



Universidad de Valladolid

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

EDIFICIO nZEB (ECCN)

Evaluación de estrategias arquitectónicas para la consecución
del nuevo modelo energético

Abel Olmedo Rodríguez

Tutor: Miguel Ángel Padilla Marcos

RESUMEN

Este trabajo propone concienciar a la sociedad del problema energético al que se enfrenta debido al modelo energético utilizado en la actualidad, basado principalmente en el consumo de energías de origen fósil. Por ello, se plantea un recorrido por las diferentes fuentes de energía de las que disponemos hoy en día para poder comprender hacia donde tiene que tender la evolución energética para paliar los efectos del Calentamiento Global y por consiguiente del Cambio Climático.

Para ello, la Unión europea establece unas medidas siendo a su vez transpuestas a las normativas propias de cada país, en el caso de España, surgiendo el Código Técnico de la Edificación y más concretamente la reformulación del Documento Básico sobre Ahorro de Energía en su última versión DB-HE 2018 (aún no aprobada su versión definitiva).

Por lo tanto, en este trabajo se estudia el resultado de las exigencias de toda esa normativa comparándolas con las normativas actuales o incluso anteriores, dando lugar a un nuevo tipo de edificio, o mejor dicho, una nueva manera de diseñar y construir, los edificios nZEB (Nearly Zero Energy Buildings) o ECCN (Edificio de Consumo Casi Nulo), lo que supone un nuevo modelo energético.

Esta normativa sufrirá una evolución constante aumentando sus exigencias y por lo tanto dando lugar a edificios nZEB que cada vez consuman menor cantidad de energía. Lo que se supone que se mantendrá estable será, aparte de los indicadores de referencia comparativos, la necesidad de aplicar al edificio una serie de estrategias pasivas mediante las cuales se reducirá la demanda cada vez más y una serie de estrategias activas que reducirán consumo del edificio hasta llegar a la situación del autoconsumo.

ABSTRACT

This paper proposes raising awareness of the energy problem that society faces due to the energy model used today, based mainly on the consumption of fossil fuels. Therefore, a tour of the different sources of energy that we have today is proposed in order to understand where the energy evolution must go to alleviate the effects of Global Warming and therefore of Climate Change.

To this end, the European Union establishes measures that are in turn transposed to the regulations of each country, in the case of Spain, and the DB-HE Building Technical Code 2018 version emerged (final approval pending).

Therefore, in this work we study the result of the requirements of all these regulations by comparing them with current or even previous regulations, giving rise to a new type of building, or rather, a new way of designing and building, nZEB buildings (Nearly Zero Energy Buildings) or ECCN (Spanish concept).

This regulation will undergo a constant evolution increasing its demands and therefore giving rise to nZEB buildings that every time consume less energy. What is supposed to remain stable will be, apart from comparative benchmarks, the need to apply a series of passive strategies to the building through which demand will be increasingly reduced and a series of active strategies that will reduce building consumption until you reach the situation of self-consumption.

PALABRAS CLAVE / KEY WORDS

Calentamiento global / Global warming

Cambio climático / Climate change

Modelo energético / Energy model

Ahorro energético / Energy saving

Energía / Energy

Energía renovable / Renewable energy

Energía primaria / Primary energy

Energía total / Total energy

Edificio de Consumo Casi Nulo (ECCN) / Nearly Zero Energy Buildings (nZEB)

Demanda / Demand

Consumo / Consumption

Autoconsumo / Self-consumption

Estrategias para la sostenibilidad / Sustainability Strategies

Código Técnico de la Edificación / Technical Building Code

Estrategias Energéticas Europeas / European Energy Strategies

ÍNDICE

1 - INTRODUCCIÓN

1.1 - EL FUEGO

1.2 - ENERGÍA MECÁNICA ANIMAL - TRACCIÓN ANIMAL

1.2 - ENERGÍA MECÁNICA ANIMAL - TRACCIÓN ANIMAL

1.3 - ENERGÍA EÓLICA – MECÁNICA

1.4 - ENERGÍA MECÁNICA DE ORIGEN HIDRÁULICO

1.5 - ENERGÍA MECÁNICA HUMANA – TRACCIÓN HUMANA

1.6 - CARBÓN VEGETAL

1.7 - COMBUSTIBLES DE ORIGEN FÓSIL

1.7.1 - CARBÓN MINERAL

1.7.2 - GAS NATURAL

1.7.3 - PETRÓLEO

1.7.4 - GAS LICUADO DEL PETRÓLEO (GLP)

1.8 - ELECTRICIDAD E INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

1.8.1 - ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR MEDIOS NO RENOVABLES

1.8.1.1 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA GENERADA MEDIANTE RECURSOS DE ORIGEN FÓSIL

1.8.1.2 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA GENERADA MEDIANTE ENERGÍA NUCLEAR

1.8.2 - ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR MEDIOS RENOVABLES

1.8.2.1 - ENERGÍA HIDROELECTRICA

1.8.2.2 - EÓLICA ELECTRICA – AEROGENERADORES

1.8.2.3 - ENERGÍA SOLAR

1.8.2.3.1 - ENERGÍA FOTOVOLTAICA

1.8.2.3.2 - ENERGÍA TERMOSOLAR

1.8.2.4 - ENERGÍA MAREOMOTRIZ

1.8.2.4.1 - GENERADOR DE CORRIENTE DE MAREA

1.8.2.4.2 - PRESA DE MAREA

1.8.2.4.3 - ENERGÍA MAREOMOTRIZ DINÁMICA

1.8.2.5 - ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.8.3 - ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR MEDIOS RENOVABLES CONTAMINANTES

1.8.3.1 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA MEDIANTE BIOMASA

1.8.3.2 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA MEDIANTE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

2 - ANÁLISIS DEL PROBLEMA

- 2.1 - DIFERENCIAS ENTRE ENERGÍAS:
ENERGÍA RENOVABLE Y ENERGÍA NO RENOVABLE**
- 2.2 - SOCIEDAD CONSUMIDORA DE ENERGÍA**
- 2.3 - MODELO ENERGÉTICO ACTUAL
CONSECUENCIAS Y PREDICCIONES**

3 - MEDIDAS ADOPTADAS

- 3.1 - LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO. OBJETIVOS EUROPEOS**
 - 3.1.1 - Objetivo para el año 2020**
 - 3.1.2 - Objetivo para año 2030**
 - 3.1.3 - Objetivo para el año 2050**
- 3.2 - NORMATIVA EUROPEA**
 - 3.2.1 - DIRECTIVA 2010/31/UE: Eficiencia energética en edificios
NACIMIENTO DEL CONCEPTO DE EDIFICIO nZEB**
 - 3.2.2 - ¿QUÉ ES UN EDIFICIO nZEB? CONCEPTO Y DEFINICIÓN**
 - 3.2.3 - CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN DE EDIFICIOS nZEB**
 - 3.2.4 - DOCUMENTO DE RECOMENDACIONES RECOMENDACIÓN (UE)
2016/1318 DE LA COMISIÓN de 29 de julio de 2016**

4 - APLICACIÓN DE MEDIDAS

- 4.1 - TRANSPOSICIÓN DE LA DIRECTIVA EUROPEA A LA NORMATIVA PROPIA
ESPAÑOLA**
- 4.2 - INDICADORES COMPARATIVOS**
- 4.3 - INTERPRETACIÓN DE LAS DIRECTIVAS EUROPEAS POR PARTE DEL
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN**
- 4.4 - CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN VERSIÓN 2018**
- 4.5 - OBJETIVOS DEL DISEÑO DE EDIFICIOS nZEB**
 - 4.5.1 - ESTRATEGIAS PASIVAS**
 - 4.5.2 - EL LUGAR**
 - 4.5.3 - SISTEMAS DE CONSUMO**
 - 4.5.4 - SISTEMAS ACTIVOS DE GENERACIÓN**
 - 4.5.5 - REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**
- 4.6 - CURVA DE COSTES DE UN EDIFICIO nZEB**
- 4.7 - ¿CUANTO TENEMOS QUE MEJORAR? – CTE 2018 VS CTE 2013**
- 4.8 - ¿CÓMO SABER SI EL EDIFICIO CUMPLE LAS CONDICIONES EXIGIDAS?**
 - 4.8.1 - SISTEMA DE CERTIFICACION ENERGÉTICA ACTUAL**

4.8.2 - CERTIFICADOS O SELLOS VERDES

4.8.2.1 - CERTIFICACIÓN LEED®

4.8.2.2 - CERTIFICACIÓN BREEAM®

4.8.2.3 - CERTIFICACIÓN VERDE®

4.9 - ¿FUNCIONA LA TEORÍA?

ESTÁNDARES DE REFERENCIA - EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

4.9.1 - TABLA RESUMEN COMPARATIVA ENTRE ESTÁNDAR PASSIVHAUS Y EDIFICIO nZEB o CTE 2018 (vivienda)

4.10 - EJEMPLOS DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO CONSTRUIDOS

5 – ESTRATEGIAS

5.1 - ESTRATEGIAS Y FACTORES INFLUYENTES PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS nZEB

5.2 - EDIFICIO nZEB DE NUEVA PLANTA

5.2.1 - ESTRATEGIAS PASIVAS AJENAS AL EDIFICIO

5.2.1.1 - FACTORES CLIMÁTICOS

5.2.1.1.1 - Temperatura

5.2.1.1.2 - Radiación solar

5.2.1.1.3 – Humedad

5.2.1.1.4 - Viento

5.2.1.2 - VEGETACIÓN DEL ENTORNO

5.2.1.2.1 - Sumidero de CO₂

5.2.1.2.2 - Generación de sombra

5.2.1.2.3 - Condiciones higrotérmicas

5.2.1.2.4 - Barrera contra el ruido

5.2.1.2.5 - Protección contra el viento

5.2.1.2.6 - Incorporación de xerojardinería y vegetación resistente a aguas grises

5.2.1.3 - ASPECTOS URBANOS

5.2.1.3.1 - Densidad urbana del entorno y consumo del suelo

5.2.1.3.2 - Distribución de usos o Diversidad de usos

5.2.1.4 - APROVECHAMIENTO DEL AGUA

5.2.1.4.1 - Aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia y de aguas grises

5.2.1.4.2 - Retención e infiltración de agua de lluvia (muy relacionado con la climatología)

5.2.1.4.3 - Aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua

5.2.1.5 - CONDICIONANTES NACIONALES O ESTATALES

5.2.1.5.1 - Producción de energía

5.2.1.5.2 - Regulación de las leyes o normativas de autoconsumo

5.2.1.5.3 - Regulación de la normativa de redes de distrito

5.2.1.5.4 - Regulación de la normativa en general

5.2.1.6 - UTILIZACIÓN DEL EDIFICIO

5.2.1.6.1 - Usuarios habituales

5.2.1.6.2 - Usuarios esporádicos

5.2.2 - ESTRATEGIAS ACTIVAS AJENAS AL EDIFICIO

5.2.2.1 - INCORPORACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN EL ENTORNO

5.2.2.2 - SISTEMAS DE AHORRO Y EFICIENCIA COMÚN, INSTALACIONES DE DISTRITO...

5.2.3 - ESTRATEGIAS PASIVAS PROPIAS DEL EDIFICIO

5.2.3.1 - SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

5.2.3.2 - ORIENTACIÓN

5.2.3.2.1 - Captación solar

5.2.3.2.2 - Acumulación de energía térmica

5.2.3.2.3 - Aislamiento

5.2.3.2.4 - Distribución

5.2.3.3 - APROVECHAMIENTO DE RECURSOS LOS NATURALES DISPONIBLES

5.2.3.3.1 - Iluminación natural

5.2.3.3.2 - Ventilación natural

5.2.3.3.3 - Enfriamiento gratuito o refrescamiento nocturno

5.2.3.3.4 - Radiación solar

5.2.3.3.5 - Otras estrategias relacionadas con el aprovechamiento de recursos naturales

5.2.3.4 - APROVECHAMIENTO DE AGUA POR PARTE DEL EDIFICIO

5.2.3.4.1 - Captación del agua de lluvia y reutilización de aguas grises

5.2.3.5 - FORMA DEL EDIFICIO

5.2.3.5.1 - Tipología edificatoria

5.2.3.5.2 - Estilo arquitectónico y preferencias estilísticas personales del usuario

5.2.3.5.3 - Compacidad

5.2.3.5.4 - Protección solar

5.2.3.6 - ENVOLVENTE

- 5.2.3.6.1 - Aislamiento térmico
- 5.2.3.6.2 - Aislamiento acústico
- 5.2.3.6.3 - Huecos
- 5.2.3.6.4 - Eliminación de los puentes térmicos
- 5.2.3.6.5 - Inercia térmica de los muros
- 5.2.3.6.6 - Muros ciegos o cerramientos opacos
- 5.2.3.6.7 - Hermeticidad
- 5.2.3.6.8 - Cerramientos que trabajan pasivamente de manera activa
 - 5.2.3.6.8.1 - Galerías Acristaladas e Invernaderos
 - 5.2.3.6.8.2 - Muros Trombe
 - 5.2.3.6.8.3 - Cubiertas, fachadas vegetales y elementos vegetales
- 5.2.4 - ESTRATEGIAS ACTIVAS PROPIAS DEL EDIFICIO
 - 5.2.4.1 - SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE
 - 5.2.4.1.1 - Energía Solar
 - 5.2.4.1.1.1 - Energía solar térmica
 - 5.2.4.1.1.2 - Energía solar fotovoltaica
 - 5.2.4.1.2 - Energía Eólica
 - 5.2.4.1.3 - Geotermia
 - 5.2.4.1.4 - Biomasa
 - 5.2.4.2 - SISTEMAS DE ACUMULACIÓN ENERGÉTICA
 - 5.2.4.3 - ELEMENTOS DE CONSUMO ENERGÉTICO
 - 5.2.4.3.1 - Sistemas de iluminación
 - 5.2.4.3.2 - Sistemas eléctricos
 - 5.2.4.3.3 - Sistemas de Agua Fría Sanitaria (A.F.S.) y Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.)
 - 5.2.4.3.4 - Sistemas de evacuación de agua
 - 5.2.4.3.5 - Sistemas de Climatización – Calefacción, Refrigeración y Ventilación
 - 5.2.4.3.6 - Sistemas de Domótica
 - 5.2.4.3.7 - Estaciones de carga de vehículo eléctrico
 - 5.2.4.4 - SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA

5.3 - ESTRATEGIAS PARA LA CONVERSIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES EN EDIFICIOS nZEB

5.3.1 - Aislamiento térmico

5.3.1.1 - Aislando térmicamente por el interior

5.3.1.2 - Aislando térmicamente por el centro

5.3.1.3 - Aislando térmicamente por el exterior

5.3.2 – Huecos

5.4 – APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS Y FACTORES INFLUYENTES PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS Nzeb

5.4.1 – APLICACIÓN SOBRE LA “VILLA SABOYA” DE LE CORBUSIER

5.4.1.1 - AXONOMETRÍA

5.4.1.2 – SECCIÓN LONGITUDINAL

5.4.1.3 – PLANTA BAJA

5.4.1.4 – PLANTA PRIMERA

6 - TENDENCIAS DE FUTURO

6.1 - EVOLUCIÓN EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA

6.2 - ¿ES POSIBLE EL AUTOCONSUMO EN ESPAÑA?

6.2.1 - Instalaciones completamente aisladas de la red eléctrica

6.2.2 - Instalaciones dependientes de la red eléctrica

6.2.2.1 - Instalaciones con acumulación

6.2.2.2 - Instalaciones sin acumulación

6.2.3 - Autoconsumo sin excedentes

6.2.4 - Autoconsumo con excedentes

6.2.4.1 - Instalaciones con excedentes acogidas a compensación

6.2.4.2 - Instalaciones con excedentes no acogidas a compensación

7 – CONCLUSIONES

8 - BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

9 - COMENTARIOS

ESTRUCTURACIÓN

El trabajo se desarrolla principalmente en seis partes dependientes unas de otras. De este modo se consigue un relato lógico y en continua evolución informativa, partiendo desde lo que se puede considerar un origen hasta un final basado en elucubraciones sobre el futuro.

1 - Introducción

En esta primera parte se propone hacer un recorrido por las diferentes fuentes de energía tanto renovables como no renovables de las que disponemos en la actualidad, poniendo de manifiesto algunas de sus ventajas e inconvenientes. De este modo se puede obtener una visión más general y acertada de todas las posibilidades energéticas con las que cuenta la sociedad actual.

2 - Análisis del problema

En esta segunda parte se hace una pequeña investigación sobre la utilización de los recursos energéticos a lo largo de la historia y se desarrolla la problemática a la que se enfrenta hoy en día la sociedad debido a la utilización masiva de recursos energéticos de origen fósil. Además, se explican las consecuencias que tiene el hecho de no variar este modelo energético utilizado.

3 - Medidas adoptadas

En esta parte se explican las medidas que considera oportunas la Unión Europea para paliar las consecuencias de lo explicado en el punto anterior y establecer una hoja de ruta hacia modelos energéticos más sostenibles.

4 - Aplicación de medidas

Aquí se desarrolla el modo mediante el cual se aplican las medidas recogidas por Europa en los distintos países, pero sobre todo centrado en España. Con ello se explica la aparición de los edificios nZEB cuyo surgimiento nace como solución al problema energético vinculado al ámbito de la edificación. Además se estudian todas las características y exigencias que presentan este nuevo tipo de edificios con la finalidad de poder construir edificios mucho más eficientes y con consumos menores.

5 - Estrategias

En la quinta parte se proponen, se enumeran y se explican las estrategias que son susceptibles de aplicarse al diseño de edificios nZEB así como los factores que pueden influir en éste de una manera más determinante. Como culminación a este punto se realiza una propuesta esquemática de intervención sobre el edificio estereotipo de vivienda moderna, la Villa Saboya de Le Corbusier.

6 - Tendencias de futuro

Siendo esta la última parte, se deja aumentar la ambición y proponer modelos energéticos de los edificios del futuro, los cuales tienden hacia el autoconsumo. Por ello se investiga entre las posibilidades técnicas y legales con las que cuentan los edificios para llegar a esa situación.

MOTIVACIONES PERSONALES

Desde que el alumno inicia su conciencia sobre la necesidad de realizar un Trabajo Fin de Grado, va tejiendo en su pensamiento una red de estrategias y planteamientos para realizarlo. Pues bien, una de las líneas principales e inamovibles, importantes desde el principio era conseguir la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos fruto de las investigaciones que conllevan este tipo de escritos.

