán de instalar un total de 287 paneles REC TwinPeak 2 Series. Estos paneles tienen una superficie de 1,6m², por lo tanto, se necesitaría una superficie plana de 459,57m² que es superior a los 354m² disponibles. Este hecho hace inviable cubrir el total de la potencia instalada, cosa que no significa que no se puedan cubrir las necesidades energéticas. Por ello, se calcula la potencia máxima y la energía producida para la superficie disponible. En la superficie de la terraza del edificio a estudio se podrían instalar un máximo de 221 paneles, es decir, 66,3kWp de potencia.

Para poder cubrir la mayor área posible con los paneles, estos, seguirán la misma orientación (ángulo de acimut) que el edificio. Para poder calcularlo se ha utilizado la herramienta “regla” de la aplicación Google Earth. Con esta herramienta se ha podido dibujar una línea paralela a la fachada del edificio y determinar la orientación. Como se puede ver en la Figura 4.15 Cálculo del ángulo de acimut. (Fuente: Elaboración propia mediante Google Earth), la fachada más favorable para la captación solar, está orientada hacia el sud-este, por lo tanto, se tiene un ángulo de acimut de $-4,4^\circ$.

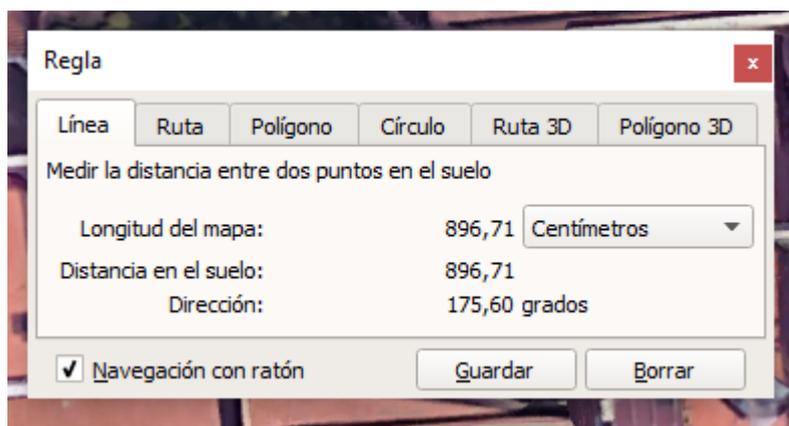


Figura 4.15 Cálculo del ángulo de acimut. (Fuente: Elaboración propia mediante Google Earth)

Una vez seleccionada la tecnología, la potencia y los ángulos correspondientes, mediante la calculadora de PVGIS para instalaciones conectadas a red, se puede estimar la producción energética del sistema fotovoltaico. Esta calculadora incluye un porcentaje por pérdidas del sistema (cableado, inversores, suciedad...) del 14%, lo que significa que la energía mostrada es la disponible para entregar a red. Según la base de datos PVGIS-CMSAF, la instalación proyectada podrá entregar a red un total de 86200 kWh, lo que significa más del triple de la demanda, tras las medidas energéticas, de 27639kWh.

Tabla 4.9 Producción mensual de la instalación proyectada. (Fuente: PVGIS)

Mes	kWh
Enero	3510
Febrero	4590
Marzo	7300
Abril	8600
Mayo	10700
Junio	11200
Julio	11300
Agosto	9770
Septiembre	7180
Octubre	5300
Noviembre	3660
Diciembre	3090
Total	86200

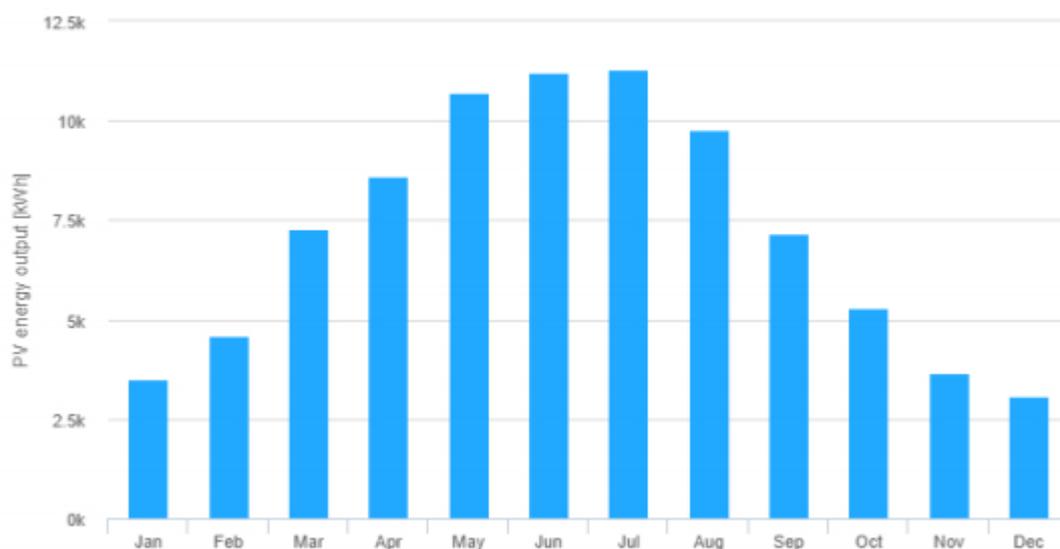


Figura 4.16 Representación de la producción mensual de la instalación. (Fuente: PVGIS)

4.5.2. Energía solar térmica

La energía solar térmica se basa en el aprovechamiento del calor que proporciona la radiación solar con el fin de transferir esta energía a un elemento portador, normalmente agua o aire. La principal aplicación de la energía solar térmica es la producción de ACS, aunque también se puede utilizar para la climatización de los edificios. Los sistemas de captación de energía solar son elementos dónde en su interior circula un fluido que absorbe la energía radiada por el sol.

Se considera que el porcentaje de ACS anual que se debe de cubrir por la energía solar térmica debería ser aproximadamente del 60%. Este porcentaje aproximado está diseñado para que en la época de mayor radiación solar no sobre energía. Es decir, la energía aportada por los captadores solares debe de cubrir el 100% de las necesidades. En cambio, en los meses de menos captación energética, la demanda que no se pueda cubrir se deberá de hacer con sistemas auxiliares. [4]

El captador es el componente de una instalación solar térmica encargado de recibir la radiación solar y transformarla en calor. Son varios los tipos de captadores que se encuentran en el mercado: simplificado sin cubierta de vidrio, de tipo plano, de tubos de vacío y de concentración. El captador solar plano con cubierta vidriada es el más utilizado en España, para instalaciones de ACS. Este está compuesto por: [24]

- Absorbedor: Es el elemento que capta la radiación solar y transforma la energía solar en energía térmica. Este está formado por una lámina fina de cobre o aluminio, en contacto con unos tubos de cobre por los que circula el fluido a calentar.
- Cubierta transparente: Es el elemento que protege el captador permitiendo la entrada de radiación y la producción el efecto invernadero en el interior del captador.

- Aislante: Es el elemento que se encarga de envolver el resto del captador y permite reducir las pérdidas por transferencia de calor hacia el exterior.
- Carcasa: Elemento encargado de unir los componentes del captador solar y darle la estructura.

El captador solar se basa en una serie de principios físicos que permiten transformar la radiación solar en energía térmica. Primero, al incidir la radiación sobre el captador se genera el principio de absorción. A consecuencia del aumento de temperatura del captador, este, emite radiación, gracias a un buen diseño de la cubierta de cristal, es capaz de retornar al captador generando así un efecto invernadero en el interior de este. Por último, es necesario reducir al mínimo los principios de convección y conducción; para ello es importante que el espacio entre el absorbedor y la cubierta sea muy pequeño y que el captador este bien aislado del exterior. [24]

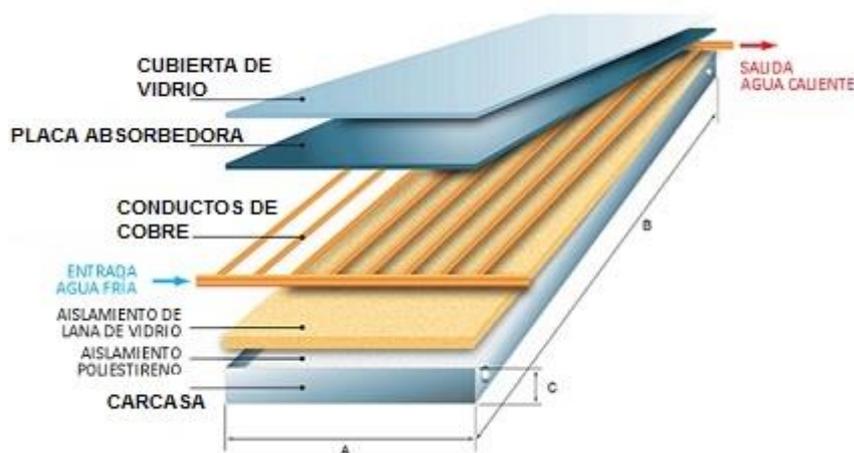


Figura 4.17 Representación de los componentes del captador solar plano. (Fuente: Sopelia)

Tras estudiar el mercado y los posibles modelos de captadores solares planos, se decide apostar por la tecnología de Baxi. Baxi es un fabricante líder en el mercado europeo en sistemas de calefacción y ACS que está haciendo una gran inversión en la tecnología de captación solar. Adicionalmente, este es un proveedor que su fábrica nacional está situada en el mismo municipio donde se quiere realizar la instalación, lo que supondría un menor impacto medioambiental en el transporte del material.

Para la selección del captador, dentro del catálogo de captadores planos de Baxi, se estudian las curvas de rendimiento para determinar cuál es el óptimo para la instalación. El fabricante representa los rendimientos según una ecuación (Eq.4.4) como la del modelo Baxi Sol 250.

$$\eta = 0.812 - 3.478 \frac{\Delta T}{I} - 0.018 \frac{\Delta T^2}{I} \quad (\text{Eq. 4.4})$$

Para poder entender esta ecuación hay que desglosarla y ver lo que significa cada término. Como se puede observar, es una ecuación polinómica de grado dos compuesta por un valor 0,812 que define el rendimiento óptimo (η_{opt}) del captador dado por el fabricante; los valores 3,478 y 0,018 corresponden

al factor de corrección por pérdidas (k) determinado por el fabricante en función de la radiación incidente; por último, el término variable ΔT corresponde a la diferencia de temperaturas entre el interior del colector, expresada como la media entre la entrada y la salida de este, y el exterior tal y como se muestra en la Eq.4.5. [25]

$$\Delta T = \frac{T_{sal,cap} - T_{ent,cap}}{2} - T_{exterior} \quad (\text{Eq. 4.5})$$

Entonces, para poder hacer una estimación del rendimiento mensual del captador se debe de conocer la temperatura media exterior y la temperatura de red del mes en cuestión. La primera información necesaria se obtendrá mediante la herramienta PVGIS [23]. Para la segunda se consulta el Documento Básico HE4 de Ahorro de Energía que habla sobre la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria y dónde en el Apéndice B aparece la información requerida para la provincia de Barcelona y según la Eq.4.6, dónde A es la altura respecto el nivel del mar y con valores B 0,0066 de octubre a marzo y 0,0033 de abril a septiembre, se puede estimar la temperatura de la localidad de Martorell. Según el mismo documento, la temperatura de referencia para una instalación térmica-solar es de 60°C. [12]

$$T_{Martorell} = T_{Barcelona} - B \cdot (A_{Martorell} - A_{Barcelona}) \quad (\text{Eq. 4.6})$$

Tabla 4.10 Temperaturas medias mensuales del agua de red y de ambiente. (Fuente: DBHE4 y PVGIS)

Mes	$T_{\text{agua fría}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{exterior}} (^{\circ}\text{C})$
Enero	8,72	11,2
Febrero	9,72	10,2
Marzo	10,72	10,2
Abril	11,86	12,8
Mayo	13,86	15,8
Junio	16,86	21,1
Julio	18,86	24,4
Agosto	18,86	23,8
Septiembre	16,86	21,8
Octubre	14,72	17,6

Noviembre	11,72	12,9
Diciembre	9,72	9,9

Para la obtención de la irradiancia (I), expresada en W/m², se debe de seleccionar primero el ángulo de inclinación de las placas. Siguiendo el criterio del DBH4, se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima de latitud geográfica +10° debido a que la mayor demanda de energía térmica se consume en invierno. [12] Por lo tanto, para una latitud de 41.475°, se determina una inclinación de 50°.

Según las distintas curvas de rendimiento, los datos expresados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y los valores de irradiancia media diaria para cada mes, según el ángulo de inclinación de 50° y de acimut -4,4°, se desarrolla las distintas curvas de rendimiento que permitirán seleccionar el captador óptimo de Baxi.

Tal y como se puede observar en la Figura 4.18 Representación gráfica de los rendimientos mensuales según la tecnología Baxi Sol. (Fuente: Elaboración propia según datos de Baxi), los tres tipos de captadores estudiados tienen un rendimiento similar para los distintos meses del año. Como se quiere maximizar la producción en los meses de mayor demanda, se utilizará el modelo Baxi SOL 250 porque tiene un mayor rendimiento para estos meses.

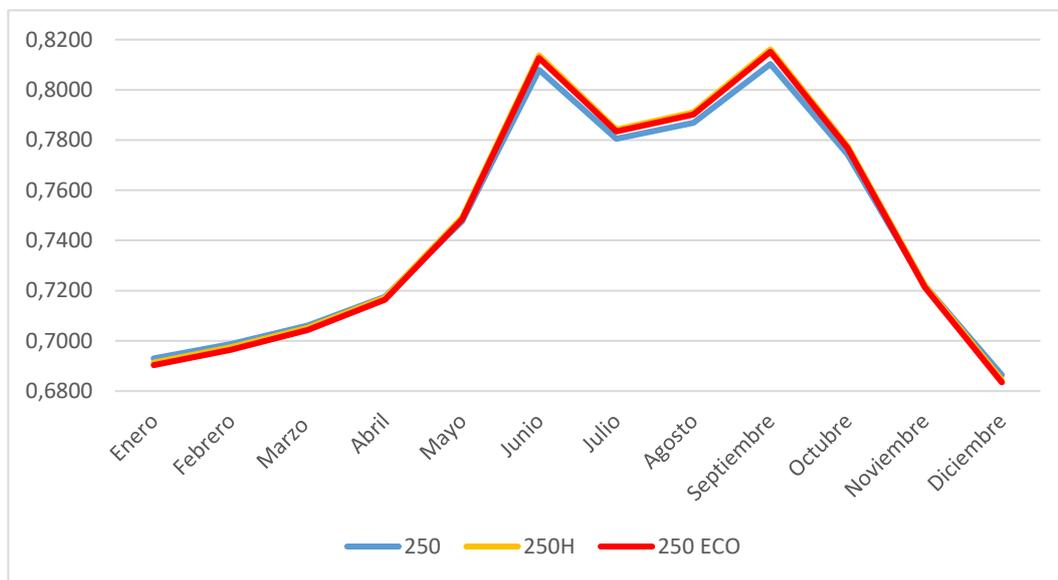


Figura 4.18 Representación gráfica de los rendimientos mensuales según la tecnología Baxi Sol. (Fuente: Elaboración propia según datos de Baxi)

Así que, una vez seleccionada la tecnología, se estudia la captación de energía solar térmica por captador. Esta energía se calcula mediante la Eq.4.7. Para ello se necesita la irradiación (kWh/m²),

$H(50^\circ)$, para la inclinación de 50° . Se obtiene, una vez más, a través el PVGIS. También se necesita la superficie del captador, que para el modelo seleccionado es de $2,37\text{m}^2$.

$$E_{\text{captador}} = H(50^\circ)_{\text{mes}} \cdot \eta_{\text{captador,mes}} \cdot S_{\text{captador}} \quad (\text{Eq. 4.7})$$

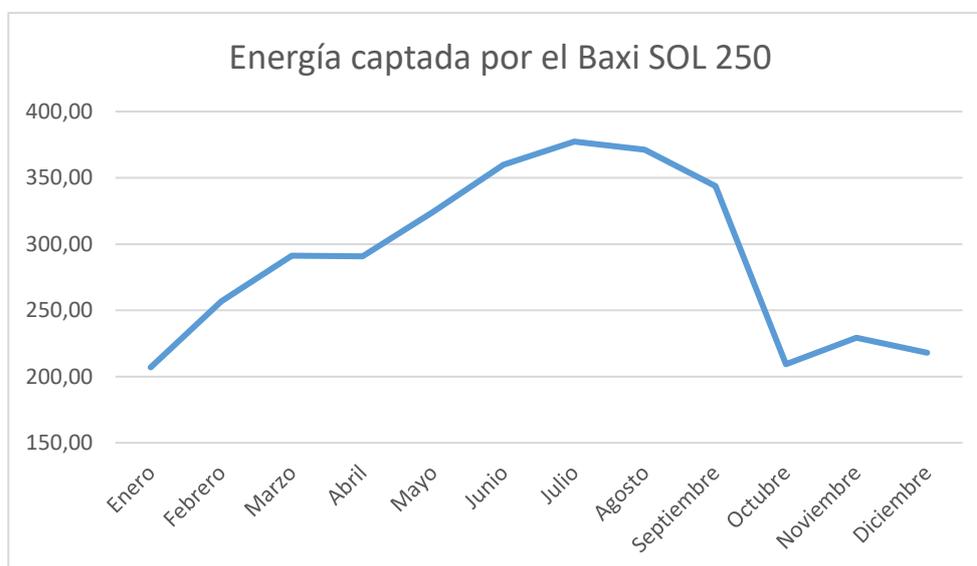


Figura 4.19 Representación de la captación térmica del captador seleccionado. (Fuente: Elaboración propia)

Así que, se puede determinar que con la tecnología escogida se podrá producir 3478 kWh térmicos al año por captador. Por lo tanto para producir los $111,8 \text{ MWh}$ demandados se requerirán 33 captadores.

4.5.3. Energía minieólica

La energía minieólica o de baja potencia es el aprovechamiento de los recursos eólicos mediante la utilización de aerogeneradores de potencia inferior a 100 kW y con un área de barrido que no supere los 200m^2 . La característica principal es el bajo impacto ambiental por su pequeño tamaño y por el bajo impacto ambiental en entornos urbanos. Se recomienda su uso sobre todo para instalaciones aisladas, pero también se puede utilizar para inyectar a red. [4]

Existen varios tipos de aerogeneradores clasificados según su eje. Actualmente se comercializan los aerogeneradores de eje vertical y eje horizontal. Los primeros, de los cuáles se utilizan tres estructuras de captación principalmente (Savonius, Giromil, Darrieus), se caracterizan por tener un menor tamaño lo que comporta una menor capacidad de captación del recurso eólico; pero, también emiten menos ruido y son capaces de captar el recurso sin importar la dirección de este. En cambio, los de eje vertical siguen una misma estructura de captación mediante un número de palas agregadas a una estructura. Estos aerogeneradores son los más comunes en la producción de energía eólica ya que permiten una mayor captación, pero también requiere un mayor estudio de implantación debido al gran impacto

ambiental que genera y la necesidad de un sistema de monitorización de la orientación de las palas y de la góndola para la optimización de captación. [26]

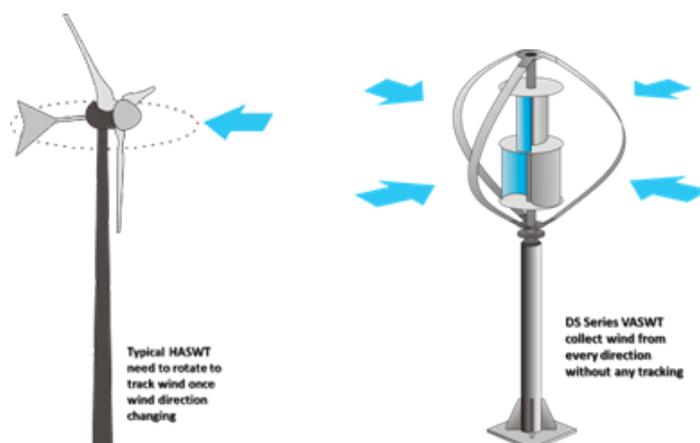


Figura 4.20 Aerogeneradores de eje horizontal (izquierda) y vertical (derecha). (Fuente: e-vawt.es)

La potencia que capta un aerogenerador viene teóricamente determinada por la Eq.4.8. Pero a la práctica esta ecuación es irreal ya que el aerogenerador no absorbe toda la energía que lleva el viento a la hora de mover sus aspas. Si fuese así, el viento debería frenarse totalmente tras pasar por el aerogenerador, pero en la realidad este solo ve disminuida su velocidad. La fracción de la energía del viento que una turbina convierte en la práctica en energía mecánica de rotación se llama coeficiente de potencia (CP). Según el modelo de Betz, las leyes físicas solo permiten que el CP máximo que puede tener un aerogenerador es aproximadamente del 59% de la energía que posee el viento antes de pasar por el aerogenerador. Por ello, el CP se vuelve un valor a tener en cuenta a la hora de seleccionar la tecnología deseada. [27]

$$P_{viento} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot \pi \cdot r^3 \quad (\text{Eq. 4.8})$$

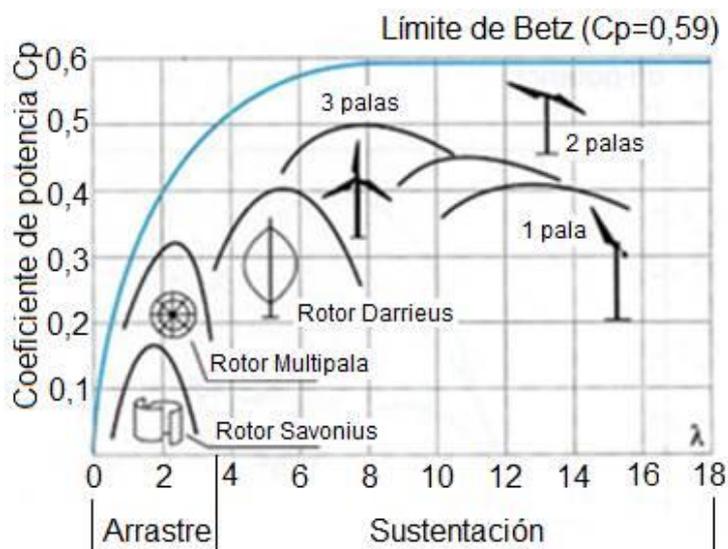


Figura 4.21 Representación de las distintas tecnologías en la curva de Betz. (Fuente: Ernesto Fariñas)

Por lo tanto, la mejor tecnología, para los respectivos tipos de eje, son la de eje horizontal de tres palas y el Darrieus de eje vertical. Pero, la tecnología óptima para el aprovechamiento del recurso eólico es el aerogenerador de eje horizontal de tres palas.

Para seleccionar la tecnología correcta hay que tener en cuenta el recurso eólico disponible, representado en la Figura 4.9 Representación gráfica de la Tabla 4.6. (Fuente: Elaboración propia). Para el caso en estudio se determina que el aerogenerador seleccionado deberá de contar con una velocidad de arranque baja para poder aprovechar al máximo el recurso disponible, y un sistema de orientación ya que no se dispone de rosa de los vientos que pueda ayudar al diseño de la instalación.

Estudiando el mercado y los distintos fabricantes, se selecciona los aerogeneradores de Enair. Para la selección, a más a más de valorar la disponibilidad de aerogeneradores que cumplan las características deseadas, se ha valorado la información aportada por el fabricante ya que, por ejemplo, para poder estimar la producción energética es necesaria tener esta curva bien detallada. A parte, este fabricante ofrece una calculadora de estimación de producción eólica a partir de las características de sus aerogeneradores y de un seguido de bases de datos.

El catálogo de Enair está dividido según si es para aplicación industrial o doméstica. Para uso doméstico se encuentran dos tipos de aerogenerador: E70 PRO de 5kW y el E30 PRO de 3kW. Cómo la necesidad de potencia eléctrica es elevada, se selecciona el Enair E70 PRO.

Este aerogenerador, como características principales, es compatible con conexión a red a través de un inversor con sistema MPPT, tiene una velocidad de arranque de 2m/s, un área de barrido de 14,5m² y una orientación por sistema pasivo con timón.

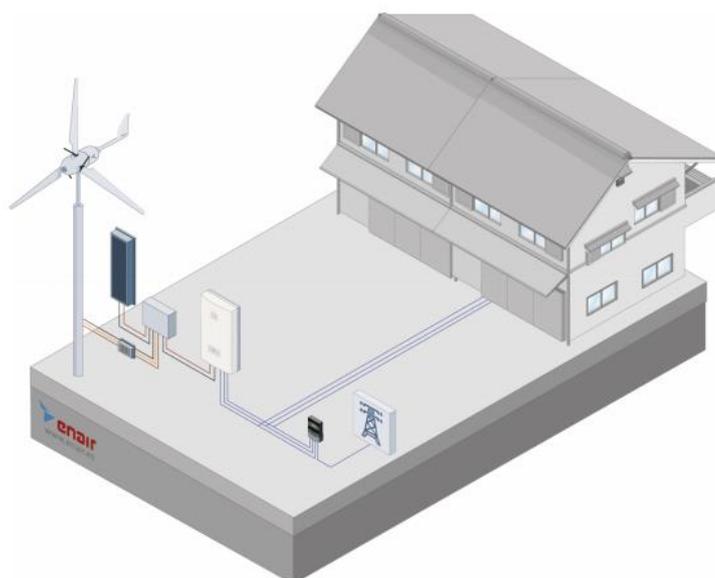


Figura 4.22 Instalación trifásica para generación del Enair E70 PRO. (Fuente: Enair)

En la Figura 4.23 Curva de potencia y del coeficiente de potencia del aerogenerador seleccionado. (Fuente: Enair), se representa la curva de potencia del E70 PRO conjuntamente a la curva de coeficiente de potencia. Como se puede observar, este aerogenerador es capaz de obtener un coeficiente cercano al límite de Betz para bajas velocidades, lo que lo convierte una buena opción para el recurso eólico existente en la ubicación. Los valores ofrecidos por la curva de potencia se han representado en Excel y se ha extraído la línea de tendencia polinómica de orden 6, representada en la Eq.4.9. Esta tiene un coeficiente de determinación de 0.9988, por lo tanto, se considera correcta para el cálculo de producción energética para un aerogenerador E70 PRO.

$$P(v) = -0,0052v^6 + 0,3463v^5 - 8,5664v^4 + 93,421v^3 - 408,08v^2 + 741,93v - 418,01 \quad (\text{Eq. 4.9})$$

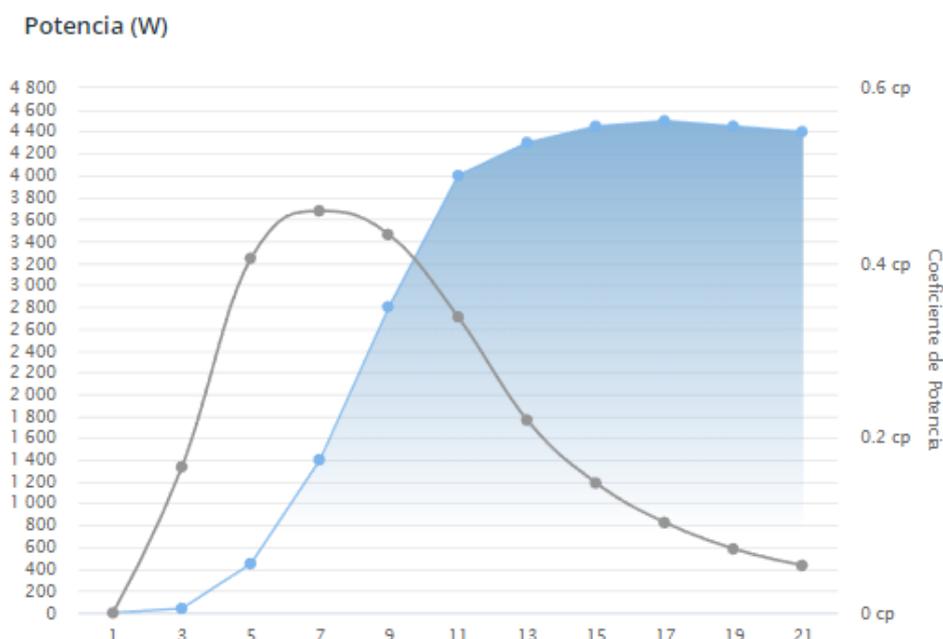


Figura 4.23 Curva de potencia y del coeficiente de potencia del aerogenerador seleccionado. (Fuente: Enair)

Para el recurso eólico estimado, basándose en el número de horas de velocidad de viento aprovechable, se estima una producción de 690,28kWh eléctricos anuales. En cambio, según la calculadora de Enair, la producción anual es de 1799kWh con un 15% de error; por lo tanto, para el caso más desfavorable, se obtendrían 1529,15kWh por aerogenerador E70 PRO. [28]

Para poder estudiar la capacidad máxima de generación se debe de conocer primero cuál es el número máximo de aerogeneradores que se pueden instalar. Estos deberán de evitar cualquier obstáculo que les genere turbulencias, por ello se situaran en la terraza superior del edificio, el cuál es el más elevado de su alrededor. También, si se desea instalar más de uno, deberán de evitar la turbulencia generada por el mismo aerogenerador; este hecho obliga a que estén a una distancia estimada de 7 veces el diámetro del aerogenerador. Si el E70 PRO tiene un diámetro de 4,3m, los aerogeneradores deberán de estar a una distancia de 30,1m entre ellos. Este hecho obliga a que en el emplazamiento estudiado se pueda introducir como máximo un aerogenerador ya que la distancia máxima de separación que permite la terraza es de 25,75m.

4.5.4. Microgeneración

La cogeneración (CHP) consiste en conseguir los beneficios de generación de energía eléctrica y térmica simultáneamente. La cogeneración aprovecha los gases de la combustión de la caldera para activar una turbina que está conectada a un alternado, hecho que permite generar energía eléctrica. Además, consta de un segundo proceso que consigue recuperar parte del calor residual de los gases de

combustión, consiguiendo energía térmica y un incremento en el rendimiento de la caldera. Se entiende como microgeneración aquellas instalaciones de cogeneración de potencia inferior a 1MWe, dedicadas al suministro energético del sector doméstico y de servicios. [4]

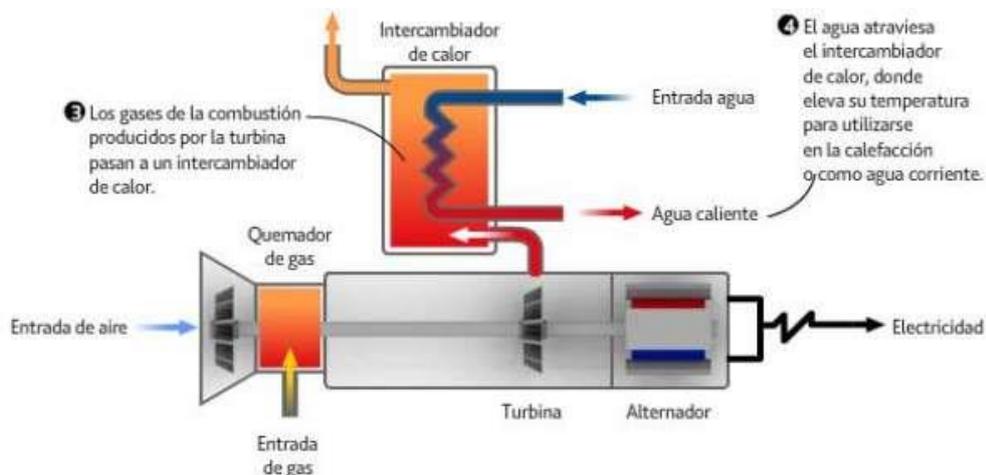


Figura 4.24 Estructura del funcionamiento de la microgeneración. (Fuente: Certificados Energéticos)

Está estimado, según datos del ICAEN, que el rendimiento de un sistema de microgeneración ronda el 85%. El 100% de la energía del combustible, durante el proceso, es aprovechada en un 35% para producción eléctrica y un 50% es aprovechado térmicamente, reduciéndose las pérdidas a un solo 15%. Es por esta alta eficiencia energética por qué la microgeneración es aplicable en NZEB a pesar de producir esta energía mediante un combustible fósil como el gas natural. Como el circuito secundario corresponde a la producción térmica, será esta la que determine el dimensionamiento de la caldera de combustión. [4]

Para buscar la tecnología, que permita una potencia de 558,6 kW, se analizan los distintos fabricantes y modelos que ofrecen. Tras el estudio se escoge al fabricante Kromschroeder S.A., empresa especializada en el sector que contribuye la reducción de las emisiones de CO₂, al desarrollo de las energías eficientes y renovables y al uso responsable y seguro de las instalaciones de energía que utilizan gases combustibles. Esta al ser de Barcelona ofrece un producto cercano a la instalación proyectada con lo cual se reduciría el impacto medioambiental del proyecto. Además, consta con una amplia gama de instalaciones de CHP de hasta 1MWe de potencia.

Viendo el catálogo de Kromschroeder, para el rango de potencia estimado, se selecciona el modelo Indop 500M ½ TA con una modulación del 100%. Este modelo, que funciona mediante la combustión de gas natural, tiene una potencia térmica de 694kWt siendo el único que ofrece la potencia deseada. Además, tiene también una potencia de generación de 523kWe que cubren sin problema la demanda eléctrica del edificio.

Tipo	Modulación (% nominal)	Potencias		Rendimientos (cos $\varphi = 1$)		
		Térmica (kW)	Eléctrica (kWe)	Térmico %	Eléctrico %	Total %
Indop 110M	50	50	77	51,0	33,1	84,1
	100	104	149,4	53,0	36,9	89,9
Indop 140H	50	63	130	61,9	30,0	91,9
	100	129	195	54,8	36,2	91,0
Indop 220M 172 TA	50	105	165	55,0	35,0	90,0
	100	210	279	50,5	38,7	89,2
Indop 220M	50	106	152	52,6	36,7	89,3
	100	215	271	51,2	40,6	91,9
Indop 275M	50	126	243	61,2	31,7	92,9
	100	259	370	53,3	37,3	90,6
Indop 370M	50	179	232	47,2	36,4	83,5
	100	364	436	48,3	40,3	88,6
Indop 450M	50	210	303	52,0	36,0	88,0
	100	428	545	50,0	39,3	89,3
Indop 500M	50	257	359	50,4	36,1	86,5
	100	522	661	49,3	38,9	88,2
Indop 500M 1/2 TA	50	375	256	51,8	35,4	87,2
	100	694	523	50,8	38,3	89,0

Figura 4.25 Catálogo Kromschroeder para CHP de gas natural de 110 – 500 kWe. (Fuente: Kromschroeder)

4.5.5. Energía térmica a partir de biomasa

La biomasa es un combustible de origen orgánico. Esta puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o planificado, utilizable como fuente de energía. Este combustible se puede clasificar según su origen: agrícola, forestal, residuos o aguas residuales. [4]

A pesar de que el aprovechamiento energético de la biomasa proviene de la combustión de esta, con la consecuencia de la emisión de gases a la atmósfera, esta se considera una fuente de energía renovable porque el balance de CO₂ es neutro gracias a las emisiones absorbidas durante la etapa de crecimiento vegetal. [4]

Los combustibles sólidos son los más utilizados en las instalaciones de biomasa. Para poder seleccionar cuál es el indicado para el proyecto se deben de tener en cuenta varios aspectos.

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Poder calorífico inferior (PCI)
- Densidad
- Contenido de cenizas y polvo

Existen muchos tipos de biocombustibles sólidos según el origen de la materia orgánica y el tratamiento de esta. Todos estos, al no existir una red de suministro como puede ser la eléctrica y la del gas ciudad, deberán de ser suministrados por un proveedor y almacenado en el punto de generación. Los biocombustibles más generalizados en el mercado son el combustible pellet de madera y la astilla forestal. El pellet es un granulado de madera que proviene de la extrusión de serrín y virutas de subproductos de la industria de la madera. En cambio, la astilla proviene de la explotación forestal o como subproducto de la industria de primera transformación. [29]

Combustible	Humitat bh	PCI	Densitat	Cendres
	%	kWh/kg	kg/m ³	%
Pèllet de fusta	10	4,8	650	< 0,5
Estella forestal	25	4,0	250	1 - 2
Escorça forestal	25	4,2	200	1 - 2
Closca de fruits secs	10	4,2	350	2 - 3
Pinyol d'oliva	8	4,2	630	2 - 3
Pinyola	8	4,3	610	3 - 4
Granet de raïm	8	4,7	600	1 - 2
Farina de polpa de raïm	8	4,3	600	2 - 3

Figura 4.26 Tabla comparativa de las características de los biocombustibles fósiles. (Fuente: ICAEN)

Observando los valores de la figura, se quiere realizar el estudio del combustible óptimo para producir la demanda térmica necesaria. Para ello se tendrá en cuenta el PCI, valor gracias al cual se puede conocer la cantidad másica de biocombustible necesaria, y la densidad de cada uno de los combustibles. El objetivo de esta comparativa es conocer el biocombustible que requiere menos volumen para generar la producción demandada, ya que el volumen determinará el almacenamiento necesario y a su vez la cantidad de viajes que debe de realizar el proveedor para suministrar el combustible.

$$V(m^3) = \frac{\text{Consumo (kWht)}}{\text{PCI} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right) \cdot \rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \quad (\text{Eq. 4.10})$$

Mediante la Eq.4.10, para un consumo térmico anual de 111,98 MWt, se estiman los distintos volúmenes necesarios. Tal y como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** el biocombustible que requiere menos volumen para poder producir la demanda del edificio es el pellet, por este motivo, es el combustible seleccionado.

Tabla 4.11 Volumen de combustible necesario para la instalación proyectada. (Fuente: Elaboración propia)

	<i>Pellet</i>	<i>Astilla</i>
Volumen necesario (m3)	35,89	111,97

4.5.6. Valoración y selección de las tecnologías

Una vez finalizado el estudio de las tecnologías disponibles para la generación de energía en el edificio, se determina que:

- La tecnología de producción de energía minieólica queda descartada por la baja capacidad de producción debido al escaso recurso eólico de la zona.
- La tecnología de producción mediante microgeneración queda descartada porque a pesar de poder suplir la demanda energética necesaria, no permitiría conseguir el balance nulo de emisiones. Solamente lo reduciría de 33,36 toneladas a 29,44 toneladas de CO₂.
- Se prioriza la instalación de paneles solares fotovoltaicos ya que tiene un potencial de producción que supera la demanda energética y, a diferencia de la energía solar térmica, puede verter a red sin necesidad de equipos de acumulación energética.
- Se diseñará una instalación de caldera de biomasa para poder garantizar la demanda térmica, ya que es la única tecnología que garantiza la totalidad de la producción independientemente de la demanda instantánea.
- Si el diseño del campo solar lo permite, se realizará un estudio de viabilidad para poder instalar captadores solares para la producción de energía térmica en un futuro. Estos se instalarán para poder suplir con un factor solar del 100% la demanda de ACS en el mes de mayor producción.

4.6. Diseño del NZEB

4.6.1. Dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica

4.6.1.1. Selección del ángulo óptimo de captación

Para poder diseñar el campo solar fotovoltaico, primero de todo se debe de establecer el ángulo de inclinación de los paneles solares. Este se puede seleccionar según dos criterios: mes crítico y máxima captación de energía anual.

El método de selección del ángulo según el mes crítico consiste en realizar una evaluación mensual, en formato tabla, de la irradiación recibida para los posibles ángulos. Tras la realización de la tabla se divide el consumo medio diario para cada mes entre el valor de irradiación obtenido, consiguiendo así el cociente de consumo medio mensual. El mes que tenga mayor cociente será el mes crítico que determinará el ángulo de inclinación. Para ello, habrá que observar, para el mes en cuestión, cual es el ángulo que ofrece un menor cociente. [30]

Por lo contrario, el método de máxima captación de energía anual no funciona mensualmente sino anualmente. Para estudiarlo se deberá de realizar una comparativa de la irradiación anual para los distintos ángulos posibles. Actualmente, en vez de realizar el estudio manual, el ángulo óptimo para la ubicación del proyecto se puede conocer gracias a la aplicación PVGIS.

En el proyecto, al estar conectados a red, no se requiere garantizar la demanda mensual. Por lo tanto, se podrá seleccionar el ángulo óptimo para la mayor captación energética anual ofrecido por PVGIS. Según esta web, el ángulo de inclinación de los paneles debe de ser de 37°. [23]

Siguiendo el proceso del cálculo de la irradiación mensual según PVGIS se obtiene la Figura 4.27 Comparativa de irradiación mensual para 0° de inclinación y 37°. (Fuente: PVGIS), dónde en naranja está representada la irradiación óptima y en granate la irradiación ya calculada en apartados anteriores.

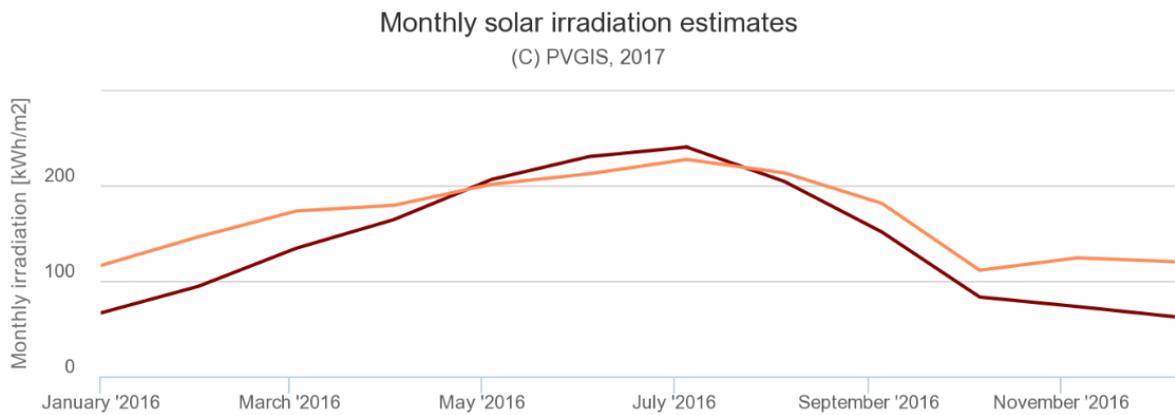


Figura 4.27 Comparativa de irradiación mensual para 0° de inclinación y 37°. (Fuente: PVGIS)

4.6.1.2. Dimensionamiento para evitar pérdidas por sombra de los elementos del campo solar

Para evitar las pérdidas de captación de energía solar fotovoltaica por sombras, se debe mantener una separación entre los captadores de tal forma que la sombra de una fila no incida sobre la otra en el momento del año que el sol se encuentra a menor altura (mayor proyección de la sombra) que es durante el solsticio de invierno, el 21 de diciembre. La separación mínima entre la base de los captadores se obtiene aplicando geometría básica. Según las variables de la Figura 4.28 Distancia mínima entre objetos para evitar las pérdidas por sombra. (Fuente: Benjamín Vera), la distancia mínima entre los objetos del campo solar queda definida en las siguientes ecuaciones. [16]

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \quad (\text{Eq. 4.11})$$

$$h = \text{altura panel} \cdot \sin(\alpha) \quad (\text{Eq. 4.12})$$

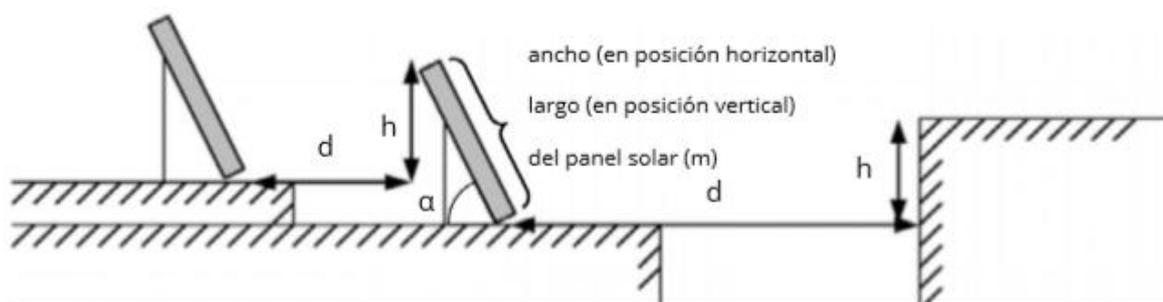


Figura 4.28 Distancia mínima entre objetos para evitar las pérdidas por sombra. (Fuente: Benjamín Vera)

Primero de todo, se debe de definir el área disponible para la colocación de paneles. Esta vendrá limitada por el muro de 2m de alto que rodea el perímetro y genera una sombra de 5,64m. Esta sombra reducirá el área del campo solar de los 354m² disponibles, a los 223,5m² útiles. Hoy en día existen aplicaciones que permiten recrear la frecuencia de sombras como es el caso de PV*SOL, aplicación gracias a la cual se ha podido representar el mapa de frecuencias de la Figura 4.29 Áreas no utilizables debido a la sombra del muro. (Fuente: PV*SOL).

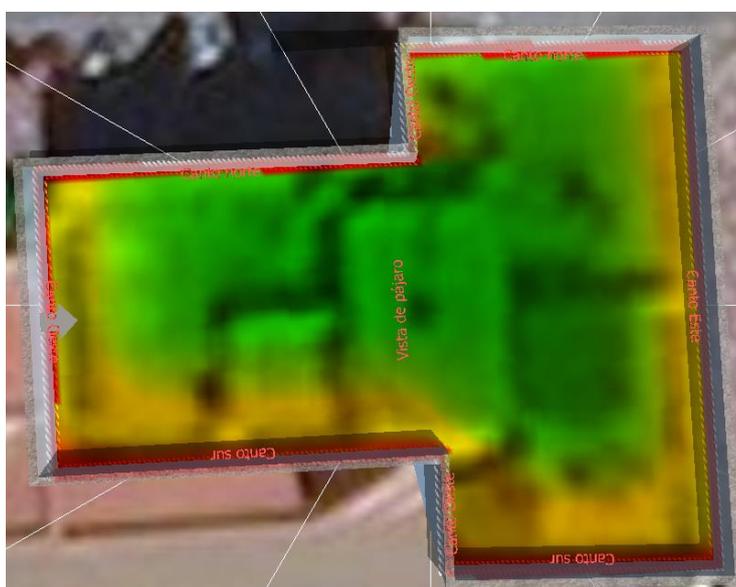


Figura 4.29 Áreas no utilizables debido a la sombra del muro. (Fuente: PV*SOL)

En segundo lugar, los paneles seleccionados (REC TwinPeak 2 Serie) tienen unas dimensiones de 1,675x0.956m. En caso de que la altura vertical sea 1,675m, la sombra proyectada del panel será de

2,84m. En cambio, si la altura vertical es de 0,956m, la sombra proyectada será de 1,62m. Independientemente de la orientación de colocación de panel, el área necesaria para la instalación de cada uno es de 4m^2 , lo que implica la instalación de como máximo 55 paneles.

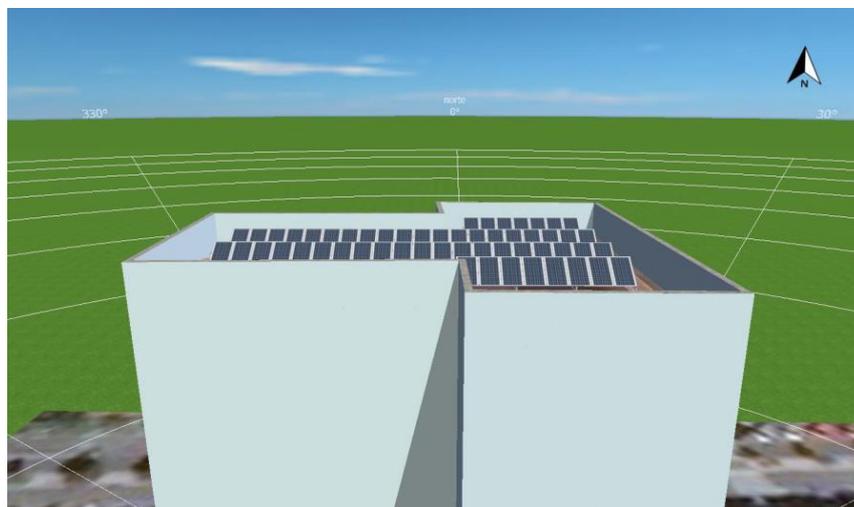


Figura 4.30 Representación óptima para evitar pérdidas por sombra. (Fuente: PV*SOL)

4.6.1.3. Cálculo de la producción fotovoltaica

Debido a que la orientación del edificio es óptima se estima una inclinación para los paneles de 37° y una orientación de 0° hacia el sur (acimut).

Para poder garantizar el consumo óptimo del edificio se ha estimado una instalación fotovoltaica de 55 paneles, REC TwinPeak 2 Serie, de 300Wp cada uno. Esto supondrá una potencia pico de instalación de 16.5kWp.

Una vez realizado todos los cálculos para la obtención de la producción fotovoltaica en la aplicación PVGIS se estima 25700kWh con una variación año a año de hasta 2161kWh. Este valor representaría el 93% de los 27639kWh de la demanda eléctrica, pudiendo conseguirse el 100% en el año más favorable.

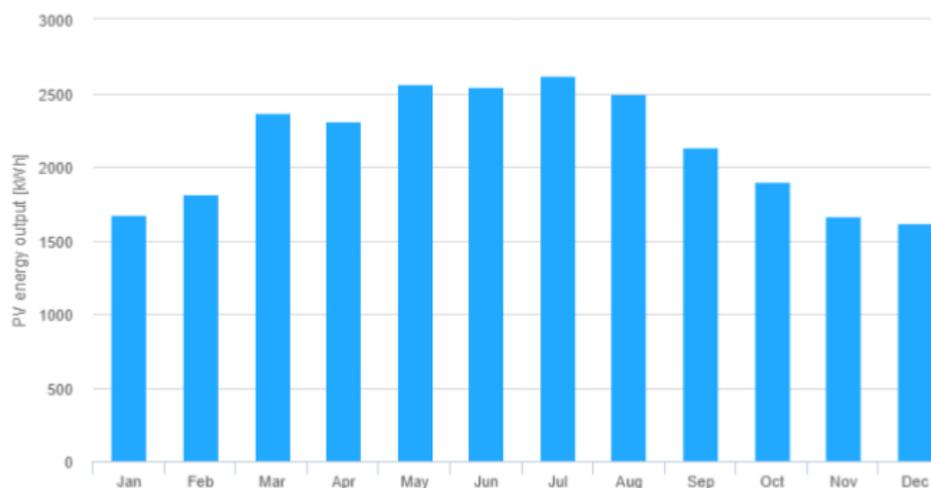


Figura 4.31 Energía captada mensualmente. (Fuente: PVGIS)

4.6.1.4. Selección del inversor

Es conocido que los paneles fotovoltaicos generan electricidad en corriente continua (CC) pero el edificio proyectado consume la electricidad en corriente alterna (AC), por lo tanto, la instalación requerirá de un inversor.

El inversor es el elemento que realiza la transformación de corriente continua a corriente alterna. Esta corriente transformada debe tener también las mismas características que las de la red eléctrica, de modo que la instalación fotovoltaica no afecte a la red eléctrica produciendo perturbaciones, o que la instalación de autoconsumo. Para el caso de la instalación proyectada con conexión a red se debe de cumplir las características de la Red Eléctrica Española. Esta tiene un parámetro de tensión de 230V monofásicos / 400V trifásicos y una frecuencia de red de 50Hz. [16] Según las condiciones de conexión (Artículo 12) del RD 1699/2011, por el cual se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, si la potencia nominal de la instalación de generación a conectar a la red de distribución es superior a 15 kW, la conexión de la instalación a la red será trifásica con un desequilibrio entre fases inferior a 5 kW. [31]

La selección del inversor solar se realiza según la potencia requerida para este. La potencia del inversor se calcula de modo que la potencia nominal sea aproximadamente un 20 % inferior a la potencia pico del campo solar. [16] Como la potencia instalada en el campo solar es de 16,5kWp, la potencia del inversor, según esta relación de cálculo, deberá de ser de 13,2kW.

Tras realizar un análisis de campo de los distintos inversores existentes en el mercado, se comparan los catálogos de ABB, SMA y Huawei ya que son los que mayores prestaciones ofrecen. [32] Para la potencia calculada no existen inversores, por lo tanto, hay que comparar los inversores de potencias próximas (12 o 15 kW). Finalmente se opta por comparar los inversores de 12kW ya que Huawei no

tiene un modelo para 15kW. Se observa que el rendimiento de ABB es algo inferior al resto y también que el inversor SMA garantiza que puede trabajar con una potencia de campo solar de hasta 18kWp, información desconocida para el inversor Huawei. Por lo tanto, tras ver que tienen unas características muy similares, se elige el inversor SUNNY TRIPOWER 12000TL de SMA.

Solar Technology AG (SMA) es el fabricante de inversores para energía solar fotovoltaica con mayor facturación a nivel mundial para instalaciones fotovoltaicas con suministro de energía a la red, alimentación independiente de la red y servicios "backup". El inversor Sunny Tripower 12000TL consta de los siguientes principales parámetros, entre otros:

- Potencia nominal: 12.000W
- Rendimiento energético europeo: 97,9%
- 2 entradas MPP con su sistema OptiTrac Global Peak
- Corriente máxima de entrada: 18 A /10 A
- Tensión de entrada: 150V/188V-1000V
- Corriente máxima de salida: 17,4 A
- Factor de potencia: 1



Figura 4.32 El inversor Sunny Tripower 12000TL. (Fuente: SMA)

4.6.1.5. Configuración del campo solar

Una vez seleccionado el inversor se debe de realizar la configuración del campo solar. Esto significa que se debe de determinar cómo estarán conectados entre sí los paneles solares, cuantos paneles conectados en serie y cuantos strings (series de paneles) serán necesarias según las características de los paneles y del inversor seleccionado. Para el cálculo de paneles admisibles por el inversor hay que

entender que existen inversores con varias entradas y en alguno de ellos, como es el caso del inversor seleccionado, las características de entrada son distintas. Por lo tanto, estas se deberán de dimensionar independientemente una de la otra como si se tratase de inversores distintos. Para ello se deben de seguir una serie de pasos: [16]

- Número de paneles máximos en serie

El número máximo de paneles en serie viene determinado por el valor máximo de tensión de entrada del inversor y el valor de tensión de circuito abierto del panel (V_{OC}). Como el valor V_{CC} del panel puede variar según la situación climática, primero se estudia como incrementa este en la situación más desfavorable (100 W/m^2 y 0°C). Según la Eq.4.13 Se calcula la temperatura de panel dónde T_{onm} es la temperatura mínima de operación del módulo, $42,6^\circ\text{C}$ según fabricante.

$$T_p = T_a + \left(\frac{T_{onm} - 20}{800} \cdot I \right) \quad (\text{Eq. 4.13})$$

A continuación, mediante la Eq.4.14, se calcula la variación de tensión de cortocircuito sufrida por el panel para las condiciones establecidas. Para poder realizar el cálculo, a parte de los valores ya conocidos, se necesita saber los valores dados por el fabricante para las condiciones de estándar de medida (STC), a parte de la tensión de circuito abierto ($39,2\text{V}$) y el coeficiente de temperatura para este ($-3\%/^\circ\text{C}$).

$$V_{OC}(T_a) = V_{OC}(\text{STC}) + T_k \cdot V_{OC} \cdot (T_p(T_a) - T_{STC}) \quad (\text{Eq. 4.14})$$

Por último, el número máximo de paneles en serie viene dado por la relación entre la tensión máxima de entrada del inversor y la tensión de circuito abierto para las condiciones establecidas. En la Tabla 4.12 Resumen resultados para el cálculo de paneles máximos en serie. (Fuente: Elaboración propia) se pueden ver los valores obtenidos para este proceso de cálculo. El número máximo de paneles en serie permitido será de 23, para ambas entradas del inversor (A y B), ya que la instalación de 24 supondría superar la tensión máxima de entrada del inversor.

Tabla 4.12 Resumen resultados para el cálculo de paneles máximos en serie. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Valor calculado
T_p	$2,8^\circ\text{C}$
$V_{OC}(T_a)$	$41,81^\circ\text{C}$
Nº máximo paneles en serie	23,92 (A y B)

- Número mínimo de paneles en serie

Para el cálculo del número de paneles mínimo necesario para que el inversor pueda funcionar, viene calculado por el mismo método descrito por las Eq.4.13 y la Eq.4.14. Esta vez se establecerá una situación contraria a la anterior con 800 W/m² y 40°C. Para los cálculos se utiliza la T_{onm} máxima dada por el fabricante (46,6 °C). Entonces, si se obtiene una tensión de circuito abierto distintas a las condiciones establecidas anteriormente, la cantidad mínima de paneles en serie necesarios vendrá de la división del valor de tensión mínima de entrada al inversor y la nueva V_{cc}. El número mínimo de paneles que se deben de instalar en serie es 5 para la entrada A y de 6 para la B, ya que como se puede observar en la Tabla 4.13 Resumen resultados para el cálculo de paneles mínimos en serie. (Fuente: Elaboración propia) con 4 y 5 paneles, respectivamente, el inversor no funcionaría.