Teniendo claro el pilar fundamental por el cual se regiría el trabajo, tocaba sopesar el tema de investigación, asunto para nada baladí, pues teniendo clara la línea directriz general sin ningún tema definido a desarrollar no converge en buen punto. Además el alumno también era consciente de que el tema elegido debía ser de especial agrado para él, pues su investigación y como consecuencia, los resultados obtenidos serían mucho más interesantes.

Debido a la gran fascinación e interés que siente el alumno por las instalaciones y el tema energético, todo vinculado con el ámbito Arquitectónico, su consideración podía dotarle de las capacidades y competencias necesarias para enfrentarse a la Arquitectura del futuro, tan dependiente como concienciada con el problema medioambiental que la actualidad plantea.

Por ello entendía como asunto prioritario analizar y comprender hacia qué dirección apuntan los edificios del futuro y qué posibilidades hay para dotarlos de vida en su interior en un mundo en el que el modelo energético está basado en combustibles fósiles, teniendo la obligación de cambiar hacia modelos sostenibles.

Así surgió la motivación que impulsó este Trabajo Fin de Grado a investigar sobre temas energéticos en la Arquitectura vinculados además a la realidad normativa existente en España, culminando con la aparición de un nuevo tipo de edificio que busca irse adaptando a la evolución de los tiempos tecnológicos, los edificios nZEB.

“Motivación: motivus, motus – causa del movimiento”

[Fuerza impulsora del PASADO que dirige hacia una meta concreta]

AGRADECIMIENTOS

Tanto trabajo, tanto esfuerzo, tantas horas, tantos días, tantas noches, tantas semanas, tantos años...

A mi familia y pareja...

Veo necesario aprovechar la oportunidad que me brinda la posible repercusión con la que cuentan estas páginas para agradecer desde la total sinceridad, el apoyo incondicional de mi familia y de mi pareja durante toda esta etapa académica, siendo la fuerza motora de tanto esfuerzo. Aunque se asemeje a estereotipo, sin ellos, nada de esto habría sido posible.

A Tomás Rodríguez Diente por ser mi maestro y mentor incondicional desde el inicio y por guiarme en “El Camino”.

A los compañeros que sirven de apoyo y a los que uno sirve como tal, a los que siguen en ello y a los que se quedaron en el transcurso eligiendo nuevos caminos, pero que sin duda, se han convertido en hermanos.

A una gran cantidad de docentes que han influido enormemente en mi formación y que sin la posibilidad de extenderme en estas palabras cabe una reseña especial a José Manuel Martínez Rodríguez.

Y como no, a mi tutor del Trabajo Fin de Grado, Miguel Ángel Padilla Marcos, que tanto me ha ayudado y aconsejado.

En los buenos momentos y en los no tan buenos...

1 - INTRODUCCIÓN

1.1 - EL FUEGO

1.2 - ENERGÍA MECÁNICA ANIMAL - TRACCIÓN ANIMAL

1.2 - ENERGÍA MECÁNICA ANIMAL - TRACCIÓN ANIMAL

1.3 - ENERGÍA EÓLICA – MECÁNICA

1.4 - ENERGÍA MECÁNICA DE ORIGEN HIDRÁULICO

1.5 - ENERGÍA MECÁNICA HUMANA – TRACCIÓN HUMANA

1.6 - CARBÓN VEGETAL

1.7 - COMBUSTIBLES DE ORIGEN FÓSIL

1.7.1 - CARBÓN MINERAL

1.7.2 - GAS NATURAL

1.7.3 - PETRÓLEO

1.7.4 - GAS LICUADO DEL PETRÓLEO (GLP)

1.8 - ELECTRICIDAD E INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

1.8.1 - ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR MEDIOS NO RENOVABLES

1.8.1.1 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA GENERADA MEDIANTE RECURSOS DE ORIGEN FÓSIL

1.8.1.2 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA GENERADA MEDIANTE ENERGÍA NUCLEAR

1.8.2 - ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR MEDIOS RENOVABLES

1.8.2.1 - ENERGÍA HIDROELECTRICA

1.8.2.2 - EÓLICA ELECTRICA – AEROGENERADORES

1.8.2.3 - ENERGÍA SOLAR

1.8.2.3.1 - ENERGÍA FOTOVOLTAICA

1.8.2.3.2 - ENERGÍA TERMOSOLAR

1.8.2.4 - ENERGÍA MAREOMOTRIZ

1.8.2.4.1 - GENERADOR DE CORRIENTE DE MAREA

1.8.2.4.2 - PRESA DE MAREA

1.8.2.4.3 - ENERGÍA MAREOMOTRIZ DINÁMICA

1.8.2.5 - ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.8.3 - ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR MEDIOS RENOVABLES CONTAMINANTES

1.8.3.1 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA MEDIANTE BIOMASA

1.8.3.2 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA MEDIANTE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

1 - INTRODUCCIÓN

El concepto de energía, de eficiencia energética, o cualquier palabra que evoque una conciencia o un compromiso con el desarrollo tecnológico de la civilización, el compromiso con el medio ambiente y su conservación, está muy a la orden del día en la actualidad. Aunque en muchos casos esa preocupación por el concepto se entienda como moderno, es un campo muy extenso y muy antiguo, entendiendo por antiguo mucho más allá de las épocas de los maestros en la Física y la Química del siglo XIX y XX.

Para comenzar sería conveniente explicar que es la energía o que entendemos por energía, palabra clave y piedra angular del presente Trabajo de Fin de Grado. Dependiendo del ámbito en el que se explique puede tener distintas acepciones pero por tener una base fiable del concepto, si buscamos la palabra en el diccionario de la Real Academia Española, veremos que en un primer lugar utiliza la definición de *“Eficacia, poder, virtud para obrar”*, y en esencia eso es, la capacidad para realizar algo eficazmente, “algo” que permite realizar “algo”. Si se observa la segunda acepción que propone la Real Academia Española, esta vez en el ámbito de la física, lo define como *“Capacidad para realizar un trabajo”*.

Todo el mundo conoce la famosa frase de *“La energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma”* y esa frase es la esencia de la eficiencia energética que tanto se persigue en la Arquitectura actual y en la del futuro. A modo de resumen del concepto de Eficiencia Energética se puede decir que consiste en hacer lo mismo consumiendo menos, esto es, reducir el consumo energético manteniendo unas condiciones adecuadas de calidad de desarrollo del trabajo o actividad.

La sociedad actual es consumidora innata de energía de todo tipo, consumimos energía las 24 horas del día los 365 días al año, desde que nacemos hasta que morimos en todos los ámbitos de nuestra vida. En esta dependencia energética intrínseca del ser humano actual reside la importancia de la eficiencia energética, en este caso vinculado al ámbito de la Arquitectura, de su conocimiento y de su investigación.

Para ello se propone un breve recorrido por las diferentes fuentes de energía que se han utilizado a lo largo de la historia y de la evolución de la sociedad y de las que disponemos hoy en día con un orden en ocasiones cronológico, para posteriormente poder vincular algunas de ellas a la vida cotidiana de la Arquitectura real.

1.1 - EL FUEGO

En realidad la energía está presente en la vida de la sociedad desde el principio de los tiempos, casi ni cuando los individuos que habitaban el mundo no se contemplaba como sociedad, es decir en tiempos prehistóricos, pero en estos inicios los integrantes de esa sociedad no eran ni lejanamente conscientes de lo que tenían a su alrededor permaneciendo impasibles ante ella y atendiendo a otras preocupaciones primarias como la propia supervivencia.

En estos tiempos, lógicamente, existía la energía que el propio planeta nos proporciona hoy en día, es decir, la energía eólica, solar, térmica, geotérmica, eléctrica en los átomos que conforman toda la materia, etc, radicando en esto el punto importante de la cuestión. Como se ha dicho, las primeras sociedades permanecen impasibles ante ella, no se aprovechan de esa energía, dependiendo la época, fruto del propio desconocimiento de la energía o más adelante simplemente por falta de tecnología para apropiarse de ella, controlarla y utilizarla en su beneficio. Por lo tanto, la finalidad de la energía, o una de las finalidades más importantes es el aprovecharnos de ella para generar un propósito determinado, sobre todo hacer más fácil y cómoda la vida a la sociedad.

Se podría decir que la primera energía o fuente de energía¹, que se utiliza con una finalidad determinada es el fuego, el gran descubrimiento de la sociedad y considerado como el más importante de la historia.

Este “primer” fuego, que en un principio lo proporcionó la propia naturaleza forma de un rayo de tormenta eléctrica que incendió materia seca (basándome en las investigaciones e hipótesis que se manejan en la actualidad), fue evolucionando en cuanto a la comprensión por parte de estos individuos de cómo utilizarlo, mantenerlo, e incluso más adelante de cómo generarlo, ya sea por frotación de un palo de madera seca o por la fricción entre minerales. La comprensión del elemento que en este texto se explica en reducidas líneas, obviamente llevó miles y miles de años de pequeños progresos hasta llegar a dominarlo de tal manera que se introdujo en la vida cotidiana.

Este hecho permitió utilizar el fuego para realizar diversas actividades y conseguir ciertas finalidades, como por ejemplo cocinar los alimentos, iluminar en la oscuridad de la noche o de las cuevas que muchos habitaban, o incluso calentar esos espacios.



Figura 1. Dibujo representativo de la vida prehistórica cotidiana. Fuente: Google imágenes.

Por lo tanto, he aquí la primera relación directa entre esta “sociedad” prehistórica con su utilización del fuego, es decir con la utilización de la energía para facilitar su vida y posteriormente acondicionar sus espacios habitables, para el desarrollo de las actuales Arquitecturas eficientes energéticamente. Se abastecían de energía para utilizarla de la manera más lógica y hacer su vida más agradable o cómoda. Aunque en un primer instante pueda parecer una absurdez de relación, puede considerarse la primera aplicación energética en los inicios de la Arquitectura.

¹ Fuente de energía: Recurso existente normalmente en la naturaleza de los cuales son susceptibles de generar energía utilizable para diversas finalidades.

1.2 - ENERGÍA MECÁNICA ANIMAL - TRACCIÓN ANIMAL

En edades también Prehistóricas, pero ya en la etapa neolítica, comenzaron a abandonar el modelo de vida nómada que habían estado utilizando en etapas anteriores apareciendo también los primeros esbozos de Arquitecturas habitables de forma permanente o estable. Esto fue posible, en parte, gracias al desarrollo de técnicas de cultivo y domesticación de animales. De este modo, se aseguraban una fuente de alimento constante en el tiempo convirtiéndose en agricultores y ganaderos.



Figura 2. Representación de animales de labranza. Fuente: Google imágenes.

Lo que interesa al presente trabajo de este aspecto, es una de las técnicas de domesticación de animales mediante la cual se podían utilizar como energía mecánica en forma de animales de trabajo para desempeñar diferentes funciones, entre ellas, el trabajo de las tierras de cultivo, instalaciones rotatorias para la transformación de alimentos primarios o posteriormente el de transporte de personas.

Este sencillo sistema consiste en enganchar al animal un mecanismo que comunica a éste con el elemento el cual se quiera desplazar. Éste se mueve por su propia naturaleza muscular y transmite el movimiento mediante tiro directo. Ejemplos de este sistema pueden ir desde la simple carga del animal por medio de elementos similares a alforjas hasta arados o distintos aperos de labranza los cuales permitían el cultivo en aquellas tierras. También se utilizaban como “motor” animal de ruedas de molino y norias para la molienda de grano o la extracción de agua y más adelante como transporte de personas.

Este tipo de “energía” se ha prolongado muchísimo en el tiempo, llegando incluso hasta el siglo XX teniendo un uso generalizado. Aunque afortunadamente su utilización está casi erradicada y en muchos lugares del planeta prohibido, por desgracia hay localizaciones puntuales que siguen utilizando estos medios de energía a base torturar la vida de un ser vivo indefenso.



Figura 3. Representación de tortura animal en la actualidad. Fotografía de pata de elefante encadenada para realizar trabajos forzados. Fuente: Google imágenes.

1.3 - ENERGÍA EÓLICA – MECÁNICA



Figura 4. Representación de barco egipcio navegando por el Nilo. Fuente: Google imágenes.

Un caso muy parecido al del fuego pero no tan “casual” y algo más moderno es el de la energía eólica, el viento generado por las corrientes de aire propias de la atmósfera del planeta. Habría que focalizar la mirada hacia el año 3.000 a.C. aproximadamente donde ya se daba un uso generalizado de este tipo de energía entre otras cosas como “combustible renovable” de los primeros barcos veleros de la historia. Los tripulantes egipcios de estos barcos navegaban por el río Nilo e incluso por el mar, impulsados por remos y por una vela que “consumía” viento para impulsarse de manera renovable.

Otro ejemplo bastante más moderno de aprovechamiento de esta energía son los primeros molinos de viento de los antiguos Persas, datados aproximadamente en el siglo VII. Estos molinos también se nutrían de viento para su funcionamiento permitiendo la realización de actividades como la de moler el grano cosechado en esos campos, o simplemente para bombear agua.



Figura 5. Fotografía de molinos de viento persas. Fuente: Google Imágenes.

Posteriormente con el desarrollo de los diferentes combustibles como por ejemplo el carbón ambos ejemplos perdieron el sentido, puesto que se obtenían unos rendimientos mucho mayores y más constantes para los mismos fines.

1.4 - ENERGÍA MECÁNICA DE ORIGEN HIDRÁULICO

Los primeros vestigios de la utilización de esta energía se remontan a la antigua época Griega, los cuales desarrollan un molino que asume el nombre de su localización de desarrollo, “molino Griego”. Este molino es muy similar al utilizado por los persas, explicado en el punto anterior.

Consta de un eje horizontal que sujeta una rueda vertical con cucharas que sumerge su parte inferior en un flujo de agua constante. Estas son desplazadas por el movimiento del agua haciéndolas rotar sobre el eje. De este modo se obtenía una energía mecánica mediante la cual se podía hacer girar una piedra que molía el grano. Este sistema tan básico y a priori tan inmediato, es el precedente directo de la rueda hidráulica o rueda Vitruviana² y por consiguiente de los molinos hidráulicos de

² Rueda Vitruviana: Rueda vertical utilizada para captar la energía del movimiento del agua. Debe su nombre a su inventor Marco Vitruvio Polión gran conocido entre los conocedores de la historia de la Arquitectura.

rueda vertical y de eje horizontal los cuales perduraron a lo largo del tiempo llegando incluso en alguna circunstancia concreta, hasta la actualidad.



Figura 6. Fotografía de molino de agua basado en la Rueda Vitruviana. Fuente: Google imágenes.

1.5 - ENERGÍA MECÁNICA HUMANA – TRACCIÓN HUMANA

Este tipo de energía es tan antigua como la propia civilización. Se puede definir muy brevemente como cualquier proceso o actividad que se desempeñe empleando la fuerza mecánica muscular del propio ser humano. Aunque pueda considerarse una obviedad, ha sido utilizada a lo largo de la historia y ha perdurado y perdurará durante el tiempo.

Puede entenderse que se utiliza este tipo de energía desde cualquier actividad que desempeñase un individuo prehistórico para labrar una pequeña tierra por medios manuales, hasta el desplazamiento de un individuo de la sociedad actual el cual se desplaza a pie desde su vehículo eléctrico estacionado en el parking hasta su oficina en la 5ª planta de una empresa tecnológica. Lo que se quiere decir con esto es que casi cualquier actividad que desempeñe un ser humano por sus propios medios e implique sobre todo movimiento, utiliza este tipo de energía, la cual es producida por los nutrientes de los alimentos que digerimos.

Pero lo que en realidad se quiere explicar con este tipo de energía, obviando los anteriores párrafos, es la tracción humana desarrollada, por suerte en épocas anteriores, como fruto de la explotación de seres humanos considerándolos casi como máquinas.

Esto se daba cuando en circunstancias concretas una persona era “legalmente” propiedad de otra, siendo la primera utilizada para diversas funciones en beneficio de la

segunda, como por ejemplo la de trabajo de la tierra de cultivo, o la construcción civil o particular, es decir, era su esclavo. Esto era tan habitual que incluso en muchas ciudades se establecían mercados de esclavos de manera pública y cotidiana.

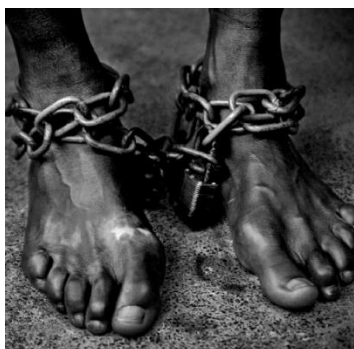


Figura 7. Fotografía de pies humanos encadenados en representación de la esclavitud humana. Fuente: Google imágenes.

El origen de la esclavitud se data aproximadamente en la Edad Antigua³ y la mayoría de los autores vinculan la aparición de la figura del esclavo con las guerras entre distintas civilizaciones, en las cuales se tomaban personas de la civilización “enemiga” o de los territorios conquistados como cautivos o para sacrificarlas. Otro de los modos mediante el cual una persona libre podía convertirse en esclavo era por la imposibilidad de pagar una deuda contraída con otra persona, normalmente de mayor poder económico, pagándola con sus servicios como esclavo durante un tiempo determinado o indeterminado dependiendo la circunstancia concreta.

Esta situación se prolongó a lo largo del tiempo hasta la Edad Media y la Edad Moderna en las cuales casi desapareció reduciéndose a situaciones muy puntuales. Por desgracia en la época de descubrimientos de ultramar y la colonización de América se volvió a recuperar esta infame práctica. Posteriormente ya en el siglo XVIII se comenzaron a desarrollar movimientos antiesclavistas culminando con la abolición de la esclavitud en la mayoría de los países del mundo.

1.6 - CARBÓN VEGETAL

El carbón vegetal es el primer carbón que se utiliza a lo largo de la historia y posiblemente uno de los primeros combustibles (obviando la madera y sus derivados). Aunque no se conociese conscientemente, en realidad, es tan antiguo como el propio fuego, puesto que los rescoldos de las brasas que allí quedaban después de los primeros fuegos que presenciaban los individuos de la prehistoria, bien podrían considerarse ya como carbón vegetal prehistórico.



Figura 8. Fotografía de trozos de carbón mineral. Fuente: Google imágenes.