Tabla 4.13 Resumen resultados para el cálculo de paneles mínimos en serie. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Valor calculado
T _p	66,6 °C
V _{oc} (T _a)	34,31 °C
Nº mínimo paneles en serie	4,37 (A) / 5,48 (B)

- Número máximo de strings

Para poder estimar el cálculo de strings es necesario saber la corriente de cortocircuito I_{cc} del panel y la corriente máxima de entrada del inversor. Como en paralelo la corriente se suma, la relación de strings máximas viene dada por la Eq.4.15. El valor máximo para ambas entradas, según los valores de los fabricantes, será de 1 string.

$$N^{\circ} \text{ máximo strings} = \frac{I_{CC,panel}}{I_{m\acute{a}x,input inv}} \quad (\text{Eq. 4.15})$$

Por lo tanto, la disposición máxima de la configuración del campo solar permitida por el inversor Sunny Tripower 12000TL, es de 2 strings x 23 paneles en serie. Esto implica a que el número máximo de paneles REC TwinPeak 2 Series que permite el inversor es de 46. Por lo tanto, no cumple las necesidades de la instalación.

Entonces, se deberá de seleccionar el inversor de características superiores y volver a realizar la configuración. El Sunny Tripower 15000TL, de 15kW, consta de unas características similares al de 12kW pero se aprecia la principal diferencia de que este consta con dos entradas simétricas de 188V de tensión mínima y 33A de corriente máxima de entrada. Con estos valores se repite el proceso y se

obtienen unos parámetros de dimensionamientos como los de la Tabla 4.14 Parámetros de configuración para el inversor Sunny Tripower 15000TL. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 4.14 Parámetros de configuración para el inversor Sunny Tripower 15000TL. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Valor calculado
Nº mínimo paneles en serie	5,48 paneles
Nº máximo paneles en serie	23,92 paneles
Nº máximo de strings	3,36 strings

Este inversor, sumando las dos entradas, permite un total de 6 strings x 23 paneles REC TwinPeak 2 Series con múltiples de configuraciones posibles.

Para establecer la configuración óptima del campo solar se utiliza la aplicación PV*SOL Premium. Esta aplicación tiene una base de datos de paneles fotovoltaicos e inversores con los datos aportados por los fabricantes. Para el campo solar de la Figura 4.30 Representación óptima para evitar pérdidas por sombra. (Fuente: PV*SOL), la aplicación propone el siguiente conexionado para cada entrada del inversor:

- MPP1: 2 strings x 14 paneles
- MPP2: 3strings x 9 paneles

Tal y como se puede observar en las siguientes figuras, el inversor siempre funcionará en su rango óptimo, según la aplicación PV*SOL Premium. Esta también ofrece las condiciones de funcionamiento de cada MPP dónde se puede observar como a este le afectan las características descritas en función del número de strings y paneles en serie que tiene conectados.

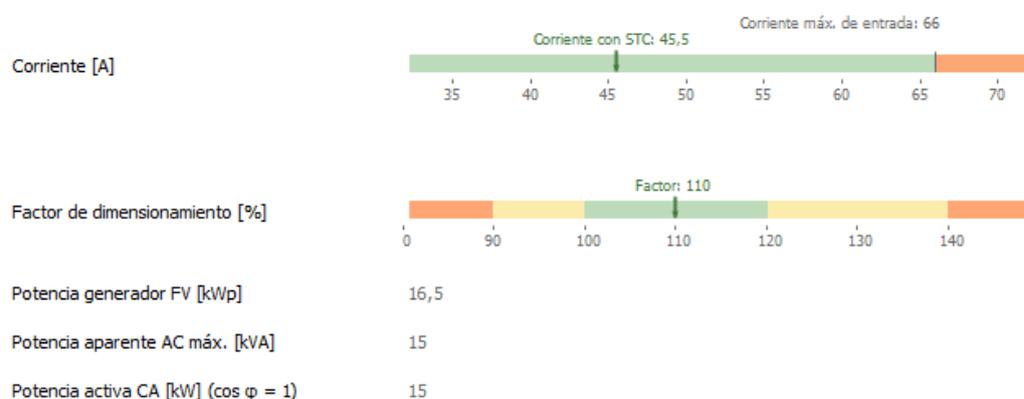


Figura 4.33 Funcionamiento del inversor según la configuración propuesta. (Fuente: PV*SOL)

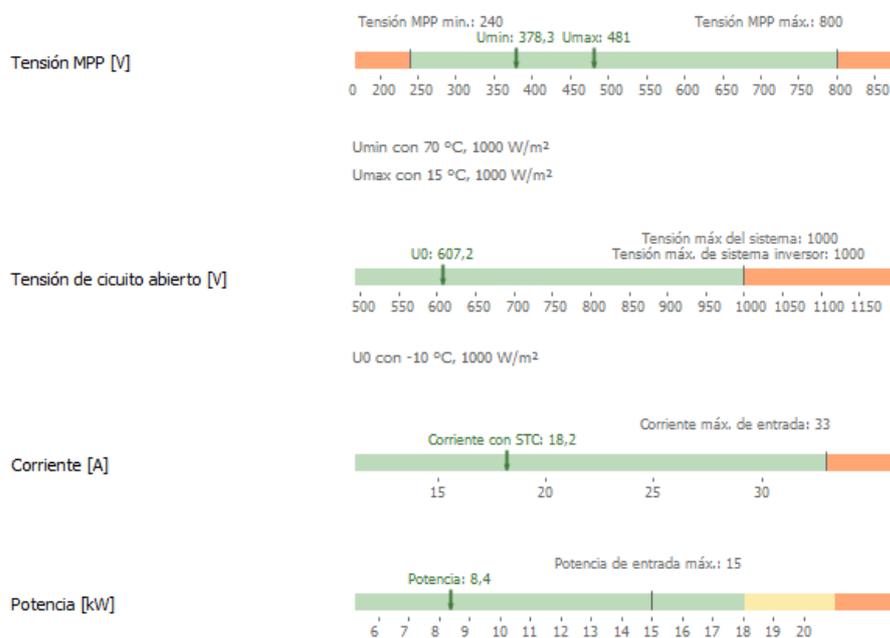


Figura 4.34 Funcionamiento del MPP1 para 2 strings x 14 paneles. (Fuente: PV*SOL)

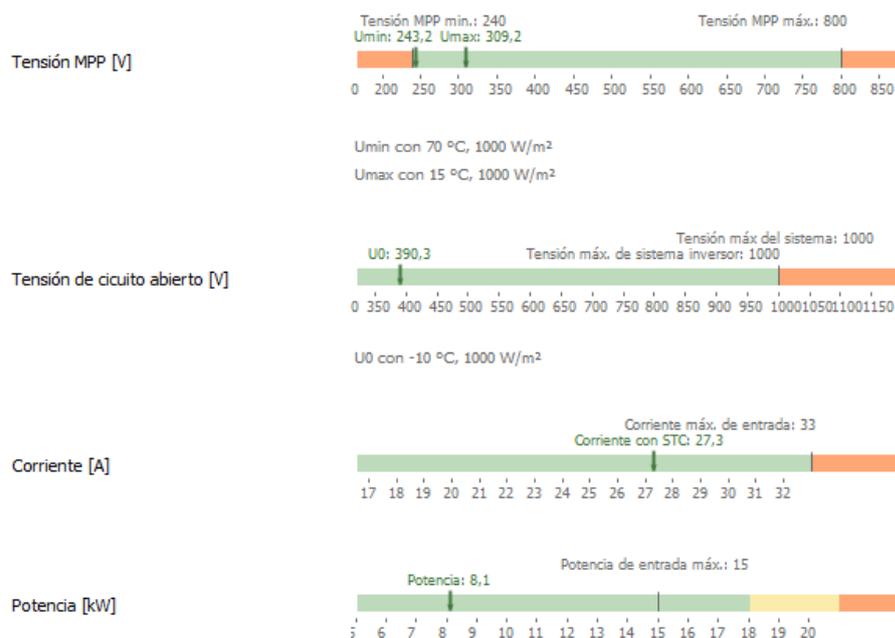


Figura 4.35 Funcionamiento MPP2 para 3 strings x 9 paneles. (Fuente: PV*SOL)

El inversor irá situado sobre el muro del lado este ya que es el punto más cercano a la mayor concentración de paneles. En la Figura 4.36 Propuesta de conexión de los paneles para el campo solar descrito. (Fuente Elaboración propia) se propone un esquema de conexión. Para el diseño de este se ha intentado reducir los metros de cables necesario al mínimo. Las conexiones en rojo corresponden al MPP2 y las verdes al MPP1.

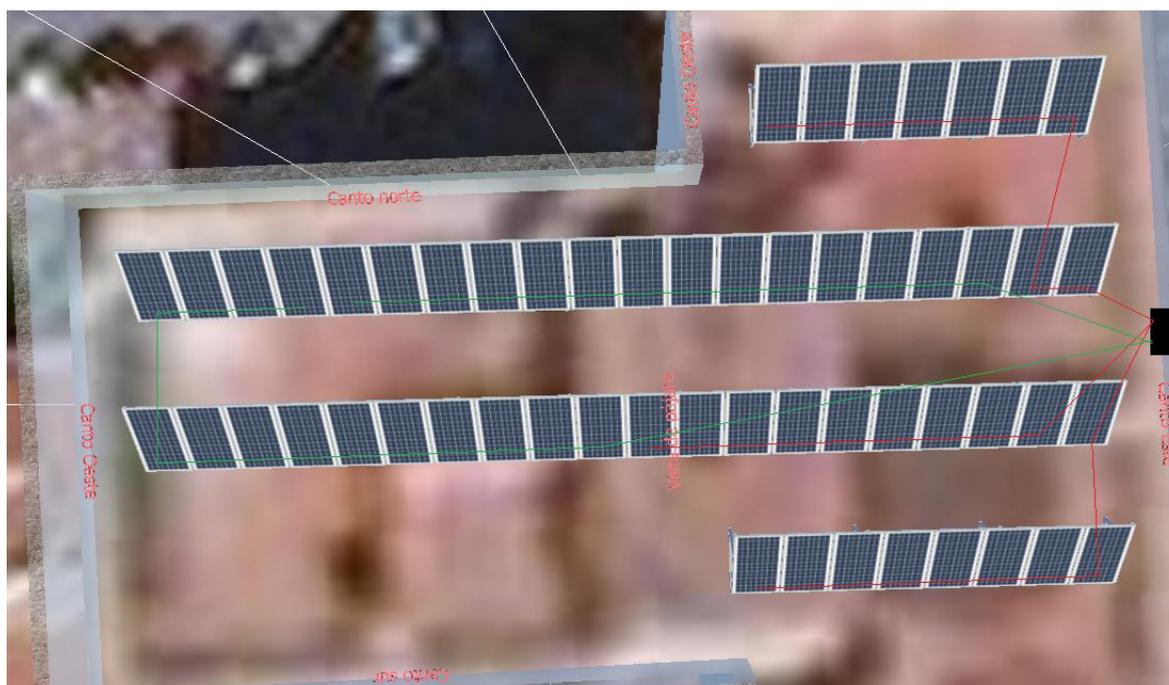


Figura 4.36 Propuesta de conexión de los paneles para el campo solar descrito. (Fuente Elaboración propia)

4.6.1.6. Dimensionamiento del cableado

Siguiendo el sistema eléctrico de la Figura, se debe de dimensionar el cableado de este. Como se puede observar, el circuito consta principalmente de dos partes:

- Parte en CC del conexionado de los paneles hacia el inversor.
- Parte AC del inversor hacia el punto de conexión a red.

Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la instalación interior, no será superior al 1,5 %, para la intensidad nominal, como determina el ITC-BT-40.

El cableado desde el campo generador hasta el inversor se llevará a cabo mediante un tramo superficial colocado debajo la propia estructura metálica del generador hasta uno de sus extremos donde irán situadas en el interior de canalizaciones adecuadas al número de cables hasta las diferentes cajas de conexión de corriente continua, a partir de estas se conduce mediante canalizaciones adecuadas sobre el terreno hasta el inversor. Desde el inversor se pasará al cuadro de protección de corriente alterna, de este al cuadro de medida y posteriormente a un embarrado que estará conectado a la instalación interior. El cableado en interiores irá bajo tubo superficial por techos y paramentos verticales.

En todo momento y en cualquier caso se respetará el REBT en lo que a conducciones se refiere.

Como se observa en la Figura 4.37 Esquema eléctrico de una instalación fotovoltaica conectada a red. (Fuente: ICAEN) la instalación fotovoltaica conectada a red, a parte de los paneles e inversores y de las respectivas protecciones del circuito, cuenta con dos elementos de importancia como son:

- Contador bidireccional que permite contabilizar la energía generada por la instalación y la que consume; por tanto, este elemento realiza una lectura en dos direcciones. Para instalaciones superiores a 5 kW y hasta 43,6 kW, el contador podrá ser de lectura directa y deberá incorporar lecturas de energía activa en doble sentido (kWh) y energía reactiva de generación (kVAhr).
- Punto de conexión a red, dónde la instalación fotovoltaica se conecta a la red de baja tensión. Generalmente se conectará al punto del abonado de la instalación, pero será la compañía de distribución la que determine la ubicación y características de este.

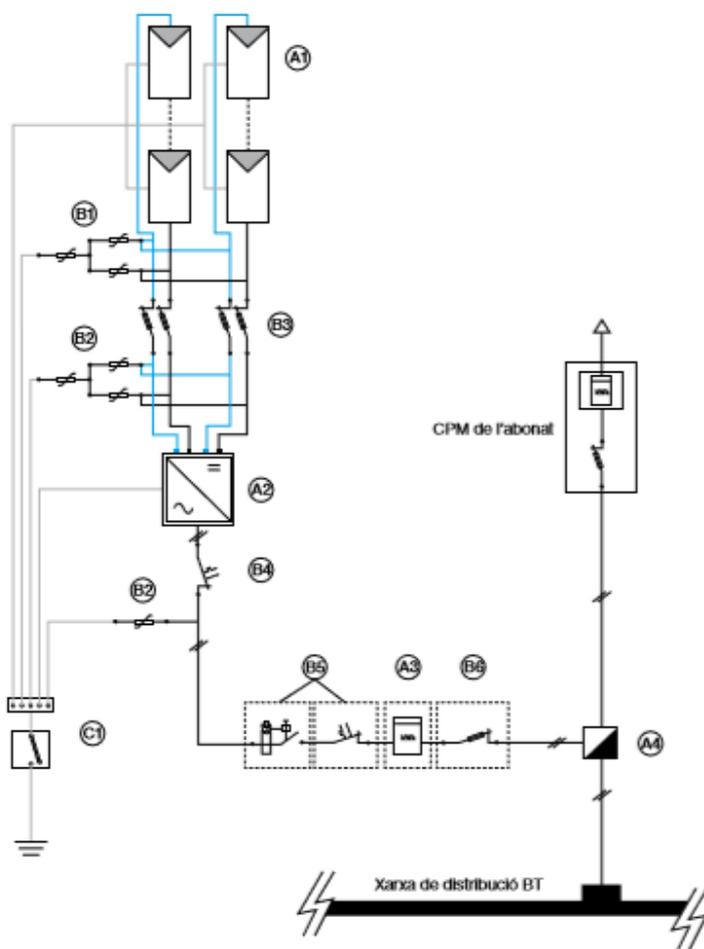


Figura 4.37 Esquema eléctrico de una instalación fotovoltaica conectada a red. (Fuente: ICAEN)

Cableado campo solar (CC)

A partir de los módulos fotovoltaicos, los positivos y negativos de la instalación se conducen separados, protegidos y señalizados de acuerdo con la normativa vigente hasta el inversor correspondiente. Debido a que cada cable conectará en serie los paneles, la intensidad de estos será igual a la corriente nominal del panel como se observa en la Eq.4.16. Para el cálculo de la sección se necesitará saber la longitud de cable y la conductividad del cobre ($0,017 \Omega/\text{m}\cdot\text{mm}^2$), al igual que la caída de tensión máxima permitida comentada con anterioridad.

$$I_{string} = \frac{P_{string}}{V_{string}} = I_{MPP} \quad (\text{Eq. 4.16})$$

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I_{MPP}}{cdt} \quad (\text{Eq. 4.17})$$

Tabla 4.15 Cálculo de secciones mínimas para CC de la configuración establecida. (Fuente: Elaboración propia)

String	Número de paneles	V_{string}	I_{MPP}	Longitud (m)	Sección mínima (mm^2)
1	9	292,5	9,24	14	1,002
2	9	292,5	9,24	15	1,074
3	9	292,5	9,24	11	0,788
4	14	455	9,24	18	0,829
5	14	455	9,24	25	1,151

El cable utilizado será un conductor flexible de cobre con aislamiento de polietileno reticulado, tipo RV-K 0,6/1 kV UNE 21-123 IEC 502 90, de 4mm^2 de sección y tensión nominal no inferior a 1.000 V. [16] Cable especialmente diseñado para intemperie y con resistencia contra los rayos UV. Presenta unas prestaciones elevadas frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Cableado inversor-red (AC)

El cableado de CA corresponde al último tramo de la instalación fotovoltaica, el cual finaliza con la conexión física a la red de distribución. Este tramo se inicia a la salida del inversor.

El cable utilizado entre el inversor y el punto de conexión a red será un conductor flexible de cobre con aislamiento de polietileno reticulado, tipo RV-K 0,6/1 kV UNE 21-123 IEC 502 90, de tensión nominal no inferior a 1.000 V, especialmente diseñado para intemperie y con resistencia contra los rayos UV. Presenta unas prestaciones elevadas frente a sobrecargas y cortocircuitos.

La sección de este vendrá dada por las características del inversor seleccionado y la distancia al punto de conexión de red a la cual está ubicado, además de los valores descritos anteriormente.

$$I_{inv-red} = 1,25 \cdot \frac{P_{inv}}{\sqrt{3} \cdot V_{inv,out} \cdot \cos(\varphi)} \quad (\text{Eq. 4.18})$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I_{inv-red} \cdot \cos(\varphi)}{cdt} \quad (\text{Eq. 4.19})$$

Tabla 4.16 Características del cableado para el inversor seleccionado. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Sunny Tripower 15000TL
Potencia (kW)	15000
Voltaje (V)	400
Cos (φ)	1
Longitud (m)	40
Intensidad (A)	21,7
Sección mínima (mm ²)	4,25

Se escoge una sección de 10 mm² para hacerla homogénea con la sección del tramo que discurre desde las protecciones de conexión hasta el mismo punto de conexión. Esta sección es la mínima aceptada por la compañía distribuidora.

4.6.1.7. Protecciones que instalar en la instalación fotovoltaica

Las instalaciones eléctricas, entre ellas las instalaciones solares fotovoltaicas de conexión a red, dispondrán de las protecciones siguientes, representadas en la Figura 4.37 Esquema eléctrico de una instalación fotovoltaica conectada a red. (Fuente: ICAEN): [22]

- Protección contra sobrecargas (sobrecargas) ITC-BT-22.
- Protección contra sobrecargas (cortocircuitos) ITC-BT-22.
- Protección contra sobretensiones ITC-BT-23.
- Protección contra contactos directos ITC-BT-24.
- Protección contra contactos indirectos ITC-BT-24.

- Toma de tierra ITC-BT-18, 19, 26.

4.6.1.7.1 Lado en corriente continua

Protecciones contra contactos directos e indirectos

Para la protección de contactos directos, se utilizará las medidas que se indican en el vigente Reglamento de Baja Tensión:

- Aislamiento de las partes activas de la instalación.
- Colocación de barreras y envolventes.
- Interposición de obstáculos.

Para prevenir un contacto indirecto de alguien con alguna parte de la instalación, se ha proyectado un sistema de protección acorde con el Reglamento de Baja Tensión.

- Los módulos fotovoltaicos están clasificados como equipos de protección clase II.
- Por lo que se refiere al resto de la instalación se ha diseñado en consonancia con ese grado de protección. Para ello se utilizan cables dotados con aislamiento y cubierta, aptos para tensiones de 1.000 V según UNE 21-123 IEC 502 90.
- El generador fotovoltaico se conectará en modo flotante, proporcionando niveles de protección adecuados frente a contacto directo o indirecto, siempre y cuando la resistencia de aislamiento de la parte de continua se mantenga por encima de unos niveles de seguridad y no ocurra un primer defecto a masas o a tierra.
- Existirá un controlador permanente de aislamiento, integrado por el inversor, que detecte la aparición de un primer fallo, cuando la resistencia de aislamiento sea inferior a un valor determinado.

Con esta condición se garantiza que la corriente de defecto va a ser inferior a 30 mA, que marca el umbral de riesgo eléctrico para las personas. El inversor detendrá su funcionamiento y se activará una alarma visual en el equipo cuando la resistencia de aislamiento sea inferior a un valor determinado.

Protección contra sobreintensidades y sobretensiones

La instalación de corriente continua dispondrá de elementos de protección contra sobreintensidades y sobretensiones.

La instalación dispondrá de protección contra sobretensiones, de origen atmosférico, mediante varistores y de los siguientes dispositivos de protección eléctrica.

- Los seccionadores se van a situar en la caja de protección de C.C. y van a facilitar el posible aislamiento del campo de captación para la realización de labores de mantenimiento.
- Varistores: son dispositivos de protección frente a sobretensiones inducidas por descargas atmosféricas y van a conectarse en el cableado positivo de C.C. de cada inversor.

Se ha previsto una protección interna mediante varistor, incorporada en el inversor, que elimina los peligros de las sobretensiones que puedan aparecer, bien ante caídas directas o bien por sobretensiones inducidas por caídas cercanas a la instalación.

4.6.1.7.2 Lado en corriente alterna

Se cumplirán las condiciones indicadas en el Real Decreto 1663/2000, artículo 11 y las especificaciones de la compañía eléctrica.

Protecciones contra contactos directos e indirectos

Para la protección de contactos directos, se utilizarán las medidas que se indican en el vigente Reglamento de Baja Tensión:

- Aislamiento de las partes activas de la instalación.
- Colocación de barreras envolventes.
- Interposición de obstáculos.
- Dispositivos de corte por corriente diferencial.

Para prevenir un caso de contacto indirecto de alguna persona con alguna parte de la instalación, se ha proyectado un sistema de protección de acorde con el Reglamento de Baja Tensión.

Se utiliza la puesta a tierra de las masas asociado con interruptores diferenciales que desconecten el circuito en caso de defecto. Con este fin, se instalarán interruptores con bobina de desconexión por protección diferencial. La sensibilidad de los mismos será de 30 o de 300 mA, garantizando una protección altamente eficaz.

Protección sobreintensidades i sobretensiones

Los defectos que se pudiesen presentarse en los conductores, ya sea por sobrecargas, ya sea por cortocircuitos, se protegerán mediante interruptores automáticos magnetotérmicos omnipolares de calibre adecuado a la intensidad máxima admisible del conductor. El poder de corte de los interruptores automáticos estará dimensionado de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en la instalación.

Se ha previsto una protección incorporada en el inversor, para proteger al inversor de sobretensiones producidas en el lado de corriente alterna.

La instalación que nos ocupa dispondrá de las siguientes protecciones:

- Unidad de Cortacircuitos de Seguridad
- Interruptor general manual
- Protección diferencial
- Fusibles de protección

Protecciones de la calidad de suministro

La instalación dispondrá asimismo de las protecciones específicas de una instalación fotovoltaica como:

- Interruptor automático de interconexión. Su función es realizar la conexión-desconexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red.

En la instalación considerada el inversor incorporará las protecciones de tensión y frecuencia vía software. De acuerdo con el Real Decreto 1663/2000 el inversor dispone de un contactor de rearme automático, cuyo estado (on/off) está señalizado en el frontal del equipo, para realizar las maniobras automáticas de desconexión-conexión. Estas se efectúan una vez transcurridos tres minutos tras recuperar las condiciones de la red.

- El inversor cuenta con un sistema homologado en base al desarrollo tecnológico, con lo que se cumple la NTP en el apartado de conexiones a tierra y separación galvánica: La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y la planta fotovoltaica, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio homologado en base al desarrollo tecnológico.

4.6.2. Dimensionamiento de la instalación de biomasa

4.6.2.1. Selección de la caldera

El edificio proyectado actualmente consta de 558kW de potencia térmica instalada, formada por 21 calderas de 26,6kW, con un consumo de 111,98MWht para calefacción y ACS. El objetivo es cambiar las 21 calderas de gas individuales actuales por una única de biomasa para todo el edificio, por ello, se aplicará un coeficiente de simultaneidad del 70% para la potencia instalada. Esto determina que la potencia requerida para la caldera de biomasa será de 390,6kW.

Se realiza un estudio de campo los principales productores de calderas de pellet para una potencia de 400kW. Ökofen, Hargassner no ofrecen, en sus catálogos web, el rango de potencia requerido, en cambio, ETA y Herz sí que disponen de calderas de estas dimensiones. Finalmente se selecciona la caldera Herz Firematic ya que, a diferencia de la caldera ETA Hack-VR, sí que ofrece un modelo de 400kW y todas sus especificaciones técnicas.

Tabla 4.17 Especificaciones técnicas de la Herz Firematic 401. (Fuente: Herz)

Parámetro	Herz Firematic 401
Potencia (kW)	401
Dimensiones (mm)	2180x1200x1800
Diámetro salida humos (mm)	250
Capacidad agua (litros)	1200
Peso (kg)	4171
Temperatura máxima de servicio (°C)	95
Presión máxima de servicio (bar)	5

4.6.2.2. Volumen del acumulador

En la instalación de biomasa se debe de instalar un acumulador que satisfaga la demanda en un periodo punta de consumo y, por otro, debe ser capaz de asumir la inercia térmica de la caldera después de una parada súbita. Esta inercia térmica de las calderas de biomasa se debe a que cuando cesa la demanda todavía queda combustible en el interior de la caldera que ardera hasta agotarse. Además, la temperatura del material refractario de la caldera posee una elevada temperatura que permitirá seguir calentando el agua. [33]

En la instalación proyectada se requerirá la instalación de dos acumuladores:

- Un acumulador de inercia para la evacuación de los excedentes energéticos en las paradas de la caldera y para minimizar los arranques y las paradas de la caldera.

- Un acumulador para la demanda de ACS por vivienda.

Acumulador de inercia

El volumen que deberá de tener el acumulador de inercia viene determinado por la potencia de la caldera y una ratio dado por el fabricante. Para el sistema proyectado se estima una ratio de 20l/kW, entonces, siguiendo la Eq.4.20 se establece un volumen de acumulador de 8.000 litros.

$$V_{\text{acumulador}}(\text{l}) = P(\text{kW}) \cdot \text{ratio}(\text{l/kW}) \quad (\text{Eq. 4.20})$$

El acumulador seleccionado para dicha instalación es el modelo MV-8000-IB de Lapesa, empresa internacional con muchos años de experiencia en el sector.

Acumulador de ACS

El volumen que deberá de tener el acumulador de ACS deberá de garantizar el consumo diario de este para el edificio. Para el cálculo de este se utiliza la ratio dada por el DBHE4 de 28litros/persona de ACS a 60°C. [12] Siguiendo el estudio ocupacional de la vivienda y la Eq.4.21, para una $C_{\text{simultaneidad}}$ de 1, se determina que el volumen del acumulador deberá de ser de al menos 1624 litros. Pero, el hecho de colocar un único acumulador de ACS podría provocar que un mal uso de uno de los vecinos perjudicara al resto, por ello, se propone instalar un acumulador por vivienda que vendrá determinado por un coeficiente de simultaneidad del 100% hasta 2 personas debido a que el mayor peso de consumo de ACS es la ducha y cada vivienda cuenta con un máximo de dos. Así que, este coeficiente se reducirá un 5% por cada persona de más que resida en la vivienda.

$$V_{\text{acumulador}}(\text{l}) = n^{\circ}\text{personas} \cdot \text{ratio} \left(\frac{\text{l}}{\text{persona}} \right) \cdot C_{\text{simultaneidad}} \quad (\text{Eq. 4.21})$$

Como se instalarán acumuladores individuales según la vivienda, se realiza un estudio del acumulador a instalar por cada una de las viviendas.

Tabla 4.18 Estudio de los acumuladores ACS a instalar en el edificio. (Fuente: Elaboración propia)

Número de personas	Volumen necesario (l)	Volumen instalado (l)	Fabricante
1	28	60	Baxi
2	56	60	Baxi
3	79.8	100	Baxi
4	100.8	100	Baxi

5	119	150	Baxi
---	-----	-----	------

4.6.2.3. Selección y dimensionamiento del almacenamiento de la biomasa

Debido a la gran demanda de combustible necesaria de biomasa, 35,89m³ de pellet, y la demanda discontinua de este, se requiere la instalación de un sistema de almacenamiento del producto. Este sistema de almacenamiento conocido como silo, puede presentar las siguientes características: [33]

- Silos textiles prefabricados
- Silos rígidos prefabricados
- Silos de obra

El tipo de silo seleccionado para la instalación proyectada será el silo de obra ya que este tipo de silo, a diferencia de los otros dos, permite un diseño personalizado de la instalación para llegar a los volúmenes deseados por el proyecto.