De hecho, en esa época prehistórica se utilizaba, en este caso conscientemente, como pigmento para las pinturas que se representaban en esas épocas.

En tiempos posteriores se normaliza su utilización asumiendo los beneficios que este tiene ante la madera, sobre todo su mayor poder calorífico⁴, entre 29.000 y 35.000 KJ/Kg frente a los 12.000 y 21.000 KJ/Kg de la madera. Esto hace que carbón vegetal haya

³ Edad Antigua: Etapa posterior a la Prehistoria coincidente con desarrollo de las primeras civilizaciones como sociedad, llamadas civilizaciones antiguas. Se cree que fueron coetáneas con desarrollos sociales como la escritura que provocaron la posibilidad de surgimiento como civilización.

⁴ Poder calorífico: Es la cantidad de Energía que se puede obtener por unidad de masa o unidad de volumen de una materia determinada al producirse la combustión u oxidación de ésta.

sido utilizado muy frecuentemente a lo largo de la historia llegando hasta nuestros días, y pudiendo ser considerado como un combustible ecológico y renovable o casi renovable, pero al fin y al cabo contaminante.

Esta última característica es sin duda lo que ha obligado a reducir el uso del carbón vegetal en la actualidad, puesto que a la ya de por sí elevada emisión de gases contaminantes que desprende la propia combustión del carbón vegetal, hay que sumarle los emitidos por la combustión en la hoguera del proceso de fabricación de este tipo de carbón.

1.7 - COMBUSTIBLES DE ORIGEN FÓSIL

Los combustibles fósiles tan presentes en nuestra vida cotidiana y con una edad relativamente corta, son combustibles obtenidos como resultado de procesos que duran millones y millones de años.



Figura 9. Fotografía de pozos de extracción de petróleo al atardecer. Fuente: Google Imágenes.

A lo largo de todo ese tiempo diferentes materias como la masa forestal (biomasa) se han ido depositando en diferentes zonas, las cuales a lo largo de los años se han ido enterrando o sumergiendo quedando protegidas del oxígeno.

De esta manera y fruto de diferentes procesos de transformación, debido entre otros aspectos al aumento de presión y temperatura, se forman materias con gran poder energético.

Actualmente los combustibles fósiles representan uno de los mayores problemas de continuidad de abastecimiento de energía y de contaminación debido a la dependencia en su utilización, sobre todo por medio de la combustión. Se suelen dividir en cuatro grandes grupos: el carbón mineral, el gas natural, el petróleo, y el gas licuado del petróleo, o GLP.

Todos tienen en común varias cosas, su utilización, cómoda y generalizada por parte de la sociedad, su forma de distribución fluida, su gran poder energético, en la mayoría de los casos representado en forma de su poder calorífico. Por desgracia también tienen en común una serie de problemas como por ejemplo la emisión de gases contaminantes al ser extraídos o utilizados en forma de combustible y como no, la característica de tratarse de un recurso finito y no renovable, es decir, que hay una cantidad limitada y no se puede producir, regenerar o reemplazar.

1.7.1 - CARBÓN MINERAL

Es el primer combustible de origen fósil que nos encontramos y contrariamente al carbón vegetal, el carbón mineral no necesita de un proceso previo realizado por el hombre

para convertirse en el combustible que es, sino únicamente precisa de la propia formación natural del mineral fósil a lo largo del tiempo.

Este largo proceso de formación se basa en la descomposición anaeróbica⁵ de los vegetales terrestres existentes en la época del Carbonífero⁶ y Cretácico⁷ en zonas sobre todo pantanosas y su posterior carbonización⁸ a lo largo de los miles y miles de años formando el mineral del carbón. La gran duración de este proceso hace que las reservas existentes hoy en día sean finitas, como las del resto de combustibles fósiles y por lo tanto resultando un recurso no renovable.

El mineral resultante es una roca sedimentaria de color negro el cual contiene unas cantidades muy altas de carbono a parte de otros componentes como el hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre y una cantidad muy reducida de agua, dando lugar a diferentes subtipos de carbón mineral sobre todo diferenciados entre ellos por su porcentaje de carbono.



Figura 10. Diagrama de representación de los diferentes tipos de carbón según su porcentaje de Carbono y de agua. Fuente: Google imágenes.

1.7.2 - GAS NATURAL

El gas natural es un hidrocarburo que se extrae de depósitos atrapados bajo tierra sobre todo en zonas porosas o rocosas las cuales permitieron albergar el gas en sus intersticios. Se formó con un proceso similar al del carbón mineral por lo cual no se repetirá su explicación.

Normalmente se localizan en los mismos depósitos naturales subterráneos en los cuales se puede encontrar petróleo, quedando el gas, más liviano, en la parte superior, y el petróleo en estado líquido o casi líquido, más denso en la parte inferior.

Su composición se basa en metano (CH₄) mayoritariamente, llegando a proporciones del 85%, pero también cuenta con otros gases en proporciones menores como el etano (C₂H₆) en un 10%, el propano (C₃H₈) en un 3%, el butano (C₄H₁₀) en un 0,1% o el pentano (C₅H₁₂) y el Nitrógeno en mucha menor proporción.

⁵ Descomposición anaeróbica: La descomposición de algún tipo de materia sin que esté presente el oxígeno.

⁶ Carbonífero: Es una de las etapas de la escala temporal geológica perteneciente a la Era Paleozoica que se data aproximadamente desde hace unos 359 millones de años hasta hace 299 millones de años. Toma su característico nombre por su propio significado, "portador de carbón".

⁷ Cretácico o Cretáceo: Es otra de las etapas de la escala temporal geológica perteneciente a la Era Mesozoica que se data aproximadamente desde hace unos 145 millones de años hasta hace 66,4 millones de años.

⁸ Carbonización: Proceso mediante el cual una sustancia normalmente orgánica, se convierte en carbono o en materia con un alto contenido del mismo.



Figura 11. Fotografía de gas natural en combustión en cocina de gas. Fuente: Google Imágenes.

Las ventajas de este combustible son las comunes para todos los combustibles fósiles, un gran poder calorífico, en torno a 10,50 - 12,9 kWh/m³, facilidad de utilización y consumo, pero por el contrario, una gran emisión de gases contaminantes en su combustión. Sí que merece decir que produce menos cantidad de gases contaminantes que otros combustibles como el petróleo y sus derivados o en especial menos que el carbón mineral, pero no por ello debemos olvidar que se trata de un combustible contaminante y NO renovable.

1.7.3 - PETRÓLEO

El petróleo también conocido como “oro negro” es otro de los combustibles fósiles formado por una mezcla de hidrocarburos que son insolubles en el agua. La formación del combustible se debe, como en el resto de combustibles fósiles, a la descomposición de materia orgánica existente hace millones de años y depositada en grandes cantidades en zonas las cuales fueron inundadas o enterradas posteriormente.

Algunos autores datan las primeras utilizaciones del petróleo hace unos 6000 años ya que se podía encontrar de manera natural en ciertas localizaciones como en Asiria y Babilonia, cuya población utilizaba algo parecido al petróleo para pegar ladrillos y piedras en las construcciones características de la zona. También tenía sus aplicaciones en medicina y la náutica, al utilizarlo para impermeabilizar embarcaciones.

Aunque se siguió utilizando por mucho tiempo en civilizaciones posteriores, como en Egipto, o en las civilizaciones precolombinas, no se comenzó a utilizar como fuente de energía hasta transcurrido mucho tiempo.



Figura 12. Fotografía de vertido de petróleo crudo en barril. Fuente: Google imágenes.

Después del desarrollo de diversas técnicas para el refinado del petróleo a lo largo de la historia y en partes del mundo muy diferentes, parece establecerse un punto de partida cuando se consigue refinar de una manera efectiva para obtener queroseno⁹. Esto fue posible gracias a los experimentos de A. Gesnere, popularizando el uso del petróleo para extraer queroseno y utilizarlo como combustible para el alumbrado público entre otras cosas.

Posteriormente, en el año 1859, Edwin Drake perforó el primer pozo de petróleo de la historia, situado en Pensilvania, con una máquina perforadora diseñada y construida por él. Desde este suceso se hizo posible la extracción de petróleo de forma masiva, lo cual

⁹ Queroseno: Es un líquido combustible con aspecto aceitoso el cual es una mezcla de diferentes hidrocarburos presentes en el petróleo obtenido a partir de la destilación de éste.

había sido imposible hasta la fecha. Añadido a esto, y años después, la invención, el desarrollo y la patente de los primeros motores de combustión interna, significó el pistoletazo de salida para la utilización del petróleo en forma de gasolina de manera generalizada en todo el mundo. Aquí se puede encontrar la raíz del problema de contaminación que sufrimos en la actualidad, de hecho, aproximadamente el 85 % del petróleo que se extrae en la actualidad se utiliza para obtener combustible, contaminando por medio de los gases de efecto invernadero que emite en su combustión.

1.7.4 - GAS LICUADO DEL PETRÓLEO (GLP)

El concepto de gas licuado del petróleo se puede explicar brevemente como un conjunto de gases presentes tanto en el petróleo como en el gas natural que a temperatura y presión ambiente son gases pero cuando se les somete a una cierta presión o temperatura se licuan, lo que es una ventaja puesto que facilita su transporte y almacenamiento.



Figura 13. Fotografía de bombonas de Gas Licuado del petróleo. A la izquierda propano y a la derecha butano. Fuente: Google imágenes.

Cuando surgió el auge de los derivados del petróleo como la gasolina, en ella estaban presentes estos gases, pero en realidad no se utilizaban ni se aprovechaban, simplemente se quemaban o se emitían a la atmósfera como gas.

El origen de la utilización y aprovechamiento de estos gases se puede establecer entre el año 1900 y el año 1912, cuando el químico estadounidense Walter Snelling investigó sobre el tema llegando a varias conclusiones. Afirmaba que esos gases que se evaporaban eran propano y butano que estaban presentes en la propia gasolina y hasta el momento habían permanecido inutilizados.

Posteriormente no tardó en desarrollar un método para poder separar estos gases de la gasolina y licuarlos para su almacenaje y transporte. De esta manera nacen los gases licuados del petróleo (GLPs), o mejor dicho nace la manera de aprovecharlos iniciando la consolidación de un nuevo combustible, cuya utilización ha llegado hasta hoy de manera generalizada.

Por su dependencia directa y obligatoria del gas natural o del petróleo, y por su condición de combustible fósil, este tipo de gas está condenado a la clasificación de combustible no renovable. Además cabe decir que aunque también adquiriera la clasificación de combustible contaminante debido a la emisión de gases contaminantes en su combustión, es, como en el caso del gas natural, mucho menos contaminantes que el carbón mineral o el petróleo.

1.8 - ELECTRICIDAD E INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA



Figura 14. Representación de la electricidad. Fuente: Google imágenes.

La electricidad es un fenómeno físico que se basa en la interacción entre dos tipos de partículas básicamente, el protón y el electrón, cargadas eléctricamente opuestas que se atraen entre ellas ocasionando dicho fenómeno de transferencia de electrones y por tanto de carga. Es otra de las energías que existe desde el principio de los tiempos, puesto que se puede encontrar en toda la materia física, desde nuestro propio cuerpo, hasta en el aire o en las nubes, pero al igual que otras fuentes de energía explicadas anteriormente, su aprovechamiento generalizado se remonta a épocas relativamente modernas.

En el caso de este trabajo no interesa la electricidad en sí misma, sino los modos de transformarla desde otras fuentes de energía más accesibles, puesto que en la evolución de la historia los métodos de obtención han ido siempre en consonancia directa con las fuentes de energía o tecnología disponible en cada época.

Este es el caso del descubrimiento del generador eléctrico, el cual transforma la energía mecánica producida normalmente por una energía primaria en energía eléctrica y cuya invención y desarrollo es el punto de inflexión en el desarrollo de técnicas de producción de electricidad. Como ya se explicará en las siguientes páginas, esta tecnología es la base fundamental de prácticamente la totalidad de los métodos de producción eléctrica.

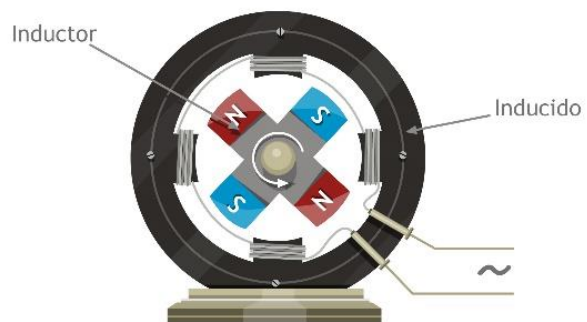


Figura 15. Esquema de funcionamiento de un generador eléctrico por inducción. Fuente: Google imágenes.

De este modo se ha podido obtener electricidad por medio de diversos métodos, siendo unos de ellos no renovables y otros renovables, estos últimos asumiendo la verdadera importancia de este trabajo. Por ello, he aquí una breve explicación de los métodos más comunes de obtención de energía eléctrica y su importancia en la tan de moda Arquitectura de la eficiencia energética.

1.8.1 - ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR MEDIOS NO RENOVABLES

1.8.1.1 - ENERGIA TERMOELÉCTRICA GENERADA MEDIANTE RECURSOS DE ORIGEN FÓSIL

Este tipo de energía se consigue mediante el aporte de una energía primaria¹⁰, en este caso como resultado de la combustión de recursos fósiles, la cual genera una gran cantidad de energía térmica o calor. Ese gran calor generado calienta un determinado fluido (comúnmente agua) llegando a evaporarle y canalizando ese vapor de manera efectiva, su movimiento hace girar una turbina conectada a un generador eléctrico. De este modo, con la rotación del generador, se transforma la energía mecánica del movimiento del vapor en energía eléctrica.

Este tipo de sistema, agrupado en modo de central termoeléctrica, es por desgracia, uno de los sistemas más utilizados y generalizados para la producción de energía eléctrica, principalmente por sus ventajas, como la de poder regular la cantidad de energía eléctrica producida al poder regular también la cantidad de “combustible fósil” que se inyecta al sistema de funcionamiento. Se trata de una idea similar a la del acelerador de un vehículo a



Figura 16. Fotografía de central termoeléctrica. Fuente: Google imágenes.

motor, cuanto mayor sea la cantidad de combustible que se inyecta más se revoluciona el motor. Esto que puede parecer una obviedad, no es asunto baladí, puesto que se puede economizar enormemente el consumo del sistema general ajustando la producción de energía eléctrica a la demanda del consumo con márgenes de tiempo relativamente cortos.

Como se ha dicho este tipo de energía se produce mediante el consumo de recursos fósiles, siendo el más utilizado el carbón, el gas o el propio petróleo en cualquiera de sus estados combustibles. Indudablemente de su condición de recurso fósil se extrae de manera inmediata y obligada la condición no renovable de este tipo de energía.

Sumado a lo anterior y a la dependencia energética que se tiene del combustible y de su precio en cada momento, también se le añaden los grandes problemas de contaminación que producen por la emisión de gases contaminantes fruto de cualquier combustión a gran escala.

¹⁰ Energía primaria: Es toda forma de energía existente normalmente en la naturaleza antes de someterla a cualquier proceso de transformación. Energía primaria= Energía final x Factor de conversión.

1.8.1.2 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA GENERADA MEDIANTE ENERGÍA NUCLEAR

Es un tipo de energía a la que la mayoría de las personas la tienen miedo o cuanto menos respeto y no es para menos teniendo cierta memoria, dados los accidentes y la gravedad de estos. Se puede definir brevemente como la energía que se desprende en una reacción nuclear. El sistema para obtener energía eléctrica a partir de esta energía primaria es muy similar a la anterior realizándose única y exclusivamente en vigiladas centrales nucleares.

La finalidad del sistema es producir la electricidad evaporando un fluido para producir vapor de agua, incrementando la presión de la cámara y que se haga rotar una serie de turbinas que a su vez hacen girar a los generadores eléctricos (alternadores) y así producir la electricidad para su posterior distribución. Hasta aquí todo parecido a los procesos anteriormente descritos.

La gran diferencia radica en la manera de calentar ese fluido y el “combustible” que se utiliza, siendo mediante fisión nuclear¹¹ de un combustible nuclear llamado a base de Uranio y/o Plutonio enriquecidos. La inestabilidad y delicadeza de este “combustible” es lo que preocupa a la mayoría de la gente, además de los residuos radiactivos de muy larga duración que se generan durante el proceso. Estos inconvenientes, sumado a la imposibilidad de ajustar la producción a las necesidades del consumo, hacen que no sea del agrado de gran parte de la sociedad.

Por el contrario, y aunque este tipo de instalaciones presentan una serie de controles y precauciones extremadamente exhaustivas, por la herencia de catástrofes nucleares sucedidas en el pasado, tienen las ventajas de no emitir gases contaminantes o emitir muy poca cantidad en la generación de energía, tener un coste operativo muy bajo y ofrecer una constante y gran cantidad de energía eléctrica.



Figura 17. Fotografía de central nuclear. Fuente: Google imágenes.

1.8.2 - ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR MEDIOS RENOVABLES

1.8.2.1 - ENERGÍA HIDROELECTRICA

La energía hidroeléctrica básicamente es el aprovechamiento de la energía mecánica contenida en el movimiento del agua para generar electricidad.

¹¹ Fisión Nuclear: Reacción mediante la cual un núcleo pesado de un combustible nuclear, es bombardeado con neutrones para pasar a un estado inestable y descomponerse en dos núcleos, cuyas masas son de la misma magnitud y cuya suma es algo inferior a la del núcleo inicial pesado, desprendiendo energía y emitiendo neutrones. Estos neutrones a su vez sufren fisiones consecutivas al reaccionar con otros núcleos repitiendo la situación progresivamente creando una reacción en cadena.



Figura 18. Fotografía de presa y central hidroeléctrica.
Fuente: Google imágenes.

Básicamente es el mismo esquema del sistema de energía hidráulica mecánica ideado por los Griegos planteado en uno de los puntos anteriores. Pero gracias al desarrollo de las tecnologías de producción de electricidad, la cual convierte la energía mecánica del movimiento del agua en energía eléctrica, sobre todo el generador eléctrico, el transformador y las turbinas, se produjo un verdadero avance.

Hay varias posibilidades que se manejan para determinar cuál fue la primera central hidroeléctrica que se construyó, pero en la que más autores coinciden es que la primera central hidroeléctrica que se construyó fue la de Northumberland, en Gran Bretaña, en 1880, y unos años más tarde, en 1882, la central hidroeléctrica del estado de Wisconsin.