El dimensionado del silo variará según el combustible utilizado, si es granulado o no. El pellet es un combustible granulado, por lo tanto, el volumen del silo vendrá calculado por la Eq. donde $F_{combustible}$ es un factor de corrección para el incremento del volumen del combustible debido a la repartición desigual de este dentro del silo; para combustibles granulados tiene un valor de 0,8. El silo, además, se puede dimensionar según las demandas anuales requeridas. [33]

$$V_{silo}(m^3) = \frac{V_{pelletnecesario}(m^3)}{F_{combustible}} \quad (\text{Eq. 4.22})$$

El volumen requerido para una única descarga anual de pellet anual es de 44,86m³. Con el objetivo de provocar el menor impacto ambiental, provocado por el camión al transportar el pellet, y de evitar que la calidad del pellet se vea afectada por un largo periodo de almacenamiento, se estiman dos descargas anuales de biocombustible, lo que comporta un volumen de silo de al menos 22,43m³.

4.6.2.4. Especificaciones de la instalación según la ubicación de la caldera

Para la selección de la instalación de la caldera de biomasa se debe de considerar, a parte de las dimensiones de la caldera y del silo, el sistema de extracción de los gases de combustión. Lo cual implica que la ubicación deberá de permitir un sistema de extracción hacia el exterior.

Actualmente el edificio estudiado no consta de sala de calderas que permita esta instalación. Tras comprobar los recursos actuales del edificio se contempla como opción el trastero comunitario, pero queda descartado ya que sus paredes no dan al exterior. Por lo tanto, se determina que la instalación

de la caldera de biomasa se deberá de realizar fuera del edificio. Para ello se busca un lugar dentro de la superficie privada del exterior de este.

En la Figura 4.38 Área seleccionada para la instalación de la caldera. (Fuente: Elaboración propia) se puede ver los posibles emplazamientos de la caldera. Finalmente se escoge realizarlo sobre el área marcada, ya que el terreno se encuentra condicionado y el impacto visual del edificio es menos a hacerlo en la zona de grava; a parte, el área seleccionada es contigua a la sala de bombas y red de agua del edificio.



Figura 4.38 Área seleccionada para la instalación de la caldera. (Fuente: Elaboración propia)

Como la caldera y el silo no pueden estar a la intemperie debido a que las inclemencias climatológicas podrían dañar la caldera y el combustible. Por esto, y por tal de evitar la obra civil necesaria para proteger el sistema, la caldera de biomasa y el silo irán protegidas por Heat Room. Las Heat Room son unas salas de calderas portátiles diseñadas por IMARTEC. Estos módulos se diseñan en función de las necesidades del sistema y con un acabado exterior fácil de integrar visualmente al edificio, además de cumplir con todas las normativas de seguridad.



Figura 4.39 Ejemplo de Heat Room escogida para la instalación. (Fuente: Imartec)

Debido a la poca accesibilidad al silo, la recarga de pellets se realizará mediante un camión de carga neumática. El sistema de alimentación de la caldera será mediante un tornillo sinfín.

4.6.3. Presupuesto

4.6.3.1. Presupuesto instalación fotovoltaica

Un presupuesto para una instalación fotovoltaica conectada a red debe de tener en cuenta los siguientes aspectos económicos:

- Generador fotovoltaico
- Inversor
- Conducciones eléctricas
- Estructuras de soporte de los paneles
- Sistema de monitorización (opcional)
- Contador bidireccional
- Puesta a tierra
- Obra civil y otros aspectos requeridos
- Montaje y puesta en marcha
- Documentación técnica: Estudio básico de seguridad y salud.

A parte de estos costes fijos del proceso de construcción de la instalación, se deben de considerar otros aspectos de coste anual en caso de que se requieran contar con ellos:

- Mantenimiento
- Seguro de la instalación

- Plataforma de control del sistema (en caso de que se haya instalado monitorización)

Sabiendo los parámetros para tener en cuenta, se puede diseñar el presupuesto para la instalación proyectada. Actualmente la ratio de precio en el mercado para un panel solar policristalino ronda los 0,75-0,65 €/Wp. Además, existen ratios estimadas para el coste total de instalación en función de la potencia instalada: [16]

- 1,41 €/Wp para el total de la instalación
- 15 €/kWp para el mantenimiento anual de la instalación
- 3 €/kWp para el seguro anual de la instalación

Según estas ratios, la instalación tendrá un precio total de 23.265€ de los cuales la compra de los paneles representará un 53% del total, 12.375€. También, se puede determinar el coste anual que conllevará la instalación que tendrá un valor de 297€ por año que incluirá la aseguranza y el mantenimiento de esta.

Por tal de poder realizar un presupuesto desglosado, se extraen las ratios de coste de una instalación de 60kW. Este proyecto, del cual no se puede dar más información por motivos de confidencialidad, ha sido aportado por la misma proyectista.

Tabla 4.19 Presupuesto desglosado de la instalación fotovoltaica diseñada. (Fuente: Elaboración propia)

Ref.	Descripción	Ud.	€/kWp	TOTAL
1.1	Generador Fotovoltaico REC TwinPeak 2 Series 300Wp Estructura paneles fotovoltaicos	1	2.042	33.693 €
2.1	Inversor SMA SunnyTripower 15000TL	1	195	3.217,5 €
3.1	Conducciones eléctricas Cableado CC/AC Protecciones eléctricas	1	26,07	430,15 €
4.1	Contador bidireccional	1	22,7	374 €
5.1	Puesta a tierra	1	10,06	166,15 €
6.1	Obra civil y otros	1	46,49	767,09 €
7.1	Montaje y puesta en marcha	1	7,08	116,88 €
8.1	Documentación técnica	1	-	500€
			TOTAL	39.264,77 €

4.6.3.2. Presupuesto instalación de biomasa

Un presupuesto para una instalación de una caldera de biomasa debe de tener en cuenta los siguientes aspectos económicos:

- Caldera

- Silo
- Chimenea
- Sistema de alimentación de la caldera
- Instalación hidráulica
- Instalación eléctrica
- Regulación y control
- Sustitución eléctrica/hidráulica del sistema actual
- Obra civil

Dónde el sistema de alimentación de la caldera es la forma en la que la biomasa pasa del silo a la caldera, generalmente se realiza por un tornillo sinfín. A diferencia de la instalación fotovoltaica, en la de biomasa el sistema de regulación y control si que es obligatorio ya que es el que controla la producción de energía térmica de la caldera. Por último, será necesaria una partida presupuestaria para la desinstalación del equipo actual de calderas del edificio.

Así que, conociendo las partidas presupuestarias que se deben de aplicar, se calcula el presupuesto de la instalación mediante unas ratios (€/kW) para cada una de las partidas sabiendo que la instalación es de 400kW.

Tabla 4.20 Presupuesto desglosado de la instalación de un sistema de biomasa. (Fuente: Elaboración propia)

Ref.	Descripción	Ud.	€/kW [33]	TOTAL
1.2	Caldera de biomasa Herz Firomatic 401	1	120	48.000 €
2.2	Silo Silo de obra de 23m ³	1	20	8.000 €
3.2	Sistema alimentación caldera Tornillo sinfín	1	30	12.000 €
4.2	Instalación hidráulica Acumuladores Bombas hidráulicas Tuberías	1	80	32.000 €
5.2	Instalación eléctrica Alimentación eléctrica de la caldera y del tornillo sinfín	1	11	4.400 €
6.2	Regulación y control Instalación de equipos individuales	1	5	2.000 €
7.2	Sustitución eléctrica/hidráulica actual	1	23	9.200 €
8.2	Heat Room Obra civil Chimenea	1	120	48.000€
9.2	Documentación técnica Estudio básico de seguridad y salud	1	-	1.500 €
			TOTAL	165.100 €

A parte del coste de instalación del sistema de biomasa, este, también tendrá un coste anual en términos de compra de biomasa y mantenimiento. Para el cálculo del mantenimiento se contempla una ratio de 2,5€/kW y como precio de la biomasa se estima un 0,02939€/kWh. [33] Entonces, para la instalación de 400kW y 111,98MWh, se tendrá un coste anual de 4.291€.

4.7. Conclusiones del estudio

El objetivo de este apartado es comprobar si, tras el estudio de aplicación de medidas de eficiencia energética y de tecnología de producción energía mediante fuentes renovables, se consigue que el edificio estudiado sea de emisiones cero. Además, se realizará el estudio económico para demostrar la viabilidad de la instalación.

En la Tabla 4.21 Resumen de los valores destacables del proyecto. (Fuente: Elaboración propia) se puede ver un resumen de los valores actuales y de los valores esperados tras la aplicación del proyecto. Cabe recordar que la energía eléctrica consumida actualmente tiene un factor de emisiones de 321gCO₂/kWh y la térmica de 203gCO₂/kWh. También que la inversión eléctrica incluye tanto las medidas de eficiencia energética como la de la instalación fotovoltaica. Cabe destacar que a pesar de que la caldera de biomasa emita gases por la combustión, se considera una energía de emisión cero debido al consumo de CO₂ vegetal.

Tabla 4.21 Resumen de los valores destacables del proyecto. (Fuente: Elaboración propia)

	Eléctrica		Térmica	
	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
Demanda (kWh)	33.100,00	27.639,00	111.980,00	111.980,00
Producción renovable (kWh)	0,00	25.700,00	0,00	111.980,00
Consumo red (kWh)	33.100,00	1.939,00	0,00	111.980,00
Emisiones CO ₂ (toneladas)	10,62	0,62	22,73	0,00
Inversión (€)	44.682,72		165.100,00	

Tras comprobar los valores de la Tabla 4.21 Resumen de los valores destacables del proyecto. (Fuente: Elaboración propia) se puede confirmar que no se consigue el objetivo inicial de rehabilitar el edificio para conseguir la emisión cero, por lo tanto, este no podría considerarse NZEB. En todo caso, se conseguiría un edificio nZEB debido al vertido de 0,62 toneladas de CO₂ a la atmosfera. Igualmente, pese a no conseguir el objetivo inicial, la instalación consigue reducir las emisiones de CO₂ en un 98,2%; un resultado que se considera muy bueno.

Analizando los datos se comprueba que para la reducción de 32,73 toneladas de CO₂ se ha requerido una inversión de 209.782,72€, lo que equivale a una inversión de 6409,5€ por la reducción cada tonelada de emisiones. Realizando el mismo ejercicio para cada instalación, se observa que la inversión

más eficiente para reducir emisiones es la de la instalación fotovoltaica, 4.468,27€/tonelada, en vez de la de biomasa, 7.263,5€/tonelada, pese a no conseguir la reducción total de emisiones.

4.7.1. Análisis económico del proyecto

Como el objetivo es conseguir la emisión cero independientemente de los costes, no se utilizará la metodología del coste óptimo para el estudio económico.

Primero de todo se analiza económicamente la instalación fotovoltaica. El coste de inversión para la instalación de esta ya es conocido, por lo tanto, queda conocer el beneficio generado por esta. Es necesario recordar que la instalación conlleva unos costes anuales y que tendrá unos costes por conexión a red y consumo de esta. Tras observar las facturas eléctricas se determina que:

- La instalación por el hecho de estar conectada a red tiene un coste fijo anual en término de potencia de 38,04€/kW y de 0,027€/día del alquiler de equipos de la compañía. Este coste anual de 3.281,3€.
- El coste medio del kWh eléctrico del periodo facturado es de 0,14€/kWh, lo que supone un gasto actual por año de 4634€.
- Considerando que el precio de venta a la red es el mismo a la que se compra, tras el estudio propuesto se tendrá un gasto económico en compra de energía eléctrica de 271,5€. Esto, sumado a los 297€ de mantenimiento y seguro de la instalación, supone un total de 568,5€ anuales.

Considerando los valores dados del estudio de la factura, se estima un ahorro económico anual de 4065,5€. Si se conoce que la inversión inicial es de 44.682,72€ y se considera que no existe ningún interés económico con el paso de los años, se estima que la inversión económica de la instalación fotovoltaica tendrá un tiempo de retorno de 11 años.

En el caso de la instalación de energía de biomasa, gracias a que con esta se podrá cubrir toda la demanda energética, el edificio podrá desinstalarse de la red de gas ciudad. Para calcular el ahorro que supondría este hecho, se analizan las facturas actuales para el periodo de un año y se determina:

- La instalación actual de gas ciudad tiene un coste de 0,285€/día en término fijo por instalación. Lo que supone un coste, para las 21 viviendas, de 2184,53€.
- El coste medio por kWh en el periodo facturado es de 0,057€/kWh, lo que supone un gasto en energía térmica de 6382,86€.
- A la factura del gas se le aplica un impuesto de 0,00234€/kWh, por lo tanto, habría que tener una despesa de 262,03€ anuales.

Así que, el hecho de realizar la instalación de biomasa supondría unos ahorros anuales de 4538,42€ (diferencia entre el coste anual de la instalación de gas y de la de biomasa). Si se conoce que la inversión inicial es de 165.100,00€ y se considera que no existe ningún interés económico con el paso de los años, se estima que la inversión económica de la instalación fotovoltaica tendrá un tiempo de retorno de 36,38 años.

Tras comparar los resultados de ambas instalaciones, se observa que la instalación fotovoltaica resulta económicamente más viable que la instalación de caldera de biomasa.

5. Análisis del impacto medioambiental del proyecto

La realización del proyecto, a parte de las emisiones producidas por la compra de energía eléctrica ya comentadas con anterioridad, provoca un impacto ambiental no contemplado en el diseño de las instalaciones.

Estos términos no contemplados hacen referencia a las emisiones de CO₂ generadas por el hecho de redactar el presente documento y a la producción del material empleado en la instalación proyectada.

Por lo que respecta las emisiones producidas para la realización del proyecto, se contemplan las siguientes actividades productoras de emisiones de CO₂:

- 2 viajes a la universidad en tren y metro. Mi domicilio está situado a 45km de la EEBE, lo que cada viaje implicaría un desplazamiento de 90km. Aplicando una ratio de 0,065kgCO₂/km, esta actividad supuso una emisión de 11,7kg de CO₂.
- 2 viajes a la universidad en un turismo de gasolina de pequeñas dimensiones. Aplicando la distancia correspondiente entre mi domicilio y la EEBE, y una ratio de 0,11kgCO₂/km, se establecen unas emisiones de 19,8kg de CO₂ por esta actividad.
- Una media de 20h semanales invertidas en el proyecto durante 22 semanas. Durante este periodo se estuvo trabajando en un ordenador de mesa (0,06kW) y una pantalla (0,05kW). Esto supone un consumo de 48,4kWh_e. Teniendo en cuenta la ratio de emisiones del mix energético del 2018 (0,321 kgCO₂/kWh), esta actividad ha contribuido a la emisión de 15,5kg de CO₂.

Para las emisiones de CO₂ causadas por la producción del material necesario para la instalación de los sistemas proyectados (paneles fotovoltaicos, inversor, caldera...) no se ha encontrado ninguna ratio que las defina.

Por lo tanto, según los datos conocidos, la realización del proyecto ha emitido a la atmosfera un total de 47 kg de CO₂. Pero, la implementación de este supondría un ahorro de 32,73 de toneladas de emisiones de CO₂ por año.

Conclusiones

Una vez concluido el proyecto me envuelve una sensación de satisfacción al echar la vista atrás y recordar cómo ha sido el proceso de realización de este, y como he ido adquiriendo conocimientos y formándome en el tema según iban pasando los capítulos. Un proyecto lleno de frustraciones y superaciones.

Sin ir más lejos, al inicio de este me di cuenta de que la información previa a la hora de seleccionar título y tema no había sido del todo correcta ya que esta clase de edificios se conocen generalmente como edificios de consumo de energía nulo (NZEB) en vez de edificios de emisión cero. También observé que el proyecto resultaba demasiado ambicioso porque los edificios que se estaban proyectando actualmente en las ciudades son edificios de consumo de energía casi nulo (nZEB).

Inicialmente la falta de conocimiento y de información sobre el tema condujo a una desmotivación que no me permitía avanzar con el proyecto. Finalmente, gracias a una conferencia del IREC en la universidad sobre los nZEB me abrió una amplia fuente de información que supe hacerla mía y enfocarla hacia mis objetivos. Hasta ese instante no había definido el sujeto a estudio, el cual acabe optando por mi propio edificio. Era un sujeto que me motivaba, algo que podía ver y palpar.

Para que el proyecto tuviese éxito era importante formarse y poder estudiar todos los caminos posibles hacia el éxito. Para ello, los cuadernos prácticos del ICAEN han resultado de gran importancia al igual que el repasar la teoría dada durante los estudios de grado. Siempre siguiendo el consejo y recomendaciones de los especialistas en el sector se ha conseguido ir desarrollando cada capítulo de la forma más explícita.

El hecho de no conseguir el objetivo del proyecto resulta algo frustrante debido a que todo apuntaba a que sí sería factible. La selección de las tecnologías no ha resultado la deseada pero debido a lo condicionado que estaba el campo solar no ha quedado otra que optar por una instalación de biomasa para conseguir el objetivo del proyecto. Esta instalación ha resultado muy costosa y poco rentable económicamente.

Por último, considero que lo más destacable del proyecto ha sido ver como a partir de las facturas de mi vivienda se ha podido crear un proyecto tan beneficioso para el medioambiente. Quién sabe si en un futuro, este, servirá de base para la remodelación real del edificio ya que una cosa está clara, las energías renovables y los NZEB son el futuro sobre el que girará el movimiento social-económico.

Presupuesto

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Fecha 01/05/2019	Página -	Fecha impresión 01/05/2019
		Responsable Alex Velasco Sánchez		
OFERTA				
Dirección Escola d'Enginyeria Barceloana Est Av. d'Eduard Maristany, 16 08930 Sant Adrià de Besòs		Proyecto 10.001-01 E0		
		NIF 000000	Factura	
Ref	Descripción artículo - Código	Cantidad	Precio	Importe
4.6.1	Dimensionamiento instalación fotovoltaic Generador Fotovoltaico Inversor Conducciones eléctricas Contador bidireccional Puesta a tierra Obra civil y otros Montaje y puesta en marcha Documentación técnica	1	39.267,77 €	39.267,77 €
4.6.2	Dimensionamiento instalación de biomasa: Caldera biomasa Sistema alimentación caldera Silo Instalación hidráulica Instalación eléctrica Regulación y control Heat Room Documentación técnica	1	165.100,00 €	165.100,00 €
4.4.2	Medidas activas de eficiencia Sustitución alumbrado Introducción sistemas eliminación stand by		5.418,00 €	5.418,00 €
1.1.1	Estudio ingeniero júnior	440	12,00 €	5.280,00 €
TOTAL				215.065,77 €
La oferta no incluye el 2% de I.V.A.				
Esta oferta tiene una validez del 01/05/2019 al 01/06/2019				
GARANTIA: Este material tiene una garantía de dos años contra defectos de fábrica, a partir de la fecha definitiva de la instalación				
CARGO CLIENTE: En el lugar previsto para la instalación debe existir una toma de corriente de 220V monofásica 6A. Trabajos de albañilería, fontanería... Licencias, tasas, visados, permisos, ... (en el caso que fueran necesarios). Impermeabilidad de las paredes y los tejados.				
CONDICIONES DE PAGO: 40% al pedido y 60% al final de obra				
Para cualquier consulta o aclaración sobre esta Oferta, o suministro de materiales, es imprescindible que nos indiquen el número de Proyecto arriba indicado.				

Bibliografia

- [1] Building Performance Institute Europe – BPIE. *Europe's building under the microscope*. Octubre 2011. [Consulta: Noviembre 2018] Disponible en: http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf
- [2] Joana Ortiz. *Què és un edifici de consum gairebé nul?*. Introducció als Edificis de Consum gairebé Nul - Nearly Zero Energy Buildings (nZEB). Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC).
- [3] Parlamento y Consejo Europeo. *Directiva 2002/91/CE: eficiencia energética de los edificios*. Bruselas, 2002. [Consulta: Diciembre 2018] Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2003/001/L00065-00071.pdf>
- [4] Institut Català d'Energia (ICAEN). *Quadern Pràctic 11: Edificis de consum d'energia gairebé zero*. Barcelona, 2017. [Consulta: Diciembre 2018] Disponible en: http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/11_Edificis_energia_zero.pdf
- [5] Parlamento y Consejo Europeo. *Directiva 2010/31/CE: eficiencia energética de los edificios*. Bruselas, 2010. [Consulta: Enero 2019] Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>
- [6] Parlamento y Consejo Europeo. *Directiva 201/844/CE: eficiencia energética de los edificios y eficiencia energética*. Bruselas, 2018. [Consulta: Enero 2019] Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf>
- [7] Igor Sartori. *Net zero energy buildings: A consistent definition framework*. Energy and Buildings. Febrero 2012. [Consulta: Febrero 2019] Disponible en: <http://www.task20.m.iea-shc.org/data/sites/1/publications/DA-TP6-Sartori-2012-02.pdf>
- [8] Sergi Aguacil. *Evaluación de la metodología de coste-óptimo para la rehabilitación energética de edificios y valoración del objetivo nZEB (nearly Zero Energy Buildings)*. Tesis Final de Master. Septiembre 2013. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [9] Building Performance Institute Europe – BPIE. *IMPLEMENTING THE COST-OPTIMAL METHODOLOGY IN EU COUNTRIES*. Marzo 2013. [Consulta: Febrero 2019] Disponible en: http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Implementing_Cost_Optimality.pdf

- [10] Eduardo Manuel González. *SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN Y LOS EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO (EECN-NZEB)*. University of Zulia.
- Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (IDAE). *PROYECTO SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España*. Julio 2011. [Consulta: Marzo 2019] Disponible en:
- [11] https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf
- Ministerio de Fomento español. *Documento Básico de Ahorro de Energía*. Código Técnico de la Edificación. Junio 2017. [Consulta: Marzo 2019] Disponible en:
- [12] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>
- GENCAT, Generalitat de Catalunya. Barcelona 2018. [Consulta: Marzo 2019] Disponible en:
- [13] http://canviclimatic.gencat.cat/es/reduceix_emissions/com-calculer-emissions-de-geh/factors_demissio_associats_a_lenergia/
- Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (IDAE). *Factores decisivos en la elección de sistemas de generación de calor y frío. Ámbito residencia*. Mayo 2018. [Consulta: Marzo 2019] Disponible en: <https://www.idae.es/publicaciones/factores-decisivos-en-la-eleccion-de-sistemas-de-generacion-de-calor-y-frio-parte-i>
- [14]
- Oficina Española de Cambio Climático (OECC). *REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO*. [Consulta: Marzo 2019]
- [15]
- [16] Benjamín Vera Viñals. *Energía Solar Fotovoltaica*. Universitat de Barcelona.
- [17] Guillermo Velasco. *01-Recurso Solar (Introducción)*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [18] Sergio Ratés. *Tema 2: The Wind Resource*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [19] Philips, Koninklijke Philips N.V. [Consulta: Marzo 2019] Disponible en: <https://www.philips.es/>
- [20] Factor Energía. *Standby: el fantasma consumista*. [Consulta: Marzo 2019] Disponible en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/consumo-standby/>

- [21] Factor Energía. *Etiqueta Eficiencia Energética*. [Consulta: Marzo 2019] Disponible en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/etiqueta-de-eficiencia-energetica/>
- Institu Català d'Energia (ICAEN). Quadern Pràctic 4: Energía Solar Fotovoltaica. Barcelona, 2011. [Consulta: Abril 2019] Disponible en:
- [22] http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxiu/04_energia_solar_fotovoltaica.pdf
- PVGIS, European Commission. Interactive Maps. [Consulta: Marzo 2019] Disponible en: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- Institu Català d'Energia (ICAEN). Quadern Pràctic 3: Energía Solar Térmica. Barcelona, 2009. [Consulta: Abril 2019] Disponible en:
- [24] http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxiu/03_2edi_Energia_solar_termica.pdf
- Suelo Solar. *Rendimiento colectores*. [Consulta: Abril 2019] Disponible en: https://suelosolar.com/guiasolares/acs/rendimiento_colectores.asp
- [26] Renovables Verdes. Aerogeneradores verticales. [Consulta: Abril 2019] Disponible en: <https://www.renovablesverdes.com/aerogeneradores-verticales/>
- [27] A.J. Barbero. *06 Energía Eólica*. Universidad de Castilla La Mancha.
- [28] Enair. [Consulta: Abril 2019] Disponible en: <https://www.enair.es/es/>
- Institu Català d'Energia (ICAEN). Quadern Pràctic 5: Instal·lacions de calderes de biomassa en edificis. Barcelona, 20011. [Consulta: Abril 2019] Disponible en:
- [29] http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxiu/05_calderes_biomassa.pdf
- [30] Herminio Martínez. *Energía Solar Fotovoltaica-2-parte II*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Real Decreto 1699/2011: regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia*. Madrid, 2011. [Consulta: Abril 2019] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-19242-consolidado.pdf>

Periódico de la Energía. Los 10 mayores fabricantes de inversores fotovoltaicos del mundo.

[32] [Consulta: Abril 2019] Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com/los-10-mayores-fabricantes-de-inversores-fotovoltaicos-del-mundo-en-2015-huawei-y-sma-lideran-los-rankings/>

[33] Oriol Barber Raméntol. *Energía de la Biomasa*. Universitat de Barcelona.

Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (IDAE). *Guía práctica instalaciones de calefacción y ACS centralizadas en edificios de viviendas*. Madrid 2008. [Consulta: Abril 2019]

[34] Disponible en:
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11081_Guia_instal_centralizadas_calef_y_ACS_edificios_08_659566a6.pdf

Anexo A: Facturas

A1. Facturas eléctricas

ENERO-MARZO

LLUM	
Import per potència contractada:	
4,4 kW x 0,127844 Eur/kW x 71 dies	39,97 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
4,4 kW x 38,043426 Eur/kW i any x (71/365) dies	32,56 €
	39,97 €
Import per energia consumida:	
270 kWh x 0,140413 Eur/kWh	37,91 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
270 kWh x 0,044027 Eur/kWh	11,89 €
	37,91 €
SUBTOTAL	77,88 €
ALTRES CONCEPTES	
Impost electricitat (77,88 X 5,11269632 %)	3,98 €
Lloguer equips de mesura i control (71 dies x 0,026761 Eur/dia)	1,90 €

MARZO-MAYO

LLUM	
Import per potència contractada:	
4,4 kW x 0,127844 Eur/kW x 62 dies	34,90 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
4,4 kW x 38,043426 Eur/kW i any x (62/365) dies	28,43 €
	34,90 €
Import per energia consumida:	
351 kWh x 0,140413 Eur/kWh	49,28 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
351 kWh x 0,044027 Eur/kWh	15,45 €
	49,28 €
SUBTOTAL	84,18 €
ALTRES CONCEPTES	
Impost electricitat (84,18 X 5,11269632 %)	4,30 €
Lloguer equips de mesura i control (62 dies x 0,026774 Eur/dia)	1,66 €

MAYO-JUNIO

LLUM	
Import per potència contractada:	
4,4 kW x 0,127944 Eur/kW x 17 dies	8,57 €
4,4 kW x 0,127944 Eur/kW x 29 dies	16,23 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
4,4 kW x 38,043426 Eur/kW i any x (46/365) dies	21,10 €
	25,90 €
Import per energia consumida:	
898 kWh x 0,134727 Eur/kWh	120,98 €
391 kWh x 0,138769 Eur/kWh	54,26 €
642 kWh x 0,140413 Eur/kWh	90,15 €
123 kWh x 0,139944 Eur/kWh	17,21 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
1.289 kWh x 0,044027 Eur/kWh	56,75 €
765 kWh x 0,044027 Eur/kWh	33,68 €
	282,80 €
SUBTOTAL	308,50 €
ALTRES CONCEPTES	
Abonament consum estim 1.615 kWh x -0,137294 Eur/kWh	-221,73 €
Impost electricitat (86,77 X 5,11269632 %)	4,44 €
Lloguer equips de mesura i control (46 dies x 0,026957 Eur/dia)	1,24 €

JUNIO-AGOSTO

LLUM	
Import per potència contractada:	
4,4 kW x 0,127944 Eur/kW x 45 dies	25,23 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
4,4 kW x 38,043426 Eur/kW i any x (45/365) dies	20,64 €
	25,23 €
Import per energia consumida:	
212 kWh x 0,139944 Eur/kWh	29,67 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
212 kWh x 0,044027 Eur/kWh	9,23 €
	29,87 €
SUBTOTAL	55,00 €
ALTRES CONCEPTES	
Impost electricitat (55,00 X 5,11269632 %)	2,81 €
Lloguer equips de mesura i control (45 dies x 0,026667 Eur/dia)	1,20 €

AGOSTO-OCTUBRE

LLUM	
Import per potència contractada:	
4,4 kW x 0,127944 Eur/kW x 62 dies	34,90 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
4,4 kW x 38,043426 Eur/kW i any x (62/365) dies	28,43 €
	34,90 €
Import per energia consumida:	
252 kWh x 0,139944 Eur/kWh	35,27 €
En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:	
252 kWh x 0,044027 Eur/kWh	11,09 €
	35,27 €
SUBTOTAL	70,17 €
ALTRES CONCEPTES	
Impost electricitat (70,17 X 5,11269632 %)	3,59 €
Lloguer equips de mesura i control (62 dies x 0,026774 Eur/dia)	1,66 €
SUBTOTAL	5,25 €
Import total	75,42 €
IVA normal (21%) 21% s/ 75,42	15,84 €



OCTUBRE-DICIEMBRE

LLUM

Import per potència contractada:

4,4 kW x 0,127944 Eur/kW x 60 dies 33,78 €

En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:

4,4 kW x 38,043426 Eur/kW i any x (60/365) dies 27,52 €

33,78 €

Import per energia consumida:

345 kWh x 0,139944 Eur/kWh 48,28 €

En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:

345 kWh x 0,044027 Eur/kWh 15,19 €

48,28 €

SUBTOTAL

82,06 €

ALTRES CONCEPTES

Impost electricitat (82,06 X 5,11269632 %) 4,20 €

Lloguer equips de mesura i control (60 dies x 0,026833 Eur/dia) 1,61 €

DICIEMBRE-FEBRERO

LLUM

Import per potència contractada:

4,4 kW x 0,127944 Eur/kW x 18 dies 10,13 €

4,4 kW x 0,130119 Eur/kW x 43 dies 24,62 €

En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:

4,4 kW x 38,043426 Eur/kW i any x (18/365) dies 8,25 €

4,4 kW x 38,043426 Eur/kW i any x (43/365) dies 19,72 €

34,75 €

Import per energia consumida:

108 kWh x 0,139944 Eur/kWh 15,11 €

259 kWh x 0,141964 Eur/kWh 36,77 €

En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:

108 kWh x 0,044027 Eur/kWh 4,75 €

259 kWh x 0,044027 Eur/kWh 11,40 €

51,88 €

A2. Facturas gas

Noviembre-Enero

GAS NATURAL

Terme Fixe Gas	48 dies x 0,285041 Eur/die	13,68 €
Terme Fixe Gas	14 dies x 0,288 Eur/die	4,03 €
Consum Bloc 1, Gas	1.523 kWh x 0,056637 Eur/kWh	86,26 €
Consum Bloc 1, Gas	444 kWh x 0,057618 Eur/kWh	25,58 €
Lloguer equips mesura gas		1,24 €
Impost Hidrocarburs general(#)	1.967 kWh x 0,00234 Eur/kWh	4,60 €

Import total		135,39 €
IVA normal (21%)	21% s/ 135,39	28,43 €

TOTAL IMPORT FACTURA 163,82 €

Septiembre-Octubre

GAS NATURAL

Terme Fixe Gas	61 dies x 0,285041 Eur/die	17,39 €
Consum Bloc 1, Gas	608 kWh x 0,056637 Eur/kWh	34,44 €
Lloguer equips mesura gas		1,24 €
Impost Hidrocarburs general(#)	608 kWh x 0,00234 Eur/kWh	1,42 €

Import total		54,49 €
IVA normal (21%)	21% s/ 54,49	11,44 €

TOTAL IMPORT FACTURA 65,93 €

Julio-Septiembre

GAS NATURAL

Terme fixe	69 dies x 0,144329 eur/kw i die	9,96 €
Tram 1	263 kwh x 0,065905 eur/kwh	17,33 €
Lloguer equips mesura gas		1,39 €
Impost hidrocarburs general(#)	263 kwh x 0,00234 eur/kwh	0,62 €

Import total		29,30 €
IVA NORMAL (21%)	21% s/ 29,30	6,15 €

TOTAL IMPORT FACTURA 35,45 €

Mayo-Julio

GAS NATURAL

Terme fixe	58 dies x 0,144329 eur/kw i die	8,37 €
Tram 1	366 kwh x 0,065905 eur/kwh	24,12 €
Lloguer d'equips gas		1,18 €
Despeses inspecció periòdica irc		0,61 €
Despeses inspecció física irc		1,62 €
Imposat d'hd general (#)	366 kwh x 0,00234 eur/kwh	0,86 €

Import total		36,76 €
IVA NORMAL (21%)	21% s/ 36,76	7,72 €

TOTAL IMPORT FACTURA 44,48 €



Enero-Marzo

GAS NATURAL

Terme fixe	61 dies x 0,144329 eur/kw i die	8,80 €
Tram 1	2.407 kwh x 0,065905 eur/kwh	158,63 €
Lloguer d'equips gas		1,23 €
Despeses insp.ó periòdica iri		12,80 €
Imposat d'hd general (#)	2.407 kwh x 0,00234 eur/kwh	5,63 €
<hr/>		
Import total		187,09 €
IVA NORMAL (21%)	21% s/ 187,09	39,29 €
<hr/>		
TOTAL IMPORT FACTURA		226,38 €

Anexo B: Datasheets

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

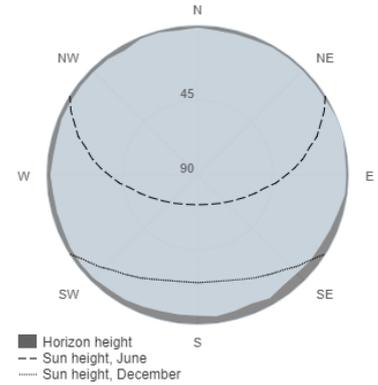
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 41.475, 1.914
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-CMSAF
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 16.5 kWp
 System loss: 14 %

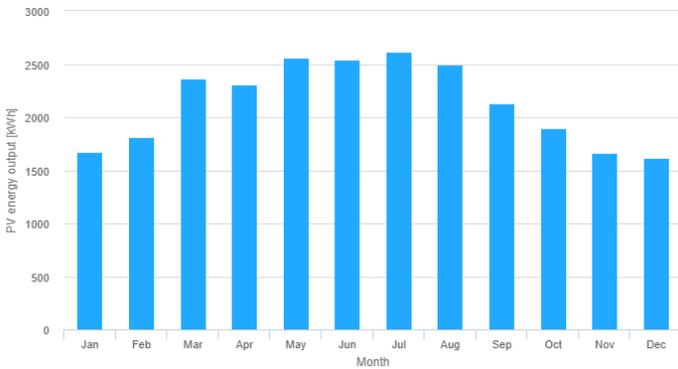
Simulation outputs

Slope angle: 37 °
 Azimuth angle: 0 °
 Yearly PV energy production: 25700 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1970 kWh/m²
 Year to year variability: 846.00 %
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.6 %
 Spectral effects: 0.9 %
 Temperature and low irradiance: -6.3 %
 Total loss: -20.8 %

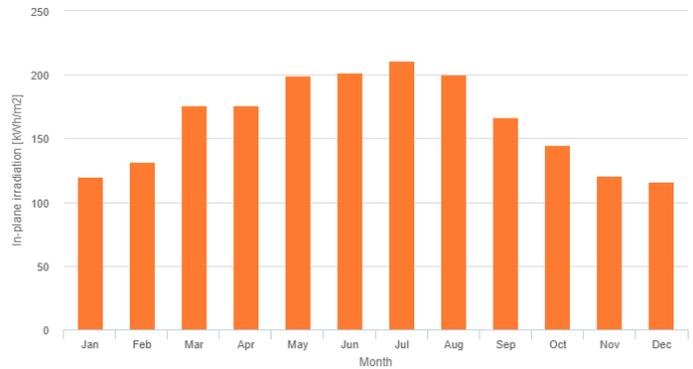
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	Em	Hm	SDm
January	1670	120	193
February	1810	132	213
March	2360	176	208
April	2310	176	219
May	2560	199	157
June	2540	202	140
July	2620	211	98
August	2500	200	142
September	2130	167	167
October	1900	145	215
November	1660	121	223
December	1620	116	186

Em: Average monthly electricity production from the given system [kWh].

Hm: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SDm: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them.
 However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.
 This information is: i) of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity; ii) not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date; iii) sometimes linked to external sites over which the Commission services have no control and for which the Commission assumes no responsibility; iv) not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).
 Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

REC TWINPEAK 2 SERIE

PANELES SOLARES PREMIUM CON UN RENDIMIENTO SUPERIOR

Los paneles solares de la serie REC Twin Peak cuentan con un diseño innovador con alta eficiencia y elevada potencia, permitiendo a los clientes obtener el máximo aprovechamiento de la superficie utilizada para la instalación.

En combinación con la calidad y la fiabilidad de un producto de una marca europea establecida y líder en la industria, los paneles REC TwinPeak 2 son ideales para uso en las cubiertas del sector residencial y comercial de todo el mundo.

**¡AHORA
CON NUEVA
GARANTÍA!**



**MÁS POTENCIA DE SALIDA
POR M²**



**MEJOR RENDIMIENTO EN
CONDICIONES DE SOMBREADOS**

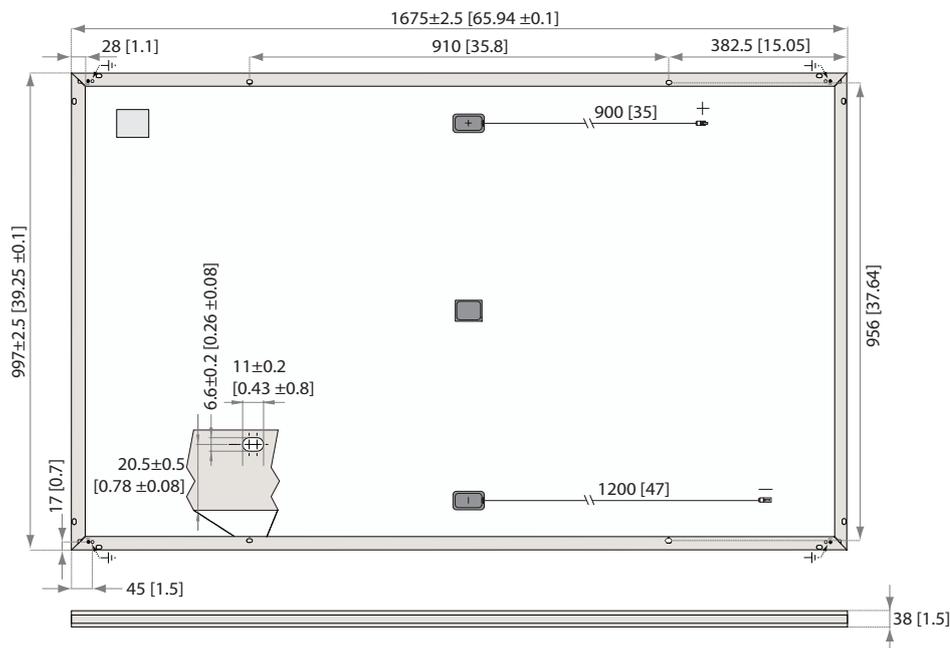


**100%
LIBRE DE PID**



**REDUCE LOS COSTES DEL RESTO
DEL SISTEMA**

REC TWINPEAK 2 SERIE



Dimensiones en mm [in]

18,0% EFICIENCIA

20 AÑOS DE GARANTÍA DE PRODUCTO

25 AÑOS DE GARANTÍA LINEAL DE LA POTENCIA NOMINAL

DATOS GENERALES

Tipo de célula: 120 células PERC multicristalinas cortadas por la mitad, 6 cadenas de 20 células en serie
 Cristal: Vidrio solar de 3,2 mm con tratamiento antirreflectante
 Lámina posterior: Poliéster de alta resistencia
 Marco: Aluminio anodizado (plata / negro)
 Caja de conexiones: en 3 partes, 3 diodos de derivación, IP67 de conformidad con IEC 62790
 Cable: 4 mm² cable solar, 0,9 m + 1,2 m de conformidad con EN 50618
 Conectores: Stäubli MC4 PV-KBT4/PV-KST4 (4 mm²) Tonglin TL-Cable01S-FR (4 mm²) de conformidad con IEC 62852, IP68 solo cuando se conecta
 Origen: Fabricado en Singapore

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ STC

Código de producto*: RECxxxTP2

	275	280	285	290	295	300
Potencia nominal - P _{MPP} (Wp)	275	280	285	290	295	300
Clasificación de potencia - (W)	-0/+5	-0/+5	-0/+5	-0/+5	-0/+5	-0/+5
Tensión nomina - U _{MPP} (U)	31,5	31,7	31,9	32,1	32,3	32,5
Corriente nomina - I _{MPP} (A)	8,74	8,84	8,95	9,05	9,14	9,24
Tensión a circuito abierto - U _{OC} (U)	38,2	38,4	38,6	38,8	39,0	39,2
Corriente corto circuito - I _{SC} (A)	9,52	9,61	9,66	9,71	9,76	9,82
Eficiencia del módulo (%)	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0

Valores en condiciones estándares de medida (STC: masa de aire AM 1,5, irradiancia 1000 W/m², temperatura 25°C), basados en una distribución de producción con un ±3% de tolerancia de U_{OC} e I_{SC} en un tipo de potencia. En bajas radiaciones de 200 W/m² y condiciones STC es posible obtener, al menos el 95% de la eficiencia.
 *Donde xxx indica la clase de potencia nominal (P_{MPP}) en STC indicada anteriormente, y puede estar seguida del sufijo BLK para paneles con el marco negro.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ NMOT

Código de producto*: RECxxxTP2

	206	210	214	218	223	226
Potencia nominal - P _{MPP} (Wp)	206	210	214	218	223	226
Tensión nomina - U _{MPP} (U)	29,2	29,4	29,6	29,8	30,0	30,1
Corriente nomina - I _{MPP} (A)	7,07	7,15	7,24	7,32	7,43	7,51
Tensión a circuito abierto - U _{OC} (U)	35,4	35,6	35,8	36,0	36,2	36,3
Corriente corto circuito - I _{SC} (A)	7,52	7,59	7,68	7,75	7,85	7,91

Valores en condiciones nominales del módulo (NMOT: masa de aire AM 1,5, irradiancia 800 W/m², temperatura 20°C, velocidad del viento 1 m/s).
 *Donde xxx indica la clase de potencia nominal (P_{MPP}) en STC indicada anteriormente, y puede estar seguida del sufijo BLK para paneles con el marco negro.

CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730 & UL 1703; MCS 005, IEC 62804 (PID)
 IEC 62716 (resistencia al amoníaco), IEC 60068-2-68 (Blowing Sand)
 IEC 61701 (corrosión de niebla salina - nivel 6), UNI 8457/9174 (Class A),
 ISO 11925-2 (Class E), ISO 9001:2015, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007

Esquema take-e-way de reciclaje compatible WEEE

GARANTÍA

20 años de garantía de producto
 25 años de garantía lineal de la potencia nominal (máxima degradación de rendimiento del 0.7% p.a.)
 (Ver detalles en las Condiciones de Garantía)

LÍMITES OPERATIVOS

Margen de temperatura del módulo: -40 ... +85°C
 Voltaje máximo del sistema: 1000 V
 Carga de diseño (+): nieve 367 kg/m² (3600 Pa)*
 Máxima carga de prueba (+): 550 kg/m² (5400 Pa)
 Carga de diseño (-): viento 163 kg/m² (1600 Pa)*
 Máxima carga de prueba (-): 244 kg/m² (2400 Pa)
 Capacidad máxima del fusible: 25 A
 Máxima Corriente Inversa: 25 A
 *Factor de seguridad 1.5

PARÁMETROS TÉRMICOS*

Temp. de operación nominal del módulo: 44,6°C (±2°C)
 Coeficiente de temperatura para P_{MPP}: -0,36 %/°C
 Coeficiente de temperatura para U_{OC}: -0,30 %/°C
 Coeficiente de temperatura para I_{SC}: 0,066 %/°C
 *Los coeficientes de temperatura mencionados son valores lineales

DATOS MECÁNICOS

Dimensiones: 1675 x 997 x 38 mm
 Área: 1,67 m²
 Peso: 18,5 kg

Fundada en Noruega en el año 1996, REC es una empresa líder en energía solar e integrada verticalmente. A través de la fabricación integrada desde el silicio a las obleas, células, paneles de alta calidad y extendiéndose a soluciones solares, REC ofrece al mundo una fuente fiable de energía limpia. La reconocida calidad del producto de REC es corroborada por el índice más bajo de reclamaciones de garantía en la industria. REC es una compañía del grupo Bluestar Elkem con sede central en Noruega y sede de operaciones en Singapore. REC con más de 2.000 empleados a nivel mundial, produce al año 1,5 GW de paneles fotovoltaicos.

Solar+Power award winner

TOP PERFORMER 2018 DNV-GL PV MODULE RELIABILITY SCORECARD

REC
 www.recgroup.com

SUNNY TRIPOWER

15000TL / 20000TL / 25000TL



STP 15000TL-30 / STP 20000TL-30 / STP 25000TL-30



Rentable

- Rendimiento máximo del 98,4 %

Seguro

- Descargador de sobretensión de CC integrable (DPS tipo II)

Flexible

- Tensión de entrada de CC hasta 1000 V
- Diseño de plantas perfecto gracias al concepto de multistring
- Pantalla opcional

Innovador

- Innovadoras funciones de gestión de red gracias a Integrated Plant Control
- Suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7)

SUNNY TRIPOWER

15000TL / 20000TL / 25000TL

El especialista flexible para plantas comerciales y centrales fotovoltaicas de gran tamaño

El Sunny Tripower es el inversor ideal para plantas de gran tamaño en el sector comercial e industrial. Gracias a su rendimiento del 98,4 %, no solo garantiza unas ganancias excepcionalmente elevadas, sino que a través de su concepto de multistring combinado con un amplio rango de tensión de entrada también ofrece una alta flexibilidad de diseño y compatibilidad con muchos módulos fotovoltaicos disponibles.

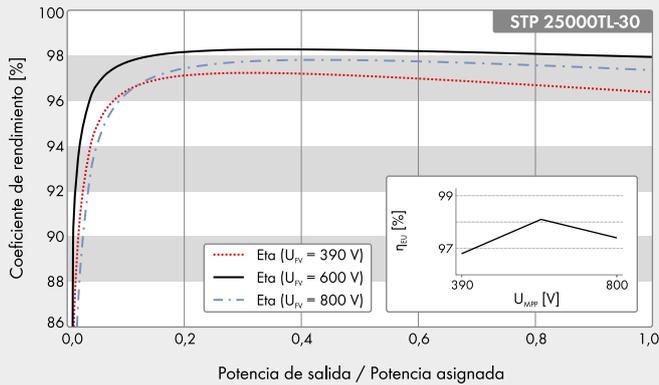
La integración de nuevas funciones de gestión de energía como, por ejemplo, Integrated Plant Control, que permite regular la potencia reactiva en el punto de conexión a la red tan solo por medio del inversor, es una firme apuesta de futuro. Esto permite prescindir de unidades de control de orden superior y reducir los costes del sistema. El suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7) es otra de las novedades que ofrece.

SUNNY TRIPOWER

15000TL / 20000TL / 25000TL

Datos técnicos	Sunny Tripower 15000TL
Entrada (CC)	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	27000 Wp
Potencia asignada de CC	15330 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	240 V a 800 V/600 V
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	33 A/33 A
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A:3; B:3
Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	15000 W
Potencia máx. aparente de CA	15000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red	50 Hz/230 V
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida	29 A/21,7 A
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo
THD	≤ 3%
Fases de inyección/conexión	3/3
Rendimiento	
Rendimiento máx./europeo	98,4%/98,0%
Dispositivos de protección	
Punto de desconexión en el lado de entrada	●
Monitorización de toma a tierra/de red	● / ●
Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II	○
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●
Clase de protección (según IEC 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
Datos generales	
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)
Peso	61 kg (134,48 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)
Emisión sonora, típica	51 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W
Topología/principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%
Equipamiento / función / accesorios	
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne de conexión por resorte
Pantalla	○
Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ●
Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus	● / ●
Relé multifunción/Power Control Module	○ / ○
OptiTrac Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	● / ●
Garantía: 5/10/15/20 años	● / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones previstos	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, DEWA 2.0, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PEA 2013, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n.º 7:2013, SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014
* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438	
Modelo comercial	STP 15000TL-30

Curva de rendimiento



Accesorios



Interfaz RS485
DM-485CB-10



Power Control Module
PWCMOD-10



Descargador de sobretensión
de CC tipo II, entradas A y B
DCSPD KIT3-10



Relé multifunción
MFR01-10

● De serie ○ Opcional – No disponible
 Datos en condiciones nominales
 Actualizado: octubre de 2017

Datos técnicos

Entrada (CC)

Potencia máx. del generador fotovoltaico
Potencia asignada de CC
Tensión de entrada máx.
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada
Tensión de entrada mín./de inicio
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP

Salida (CA)

Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)
Potencia máx. aparente de CA
Tensión nominal de CA
Rango de tensión de CA
Frecuencia de red de CA/rango
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable
THD
Fases de inyección/conexión

Rendimiento

Rendimiento máx./europeo

Dispositivos de protección

Punto de desconexión en el lado de entrada
Monitorización de toma a tierra/de red
Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal
Clase de protección (según IEC 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)

Datos generales

Dimensiones (ancho/alto/fondo)
Peso
Rango de temperatura de servicio
Emisión sonora, típica
Autoconsumo nocturno
Topología/principio de refrigeración
Tipo de protección (según IEC 60529)
Clase climática (según IEC 60721-3-4)
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)

Equipamiento / función / accesorios

Conexión de CC/CA
Pantalla
Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect
Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus
Relé multifunción/Power Control Module
OptiTrac Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7
Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller
Garantía: 5/10/15/20 años
Certificados y autorizaciones (otros a petición)

* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438

Modelo comercial

Sunny Tripower 20000TL

36000 W _p
20440 W
1000 V
320 V a 800 V/600 V
150 V/188 V
33 A/33 A
2/A:3; B:3
20000 W
20000 VA

Sunny Tripower 25000TL

45000 W _p
25550 W
1000 V
390 V a 800 V/600 V
150 V/188 V
33 A/33 A
2/A:3; B:3
25000 W
25000 VA

3 / N / PE; 220 V / 380 V
 3 / N / PE; 230 V / 400 V
 3 / N / PE; 240 V / 415 V

180 V a 280 V

50 Hz/44 Hz a 55 Hz
 60 Hz/54 Hz a 65 Hz

50 Hz/230 V

29 A/29 A

36,2 A/36,2 A

1/0 inductivo a 0 capacitivo

≤ 3%

3/3

98,4%/98,0%

98,3%/98,1%

●

● / ●

○

● / ● / –

●

I / AC: III; DC: II

661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)

61 kg (134,48 lb)

–25 °C a +60 °C (–13 °F a +140 °F)

51 dB(A)

1 W

Sin transformador/OptiCool

IP65

4K4H

100%

SUNCLIX/Borne de conexión por resorte

○

○ / ●

● / ●

○ / ○

● / ● / ●

● / ●

● / ○ / ○ / ○

ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, DEWA 2.0, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PEA 2013, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n.º 7:2013, S14777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014

STP 20000TL-30

STP 25000TL-30

www.SunnyPortal.com

Monitorización, gestión y presentación profesionales de plantas fotovoltaicas



www.SMA-Iberica.com

SMA Solar Technology

Aquecimento com estilhas e pellets



firematic
20 - 60 kW



firematic
80 - 499 kW



A competência é o nosso sucesso...

FACTOS SOBRE A HERZ:

- 60 empresas
- Sede na Áustria
- Pesquisa e desenvolvimento na Áustria
- Empresa austríaca
- 2600 colaboradores em mais de 100 países
- 24 centros de produção



HERZ Armaturen GmbH – A empresa

Fundada em 1896, a HERZ está continuamente presente no mercado há mais de 120 anos. Com 8 centros na Áustria, 16 na Europa e mais de 2600 colaboradores no país e no estrangeiro, a HERZ Armaturen GmbH é o único fabricante austríaco do setor e um dos fabricantes internacionais mais importantes de produtos para o setor do aquecimento e da instalação.

HERZ Energietechnik GmbH

A HERZ Energietechnik conta com mais de 230 colaboradores na produção e nas vendas. Nos centros da empresa de Pinkafeld/Burgenland e Sebersdorf/Estíria encontram-se instalações de fabrico muito modernas e laboratórios dedicados à investigações de produtos inovadores. Desta forma é possível colaborar com centros de investigação e institutos de formação. Com os anos, a HERZ posicionou-se como especialista em sistemas de energias renováveis. Assim, o foco principal vai para o desenvolvimento de sistemas de aquecimento modernos, económicos e ecológicos, com o máximo nível de comodidade e facilidade para o utilizador.

A HERZ e o meio ambiente

Todos os sistemas de aquecimento HERZ cumprem as normas mais rigorosas relativamente aos níveis de emissões. Prova disso são os muitos selos ambientais obtidos.



Qualidade HERZ

Os designers da HERZ estão constantemente em contacto com institutos de investigação reconhecidos, de modo a melhorar ainda mais os nossos elevados padrões de qualidade.



Aquecimento cómodo...



Sistemas disponíveis com modelo à esquerda ou direita!



Décadas de experiência

- Centro de desenvolvimento e de testes próprio
- Qualidade austríaca com distribuição europeia
- Serviço integral
- Certificação ISO 9001
- Produção de caldeiras testada pela FMEA

Aquecimento económico e cómodo com estilhas e pellets.

Combustão mais limpa devido ao controlo da sonda lambda, mesmo com diferentes qualidades de combustível.

O funcionamento silencioso da caldeira deve-se à elevada qualidade dos componentes do sistema.

Valores de emissões muito reduzidos para proteger o meio ambiente!

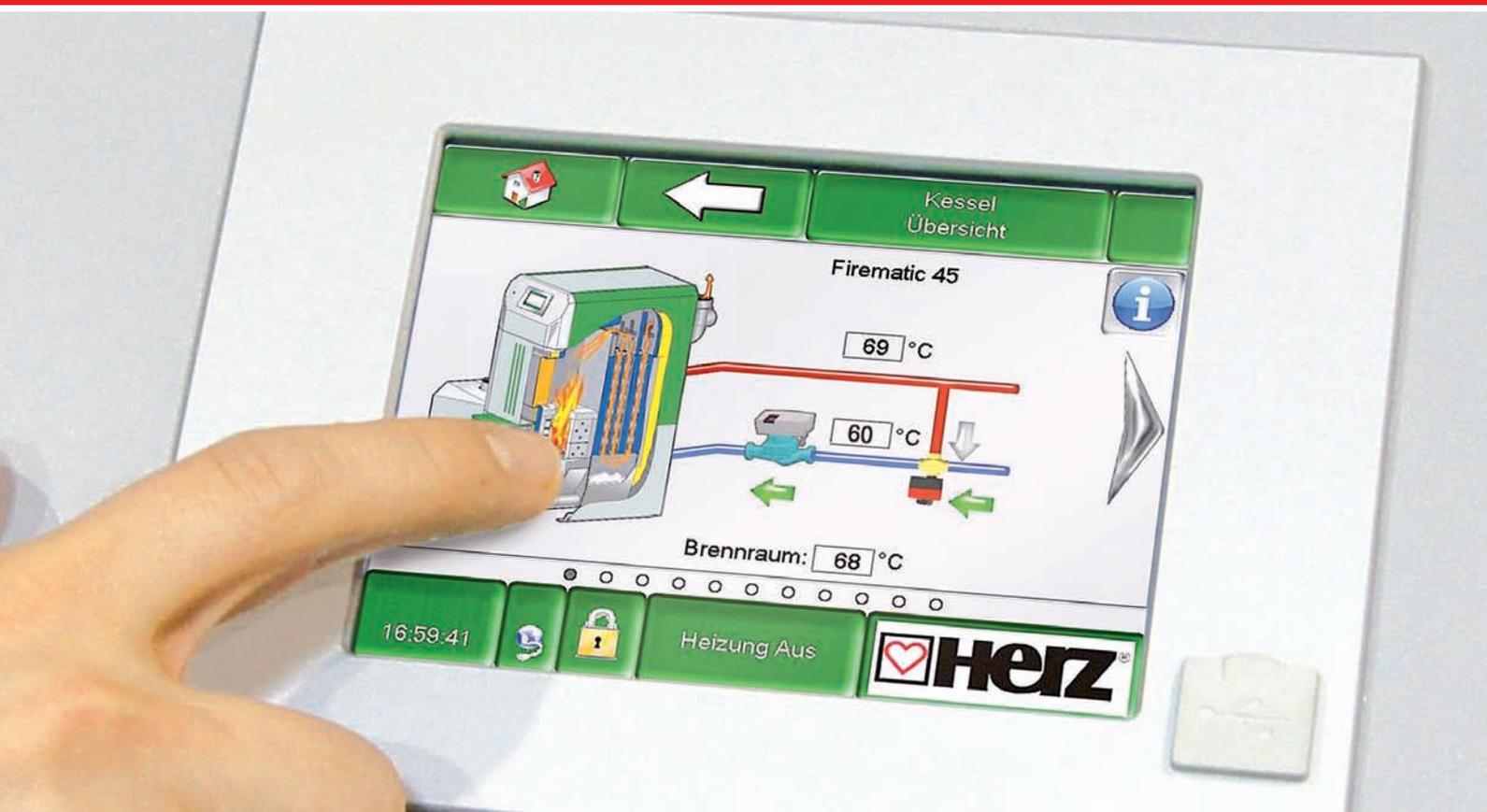
As grandes vantagens da HERZ firematic:

- Tecnologia de acionamento economizadora
- Funcionamento muito fácil
- Elevado grau de eficiência
- Necessidade de espaço mínima
- Utilização de materiais de alta qualidade

Limpeza automática...