Lo que estas centrales consiguen es generar energía eléctrica aprovechándose de la energía mecánica del movimiento del agua permitiendo el paso controlado de agua por unos conductos los cuales tienen una serie de turbinas y generadores. Para poder controlar el caudal de agua se construyen presas en el propio cauce fluvial o en una desviación próxima del propio cauce, reteniéndole y permitiendo el paso de agua que interese en cada momento.

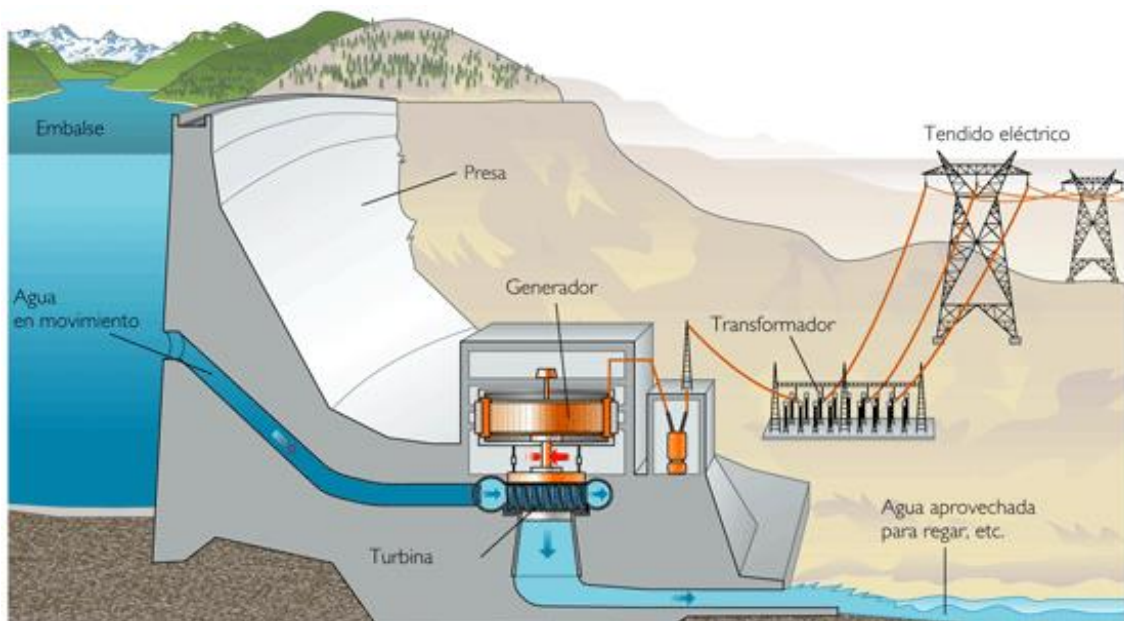


Figura 19. Esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica. Fuente: Google imágenes.

Esto último, unido a los altos costes de construcción, es una de las mayores desventajas que presenta este sistema de obtención de energía eléctrica, puesto que el impacto visual y medioambiental que producen estas presas y toda la infraestructura tecnológica periférica que precisan en el lugar de asentamiento, es enorme, siendo por lo general situado en un entorno natural.

Frente a estas desventajas se pone en la balanza, y no precisamente con poco peso, la grandísima ventaja de ser una fuente de energía completamente limpia, renovable e ilimitada mientras exista el cauce fluvial donde se asienta la central.

1.8.2.2 - EÓLICA ELÉCTRICA – AEROGENERADORES

En el caso de la energía eólica eléctrica es similar a la hidroeléctrica del punto anterior. Su origen parte, como en la mayoría de los ejemplos descritos en este texto, de la invención y desarrollo del generador eléctrico y la turbina, basándose en transformar la energía del movimiento del viento en energía eléctrica. También, equiparándolo al punto anterior, tiene su precedente directo en la antigüedad, con ejemplos como los molinos de viento Persas con energía eólica mecánica, puesto que parte de su esencia como funcionamiento.

El funcionamiento básico de este sistema es la colocación de molinos de viento de grandes dimensiones (aunque también pueden ser de dimensiones reducidas para producciones personales) localizados en zonas estratégicas de altas corrientes de viento, llamados aerogeneradores, los cuales tienen unas grandes aspas que son desplazadas rotacionalmente sobre su eje horizontal por la acción del viento. Esta rotación del eje hace girar un generador eléctrico que transforma la presión eólica en electricidad.

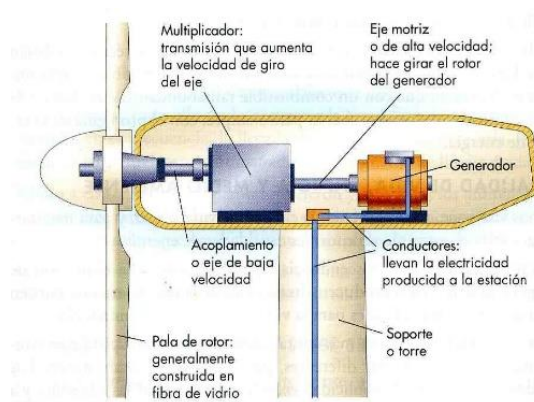


Figura 20. Esquema de funcionamiento de un aerogenerador. Fuente: Google imágenes.

Las ventajas e inconvenientes de este tipo de energía son muy similares, por no decir los mismos que los que tiene la energía hidroeléctrica. Los mayores inconvenientes es el coste de construcción aunque muy inferior al anterior y el impacto visual y medioambiental que puede producir su simple presencia.



Figura 21. Fotografía de molinos de viento instalados en la naturaleza. Fuente: Google imágenes.

También cabe destacar una pequeña desventaja añadida al ejemplo anterior que es la pura dependencia de la naturaleza ante su antojo de presentarse ventosa o no, por ello no es una fuente de energía constante, sino que depende de las condiciones climatológicas cambiantes de su lugar de implantación.

Por el contrario tiene la ventaja de ser una energía muy limpia y totalmente renovable.

1.8.2.3 - ENERGÍA SOLAR

La energía solar es otra de las energías que existen desde el principio de los tiempos, puesto que el sol siempre ha emitido radiación al planeta. De aquí puede interpretarse igualmente su naturaleza totalmente renovable y limpia.



Figura 22. Fotografía de un entorno natural bañado por el sol. Fuente: Google imágenes.

Obviando en este caso los orígenes de su utilización más allá del aprovechamiento pasivo de su radiación para calentar, o lo anecdótico del año 212 a.C. cuando se dice que Arquímedes atacó mediante un rayo de luz reflejado con un espejo a una flota romana en Siracusa quemando algún barco, el trabajo se centrará en la etapa más moderna mediante la cual la energía solar apoyado por la tecnología, es capaz de producir electricidad.

Es una energía con un potencial enorme, debido a su gran cantidad de energía solar que llega al planeta de la cual se aprovecha una ínfima parte y a su relativa constancia.

En este caso, y en la actualidad, hay básicamente dos maneras de conseguir producir electricidad mediante la energía solar. Una de ellas es la energía fotovoltaica, mediante placas fotovoltaicas y otra la energía termosolar, mediante placas solares térmicas o termosolares. Es importante destacar que no hay que confundir este último tipo con las placas solares de aporte de agua caliente solar, las cuales funcionan de manera similar pero culminando sus intereses en el propio calentamiento del fluido interior para el intercambio energético con otro fluido.

1.8.2.3.1 - ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Se basa en aprovechar la energía solar en forma de radiación solar mediante la simbiosis entre el principio del fenómeno fotoeléctrico¹² y el fenómeno fotovoltaico¹³, los cuales son muy importante no confundir.

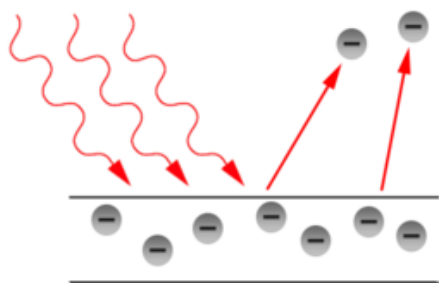


Figura 23. Esquema de funcionamiento del efecto fotoeléctrico. Fuente: Google imágenes.

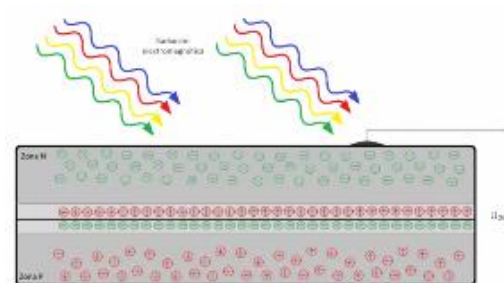


Figura 24. Esquema de funcionamiento del efecto fotovoltaico. Fuente: Google imágenes.

¹² Fenómeno fotoeléctrico: Proceso mediante el cual se emiten electrones cuando incide sobre un material un flujo de radiación electromagnética como por ejemplo la radiación solar.

¹³ Fenómeno fotovoltaico: Proceso mediante el cual se puede generar una diferencia de potencial entre dos puntos de un material cuando sobre dicho material incide un flujo de radiación electromagnética como por ejemplo la radiación solar.

Sin querer profundizar en la explicación, se produce la emisión de electrones cuando incide un flujo de radiación solar, que no deja de ser radiación electromagnética, produciendo también una diferencia de potencial dependiente de la longitud de onda.

Para obtener electricidad y poder controlarla, almacenarla y transportarla, se disponen en un primer lugar placas fotovoltaicas que contienen en su interior células fotovoltaicas que crean el efecto explicado, consiguiendo producir la ansiada electricidad.

Como en la mayoría de los casos este sistema puede ser utilizado tanto en pequeñas instalaciones personales como en viviendas o en grandes infraestructuras como centrales fotovoltaicas, las cuales tienen la pequeña desventaja de precisar de extensiones de terreno considerables para obtener cantidades de energía interesantes. Por el contrario se obtiene también una energía completamente limpia y completamente renovable mientras exista el sol.



Figura 25. Fotografía de instalación fotovoltaica. Fuente: Google imágenes.

1.8.2.3.2 - ENERGÍA TERMOSOLAR

Parte de la misma filosofía de aprovechar la radiación solar pero en este caso no para crear ningún efecto eléctrico en principio, sino para aprovechar la energía térmica de su radiación para posteriormente evaporar agua u otro líquido y aprovechar el movimiento de este vapor para hacer girar unas turbinas con generadores eléctricos y conseguir producir electricidad.

De este modo se crean placas las cuales captan la radiación por medio de heliostatos (captadores o espejos) concentrándola en un punto para poder calentar y evaporar el líquido contenido en una serie de tubos y con el movimiento del vapor hacer girar las turbinas mencionadas.



Figura 26. Fotografía de central termosolar. Fuente: Google imágenes.

Desde un punto de vista más general, también se puede asociar esta tecnología para conformar centrales térmicas solares. Estas centrales tendrían un funcionamiento similar a las centrales eléctricas convencionales de uso de combustibles fósiles, con la excepción de que la energía primaria que calienta el fluido y lo evapora es la propia radiación solar. Para ello todos los paneles que reflejan la radiación apuntan a una torre central girando automáticamente, donde se sitúa el fluido, consiguiendo unas temperaturas realmente altas, de entre 300 °C y 1000 °C, evaporándolo y haciendo girar una serie de turbinas y generadores eléctricos obteniendo finalmente la electricidad.

1.8.2.4 - ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Por suerte o por desgracia en los mares existen una serie de fenómenos que crean diferentes movimientos. Uno de ellos pueden ser las corrientes marinas producidas por los propios movimientos terrestres. Otro movimiento puede ser las olas provocadas por el viento el cual crea una fricción con la superficie del líquido produciendo desplazamientos de masas del mismo. Otro buen ejemplo son las propias mareas que suben o bajan dependiendo de la atracción Lunar y de la fase en la que se encuentre.

La existencia de todos esos fenómenos que crean movimientos naturales, y por tanto energía mecánica, hace que sea interesante el aprovechamiento de esa energía que contienen, puesto que es totalmente gratuita, limpia y como no, renovable. De este modo se puede definir la energía mareomotriz como la energía captada principalmente del movimiento del mar sea cual sea, transformando esa energía mecánica en energía eléctrica, sobre todo mediante sistemas como los mencionados anteriormente, turbinas y generadores eléctricos.

Por lo general y en la actualidad se cuenta con tres métodos diferentes para obtener energía eléctrica a partir del mar:

1.8.2.4.1 - GENERADOR DE CORRIENTE DE MAREA

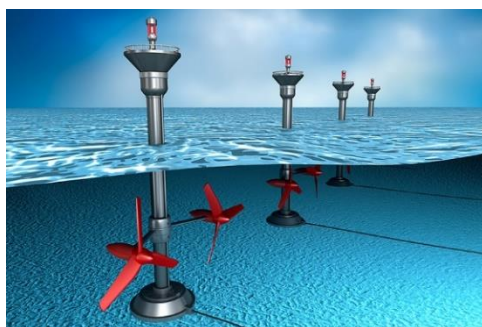


Figura 27. Representación del funcionamiento de un generador de corriente de marea. Fuente: Google imágenes

Es un sistema muy similar a los aerogeneradores explicados en un punto anterior, con la única diferencia de que están sumergidos. En definitiva son una especie de hélices que debido a la acción del movimiento del mar por las mareas rotan sobre su eje haciendo girar a su vez un generador que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

Se suele decir que tiene unos costes más bajos que los aerogeneradores y una constancia mayor en la generación energética, puesto que las mareas son continuas y no tan caprichosas como las corrientes de aire en el caso de los aerogeneradores. Además algunos autores afirman que su impacto medioambiental es menor al estar sumergidos, aunque en este punto cabría reflexionar para quien es menor impacto, para el egoísta humano que no ve la instalación o para el ecosistema marino el cual sufre de primera mano esta infraestructura.

1.8.2.4.2 - PRESA DE MAREA

Se basan en captar la energía que contiene el mar al desplazarse verticalmente hacia arriba y hacia abajo, es decir, con la diferencia de altura que acusa fruto de la subida y bajada de las mareas. Para ello se disponen una serie de elementos continuos en forma de “presa” los cuales pueden pivotar mediante su eje horizontal subiendo y bajando y captando el movimiento, convirtiendo la energía mecánica en energía eléctrica.



Figura 28. Fotografía de una presa de marea. Fuente: Google imágenes.

Se considera que tiene unos costes de construcción y de mantenimiento muy elevados en comparación con la energía que se puede obtener, además del importante impacto medioambiental que supone su instalación.

1.8.2.4.3 - ENERGÍA MAREOMOTRIZ DINÁMICA

Este modo de generación de energía eléctrica parte también de la base de aprovechar la energía potencial contenida en el movimiento del mar, en este caso en la diferencia de altura entre mareas. Para ello se crea una especie de presas muy largas de varios kilómetros de longitud sin que estas delimiten un área.

De esta manera aparecen diferencias de alturas entre el interior y el exterior de la presa pudiendo dejar pasar el agua y generando energía eléctrica de manera similar a las centrales hidroeléctricas.

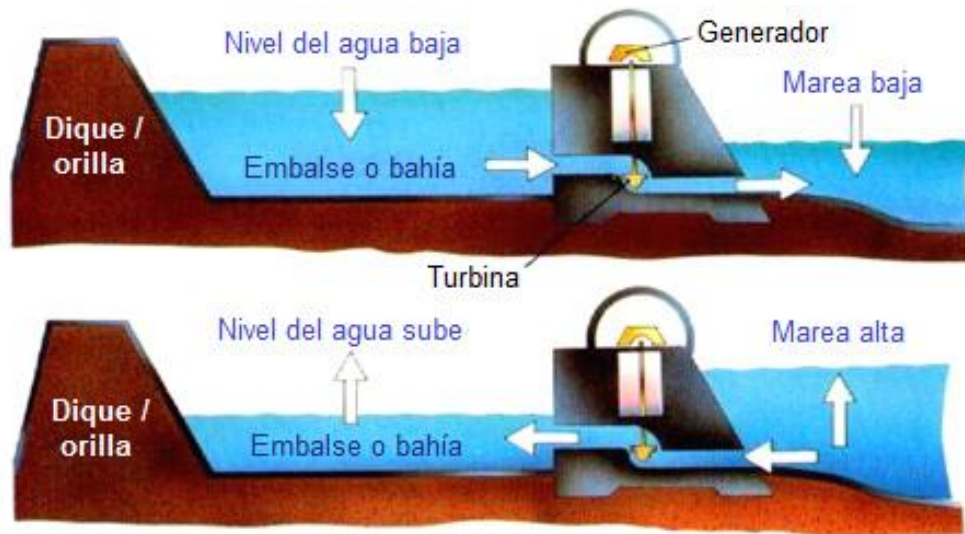


Figura 29. Esquema de funcionamiento del sistema de energía mareomotriz dinámica. Fuente: Google imágenes.

1.8.2.5 - ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica es un tipo de energía de origen renovable la cual aprovecha el calor existente naturalmente en el interior de la tierra mediante una serie de perforaciones las cuales llegan a estar en contacto con él pudiendo absorber parte. En ocasiones estas perforaciones existen en la propia naturaleza, haciendo presente a este tipo de energía desde el principio de los tiempos habiendo sido utilizadas de multitud de formas.

Esta energía se puede desarrollar desde pequeñas instalaciones a nivel municipal o incluso de vivienda individual (aunque en este caso la finalidad suele ser aprovecharse de la propia energía térmica no la de producir electricidad), o por el contrario en grandes infraestructuras como las centrales geotérmicas.

Aunque la emisión de gases de efecto invernadero es excesivamente reducida o casi nula, se considera una energía renovable, pero limitada geográficamente a localizaciones concretas. Por ello sucede algo parecido al aprovechamiento de la energía solar, aunque exista naturalmente una cantidad de energía geotérmica inmensa y de manera continua, no se aprovecha ni el 6% de ella.

El sistema para la generación de energía eléctrica es similar al del resto de centrales térmicas utilizando el calor natural contenido en el interior de la tierra como energía primaria natural e ilimitada para calentar el fluido hasta su evaporación y continuar el proceso explicado en los puntos anteriores.

Tiene las ventajas, aparte de las ya explicadas, de no generar ningún tipo de residuo provocando un impacto medioambiental que se limita a su propia construcción y presencia.



Figura 30. Fotografía de central geotérmica. Fuente Google imágenes.