- ... da câmara de combustão
- ... dos tubos do permutador de calor
- Remoção automática das cinzas de combustão e voláteis no recipiente de cinzas da parte frontal

Fácil, moderno e cómodo...



Além do funcionamento da caldeira, com a regulação com ecrã tátil a cores VGA é possível controlar facilmente os circuitos de aquecimento, água quente sanitária, depósitos de inércia e instalações solares.

T-CONTROL

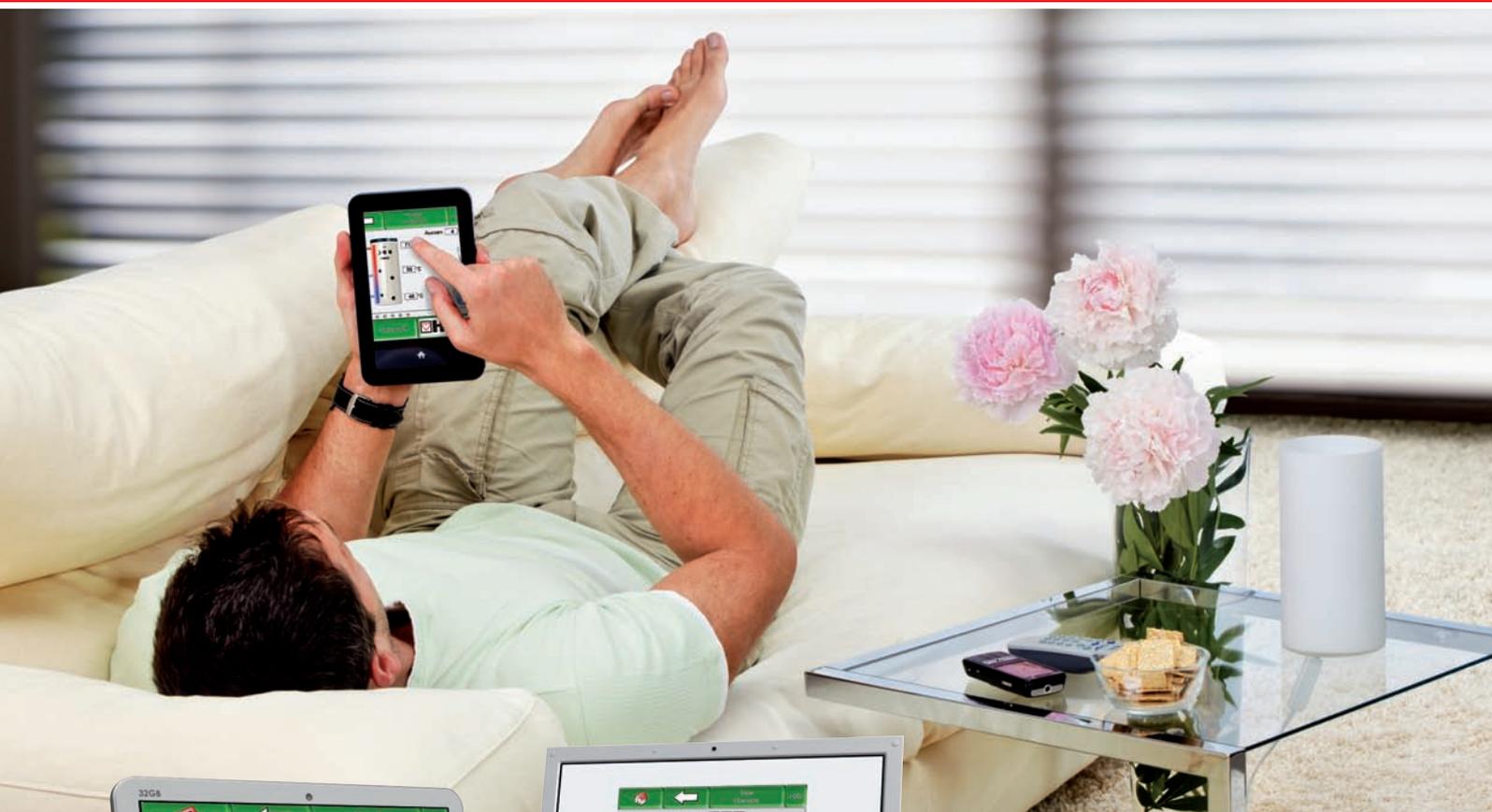
Unidade de regulação para:

- Gestão do depósito de inércia
- Avaliação da temperatura de retorno (bomba e válvula misturadora)
- Aquecimento de água conforme necessário
- Circuitos de aquecimento (bomba e válvula misturadora)
- Regulação do circuito solar
- Supervisão da proteção anti-gelo

Através do cómodo menu de funções e do fácil design de ecrãs com desenhos 3D, o produto HERZ de caldeira assegura o máximo nível de facilidade para o utilizador.

O funcionamento modular do T-CONTROL possibilita uma ampliação até 55 módulos. Desta forma, a unidade de regulação central consegue controlar, de forma otimizada, os processos de combustão (com sonda lambda), a gestão do depósito de inércia, a avaliação da temperatura de retorno, os circuitos de aquecimento, o aquecimento de água, o circuito solar e muito mais, podendo ser sempre ampliada ou alterada.

...com a unidade de regulação central T-CONTROL



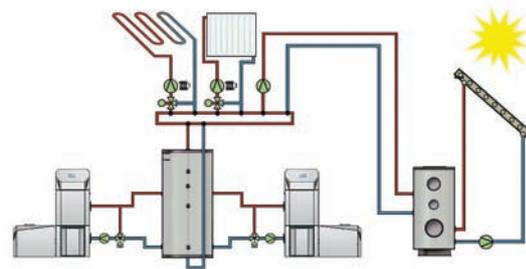
T-CONTROL

Acesso remoto à regulação através do VNC Viewer

Como opção adicional, o T-CONTROL oferece a possibilidade de visualização e manutenção remota via Smartphone, PC ou Tablet PC. A operação é realizada como na regulação tátil direta na caldeira. Assim, os processos e parâmetros podem ser visualizados e alterados a qualquer momento e em qualquer lugar.

Outras vantagens do T-CONTROL:

- Modo de espera economizador de energia
- Envio de mensagens de estado e de erro via e-mail
- Transferência de dados e atualizações de software via pen USB
- Possibilidade de comunicação Modbus (TCP / IP)
- Apresentação clara das funções dos diferentes componentes (bomba do circuito de aquecimento, bomba da água quente sanitária, bomba de circulação, válvula misturadora, válvula de comutação, atuadores, etc.)



Funcionamento em cascata

Com o T-CONTROL HERZ é possível ligar até 8 caldeiras em cascata. Quantas mais caldeiras forem ligadas, maior será a potência. Uma das vantagens da ligação em cascata é a elevada eficiência com um consumo de calor reduzido (por ex. no período de transição).

Vantagens e detalhes...



T-CONTROL – regulação fácil com ecrã tátil

Unidade de regulação central de série para:

- Gestão do depósito de inércia
 - Avaliação da temperatura de retorno (bomba e válvula misturadora)
 - Aquecimento de água conforme necessário
 - Circuito de aquecimento (bomba e válvula misturadora)
 - Supervisão da proteção anti-gelo
- Fácil design de ecrãs e cómodo menu de funções.
 - Possibilidade de ampliação até 55 módulos (mais circuitos de aquecimento, regulação do circuito solar, 2.º depósito de inércia, etc.)



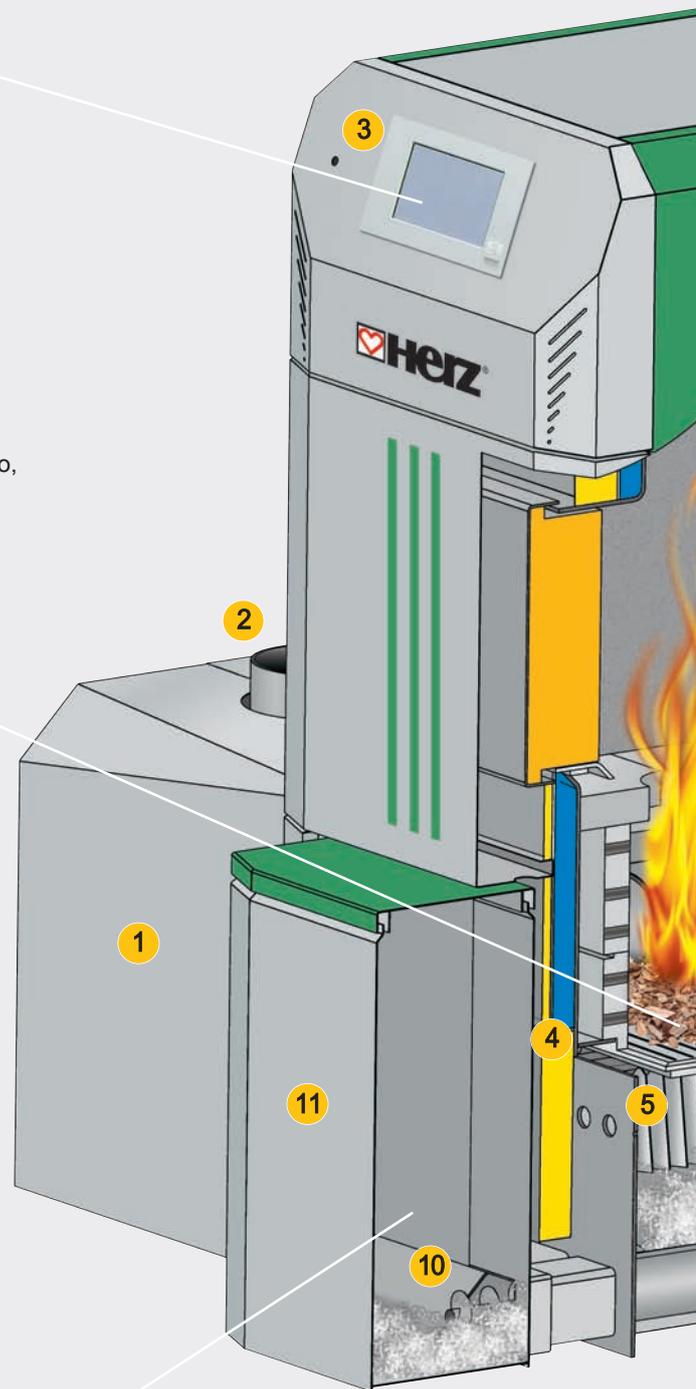
Unidade de inserção lateral e grelha basculante

- Unidade de inserção lateral de estilhas ou pellets na câmara de combustão.
- Limpeza completa da grelha através da introdução automática numa matriz.
- Assim, a impulsão de ar ideal é assegurada pela grelha de combustão limpa.
- Não é necessário nenhum trabalho de limpeza manual

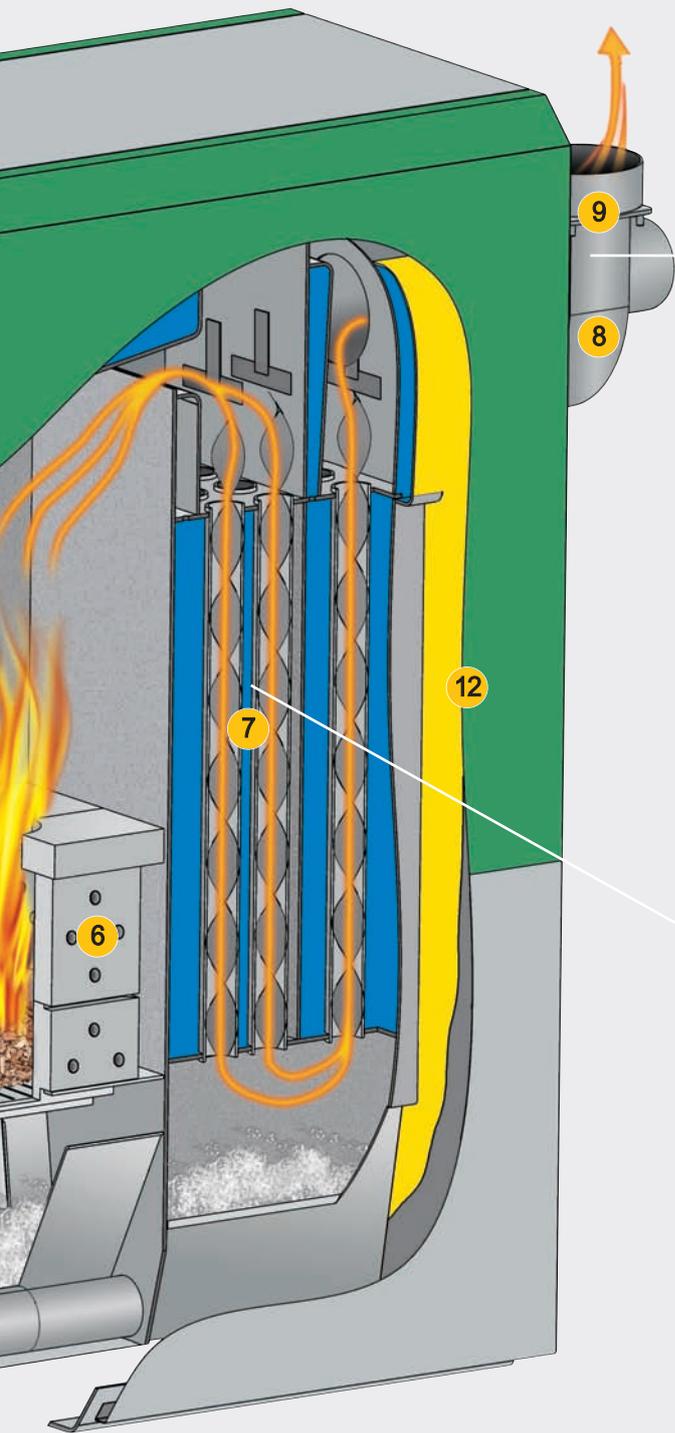


Remoção automática das cinzas

- As cinzas de combustão e voláteis são transportadas automaticamente para a caixa de cinzas da parte frontal através dos dois parafusos sem-fim de descarga de cinzas.
- A caixa de cinzas com rodas extraível possibilita o esvaziamento fácil e cómodo das cinzas.



1. Recipiente intermédio com sistema de quadro de infravermelhos (sem regulador do nível de enchimento mecânico – desta forma, resistente)
2. DPC (dispositivo de proteção contrafogo) EIA (extintor de incêndios automático)
3. Regulação T-CONTROL Unidade de regulação central



Poupança de energia de combustão devido à sonda lambda



- Graças à sonda lambda, que supervisiona permanentemente os valores de gases, obtêm-se sempre valores de combustão perfeitos e valores de emissões muito reduzidos.
- A sonda lambda controla a impulsão de ar primário e secundário, bem como a quantidade de material, obtendo uma combustão mais limpa mesmo no funcionamento a carga parcial.
- O resultado é um consumo de combustível reduzido e valores de emissões muito reduzidos, mesmo com diferentes qualidades de combustível.

Limpeza automática do permutador de calor



- Os permutadores de calor são limpos automaticamente através de turbuladores integrados (que sobem e descem), mesmo durante o processo de combustão e sem necessidade de trabalho manual.
- Os permutadores de calor limpos asseguram um grau de eficiência elevado e constante, proporcionando um consumo de combustível reduzido.
- As cinzas voláteis são transportadas para a caixa de cinzas da parte frontal através do parafuso sem-fim.

4. Acendimento automático com ventilador de ar quente
5. Grelha basculante automática para uma limpeza completa
6. Câmara de combustão dividida em 2 zonas
7. Tubos do permutador de calor com turbuladores e limpeza automática

8. Regulação da sonda lambda
Supervisão automática da combustão e dos gases
9. O ventilador de aspiração regula a velocidade e supervisiona a aspiração para a máxima segurança de funcionamento
10. Parafusos sem-fim de descarga de cinzas de combustão e voláteis

11. Caixa de cinzas frontal
12. Isolamento térmico eficiente para uma perda mínima por radiação

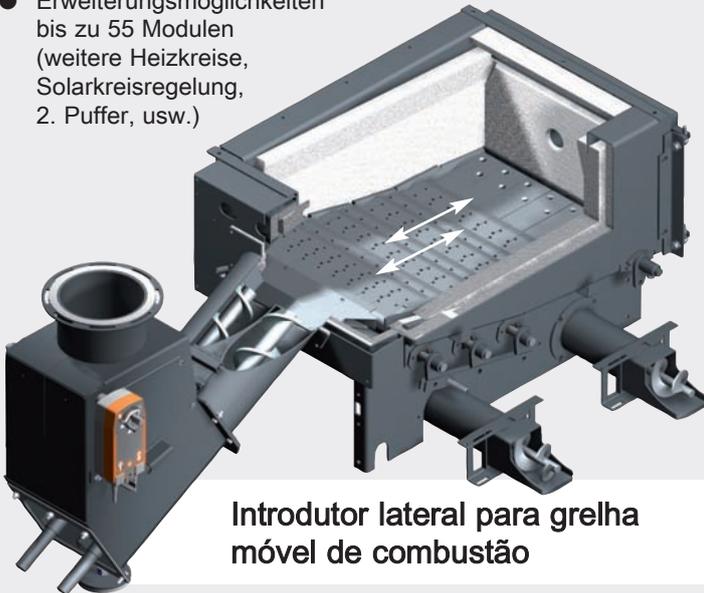
Vantagens e detalhes...



T-CONTROL – regulação fácil com ecrã tátil

Unidade de regulação central de série para:

- Gestão do depósito de inércia
 - Avaliação da temperatura de retorno (bomba e válvula misturadora)
 - Aquecimento de água conforme necessário
 - Circuito de aquecimento (bomba e válvula misturadora)
 - Supervisão da proteção anti-gelo
- Fácil design de ecrãs e cómodo menu de funções.
 - Erweiterungsmöglichkeiten bis zu 55 Modulen (weitere Heizkreise, Solarkreisregelung, 2. Puffer, usw.)



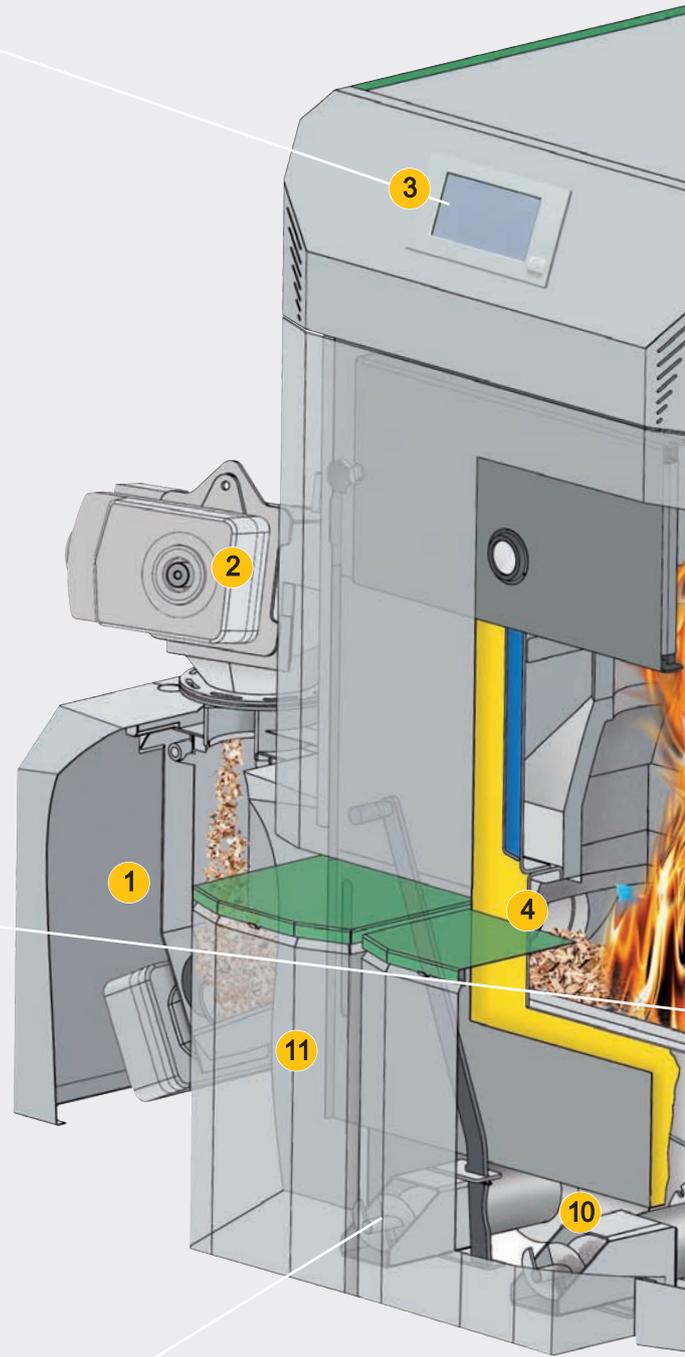
Introdutor lateral para grelha móvel de combustão

- Introdutor lateral para estilha ou pellets na câmara de combustão (sem-fim para firematic 20-101, sem-fim duplo para firematic 130-499).
- Com o movimento da grelha de combustão consegue-se uma limpeza dos elementos da grelha. Estes elementos são fabricados com materiais de fundição de alta qualidade. Com esta limpeza de grelha mantém-se um caudal de ar óptimo através dos elementos da grelha e garante-se uma combustão óptima.
- A remoção das cinzas da câmara de combustão realiza-se de forma automática através da basculação do último tramo da grelha. O parafuso sem-fim, situado na parte inferior do tramo da grelha basculante, transporta a cinza directamente para o contentor de cinza.
- Não há necessidade de limpeza manual.

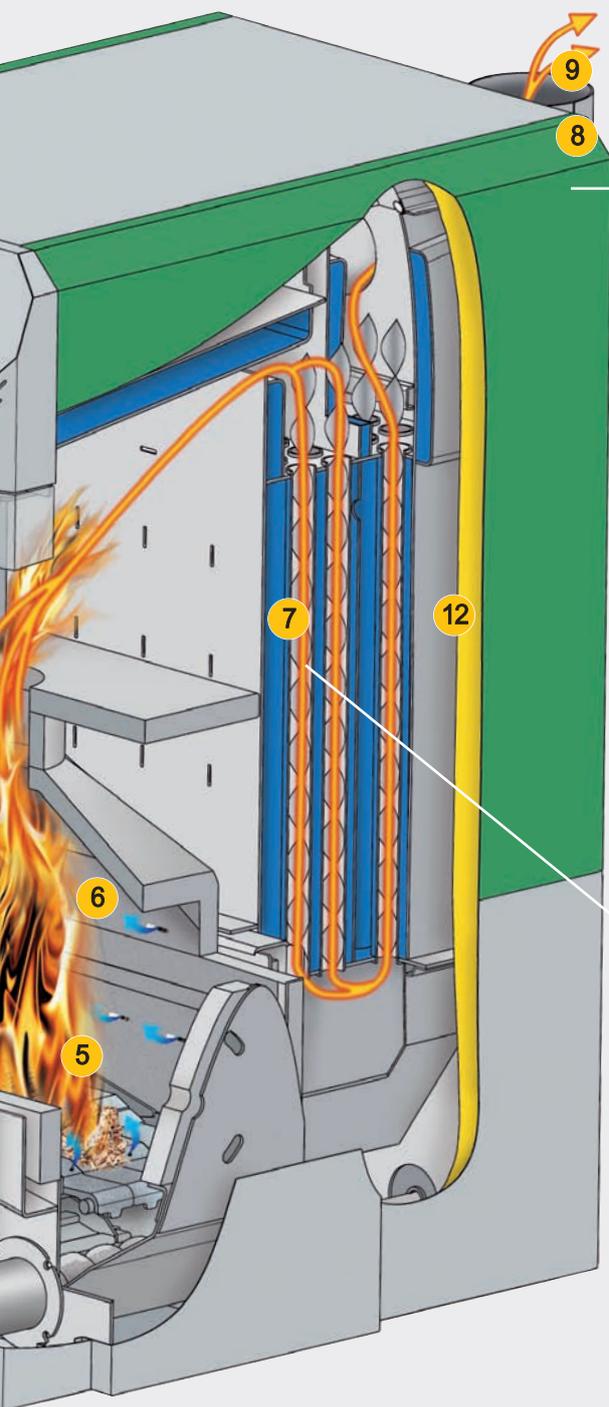


Remoção automática das cinzas

- As cinzas de combustão e voláteis são transportadas automaticamente para o recipiente de cinzas da parte frontal através dos dois parafusos sem-fim de descarga de cinzas.
- As caixas de cinzas com rodas extraíveis possibilitam o esvaziamento fácil e cómodo das cinzas.



1. Recipiente intermédio com sistema de quadro de infravermelhos (sem regulador do nível de enchimento mecânico – desta forma, resistente)
2. DPC (dispositivo de proteção contra fogo) EIA (extintor de incêndios automático)
3. Regulação T-CONTROL unidade de regulação central



Poupança de energia de combustão devido à sonda lambda



- Graças à sonda lambda, que supervisiona permanentemente os valores de gases, obtêm-se sempre valores de combustão perfeitos e valores de emissões muito reduzidos.
- A sonda lambda controla a impulsão de ar primário e secundário, bem como a quantidade de material, obtendo uma combustão mais limpa mesmo no funcionamento a carga parcial.
- O resultado é um consumo de combustível reduzido e valores de emissões muito reduzidos, mesmo com diferentes qualidades de combustível.

Limpeza automática do permutador de calor

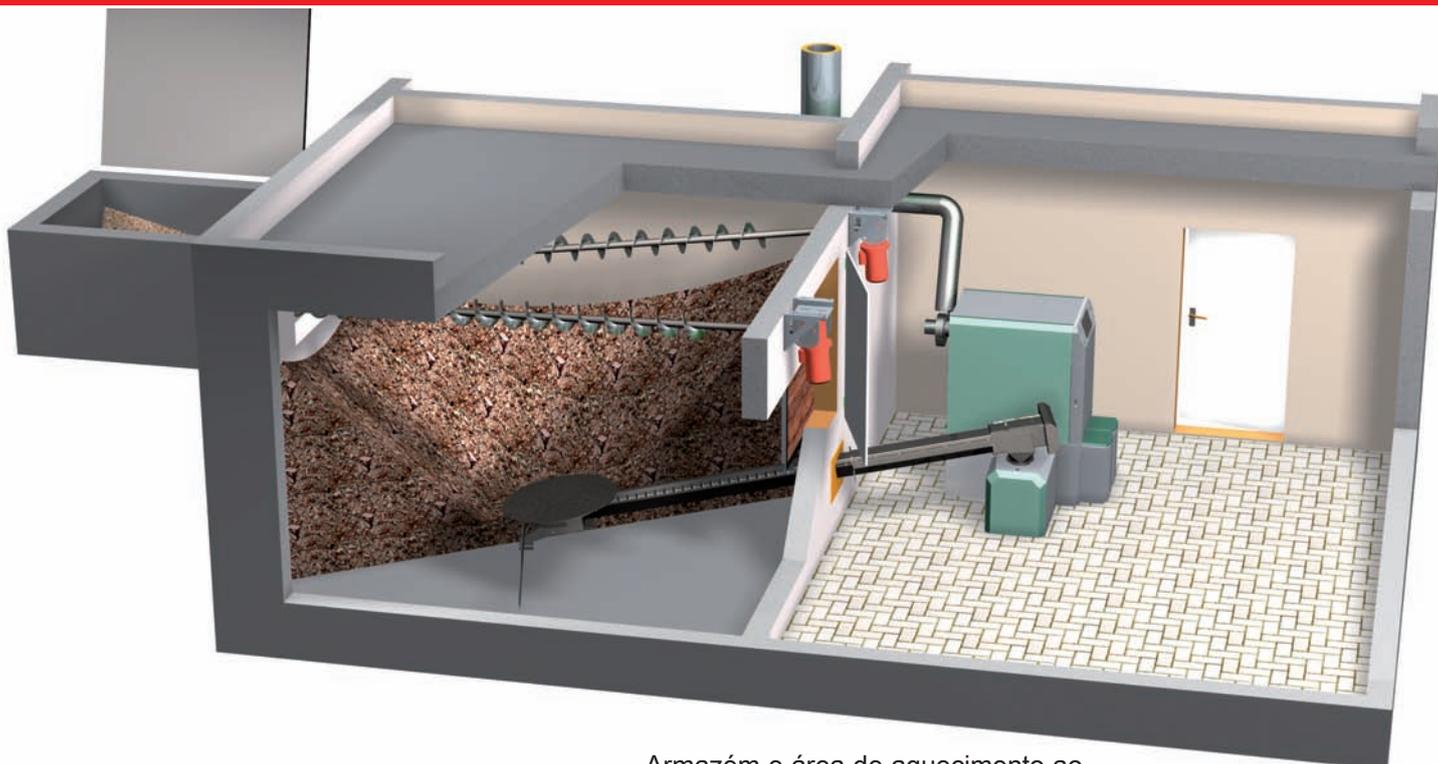


- Os permutadores de calor são limpos automaticamente através de turbuladores integrados (que sobem e descem), mesmo durante o processo de combustão e sem necessidade de trabalho manual.
- Os permutadores de calor limpos asseguram um grau de eficiência elevado e constante, proporcionando um consumo de combustível reduzido.
- As cinzas voláteis são transportadas para a caixa de cinzas da parte frontal através do parafuso sem-fim.

4. Acendimento automático com ventilador de ar quente
5. Grelha móvel com limpeza automática
6. Câmara de combustão dividida em 2 zonas
7. Tubos do permutador de calor com turbuladores e limpeza automática

8. Regulação da sonda lambda
Supervisão automática da combustão e dos gases
9. O ventilador de aspiração regula a velocidade e supervisiona a aspiração para a máxima segurança de funcionamento
10. Parafusos sem-fim de descarga de cinzas de combustão e voláteis

11. 2 recipientes de cinzas da parte frontal
12. Isolamento térmico eficiente para uma perda mínima por radiação



Armazém e área de aquecimento ao mesmo nível. Transporte inclinado com mecanismo rotativo por mola e 2 parafusos sem-fim de enchimento.

Transporte rotativo HERZ e tecnologia de acionamento

Mecanismo rotativo robusto com engrenagem potente e transmissão para um funcionamento eficaz.

Transporte rotativo disponível até 6 m de diâmetro e até 5 m de diâmetro (na firematic 20-60) com 230 V.

Outros sistemas de transporte disponíveis através de parafuso sem-fim pendular para silo ou através de barras móveis e parafuso sem-fim de transporte transversal.



Transporte através de mecanismo rotativo por mola horizontal com parafuso sem-fim ascendente, para o ótimo aproveitamento do armazém



Armazém e área de aquecimento em níveis diferentes. Transporte horizontal com mecanismo rotativo por mola e tubo de queda.

O sistema vertical de enchimento HERZ permite encher o armazém de estilhas de forma ideal.

As estilhas são transportadas através de um parafuso sem-fim vertical para o armazém de estilhas e distribuídas de forma ideal através de um parafuso sem-fim horizontal.

- Tremonha de enchimento até 6 metros
- Tremonha de enchimento com elementos modulares de 0,6 e 1,2 metros
- Cobertura da tremonha de enchimento desdobrável e galvanizada
- Elevada resistência à corrosão devido às peças de revestimento totalmente galvanizadas, para uma instalação duradoura no exterior
- Todos os motores são adequados para a instalação no exterior
- Alturas verticais até 10 metros
- Distribuição ideal das estilhas no armazém devido ao parafuso sem-fim (até 12 metros))



Fluxo de enchimento: <math>< 60 \text{ m}^3/\text{h}</math>
Nas instalações duplas: <math>< 120 \text{ m}^3/\text{h}</math>



ADEQUADO PARA:

Pellets de madeira de acordo com

- EN 14961-2: Classe de características A1
- Swisspellet, DINplus, ENplus ou ÖNORM M7135

Estilhas M40

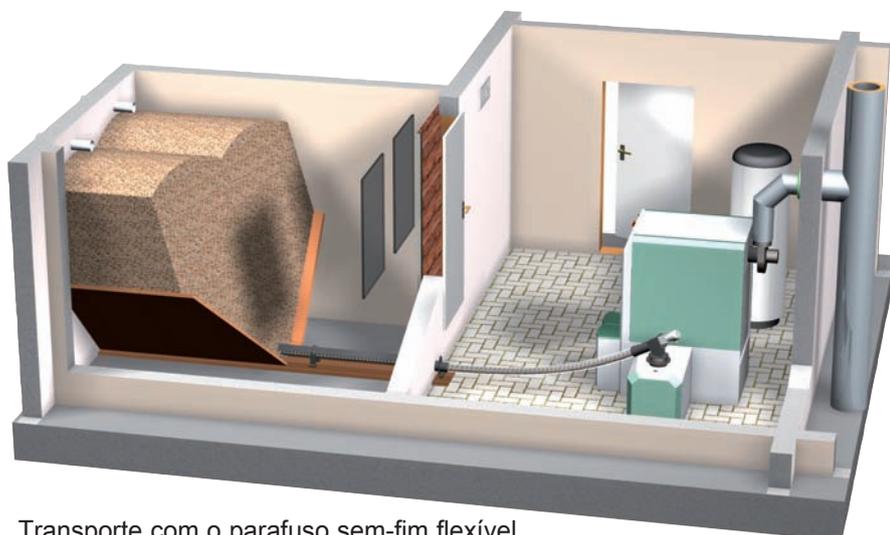
(Conteúdo de água máx. 40%) de acordo com

- 14961-1/4: Classe de características A1, A2, B1 e tamanho de partículas P16B, P31,5 ou P45A
- ÖNORM M7133: G30-G50

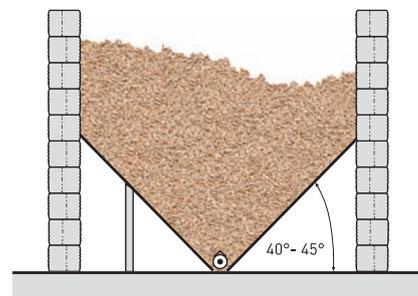




Possibilidades de transporte para pellets através de parafuso sem-fim flexível (até 201 kW)

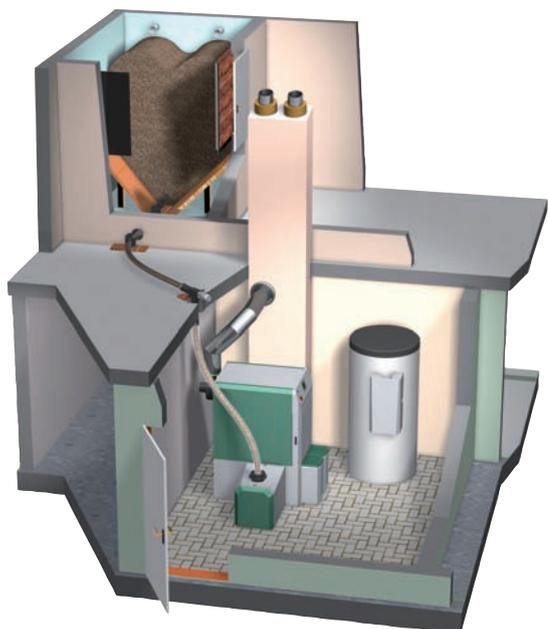


Transporte com o parafuso sem-fim flexível

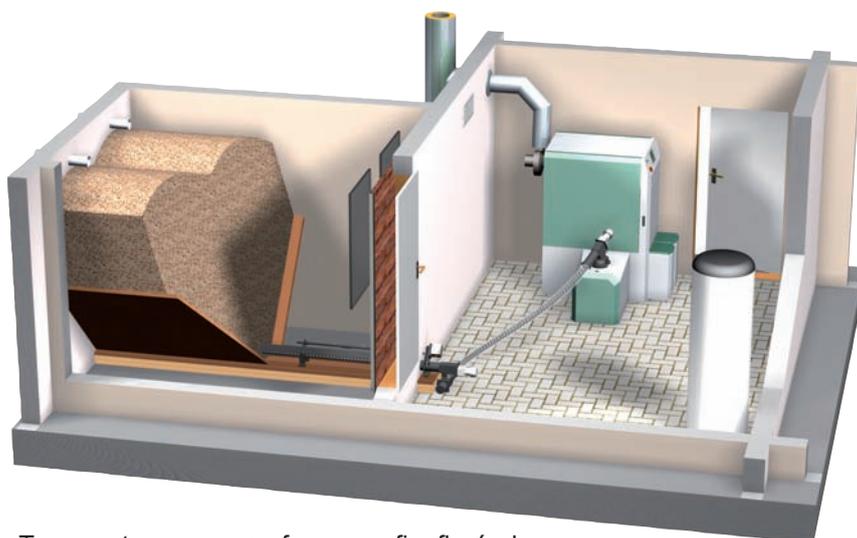


Inclinação 40° - 45° no armazém de pellets com superfície lisa

Se se utilizarem apenas pellets, o parafuso sem-fim flexível é uma solução económica. No entanto, para esvaziar o armazém por completo é recomendável montar inclinações. O transporte de estilhas não é possível nesta variante.



Transporte com o parafuso sem-fim flexível com sistema de queda



Transporte com o parafuso sem-fim flexível com sistema de entrega

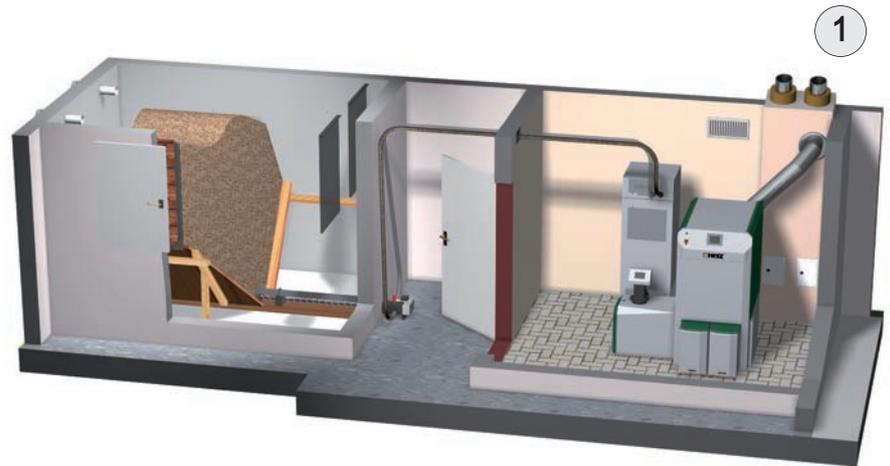
Transporte rotativo – a variante necessária na utilização de estilhas e pellets.

Se também pretender queimar estilhas no sistema, terá de utilizar a variante com um mecanismo rotativo. O transporte através do mecanismo rotativo também é possível com pellets. Tem como vantagem um aproveitamento do armazém mais eficiente e a possibilidade de transportar igualmente as estilhas para a caldeira.





...para pellets



Parafuso sem-fim modular para pellets no armazém (com inclinações) e recipiente de aspiração.

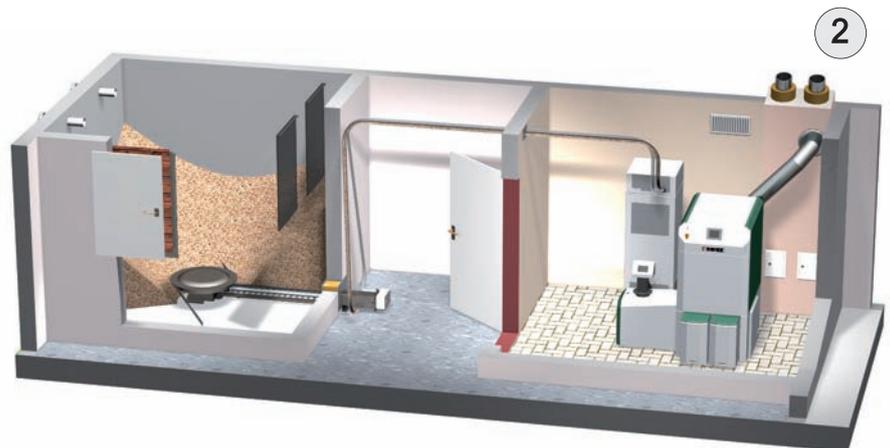
Possibilidades de transporte para pellets através do recipiente de aspiração (até 201 kW)

Se se utilizarem apenas pellets na firematic e existirem distâncias grandes do armazém até à área de aquecimento, a utilização de um recipiente de aspiração será uma solução ideal. Os pellets podem ser aspirados até uma distância máxima de 25 metros e uma diferença de altura máxima de 5 metros.

Existem 3 variantes possíveis para o sistema de aspiração de armazém:

- 1 Transporte com o parafuso sem-fim no armazém (para esvaziar completamente o armazém é necessário montar inclinações).
- 2 Transporte rotativo para o aproveitamento eficiente do armazém (as inclinações não são necessárias nesta variante).
- 3 Aspiração por 4 pontos. A disposição das 4 sondas de aspiração é escolhida individualmente.

NOTA: no recipiente de aspiração duplo (na firematic 130-201 kW) são necessários 2 sistemas de transporte (por ex. 2 mecanismos rotativos, 2 parafusos sem-fim, 2 equipamentos de aspiração por 4 pontos)



Mecanismo rotativo para pellets no armazém com sistema e recipiente de aspiração. Ótimo aproveitamento do armazém ao eliminar zonas não úteis.



Aspiração por 4 pontos – o sistema pode ser instalado facilmente e adapta-se a qualquer espaço, sendo uma solução universal.

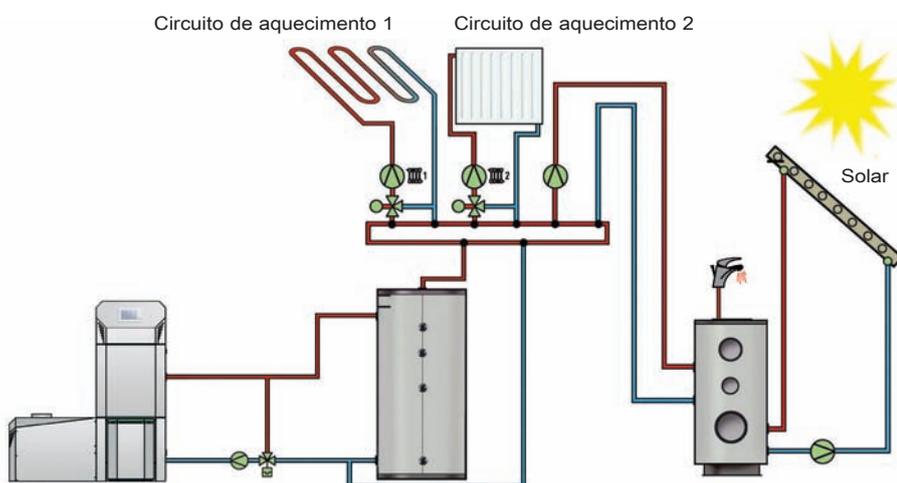
Um modelo para cada necessidade...

O T-CONTROL HERZ:

A regulação possibilita uma grande variedade de opções de utilização. A seguir são mostrados os 2 casos mais frequentes.

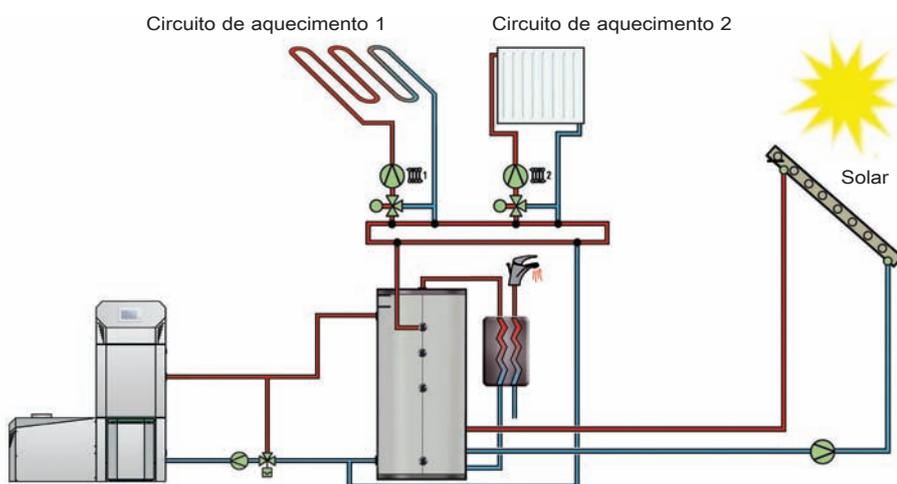
A instalação de um acumulador de inércia aumenta consideravelmente o grau de eficiência do sistema de aquecimento. Um depósito de inércia não é obrigatório, mas recomendável para os sistemas de aquecimento de biomassa!

O controlo diferencial de temperatura e a regulação de temperatura possibilitam um aquecimento economizador e ecológico. Assim, o consumo de energia é otimizado significativamente.



Acumulador de água quente com apoio da energia solar e acumulador de inércia:

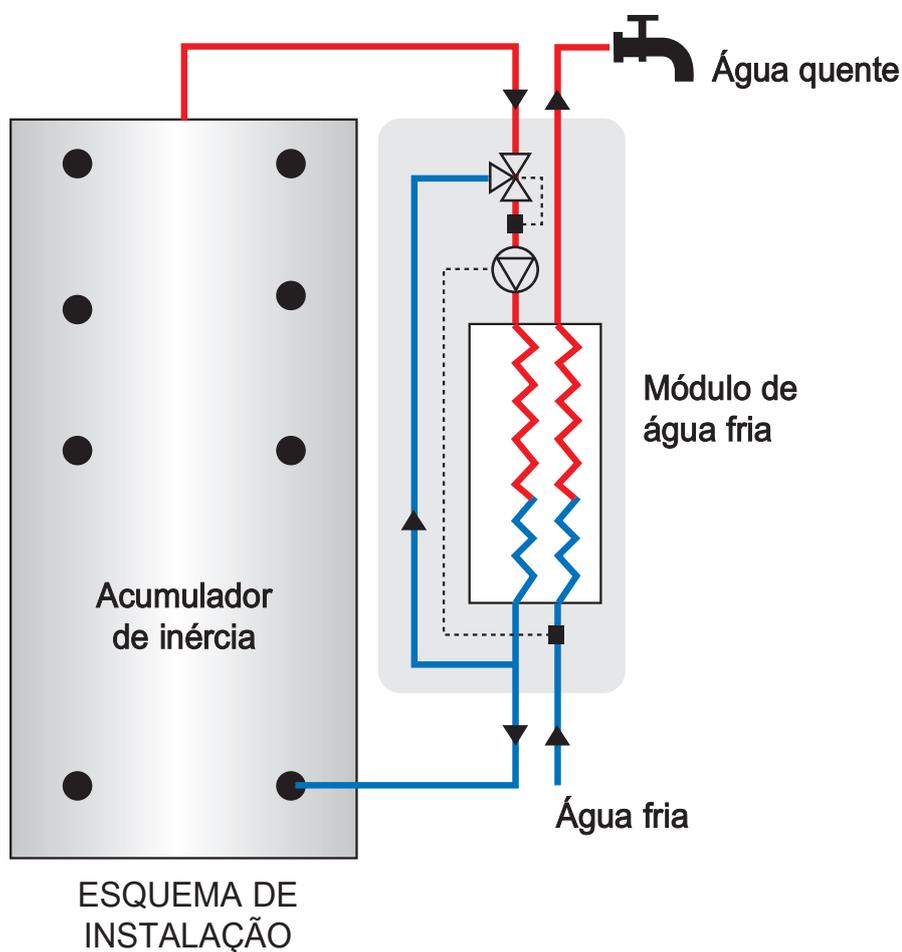
Nesta variante a água quente é aquecida por uma instalação solar. Se a energia solar não for suficiente, o calor é obtido a partir de um acumulador de inércia, assegurando a disponibilidade de água quente. Os diferentes circuitos de aquecimento (por ex.: aquecimento do chão e radiadores) são abastecidos com calor do depósito de inércia.



Aquecimento com apoio solar e disponibilidade de água quente sanitária:

Nesta variante a instalação solar aquece o acumulador de inércia. Desta forma, a energia solar gratuita também é aproveitada para o aquecimento. O módulo de água de consumo para a disponibilidade de água quente aquece a água no princípio de passagem com energia a partir do acumulador de inércia. Os diferentes circuitos de aquecimento também são abastecidos com calor do depósito de inércia.

Módulo de água fria e acumulador de inércia HERZ



O módulo de água fria HERZ

é uma unidade de preparação de água quente que funciona segundo um princípio de passagem. Isto é, a água potável de passagem é colocada na temperatura pretendida através do calor no acumulador de inércia, com a ajuda de um permutador de calor.

O módulo de água fria caracteriza-se pelas suas dimensões compactas, baixa perda de pressão, pouco conteúdo de água e ligações facilmente acessíveis e claras.

Vantagens:

- Água quente – higiénica e fresca
- Montagem fácil
- Estrutura que ocupa pouco lugar

O complemento necessário para o seu sistema de estilhas ou pellets:

Acumulador de inércia HERZ

Ao utilizar um acumulador de inércia dispõe de energia para um longo período de tempo, pelo que o número de arranques da caldeira diminui e aumenta o grau de eficiência de todo o sistema.

Ao mesmo tempo, o acumulador de inércia proporciona uma quantidade de calor constante aos diferentes circuitos de aquecimento (por ex. aquecimento do chão e radiadores), assegurando condições de funcionamento ideais.

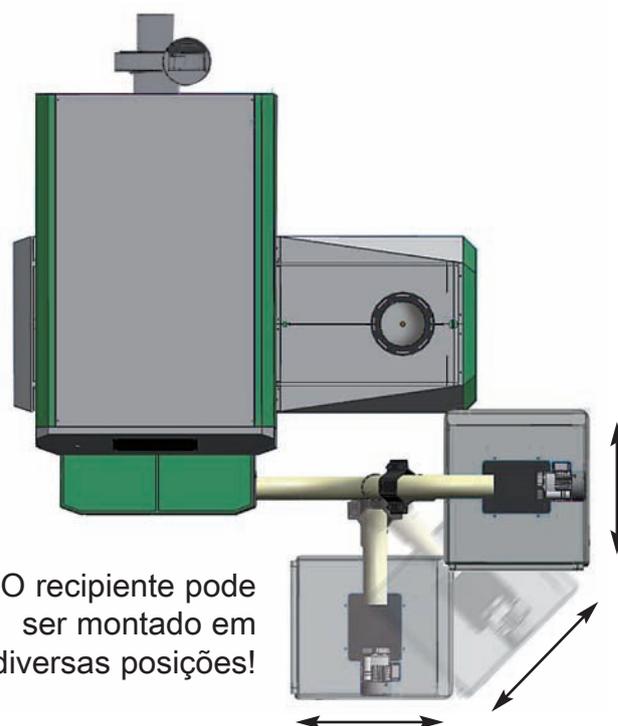
Descarga de cinzas para um recipiente externo - 240 litros



Para uma maior comodidade, existe a possibilidade de descarregar de forma totalmente automática as cinzas para um recipiente de cinzas com 240 litros de capacidade

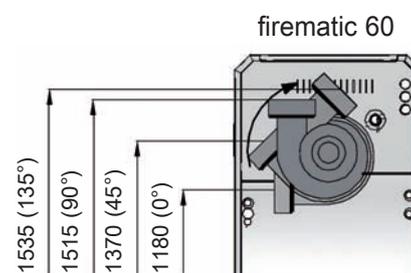
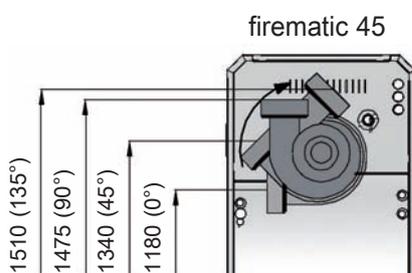
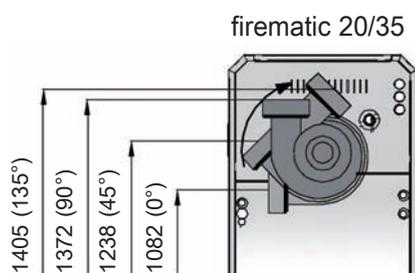
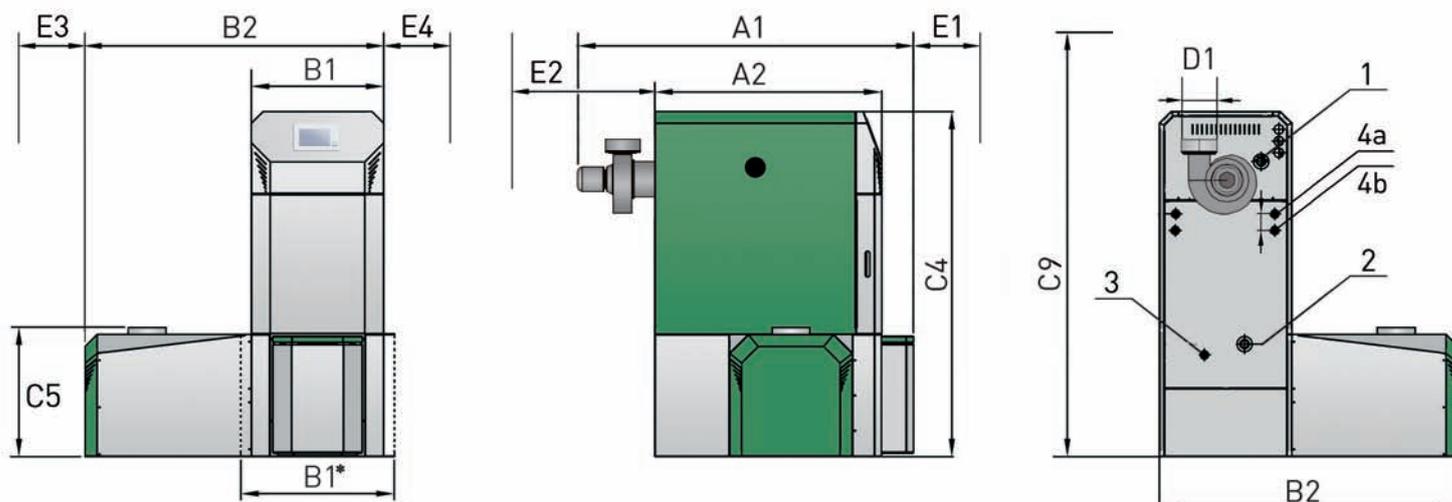
Através do parafuso sem-fim flexível, as cinzas de combustão e voláteis são transportadas automaticamente para um recipiente de cinzas com 240 litros de capacidade.

Devido ao grande volume do recipiente de cinzas, os intervalos de esvaziamento são menos frequentes, poupando-se tempo e aumentando a comodidade.



O recipiente pode ser montado em diversas posições!