1.8.3 - ELECTRICIDAD PRODUCIDA POR MEDIOS RENOVABLES CONTAMINANTES

1.8.3.1 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA MEDIANTE BIOMASA

La Biomasa es la materia que se forma como “residuo” forestal, agrícola, de plantas e incluso de individuos entre otros. De esta forma se aprovecha la energía química contenida en este tipo de elementos la cual se libera como energía térmica mediante el proceso de su combustión.



Figura 31. Fotografía de elementos de biomasa en representación de su sostenibilidad. Fuente: Google imágenes.

De este modo, y de manera similar a los anteriores ejemplos de centrales térmicas consumidoras de recursos fósiles, se crean centrales, las cuales utilizan la Biomasa como combustible para realizar la misma operación que en los ejemplos citados (evaporar un fluido y hacer rotar turbinas y generadores eléctricos con el movimiento del vapor). Por lo tanto la única diferencia reseñable que existe en este tipo de centrales es la del combustible utilizado, la Biomasa.

En teoría, ésta es un recurso renovable, y digo en teoría puesto que se duda mucho que se considerase renovable si la demanda aumentase de tal forma que fuese insostenible la producción de Biomasa frente a su demanda., a este concepto le denomino personalmente como “*Renovabilidad Relativa*”¹⁴ Llegado este caso se convertiría en un recurso no renovable que además de la importante consideración de los daños colaterales que ocasionaría centrar los esfuerzos en producir este combustible, como por ejemplo la pérdida de terrenos dedicados a cultivos de alimentación.

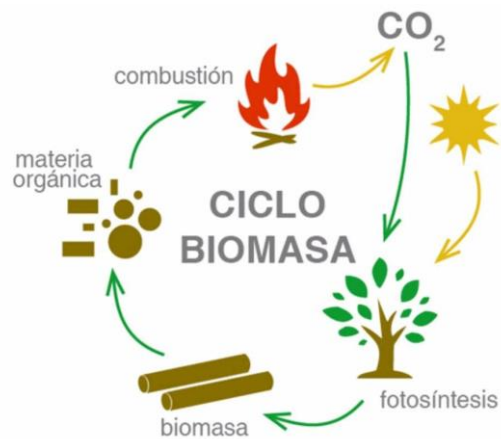


Figura 32. Diagrama representativo del ciclo de regeneración o renovabilidad relativa de la biomasa. Fuente: Google imágenes.

Por el contrario, aunque hoy en día se considere renovable, el proceso mediante el cual generamos la energía eléctrica a partir de la Biomasa no deja de ser contaminante. No obstante cabe destacar la teoría del ciclo ecológico creado entre el cultivo de componentes de la Biomasa y la emisión de gases contaminantes, los cuales se dicen que pueden ser absorbidos por los cultivos creando un ciclo supuestamente renovable.

1.8.3.2 - ENERGÍA TERMOELÉCTRICA MEDIANTE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La sociedad en la que vivimos en las ciudades actuales, es por lo general consumista y contaminante. Con este modo de vida casi generalizado, la producción de residuos urbanos se hace continua y a veces incluso insostenible, con los problemas que puede tener vinculado. Por ello desde hace un tiempo surgió en Europa la idea de aprovechar estos residuos, previa selección, como combustible para un nuevo tipo de centrales termoeléctricas.



Figura 33. Fotografía de camión vertiendo residuos sólidos urbanos en un vertedero. Fuente: Google imágenes

El funcionamiento es idéntico a todas las centrales termoeléctricas por lo que no se explicará más, pero lo que la diferencia de las demás como en el resto de casos, es el tipo de combustible. En este caso se utiliza, muy inteligentemente, un combustible el cual por desgracia, crea el ser humano actual

¹⁴ Renovabilidad relativa: Es un concepto de aportación personal aplicable a los ejemplos de recursos energéticos los cuales pueden ser renovables hasta un cierto límite, definido mediante una demanda determinada, para pasar a ser un recurso energético no renovable a partir de ese momento. Explicado de una manera más clara, sería un recurso energético a priori renovable, el cual es renovable porque la demanda que se precisa de ese recurso es posible satisfacerla con la producción de dicho recurso, pero en el momento que esa demanda creciese tanto que no se diese abasto para generar ese recurso energético, pasaría a ser no renovable, o renovable en menor medida.

constantemente, solucionando dos problemas a la vez.

Por un lado se genera electricidad en estas centrales, y por otro lado se utiliza un residuo el cual tenía problemas para su reciclado y ubicación. Aunque en realidad y por desgracia se trate de un “recurso renovable”, al menos en la actualidad con la producción de residuos que genera el ser humano, tiene el aspecto negativo de la emisión de gases contaminantes, como en la mayoría de este tipo de centrales.

2 - ANÁLISIS DEL PROBLEMA

2.1 - DIFERENCIAS ENTRE ENERGÍAS:

ENERGÍA RENOVABLE Y ENERGÍA NO RENOVABLE

2.2 - SOCIEDAD CONSUMIDORA DE ENERGÍA

2.3 - MODELO ENERGÉTICO ACTUAL

CONSECUENCIAS Y PREDICCIONES

2 - ANÁLISIS DEL PROBLEMA

2.1 - DIFERENCIAS ENTRE ENERGÍAS:

ENERGÍA RENOVABLE Y ENERGÍA NO RENOVABLE

Habiendo realizado un recorrido por las diferentes energías o fuentes de energía de las que hemos dispuesto a lo largo de la historia y por consiguiente de las que disponemos hoy en día y de sus modos de producción, se deben extraer varios aspectos importantes. Uno de los más importantes, tan importante como sencillo es entender la diferenciación entre energía renovable y energía no renovable. La definición de ambos conceptos es muy sencilla y obvia.

- Energía renovable: Es aquella energía que se obtiene de fuentes de energía naturales, limpias e inagotables, es decir que se pueda producir energía limpia ilimitadamente a partir de recursos que no se agoten nunca.
- Energía no renovable: Es la definición contraria a la anterior, describiéndose como aquella energía que se obtiene a partir de fuentes de energía, normalmente presentes en la propia naturaleza aunque no siempre, las cuales existen en cantidades limitadas, desapareciendo sus reservas una vez consumidas debido a su incapacidad para regenerarse o producirse.

También se antoja necesario comprender bien la distinción entre energía o fuente de energía contaminante, normalmente con la consecuencia de la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, y no contaminante. Este aspecto no se explicara por su elevada obviedad.

Comúnmente se asocia a las energías renovables la condición innata de no contaminante y a las energías no renovables la condición de contaminante, y en muchos casos así es, pero otros casos no. De este modo, y fruto de la combinación de estos cuatro conceptos nacen los ejemplos explicados en las anteriores páginas. Por ello, podemos encontrarnos energías renovables, las cuales pueden ser contaminantes o no contaminantes, y energías no renovables que pueden ser contaminantes, y en algún caso muy aislado, no contaminantes.

Añadido a estos conceptos, y aunque muchos autores no lo consideren, es necesario la incorporación de otro concepto que es la generación de residuos o la no generación de residuos en su producción. Esto al fin y al cabo es muy semejante a la condición de contaminante o no contaminante de una fuente de energía, sin embargo el aspecto de la contaminación se suele vincular sobre todo a la emisión de gases contaminantes o gases de efecto invernadero en el proceso de producción energética, y el aspecto de la generación de residuos va más allá, contemplando estos residuos como contaminantes en la mayoría de los casos.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, sería importante entender cómo hemos utilizado los recursos energéticos a lo largo de la historia y lo más importante, porqué las hemos utilizado, puesto que por lo general van vinculados al desarrollo paralelo de tecnología.

2.2 - SOCIEDAD CONSUMIDORA DE ENERGÍA

Como hemos visto, desde el inicio de los tiempos y hasta hoy, el ser humano necesita realizar ciertas actividades para poder proseguir con su vida y la mayoría, o mejor dicho la totalidad de esas actividades que realiza, precisan de energía, sea del tipo que sea.

Además, desde la antigüedad contamos con energías renovables y naturales primitivas que de algún modo, han ido perdiendo su importancia con el descubrimiento de otras nuevas fuentes de energía más eficaces y en la mayoría de las ocasiones de mayor comodidad de utilización. Por consecuencia, la evolución de los recursos energéticos o el uso que se les ha dado, ha ido siempre de la mano de la evolución de la propia sociedad, siendo dependiente una de la otra y viceversa.

Parece necesario pues, para comprender superficialmente el problema energético y de contaminación al que hoy nos enfrentamos, poner en relación directa varios conceptos.



Figura 34. Diagrama explicativo de los conceptos relacionados con el problema energético. Fuente: Elaboración propia.

Por un lado la evolución histórica de la sociedad, es decir, su historia social y cultural, y por otro, lado la evolución de los recursos energéticos y su utilización. Pero a la vez estos conceptos deben ser relacionados de manera igualmente directa con la evolución demográfica de esa sociedad y la evolución de la contaminación.

Estos conceptos, además se plantean en ese orden y no en otro, que aunque pudiera ser ese otro orden igual de correcto y de lógico, el planteado es totalmente acorde para poder explicar la relación entre todos. ¿Por qué su relación?

En primer lugar la propia sociedad experimenta una evolución histórica cultural y social. Esto quiere agrupar el conjunto de sucesos, catástrofes, aprendizajes, descubrimientos, avance cultural y tecnológico etc, que le han ocurrido a la sociedad desde su inicio hasta hoy. En este punto se encuentra por lo general, la base o el punto de partida que hace posible entender el siguiente de los puntos.

Para representar ésta idea, bien se podría realizar un sencillo esquema lineal y cronológico en el cual se marquen estos puntos de manera bien reconocible para poder relacionarlos con los demás puntos. Un pequeño ejemplo simplificado de esta idea es el siguiente gráfico.

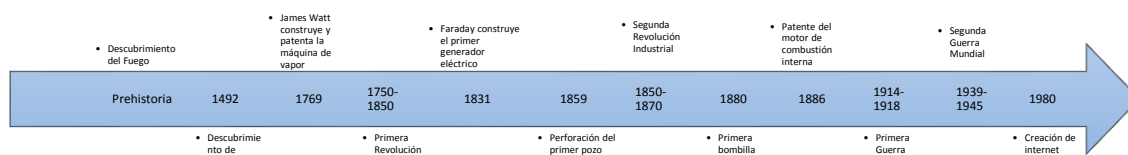


Figura 35. Diagrama explicativo (línea temporal) de ejemplos de acontecimientos importantes sucedidos a lo largo de la historia. Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar sería sumamente importante conocer el origen de los recursos energéticos que se han utilizado a lo largo de la historia, para poder comprender su utilización y por consiguiente su evolución a lo largo de la historia, y a la vez poder relacionarlo sobre todo con los avances y descubrimientos reflejados en el punto anterior y también con los dos siguientes puntos.

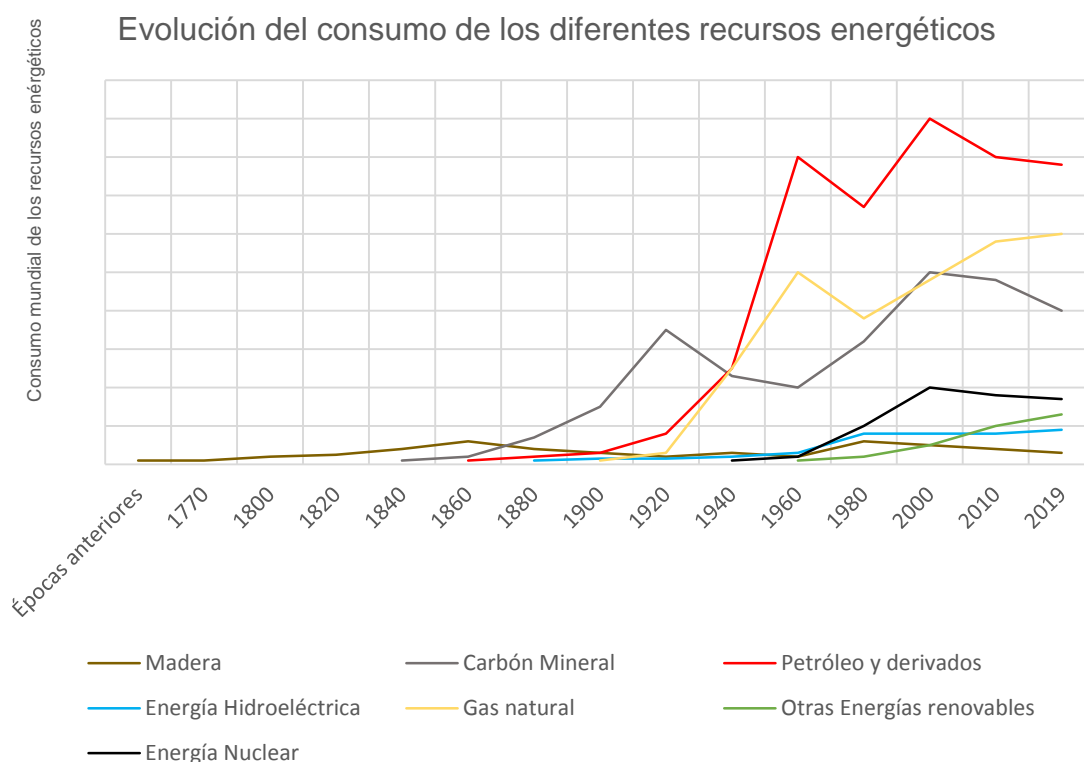


Figura 36. Gráfico de la evolución del consumo energético mundial. Fuente: Elaboración propia.

Para ello se puede realizar un gráfico similar al anterior que, si bien no quiere reflejar datos precisos ni concretos, refleja la tendencia de utilización de los diferentes recursos energéticos. Además los puntos representados en el punto anterior, como las revoluciones industriales o el descubrimiento del motor de combustión interna, la crisis del petróleo, etc, se pueden localizar de manera efectiva en este gráfico.

En tercer lugar se ha de introducir en la ecuación la componente de la evolución demográfica mundial. Sería inútil entrar a valorar el aumento del consumo energético y demás conceptos sin considerar que hay un obvio crecimiento poblacional de ámbito mundial, en ocasiones casi exponencial. Este aumento progresivo hace indudablemente que el consumo energético mundial aumente.

Este concepto se puede representar en la siguiente gráfica, esta vez con valores más concretos, sobre la evolución demográfica. Además se propone utilizar el mismo modelo de gráfica que en el anterior punto para que su interrelación sea aún más inmediata.

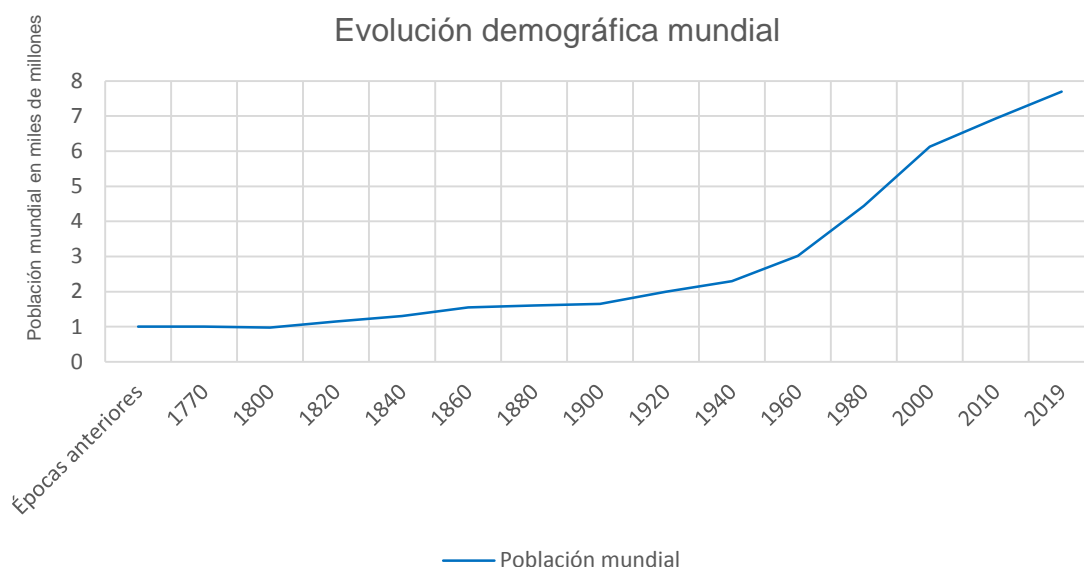


Figura 37. Gráfico de la evolución de la población mundial. Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica se puede extraer que, aparte de visualizar un crecimiento progresivo de la población mundial, si se superpone con los anteriores gráficos, se percibe el punto de partida del crecimiento demográfico entre 1940 y 1960 coincidente entre otras cosas con el despegue del consumo energético mundial y con el cese de las grandes guerras sucedidas desde comienzos de siglo.

Desgraciadamente, todo ese auge energético y demográfico tiene sus consecuencias, las cuales se reflejan en el cuarto de los puntos propuestos, en la contaminación. Es el resultado del modelo de vida que se ha ido adoptando a lo largo de la historia y que se ha ido agravando por el aumento demográfico que ha experimentado el planeta y que sigue y seguirá experimentando.

Todo esto pone de manifiesto la siguiente relación, la cual permite comprender la totalidad del problema. Primero cómo ha ido evolucionando la sociedad cultural y socialmente, después, qué energías ha tenido a su alcance esa sociedad para utilizarlas con el fin de desarrollarse. Teniendo claro esto, y atendiendo al punto tercero y cuarto de la explicación, habría que tener en cuenta el crecimiento de esa población, porque no sería coherente entrar a valorar los avances de la sociedad y su consumo energético exponencial sin comprender que ha habido un incremento progresivo de la población mundial. Por último todo esto se pone de manifiesto en forma de consecuencia medioambiental debido a la contaminación que produce todo este modelo social y de consumo energético.

2.3 - MODELO ENERGÉTICO ACTUAL

CONSECUENCIAS Y PREDICCIONES

Considerando los puntos anteriores, parece obvio extraer la idea del modelo energético actual. Este se basa en consumir sobre todo recursos energéticos de origen fósil, en la mayoría de los casos como hemos visto, en forma de combustible (85%). En muchos casos, se utiliza como energía primaria para conseguir otro tipo de energía, como es el caso de la energía eléctrica, existiendo diversos métodos para su producción por medios renovables. De este modo, la utilización de un recurso fósil como combustible, implica directamente su quema y por consiguiente la emisión de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la contaminación ambiental entre otros efectos.