Dimensões e dados técnicos firematic 20-60



firematic 20-60

Dados técnicos		20	35	45	60
Gama de potências com ESTILHA (kW)		6,0-20	6,0-35	12,1-45	12,1 - 60
Gama de potências com PELLETS (kW)		-	10,2-40	13,9-48	13,9-70
Dimensões (mm)					
A1	Comprimento - total	1389	1389	1495	1495
A2	Comprimento - revestimento	960	960	1070	1070
B1	Largura	600	600	710	710
B1*	Largura de aplicação com a desmontagem de componentes	-	-	-	-
B1*	Largura de aplicação sem a desmontagem do revestimento	621	621	731	731
B2	Largura - com unidade de inserção	1300	1300	1410	1410
C4	Altura	1490	1490	1590	1590
C5	Entrega - parte superior	646	646	646	646
C9	Altura de divisão mínima	2100	2100	2300	2300
D1	Chaminé - diâmetro	150	150	150	180
E1	Distância mínima à frente	600	600	700	700
E2	Distância mínima atrás	500	500	530	530
E3	Distância mínima à esquerda	300	300	300	300
E4	Distância mínima à direita	300	300	300	300
Dados técnicos					
Peso da caldeira	kg	517	517	620	620
Grau de eficiência técnica de aquecimento η_F	%	>94	>93	>96	>96
Pressão de funcionamento permitida	bar	3,0	3,0	3,0	3,0
Temperatura de funcionamento máx. perm.	°C	95	95	95	95
Conteúdo de água	ltr.	80	80	116	116
Fluxo de gases com carga total: estilhas (pellets)	kg/s	0,014 (-)	0,023 (0,027)	0,026 (0,024)	0,035 (0,036)
Fluxo de gases com carga parcial: estilhas (pellets)	kg/s	0,004 (-)	0,004 (0,009)	0,008 (0,009)	0,008 (0,009)

firematic 20-35:

- 1... Impulsão 1" IG 2... Retorno 1" DI
- 3... Ligação de enchimento/esvaziamento 1/2" DI
- 4a... Calor de segurança do permutador entrada 1/2" DI
- 4b... Calor de segurança do permutador saída 1/2" DI

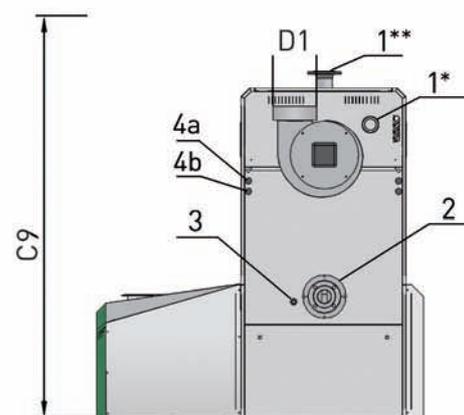
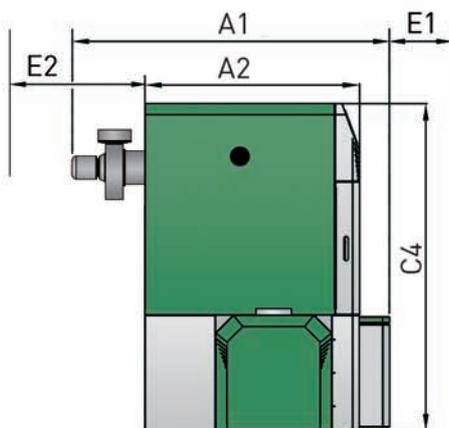
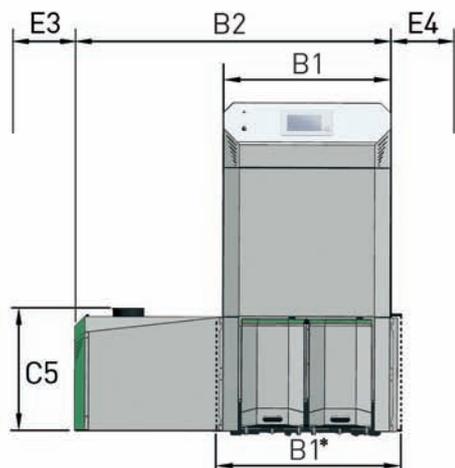
DI...diâmetro interno

firematic 45-60:

- 1... Impulsão 6/4" IG 2... Retorno 6/4" DI
- 3... Ligação de enchimento/esvaziamento 1/2" DI
- 4a... Calor de segurança do permutador entrada 1/2" DI
- 4b... Calor de segurança do permutador saída 1/2" DI

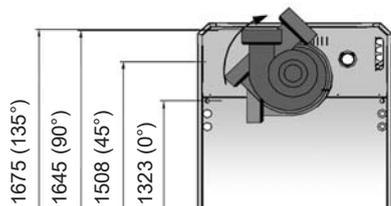
Dimensões e dados firematic 80-499

firematic 80-301

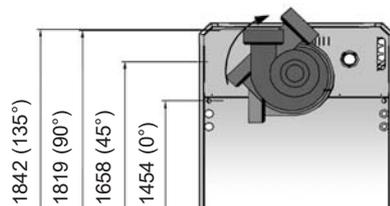


* firematic 80-201 ** firematic 249-301

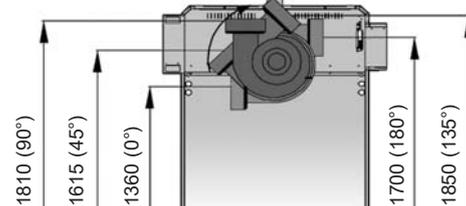
firematic 80-101



firematic 130-201



firematic 249-301



firematic 80-149

Dados técnicos	80	100	101	130	149	151	180
Gama de potências com ESTILHA (kW)	23,2-80	23,2-99	23,2-101	36,7-130	36,7-149	36,7-151	36,7-180
Gama de potências com PELLETS (kW)	23,2-80	23,2-99	23,2-101	35,9-130	35,9-149	35,9-151	35,9-183
Dimensões (mm)							
A1 Comprimento - total	1709	1709	1709	2071	2071	2071	2071
A2 Comprimento - revestimento	1178	1178	1178	1494	1494	1494	1494
B1 Largura	846	846	846	980	980	980	980
B1* Largura de aplicação com a desmontagem de componentes	800	800	800	950	950	950	950
B1* Largura de aplicação sem a desmontagem do revestimento	907	907	907	1024	1024	1024	1024
B2 Largura - com unidade de inserção	1636	1636	1636	1888	1888	1888	1888
C4 Altura	1690	1690	1690	1818	1818	1818	1818
C5 Entrega - parte superior	646	646	646	765	765	765	765
C9 Altura de divisão mínima	2300	2300	2300	2400	2400	2400	2400
D1 Chaminé - diâmetro	180	180	180	200	200	200	200
E1 Distância mínima à frente	800	800	800	1000	1000	1000	1000
E2 Distância mínima atrás	450	450	450	600	600	600	600
E3 Distância mínima à esquerda	300	300	300	300	300	300	300
E4 Distância mínima à direita	700	700	700	700	700	700	700
Dados técnicos							
Peso da caldeira kg	1032	1032	1032	1370	1370	1370	1370
Grau de eficiência técnica de aquecimento η_F %	>94	>94	>94	>94	>95	>95	>94
Pressão de funcionamento permitida bar	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Temperatura de funcionamento máx. perm. °C	95	95	95	95	95	95	95
Conteúdo de água ltr.	179	179	179	254	254	254	254
Fluxo de gases com carga total: estilhas (pellets) kg/s	0,046 (0,046)	0,057 (0,059)	0,057 (0,059)	0,076 (0,079)	0,089 (0,087)	0,089 (0,087)	0,110 (0,105)
Fluxo de gases com carga parcial: estilhas (pellets) kg/s	0,015 (0,016)	0,015 (0,016)	0,015 (0,016)	0,023 (0,022)	0,023 (0,022)	0,023 (0,022)	0,023 (0,022)

Combustíveis adequados:

Estilhas M40 (conteúdo de água máx. 40%)

firematic 20-499: - EN 14961-1/4: Classe de características A1, A2, B1 e tamanho de partículas P16B, P31,5 ou P45A
- ÖNORM M7133: G30-G50

Pellets de madeira

firematic 20-60: - EN 14961-2: Classe de características A1
- Swisspellet, DINplus, Enplus ou ÖNORM M7135
firematic 80-499: - EN 14961-2: Classe de características A1, A2
- Swisspellet, DINplus, Enplus ou ÖNORM M7135

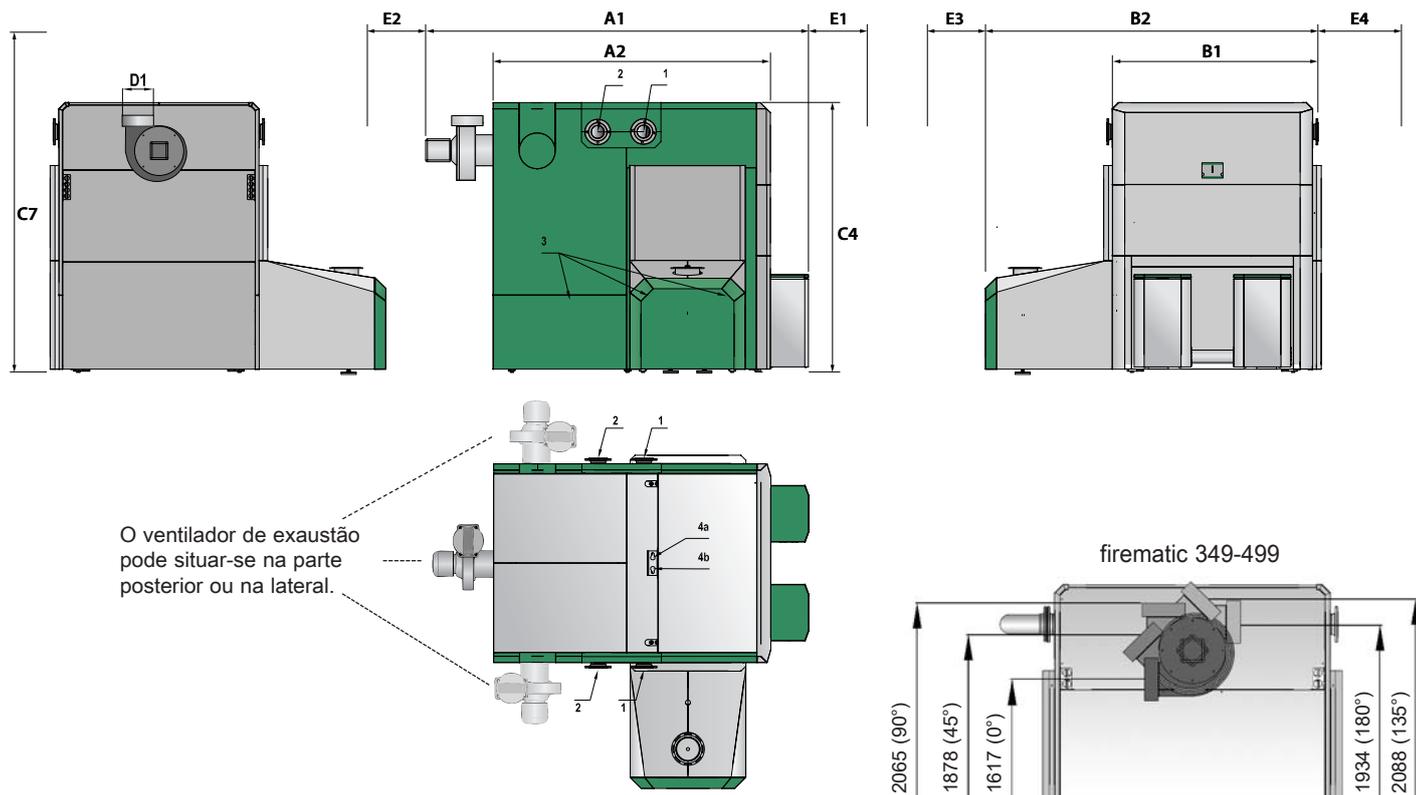
firematic 80-101:

1... Impulsão 2" DI 2... Retorno 2" DI
3... Ligação de enchimento/esvaziamento 3/4" DI
4a... Calor de segurança do permutador entrada 1/2" DI
4b... Calor de segurança do permutador saída 1/2" DI

IG...Innengewinde

Dimensões e dados firematic 80-499

firematic 349-499



firematic 151-499

	199	201	249	251	299	301	349*	401*	499*
	36,7-199 35,9-199	36,7-201 35,9-201	69,6-249 76,8-256	69,6-251 76,8-256	69,6-299 76,8-299	69,6-301 76,8-301	104,7-349 104,7-349	104,7-401 104,7-401	104,7-499 104,7-499
Dimensões (mm)									
A1	2071	2071	2672	2672	2672	2672	3015	3015	3015
A2	1494	1494	1906	1906	1906	1906	2260	2260	2260
B1	980	980	1116	1116	1116	1116	1610	1610	1610
B1*	950	950	1065	1065	1065	1065	-	-	-
B1*	1024	1024	1230	1230	1230	1230	1200	1200	1200
B2	1888	1888	2096	2096	2096	2096	2655	2655	2655
C4	1818	1818	1911	1911	1911	1911	2175	2175	2175
C5	765	765	765	765	765	765	840	840	840
C9	2400	2400	2600	2600	2600	2600	2800	2800	2800
D1	200	200	250	250	250	250	250	250	250
E1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
E2	600	600	800	800	800	800	700	700	700
E3	300	300	300	300	300	300	500	500	500
E4	700	700	700	700	700	700	900	900	900
Dados técnicos									
kg	1370	1370	2264	2264	2264	2264	4171	4171	4171
%	>93	>93	>94	>94	>93	>93	>93	>93	>93
bar	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
°C	95	95	95	95	95	95	95	95	95
ltr.	254	254	436	436	436	436	1200	1200	1200
kg/s	0,119 (0,114)	0,119 (0,114)	0,145 (0,165)	0,145 (0,165)	0,177 (0,193)	0,177 (0,193)	0,28 (0,256)	0,299 (0,273)	0,372 (0,340)
kg/s	0,023 (0,022)	0,023 (0,022)	0,045 (0,05)	0,045 (0,05)	0,045 (0,05)	0,045 (0,05)	0,098 (0,09)	0,098 (0,09)	0,098 (0,09)

*disponível a pedido - alterações técnicas reservadas!

firematic 130-201:

- 1... Impulsão 2" DI 2... Retorno 2" DI
- 3... Ligação de enchimento/esvaziamento 3/4" DI
- 4a... Calor de segurança do permutador entrada 1/2" DI
- 4b... Calor de segurança do permutador saída 1/2" DI

firematic 249-301:

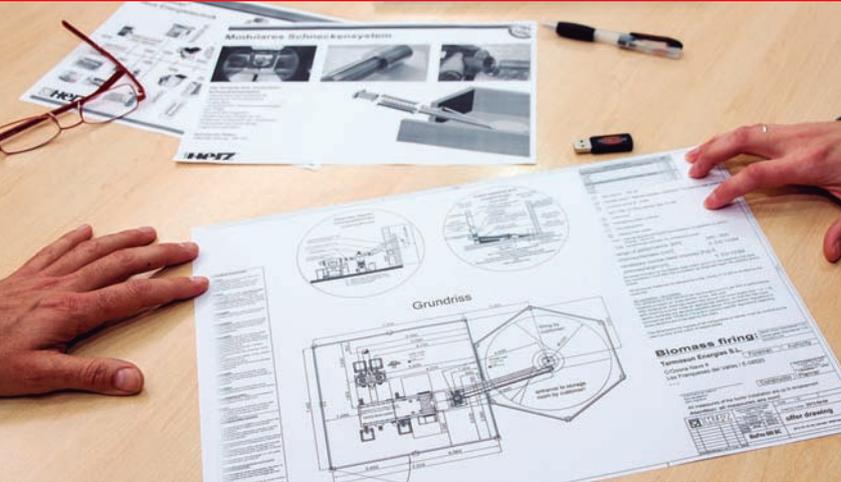
- 1... Impulsão DN80, PN 6 2... Retorno DN80, PN 6
- 3... Ligação de enchimento/esvaziamento 3/4" DI
- 4a... Calor de segurança do permutador entrada 1/2" DI
- 4b... Calor de segurança do permutador saída 1/2" DI

firematic 349-499:

- 1... Impulsão DN100, PN 6 2... Retorno DN100, PN 6
- 3... Ligação de enchimento/esvaziamento 3/4" DI
- 4a... Calor de segurança do permutador entrada 1/2" DI
- 4b... Calor de segurança do permutador saída 1/2" DI

DI...diâmetro interno

HERZ&TERMOSUN, compromisso e experiência

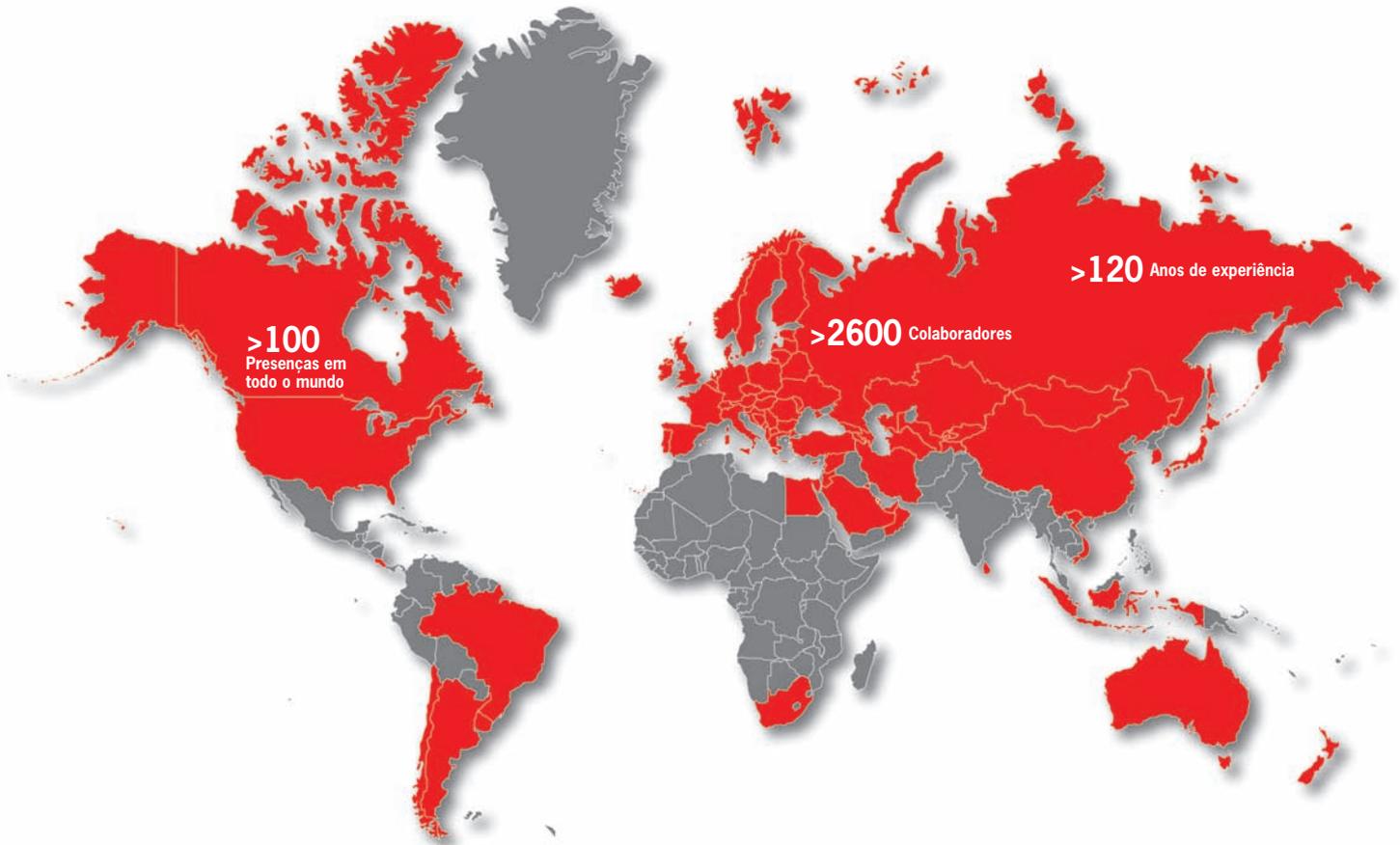


TERMOSUN, mais de 10 anos com HERZ

- Distribuição de caldeiras de biomassa
- Apoio técnico e aconselhamento
- Documentação e stock permanente
- Formação contínua
- Sistemas completos
- Tecnologia inovadora
- Engenharia
- Design e qualidade certificada

O nosso lema é atender às necessidades dos nossos clientes com confiança, estabilidade e solvência.

www.grafikorange.com



Alterações técnicas reservadas! PT-11-2014

Colaborador:



TERMOSUN ENERGÍAS S.L.
Distribuidor exclusivo HERZ y BINDER
+34 938 618 144

Oficinas comerciais:
Andalucía, Aragón, Castilla y León,
Cataluña, Galicia, Madrid, Navarra,
La Rioja, País Vasco y Portugal.

info@termosun.com
www.termosun.com



Los sistemas de biomasa HERZ cumplen con las más estrictas normativas.



GEISER INERCIA "IS / IFS"

Depósitos acumuladores de **INERCIA**, de **260 a 1.500** litros de capacidad, para circuitos cerrados de calefacción o refrigeración, con **SERPENTÍN** de calentamiento intermedio incorporado.

Modelos de 50 y 80 litros, para instalación mural.

A partir del modelo de 140 litros, para instalación vertical sobre suelo.

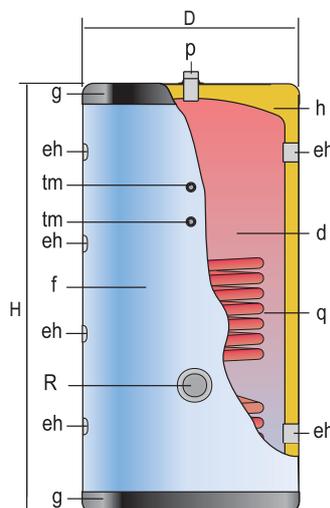
Preparados para incorporación de resistencia eléctrica de inmersión para calentamiento de apoyo.

Hasta el modelo de 1.000 litros, acabado de serie con forro acolchado azul RAL 5015 y cubierta gris RAL 7021.

Los depósitos de 800 y 1.000 litros de capacidad., incorporan un sistema de aislamiento que permite su acceso a través de puertas de 800 mm. de anchura.

Para los modelos de 1.500 litros, el forro exterior es opcional y se suministra sin montar (forro gris RAL 7042 y cubierta color negro).

Los depósitos de 800 y 1.000 litros de capacidad, incorporan un sistema de aislamiento que permite su acceso a través de puertas de 800 mm. de anchura.



d - Depósito de inercia
f - Forro externo
g - Cubierta
h - Aislamiento térmico
q - Serpentín intercambiador

CARACTERÍSTICAS GENERALES		G-600-IS	G-800-IS	G-1000-IS	G-1500-IS
Capacidad ACS	l.	600	800	1000	1500
D: Diámetro exterior	mm.	770	950	950	1160
H: Altura total	mm.	1730	1840	2250	2320
eh: conexión lateral	" GAS/H	3	3	3	3
p: conexión superior	" GAS	1M	1M	1M	1M
tm: conexión sensores	" GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2
R: conexión resistencia eléctrica	" GAS/H	2	2	2	2
Superficie serpentín	m ²	1,83	2,70	2,70	3,00
Peso en vacío (aprox.)	Kg	123	177	206	339

CARACTERÍSTICAS GENERALES		G-260-IFS	G-370-IFS	G-600-IFS	G-800-IFS	G-1000-IFS	G-1500-IFS
Capacidad ACS	l.	260	370	600	800	1000	1500
D: Diámetro exterior	mm.	620	620	770	950	950	1160
H: Altura total	mm.	1240	1725	1730	1840	2250	2320
eh: conexión lateral	" GAS/H	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
p: conexión superior	" GAS	1M	1M	1M	1M	1M	1M
tm: conexión sensores	" GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
R: conexión resistencia eléctrica	" GAS/H	2	2	2	2	2	2
Superficie serpentín	m ²	1,32	1,32	1,83	2,70	2,70	3,00
Peso en vacío (aprox.)	Kg	70	86	123	177	206	339



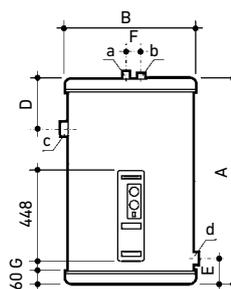
Acero inoxidable con intercambiador

Circuito secundario fabricado en acero inoxidable, muy eficaz contra la corrosión.

Los modelos I/PC incorporan protección catódica permanente, indicado para aguas muy agresivas.



		60 l	100 l	150 l			
Volumen ACS	l	58	90	143			
Tipo de intercambiador		Doble camisa	Doble camisa	Doble camisa			
Volumen primario	l	22	32	44			
Instalación		Vertical, horizontal y mural	Vertical, horizontal y mural	Vertical, horizontal y mural			
Superficie de intercambio	m ²	0,6	1,0	1,2			
Presión máx. primario	bar	3	3	3			
Temp. máx. primario	°C	110	110	110			
Presión máx. secundario	bar	8	8	8			
Temp. máx. secundario	°C	90	90	90			
Clase de eficiencia energética		B	B	B			
Peso en vacío	kg	32	48	64			
Referencia		148111004	148111010	148111005	148111011	148111006	148111012
PVP		855 €	1.179 €	923 €	1.245 €	1.106 €	1.433 €
Accesorios		Resistencia eléctrica 1,5 kW		Resistencia eléctrica 2,2 kW		Resistencia eléctrica 2,2 kW	
Referencia		Conex. izquierda	Conex. derecha	Conex. izquierda	Conex. derecha	Conex. izquierda	Conex. derecha
PVP		148016053	-	148016055	148016056	148016057	148016058
		185 €	-	190 €	190 €	200 €	200 €
Grupo de seguridad Flexbrane		3/4" apto hasta modelo 200 l					
Referencia		195230008					
PVP		26,80 €					
A	mm	749	1.154	983			
B	mm	480	480	620			
C	mm	-	-	-			
D	mm	210	205	248			
E	mm	145	145	164			
F	mm	94	94	94			
G	mm	31	31	50			
a	Entrada agua fría sanitaria	3/4" Gas/M	3/4" Gas/M	3/4" Gas/M			
b	Salida agua caliente sanitaria	3/4" Gas/M	3/4" Gas/M	3/4" Gas/M			
c	Entrada circuito primario	1" Gas/H	1" Gas/H	1" Gas/H			
d	Salida circuito primario	1" Gas/H	1" Gas/H	1" Gas/H			



60, 100 y 150 l

Aislamiento del depósito mediante espuma rígida de poliuretano inyectado, libre de CFC.

Cuadro de control completo que incluye termómetro, termostato de regulación e interruptor invierno/verano.

Se suministra el grupo Flexbrane de 3/4" y los soportes murales en los modelos hasta 150 l.

Garantía 5 años (ver condiciones en la tarjeta que se adjunta con el producto).

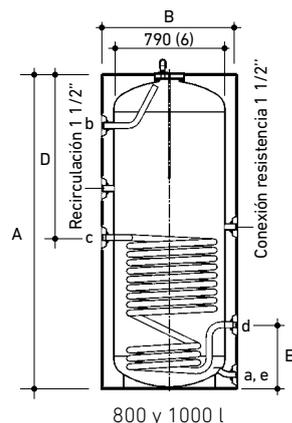
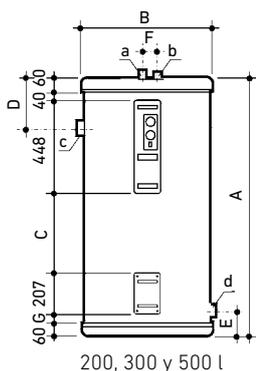
200 l		300 l		500 l		800 l		1000 l	
193		279		472		771		946	
Doble camisa		Doble camisa		Doble camisa		Serpentín		Serpentín	
56		72		98		20,5		24,7	
Vertical y horizontal		Vertical y horizontal		Vertical y horizontal		Vertical		Vertical	
1,6		2,4		3,1		2,7		3,3	
3		3		3		25		25	
110		110		110		200		200	
8		8		8		8		8	
90		90		90		90		90	
B		C		C		B		C	
78		109		151		160		185	
Sin protección catódica	Con protección catódica	Sin protección catódica	Con protección catódica	Sin protección catódica	Con protección catódica	Sin protección catódica	Con protección catódica	Sin protección catódica	Con protección catódica
148111007	148111013	148111008	148111014	148111009	148111015	148111028	148111030	148111029	148111031
1.487 €	1.809 €	2.075 €	2.396 €	2.973 €	3.296 €	4.641 €	5.027 €	5.568 €	5.953 €
Resistencia eléctrica 2,5 kW		Resistencia eléctrica 2,5 kW		Resistencia eléctrica 2,5 kW		Resistencia eléctrica		Resistencia eléctrica	
Conex. izquierda	Conex. derecha	Conex. izquierda	Conex. derecha	Conex. izquierda	Conex. derecha	6 kW	9 kW	6 kW	9 kW
148016059	148016060	148016059	148016060	148016059	148016060	148016071	148016073	148016071	148016073
210 €	210 €	210 €	210 €	210 €	210 €	479 €	508 €	479 €	508 €

1" apto hasta modelo 500 l

195230007

77 €

1.239	1.724	1.730	1.840	2.250
620	620	770	950	950
390	875	861	-	-
247	226	283	933	1.193
148	146	168	382	382
94	94	84	-	-
34	34	54	-	-
3/4" Gas/M	3/4" Gas/M	1 1/4" Gas/M	1 1/4" Gas/M	1 1/4" Gas/M
3/4" Gas/M	3/4" Gas/M	1 1/4" Gas/M	1 1/2" Gas/M	1 1/2" Gas/M
1" Gas/H	1" Gas/H	1 1/2" Gas/H	1" Gas/M	1" Gas/M
1" Gas/H	1" Gas/H	1 1/2" Gas/H	1" Gas/M	1" Gas/M



(6) Se puede desmontar el aislante exterior, siendo el diámetro de 790 mm.