Aunque sí que se percibe una conciencia con la producción de energía por medios renovables y no contaminantes, sobre todo en los últimos años, es indudable la supremacía de los recursos energéticos de origen fósil, sobre todo el petróleo y sus derivados. Dejando a un lado aspectos o intereses económicos o políticos, sería muy interesante el estudio del porqué de su utilización casi supremacista ante los demás recursos.

Este modelo, además del concepto de la contaminación ya considerada en los puntos anteriores, trae consigo otros muchos problemas. Centrando la atención en el ámbito energético exclusivamente, es obligatorio advertir de su condición no renovable, es decir, que sus reservas se agotarán en un futuro no muy lejano siendo imposible su reposición. Esto último puede ser uno de los factores que más atemorizan a la “egoísta” sociedad, la cual atiende con mayor preocupación al agotamiento de los recursos que hacen posible el cómodo repostaje en una estación de servicio, que los propios problemas de contaminación ambiental entre otros, que trae consigo la utilización de tal fuente de energía, justificado con la magnífica reflexión de: *“Eso a mí ya no me pilla”*.

De todo esto nacen multitud de campañas cuyo fin es la concienciación de la sociedad, que toman como estandarte conceptos como el de contaminación, emisión de gases contaminantes, efecto invernadero, calentamiento global, cambio climático... Estas campañas atienden a la concienciación de la sociedad para advertirla de que el modelo energético actual no es sostenible y tiene duras consecuencias. Hay países que poseen recursos energéticos de origen fósil y otros países que no los tienen. Por lo tanto unos países son dependientes de otros para su propia supervivencia energética basada en este modelo energético fósil, desencadenando problemas colaterales como las crisis de precios o las propias guerras.



Figura 38. Comparación fotográfica entre naturaleza saludable y naturaleza árida. Fuente: Google imágenes.

En muchas ocasiones se utilizan varios de estos conceptos indistintamente, como el de calentamiento global y cambio climático, relacionándolos de manera equivocada e incluso asimilándolo a definiciones erróneas. Para comprender esto hay que ir paso a paso con los diferentes conceptos.

El primero de ellos, que posiblemente sea el más importante es el cambio climático. Es importante incidir en que es la consecuencia de los demás conceptos. Algunos autores lo consideran como uno de los mayores males de nuestro tiempo y fruto de otros males de consecuencias directamente más apreciables, como una guerra por ejemplo. Nos enfrentamos a él como un reto global, sin hacer distinciones entre ningún país, sea lo poderoso que sea un país, es igual de susceptible a las consecuencias que tiene el cambio climático como el país más pequeño.

Se puede definir como las variaciones presentes en el clima del planeta que no se darían de manera natural, es decir, que no sucederían sin el impacto realizado por el ser humano fruto de sus actividades. A su vez, el cambio climático es consecuencia directa del calentamiento global, el cual se define como el aumento de la temperatura del interior de la atmósfera. Este calentamiento se debe a la emisión de gases de efecto invernadero, sobre todo CO₂, los cuales retienen la reflexión de la radiación solar, creando una especie de cubierta de invernadero y aumentando la temperatura del aire contenido en la atmósfera.

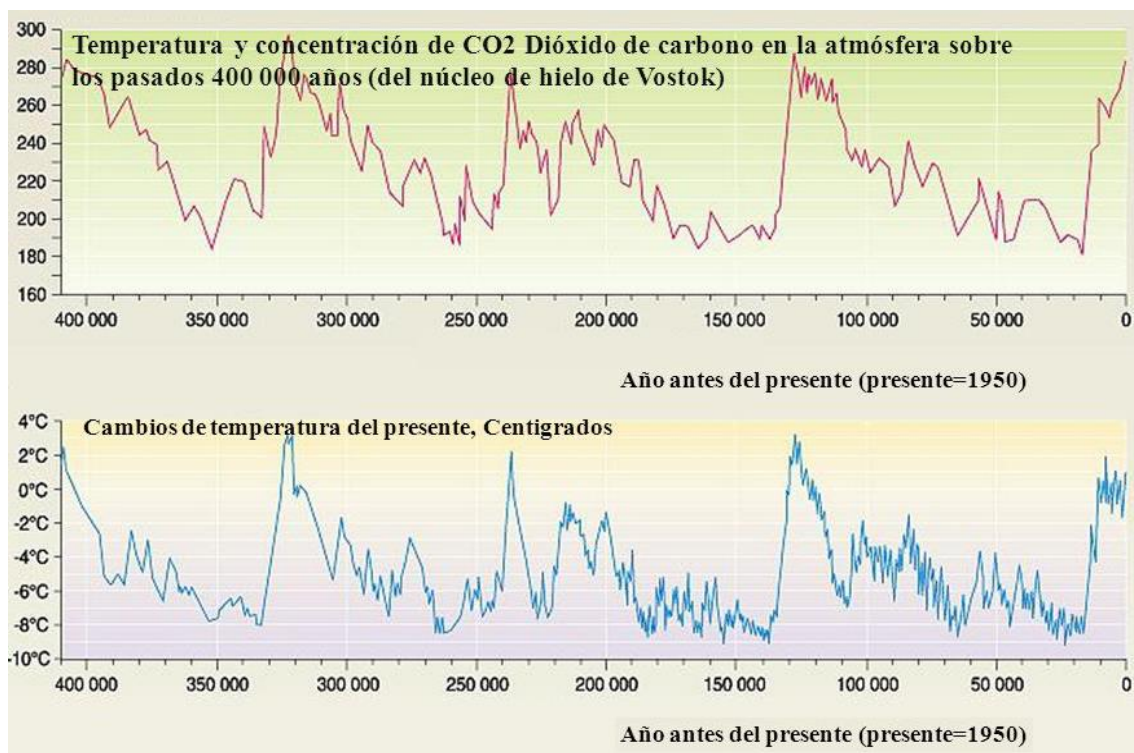


Figura 39. Gráficos de la evolución en la concentración de CO₂ y temperatura en la atmósfera hasta el año 1950.
Fuente: <http://globalwarmingsimplified.weebly.com/the-planet-cycles-between-cold-ad-warm-periods.html>

Aunque se ha demostrado científicamente que las variaciones de temperatura en forma de aumento y descenso, se han dado natural y cíclicamente a lo largo de la historia del Planeta Tierra, han precisado de millones de años para consolidarse y suelen ir vinculadas a aumentos de CO₂ por la razón que sea y por desgracia a extinciones de seres vivos. Esto se puede apreciar de manera clara en la anterior gráfica.

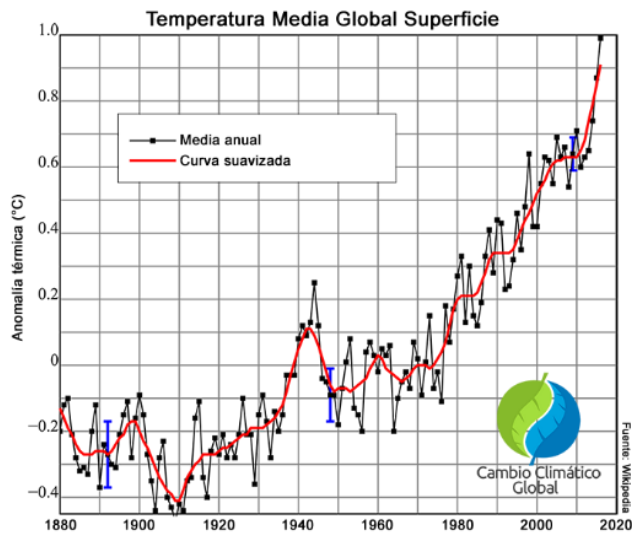


Figura 40. Gráfico de la evolución de la temperatura de la atmósfera desde el año 1880 hasta la actualidad. Fuente: <https://cambioclimaticoglobal.com>

Esta última consideración es lo alarmante de la problemática a la que nos enfrentamos, el poco tiempo en el cual están aumentando los niveles de CO₂ y la temperatura. Mientras que en la historia natural de la tierra precisaba de cientos de miles de años para consolidar estos cambios, ahora en tan solo 50 años estamos alcanzando niveles de concentración atmosférica de CO₂ y de temperatura nunca vistos anteriormente, como bien reflejan las dos siguientes gráficas.

El calentamiento global y por

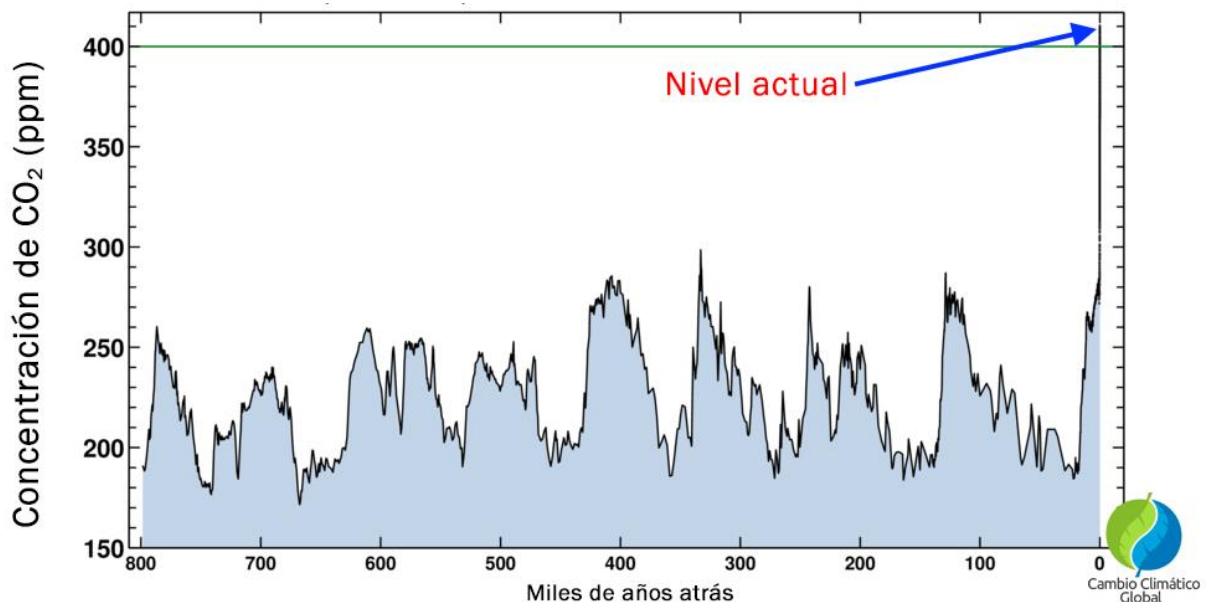


Figura 41. Gráfico de la evolución de la concentración de CO₂ de la atmósfera hasta la actualidad. Fuente: <https://cambioclimaticoglobal.com>

consiguiente, el cambio climático, es algo que ya existe indudablemente y que no se puede remediar, pero sí que se puede y debemos paliar en la medida de lo posible sus efectos. Lo primero que debemos cambiar son las tendencias que nos han llevado a esta situación.

De seguir con estas tendencias habría consecuencias desastrosas e inimaginables. Se puede elucubrar infinitamente sobre todo este tema, puesto que no hay manera de saber a ciencia cierta el alcance real de estas consecuencias, lo que sí se sabe, es lo que tenemos que conseguir y hacia donde tenemos que dirigir nuestros esfuerzos. En definitiva debemos tomar las medidas necesarias para crear estrategias que hagan posible cambiar la gráfica de uno de los puntos anteriores en la cual se reflejaba la evolución del consumo de los recursos naturales por la gráfica propuesta a continuación, la cual refleja un futuro quizá optimista pero no por ello no necesario.

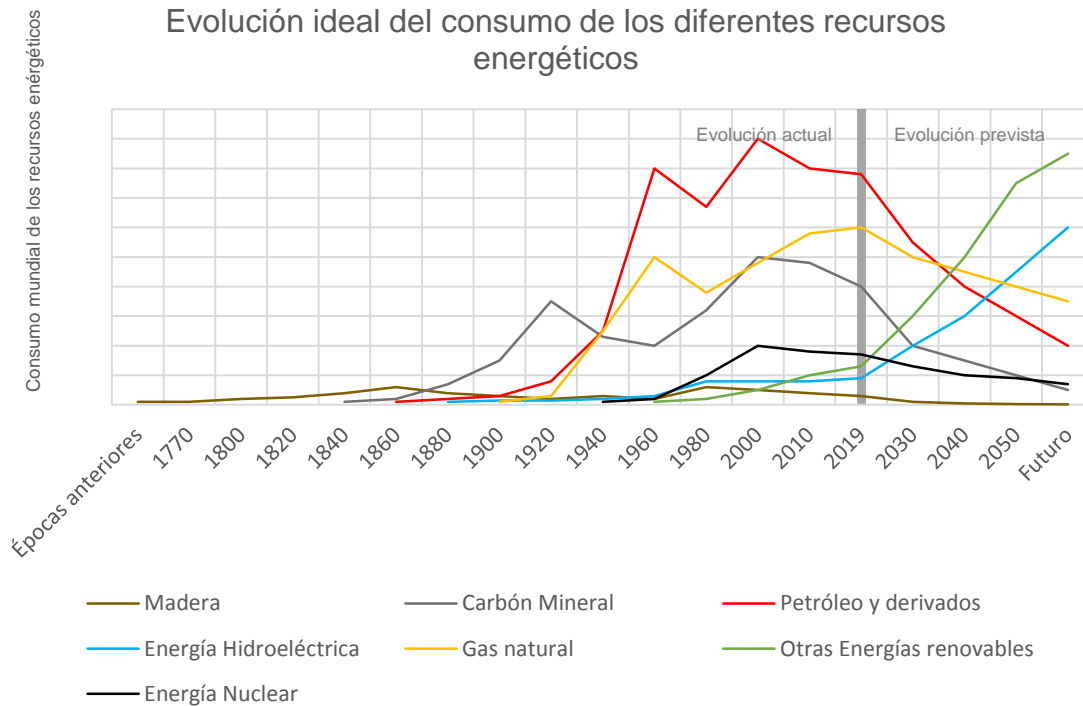


Figura 42. Gráfico de la evolución ideal del consumo energético mundial. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de diversas páginas Web y datos futuros propuestos de manera propia.

Existen una serie de tendencias que a priori van a seguir tal y como las hemos presenciado hasta ahora, como por ejemplo el crecimiento demográfico, el cual va a seguir aumentando progresiva y continuamente hasta unos ciertos límites los cuales generarán una serie de problemas que habremos de resolver en el futuro y que se escapan a las reflexiones de este trabajo.

Por el contrario hay otra serie de tendencias que se deben revertir, como la emisión de gases de efecto invernadero, o como el consumo de recursos energéticos de origen fósil, o energía nuclear, la cual va siempre relacionada con un peligro latente y aumentar exponencialmente la producción de energía mediante modos renovables. Añadido a esto, y aunque se experimente un crecimiento demográfico, el consumo energético se debe estabilizar o reducir, limitando la demanda energética¹⁵ como si de un edificio se tratara mediante tecnologías más eficientes. Por lo tanto, aunque aumente la población no debería de aumentar necesariamente el consumo energético.

¹⁵ Demanda energética: energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente en función del uso del edificio (perfiles de uso) y de la zona climática en la que se ubique (clima de referencia). Se puede dividir en demanda energética de calefacción, de refrigeración, de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación, y se expresa en kWh/m²-año, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

Realmente, ¿Qué podemos hacer para conseguirlo?

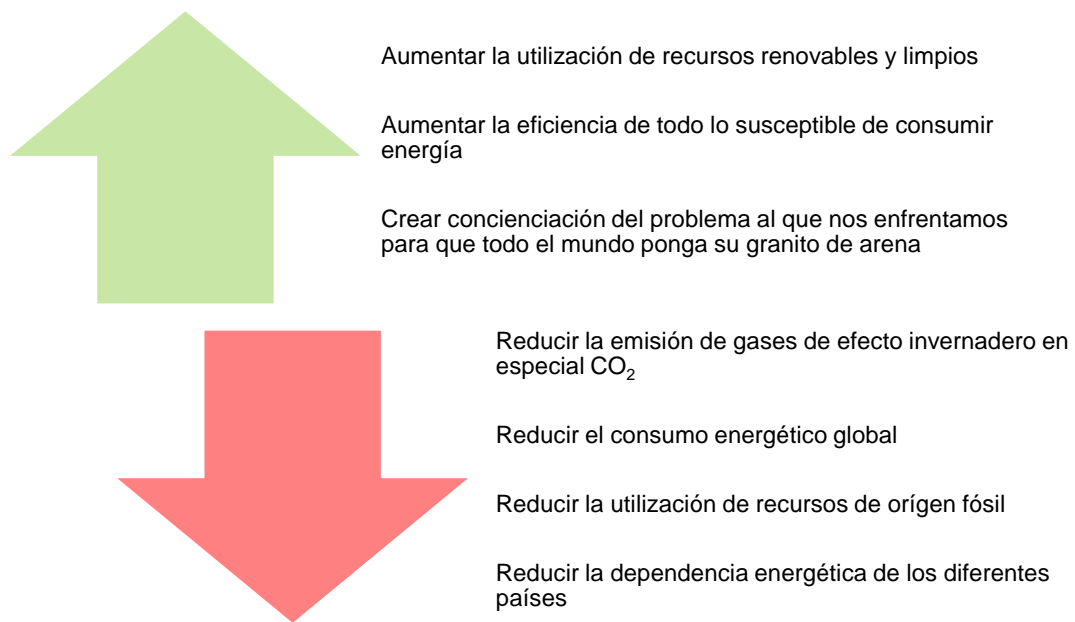


Figura 43. Diagrama explicativo de las principales medidas a realizar. Fuente: Elaboración propia.

3 - MEDIDAS ADOPTADAS

3.1 - LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO. OBJETIVOS EUROPEOS

3.1.1 - Objetivo para el año 2020

3.1.2 - Objetivo para año 2030

3.1.3 - Objetivo para el año 2050

3.2 - NORMATIVA EUROPEA

3.2.1 - DIRECTIVA 2010/31/UE: Eficiencia energética en edificios

NACIMIENTO DEL CONCEPTO DE EDIFICIO nZEB

3.2.2 - ¿QUÉ ES UN EDIFICIO nZEB? CONCEPTO Y DEFINICIÓN

3.2.3 - CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN DE EDIFICIOS nZEB

3.2.4 - DOCUMENTO DE RECOMENDACIONES RECOMENDACIÓN (UE) 2016/1318 DE LA COMISIÓN de 29 de julio de 2016

3 - MEDIDAS ADOPTADAS

3.1 - LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

OBJETIVOS EUROPEOS

Centrando la atención en el ámbito europeo, pues es el que más directamente afecta a los técnicos españoles, para conseguir reducir las tendencias explicadas anteriormente y evitar o al menos paliar las consecuencias, se fija un objetivo principal Europeo, que es conseguir en el año 2050 la total descarbonización¹⁶ de Europa, es decir que en el ámbito de la Arquitectura y la edificación entre otros, conseguir un parque inmobiliario descarbonizado, objetivo muy ambicioso.

Para conseguir ese objetivo del año 2050, que no deja de ser un modelo energético idílico y sostenible, se plantean una serie de objetivos parciales menos ambiciosos a modo de escalones sucesivos o preámbulos. Uno de ellos es a finales del año 2018, el cual no se ha llegado a cumplir y por lo tanto no se va a explicar, otro en el año 2020 y otro en el año 2030, aumentando su exigencia progresivamente.

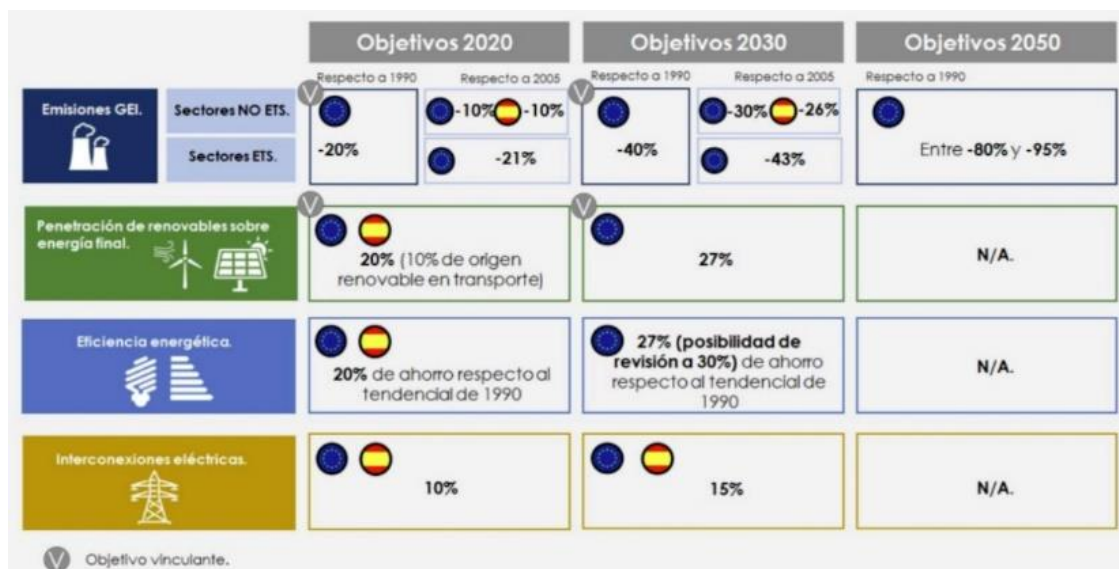


Figura 44. Cuadro resumen de los objetivos europeos en materia de eficiencia energética. Fuente: www.congreso.es/docu/docum/ddocum/dosieres/sleg/legislatura_12/spl_28/pdfs/35.pdf

3.1.1 - Objetivo para el año 2020

Se conocen como los 20, 20, 20 del 2020. Se basa en conseguir para el 31 de Diciembre del 2020 una reducción del 20% de la emisión de gases de efecto invernadero con respecto a los emitidos en el año 1990, aumentar en un 20% la producción de energía primaria de origen renovable y reducir en un 20% el

¹⁶ Descarbonización: Proceso mediante el cual se reducen las emisiones de gases contaminantes de carbono, sobre todo Dióxido de Carbono (CO₂).

consumo¹⁷ de energía mediante la mejora de la eficiencia de los sistemas energéticos, pero muy especialmente modificando los hábitos de consumo de la sociedad.

3.1.2 - Objetivo para año 2030

Reducir la emisión de gases de efecto invernadero ¹⁸un 40% con respecto a lo emitido en 1990, conseguir un aumento del 27% en la producción de energía primaria renovable y reducir un 27% el consumo de energía con respecto a los valores registrados en el año 1990.

3.1.3 - Objetivo para el año 2050

Reducir entre un 80% y un 95% las emisiones de gases de efecto invernadero con referencia a las que teníamos en el año 1990, es decir, la descarbonización de la Europa. Además también propondrá aumentar la producción de energía primaria renovable y reducir el consumo de energía en unos porcentajes que se establecerán más adelante.

De todos estos objetivos citados hay una serie de ellos que la comunidad europea considera vinculantes, es decir que debido a su obligatoriedad, todos los países miembros de la Unión Europea podrán ser susceptibles de aplicación de estrategias sancionadoras si no cumplen dichos objetivos. Los objetivos vinculantes son los pertenecientes al ámbito de la reducción de gases de efecto invernadero y a la producción de energía primaria de origen renovable tanto de los objetivos de 2020 como de los objetivos de 2030, reservándose como ya se ha dicho las cifras de los objetivos del año 2050 para un momento más cercano a esa fecha.

Todos estos objetivos son de ámbito general, es decir que en ellos se contemplan todos los sectores que consumen o producen energía y todos los sectores que emiten gases de efecto invernadero. Por lo tanto habría que diferenciar entre los tres grandes sectores de las potencias europeas, la industria, el transporte y la edificación, siendo muchas veces unos dependientes de otros.

Por ello es importante plantear de qué porcentaje es responsable cada sector y por consiguiente que porcentaje de esos objetivos es tarea del sector de la edificación. La distribución de “responsabilidades” según los datos europeos es la representada en las siguientes gráficas:

¹⁷ Consumo: Cantidad de energía que necesita el edificio para satisfacer su demanda. Es dependiente de la tecnología de los aparatos. Consumo= demanda / rendimiento global del sistema.

¹⁸ Gases de efecto invernadero (GEI): Son aquellos gases existentes en la atmósfera los cuales absorben y a la vez emiten radiación dentro de un rango determinado como el infrarrojo.

Sectores Económicos

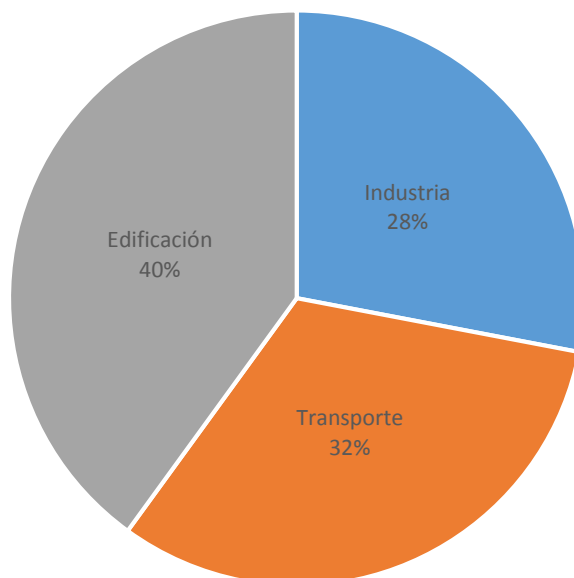


Figura 45. Porcentajes de responsabilidades energéticas divididas por sectores económicos. Fuente: INE.

Y dentro del sector de la edificación y para poder establecer de una manera más acertada las diferentes medidas a tomar, se puede distinguir entre edificios de oficinas y edificios residenciales, agrupando a su vez en estos últimos los edificios Unifamiliares y Plurifamiliares. Cabe señalar que en estos últimos no se hace la distinción de la parte de refrigeración.

Edificios de Oficinas

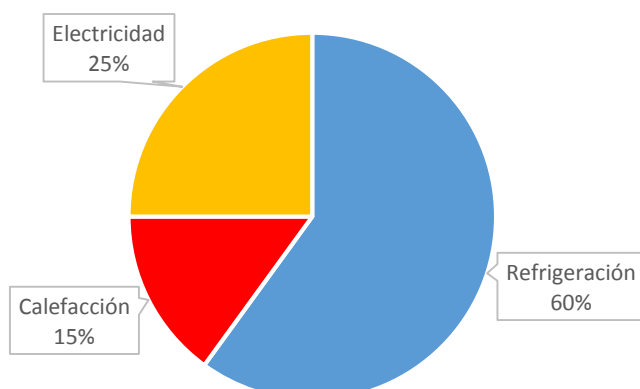


Figura 46. Porcentajes de responsabilidades energéticas de un edificio de oficinas divididas por áreas de demanda. Fuente: INE.

Viviendas Unifamiliares y Plurifamiliares

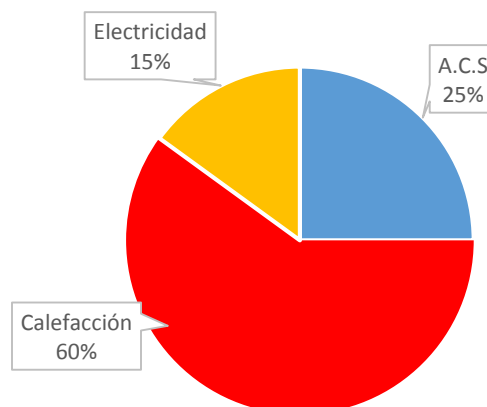


Figura 47. Porcentajes de responsabilidades energéticas de un edificio de viviendas divididas por áreas de demanda. Fuente: INE.

Hay que recordar que los valores reflejados en las gráficas se tratan de valores medios europeos. Fijándonos en la parte de la edificación de la primera de las gráficas y puesto que los climas y con ello las temperaturas de cada país son muy diferentes, hacen que la media de estos valores varíe mucho. Además, hay que tener en cuenta que en estos valores medios computan los países del norte de Europa con climas muy fríos haciendo que la media aumente considerablemente. En el caso de España las cifras serían menores, rondando el 30-33% en vez del 40% de la media Europea.

La respuesta teórica y práctica a las cifras extraídas de estas gráficas es la investigación y desarrollo, sobre todo tecnológico pero también en la educación de hábitos de la sociedad consumidora y productora de energía, para que hagan un uso mucho más responsable de ella.

En el caso del desarrollo tecnológico se centra como es lógico en investigar y desarrollar nuevas tecnologías que permitan desarrollar las actividades necesarias en cada sector de la manera más eficiente posible.

Por hablar brevemente de los otros sectores, en el caso de la industria, pasa por desarrollar técnicas de producción que consuman cada vez menos energía y que emitan la menor cantidad de gases nocivos posible es decir, que consuman y contaminen lo menos posible para obtener la misma o mayor producción.

El caso del sector del transporte se centra sobre todo (aunque no completamente) en el desarrollo de tecnologías de transporte más limpias, como por ejemplo los vehículos eléctricos. Este desarrollo abarca un abanico muy amplio de manera transversal, motores eléctricos, baterías... y en parte está muy relacionado con el mundo de la Arquitectura, la Ingeniería e incluso con el Urbanismo.



Figura 48. Fotografía de puesto de carga de vehículo eléctrico. Fuente: Google imágenes.

Esto es así porque para que este modelo de movilidad funcione se ha de desarrollar una infraestructura periférica enorme a su alrededor, a parte de la propia tecnología utilizada directamente en los vehículos, la cual a día de hoy es bastante precaria.



Figura 49. Icono de presentación de edificio nZEB. Fuente: Google imágenes.

En el sector de la edificación a parte del claro desarrollo a lo largo del tiempo de las técnicas, estrategias y exigencias en materia de eficiencia energética incluida la implantación de la normativa del Código Técnico de la Edificación en año 2006, nacen una serie de modelos edificatorios los cuales sobrepasan las exigencias actuales convencionales y que buscan reducir a valores muy bajos, casi nulos o incluso nulos, el consumo. Esto es el ejemplo de los edificios con estándares como el estándar Passivhaus o edificios con certificaciones o

sellos medioambientales como el GBC o el LEED, en definitiva, edificios como los que se tratan en el presente trabajo, los edificios nZEB.

Este tipo de modelos edificatorios pueden construirse hoy en día por el gran y continuo avance tecnológico que experimentan los diferentes sistemas o dispositivos tecnológicos que pueden encontrarse en una edificación, los cuales aumentan su eficiencia y rendimiento día a día. Pero este desarrollo por sí solo a priori no serviría de nada sin el avance en una línea paralela de la tecnología de los materiales de construcción, los cuales forman sistemas constructivos de altísima eficiencia adaptándose a las necesidades de cada edificio o de cada una de las zonas del edificio mejorando su comportamiento sin perder otro tipo de cualidades.

Es el caso de los aislamientos térmicos de alta eficiencia, vidrios y carpinterías de altas prestaciones, materiales cerámicos y en general cualquier material inmerso en el proceso constructivo, los cuales en la actualidad tienden a desempeñar una y solo una función centrando sus esfuerzos en desempeñarla de la manera más efectiva y eficiente posible.

Esto último es una característica habitual del desarrollo de los sistemas constructivos, como el famoso ejemplo del muro de carga el cual desempeñaba varias funciones que pierde su función portante para dividirse en capas las cuales desempeñan funciones individuales de manera más efectiva, creando una envolvente multicapa creando una envolvente mucho más eficiente.

Por consiguiente, este tipo de edificaciones, como los edificios nZEB, los cuales buscan mejorar la eficiencia energética, reducir los consumos y como consecuencia las reducciones de gases de efecto invernadero, se podría asemejar a la motivación del sector del transporte para desarrollar vehículos eléctricos eficientes con los mismos fines que esos edificios.

3.2 - NORMATIVA EUROPEA

3.2.1 - DIRECTIVA 2010/31/UE: Eficiencia energética en edificios

NACIMIENTO DEL CONCEPTO DE EDIFICIO nZEB

Estos objetivos no han nacido del azar, ni de un día para otro, sino que necesariamente, se ha ido desarrollando una conciencia sobre el tema energético en Europa a lo largo de los años fruto del Protocolo de Kioto¹⁹ y de preocupaciones incluso anteriores y sobre el peligro que implica el cambio climático desembocando posteriormente en el “Acuerdo de París 2017”²⁰.

¹⁹ Protocolo de Kioto: Es un protocolo establecido fruto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático adoptado ya en el año 1997 pero aceptado años más tarde, en el año 2005. En él, se firma un acuerdo internacional cuyo objetivo es la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero por parte de los diferentes países.

²⁰ Acuerdo de París 2017: Acuerdo sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas mediante el cual se establecen diferentes medidas para la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

Esto ha ido generando la necesidad de realizar una serie de reuniones y conferencias en las que se ha discutido sobre el tema. En muchos casos todo esto se traduce en las Directivas Europeas, las cuales también han ido evolucionando a lo largo de ese proceso adaptándose a la realidad del momento.

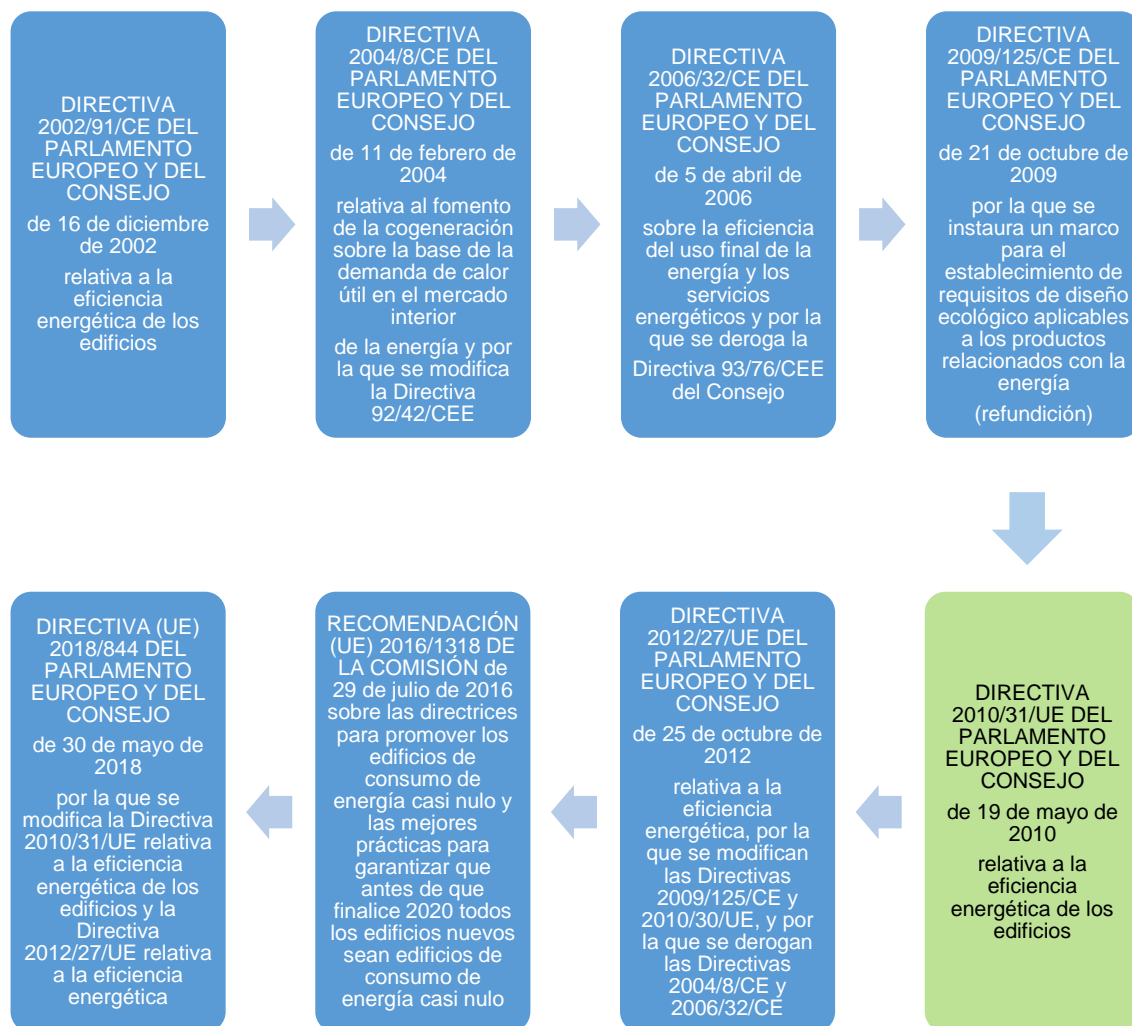


Figura 50. Diagrama de la evolución de la publicación de las diferentes directivas europeas. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el diagrama, el origen de este tipo de Directivas en el ámbito de la eficiencia energética se remonta al año 2002, con la Directiva 2002/91/CE del parlamento europeo y del consejo. A partir de ese momento se sucede una progresión de nuevas Directivas que van derogando o modificando a la anterior hasta llegar a la que más interesa al presente Trabajo Final de Grado, la “Directiva 2010/31/UE del parlamento europeo y del consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios”.

Esta Directiva es concretamente la que más interesa puesto que, aparte de derogar completamente a la Directiva del año 2002, sirve como punto de partida apareciendo en ella por primera vez el concepto de “Edificio de Consumo Casi Nulo”, representado con las siglas ECCN en español o nZEB en inglés (Nearly Zero Energy Buildings). Además

propone un calendario de implantación para que cada país promueva los edificios nZEB, a través de su estrategia normativa estatal propia, como la exigencia de que el 31 de Diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo casi nulo.

Tiene por objeto principal promover la eficiencia energética de los edificios proponiendo una serie de aspectos entre los cuales se puede extraer alguno de los más importantes.

Uno de ellos es establecer de nuevo unos requisitos mínimos en materia de eficiencia energética mediante una mayor exigencia de la calidad térmica de los edificios de nueva planta recogándose posteriormente en el Código Técnico de la Edificación.

Además, propone un aumento de la ambición de los requisitos mínimos proponiendo edificios de nueva planta con consumos inferiores a los resultantes de la simple aplicación de las exigencias mínimas, es decir, propone construir edificios mejores en materia de eficiencia energética de los que se consiguen con la aplicación de los requisitos mínimos establecidos. También propone una mejora del parque edificatorio europeo existente en materia de eficiencia energética, contenida dentro de un marco lógico tanto económica como técnicamente.

Otro de los aspectos más importantes de los mencionados, personalmente considerado como el más importante, es que esta Directiva establece la obligación de revisar y actualizar los requisitos mínimos de eficiencia energética periódicamente, a intervalos no superiores a cinco años con el fin de adaptarlos a los avances técnicos del sector de la construcción. Por lo tanto, como consecuencia, es necesario modificar el DB HE, que fue revisado por última vez en 2013 (hace más de cinco años), y actualizar el concepto de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo, de cara a su aplicación a los edificios a partir de 2019.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, cada país miembro está obligado a cumplir esta directiva pero no estrictamente a través de ella, sino que cada uno elabora una normativa propia basada en esa directiva de obligado cumplimiento (trasposición normativa). En el caso de España, esa directiva se traduce en el Código Técnico de la Edificación y en el real Decreto de Certificación Energética (RD235/2013).

3.2.2 - ¿QUÉ ES UN EDIFICIO nZEB? CONCEPTO Y DEFINICIÓN

Este concepto, que como ya se ha dicho aparece por primera vez en la Directiva Europea del 2010, es una definición cualitativa y no cuantitativa porque se pretende que sea una definición que perdure a lo largo del tiempo y se vaya adaptando a las condiciones o mejor dicho a las capacidades tecnológicas de los tiempos futuros. Esta idea está directamente relacionada a la obligatoriedad que impone esa Directiva de actualizar la normativa cada 5 años. De este modo, según pasen los años, la definición de edificio nZEB irá evolucionando paralelamente a las exigencias que propongan esas normativas, continuamente actualizadas y que a su vez irá en relación con la tecnología existente en cada época.

Igualmente aparecen una serie de “indicadores” los cuales se explican en un punto posterior más detenidamente, que indican si el edificio es de consumo casi nulo o no, puesto que se van a mantener fijos a lo largo del tiempo, variando únicamente sus

valores a través del Código Técnico de la Edificación y aumentando su exigencia según avance el tiempo.

Comúnmente se puede definir el concepto de edificio de consumo casi nulo como *“Un Edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto cuya cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energías de fuentes renovables”*. Esto no deja de ser una extracción de la definición “oficial” que se da en la Directiva 2010/31/UE, la cual establece en el punto número 2 del Artículo 2 en el apartado de definiciones que:

“Un edificio de consumo de energía casi nulo es 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”

Aunque se defina, como ya se ha dicho, de una forma cualitativa lo que es un edificio nZEB, no se marca una metodología de cálculo específica a utilizar a la hora de calcular un edificio de este tipo. Únicamente su Anexo 1 se limita a mencionar ciertos aspectos a tener en cuenta para determinar la eficiencia energética del edificio.

Propone partir de la cantidad de energía consumida anualmente para satisfacer las necesidades que se pueden entender como un uso normal del edificio, que refleje la energía necesaria para satisfacer la demanda de la calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria para las condiciones previstas en el edificio.

Además establece una serie de aspectos a considerar en esa metodología como son los siguientes:

- Características térmicas reales del edificio, incluidas sus divisiones internas:
 - Capacidad térmica
 - Aislamiento
 - Calefacción pasiva
 - Elementos de refrigeración
 - Puentes térmicos
- Instalación de calefacción y de agua caliente, y sus características de aislamiento;
- Instalaciones de aire acondicionado;
- Ventilación natural y mecánica, lo que podrá incluir la estanqueidad del aire;
- Instalación de iluminación incorporada (especialmente en la parte no residencial);
- Diseño, emplazamiento y orientación del edificio, incluidas las condiciones climáticas exteriores;
- Instalaciones solares pasivas y protección solar;
- Condiciones ambientales interiores, incluidas las condiciones ambientales interiores proyectadas;
- Cargas internas.

Toda esta información sobre la eficiencia energética del edificio, a su vez se expresará mediante unos indicadores comparativos, que son los valores los cuales tendremos como referencia para saber si el edificio cumple las condiciones para ser un edificio nZEB o no siendo los siguientes:

- Indicador de eficiencia energética
- Indicador numérico de consumo de energía primaria

Posteriormente al trasladar cada país la Directiva Europea a normativa propia nacional se establecerá una metodología de cálculo propia y unos indicadores de referencia propios (en el caso de España el CTE) pero siempre basados en lo recogido en la Directiva Europea.

3.2.3 - CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN DE EDIFICIOS nZEB

En el Artículo 9 de la Directiva 2010/31/UE se establece la “obligatoriedad” para los estados miembros el calendario de una serie de hitos para la implantación de los edificios nZEB que básicamente comprende dos fechas distintas, el 31 de Diciembre de 2018 y el 31 de Diciembre de 2020.

31 de Diciembre de 2018 para edificios públicos de nueva planta (no se ha cumplido)

Este hito no se ha llegado a cumplir, en parte por el desconocimiento de las tecnologías necesarias para desarrollar este tipo de edificación por parte de los técnicos, pero sobre todo, por el retraso en la obligatoriedad del asunto, es decir en hacer obligatorio su cumplimiento por medio de la publicación del CTE versión 2018, del cual se puede extraer toda la información cuantitativa que hace posible cumplir todos los requisitos que debe tener la construcción de edificios nZEB.

A su vez este retraso viene dado por las continuas revisiones y modificaciones por parte de las autoridades y técnicos mediante alegaciones técnicas y también en buena medida a la inestabilidad política que desafortunadamente ha sufrido el país durante estos últimos años convirtiendo la situación en algo normalizado.

31 de Diciembre de 2020 para todos los edificios nuevos que se construyan

Se tienen previsiones de que este hito sí que se cumplirá puesto que las exigencias mínimas que se ha de satisfacer un edificio nuevo las marcará el Código Técnico de la Edificación y, suponiendo que para entonces ya se haya publicado, éste irá cambiando a lo largo del tiempo supuestamente cada 5 años (nueva publicación en 2019), aumentando las exigencias en materia de eficiencia energética y no haciendo distinciones entre un edificio considerado habitualmente como normal y uno de consumo casi nulo (nZEB), es decir, que las exigencias marcadas por el CTE serán para todos los edificios las mismas que actualmente se consideran para un edificio nZEB, por lo tanto todos los edificios que se construyan serán lo que hoy consideramos nZEB.

Esta idea de continuo desarrollo y cambio del Código Técnico de la edificación con el consiguiente aumento progresivo de las exigencias de eficiencia energética se vincula directamente con la idea de la definición de edificio nZEB, o más bien con el modo de definirlo de una manera más cualitativa que cuantitativa.

Al definirlo de manera cualitativa, esta definición servirá igual a lo largo del tiempo independientemente de la tecnología de la que dispongamos o de las exigencias en eficiencia energética que nos plantee Europa, España, el Código Técnico de la Edificación o cualquier tipo de normativa, puesto que la edificación nZEB siempre perseguirá lo mismo aunque en el futuro se denomine de otro modo.

De esto se puede extraer, casi a modo de hipótesis teórica personal, que todo lo referido a eficiencia energética en edificación avanza de modo paralelo y en una misma dirección, reducir la demanda energética, desarrollar y mejorar la eficiencia energética de los aparatos que consumen y producen energía para poder reducir el consumo final del edificio. Esto unido a el aumento progresivo de las exigencias de eficiencia energética de los edificios hará que en un futuro no muy lejano todo tienda hacia el consumo cero o nulo, lo denominado NZEB o al consumo cero total, puesto que en estas edificaciones (NZEB), no se computan todos los consumos y hay una serie de matizaciones que no entraré a detallar. Dando un paso más incluso, en el futuro, puede ser que la tecnología en eficiencia haya avanzado tanto y las exigencias sean tan estrictas que los edificios no solo deban autoabastecerse energéticamente, sino que proporcionen energía a su entorno, funcionando como “mini centrales eléctricas” que abastezcan de energía las ciudades.

3.2.4 - DOCUMENTO DE RECOMENDACIONES. RECOMENDACIÓN (UE) 2016/1318 DE LA COMISIÓN de 29 de julio de 2016

Posteriormente, siguiendo el organigrama de evolución de directivas europeas representado en páginas anteriores, Europa publica una recomendación para promover los nZEB y establecer una serie de criterios más concretos con la intención de unificar de alguna manera algunos de los criterios de los diferentes países miembros de la Unión Europea a la hora de entender o calcular un edificio nZEB. De esta manera se hace más factible el hecho de conseguir el objetivo marcado para el año 2020, en el cual todos los edificios nuevos han de ser de consumo de energía casi nulo, ya sean edificios públicos o residenciales privados, sin distinciones.

Reitera de nuevo el concepto de edificio nZEB aportando la misma definición que la Directiva Europea del 2010, *“edificio de consumo de energía casi nulo» debe entenderse un «edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I (de la Directiva del 2010). 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”*.

En la definición vuelve a dejar abierto las restricciones en el aspecto de la cuantificación de eficiencia energética y vuelve a hacer hincapié en la necesidad de que parte de la demanda de energía del edificio debe ser aportada por energía renovable producida en el propio edificio o en su entorno. Este último aspecto del entorno puede ser interpretado de muchos modos pero parece que se ha llegado a una especie de acuerdo en cuanto a la interpretación refiriéndose con la palabra entorno a instalaciones en el edificio, en la propia parcela del edificio o a instalaciones de distrito.

En cuanto al nivel de eficiencia energética del edificio, se remite al anexo I de la Directiva Europea de Eficiencia Energética (DEEE) e introduce de nuevo una serie de indicadores ampliando los indicadores contemplados por la Directiva del 2010 aumentándolos de dos a tres, aunque en el fondo siguen siendo dos.

- Energía primaria total
- Energía primaria neta
- Energía procedente de fuentes renovables in situ

Se dice que en el fondo siguen siendo 2 porque la Energía primaria total es la suma de la Energía primaria neta y de la Energía procedente de fuentes renovables in situ.

Además en este documento da una vuelta de tuerca sobre los anteriores documentos y estipula una serie de valores de referencia, esta vez de manera cuantitativa, o mejor dicho numéricos, aplicados a la eficiencia energética de los edificios que actualmente, se consideran nZEB. En este último aspecto hay que poner especial atención a la palabra actualmente, puesto que como ya se ha dicho lo que hoy se considera un edificio nZEB mañana puede no considerarse como tal.

Es importante también destacar la palabra referencia, valores de referencia. En dicho documento distinguen entre 4 zonas climáticas y en cada una de ellas se diferencia entre edificios de oficinas y viviendas unifamiliares nuevas, obteniendo una propuesta de distinción de zonas climáticas como la siguiente:

ZONA MEDITERRÁNEA

- Oficinas: 20-30 kWh/(m²·año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 80-90 kWh/(m²·año) cubierto por 60 kWh/(m²·año) procedentes de fuentes renovables in situ.
- Vivienda unifamiliar nueva: 0-15 kWh/(m²·año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 50-65 kWh/(m²·año) cubierto por 50 kWh/(m²·año) procedentes de fuentes renovables in situ.

ZONA OCEÁNICA

- Oficinas: 40-55 kWh/(m²·año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 85-100 kWh/(m²·año) cubierto por 45 kWh/(m²·año) procedentes de fuentes renovables in situ.
- Vivienda unifamiliar nueva: 15-30 kWh/(m²·año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 50-65 kWh/(m²·año) cubierto por 30 kWh/(m²·año) procedentes de fuentes renovables in situ.

ZONA CONTINENTAL

- Oficinas: 40-55 kWh/(m²·año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 85-100 kWh/(m²·año) cubierto por 45 kWh/(m²·año) procedentes de fuentes renovables in situ.
- Vivienda unifamiliar nueva: 20-40 kWh/(m²·año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 50-70 kWh/(m²·año) cubierto por 30 kWh/(m²·año) procedentes de fuentes renovables in situ.

ZONA NÓRDICA

- Oficinas: 55-70 kWh/(m²·año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 85-100 kWh/(m²·año) cubierto por 30 kWh/(m²·año) procedentes de fuentes renovables in situ.
- Vivienda unifamiliar nueva: 40-65 kWh/(m²·año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 65-90 kWh/(m²·año) cubierto por 25 kWh/(m²·año) procedentes de fuentes renovables in situ.

En nuestro caso, en España, nos contempla como un clima Mediterráneo, es decir, que para una vivienda unifamiliar nueva tenemos que diseñar un edificio que consuma un máximo de entre 0 y 15 kWh/m²-año de energía primaria neta. Además, estipula que la energía primaria sea entre 50 y 65 kWh/m²-año y de esa energía que 50 kWh/m²-año provenga de fuentes de energía renovable.

Esta clasificación tan general conlleva un problema muy importante, tanto en España como en el resto de países de la Unión Europea. Centrando la atención en España, el Documento de Recomendaciones contempla a todo el país como una única zona climática, la Mediterránea, siendo la más estricta desde el punto de vista de exigencias de entre todas las zonas climáticas planteadas. Pero aunque Europa contemple a todo el país como la misma zona climática, obviamente no es lo mismo una vivienda unifamiliar en el Norte de Burgos que una vivienda en Sevilla centro. Además, el documento únicamente distingue entre edificios de oficinas y viviendas unifamiliares, obviando por completo otro tipo de edificios como por ejemplo los plurifamiliares, los cuales predominan en España.

Tanta generalidad parece una actitud un tanto desinteresada y generalista por parte del documento. Posiblemente, se confía demasiado y muy optimistamente en la interpretación y posterior transposición que hará la normativa propia del país, en este caso el Código Técnico de la Edificación, de esta situación climática, actualmente distinguiendo entre 16 zonas climáticas en la península más la zona α del archipiélago canario.

4 - APLICACIÓN DE MEDIDAS

4.1 - TRANSPOSICIÓN DE LA DIRECTIVA EUROPEA A LA NORMATIVA PROPIA ESPAÑOLA

4.2 - INDICADORES COMPARATIVOS

4.3 - INTERPRETACIÓN DE LAS DIRECTIVAS EUROPEAS POR PARTE DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

4.4 - CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN VERSIÓN 2018

4.5 - OBJETIVOS DEL DISEÑO DE EDIFICIOS nZEB

4.5.1 - ESTRATEGIAS PASIVAS

4.5.2 - EL LUGAR

4.5.3 - SISTEMAS DE CONSUMO

4.5.4 - SISTEMAS ACTIVOS DE GENERACIÓN

4.5.5 - REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

4.6 - CURVA DE COSTES DE UN EDIFICIO nZEB

4.7 - ¿CUANTO TENEMOS QUE MEJORAR? – CTE 2018 VS CTE 2013

4.8 - ¿CÓMO SABER SI EL EDIFICIO CUMPLE LAS CONDICIONES EXIGIDAS?

4.8.1 - SISTEMA DE CERTIFICACION ENERGÉTICA ACTUAL

4.8.2 - CERTIFICADOS O SELLOS VERDES

4.8.2.1 - CERTIFICACIÓN LEED®

4.8.2.2 - CERTIFICACIÓN BREEAM®

4.8.2.3 - CERTIFICACIÓN VERDE®

4.9 - ¿FUNCIONA LA TEORÍA?

ESTÁNDARES DE REFERENCIA - EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

4.9.1- -TABLA RESUMEN COMPARATIVA ENTRE ESTÁNDAR PASSIVHAUS Y EDIFICIO nZEB o CTE 2018 (vivienda)

4.10 - EJEMPLOS DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO CONSTRUIDOS

4 - APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS

4.1 - TRANSPOSICIÓN DE LA DIRECTIVA EUROPEA A LA NORMATIVA PROPIA ESPAÑOLA

Toda directiva que publica Europa es de obligado cumplimiento para todos los países miembros de la unión Europea, pero no es de aplicación directa, sino que cada país traslada esa directiva a una normativa propia del país incluyendo en ella toda la información necesaria tanto cualitativa como cuantitativa, exigencias, parámetros de referencia, indicadores de comparación entre otros que en ella se contemplan. A su vez, estas Directivas Europeas se van actualizando derogando a la anterior, de esta manera todo este ámbito normativo está en continuo cambio y es fácil perderse en el seguimiento (ver diagrama de progresión de Directivas Europeas).

En el caso de España la normativa propia que transpone estas directivas es el Código Técnico de la Edificación según el Real Decreto 314/2006 y en el caso de materia en eficiencia energética y como apoyo al anterior, el Real Decreto de certificación energética o Real Decreto 235/2013.

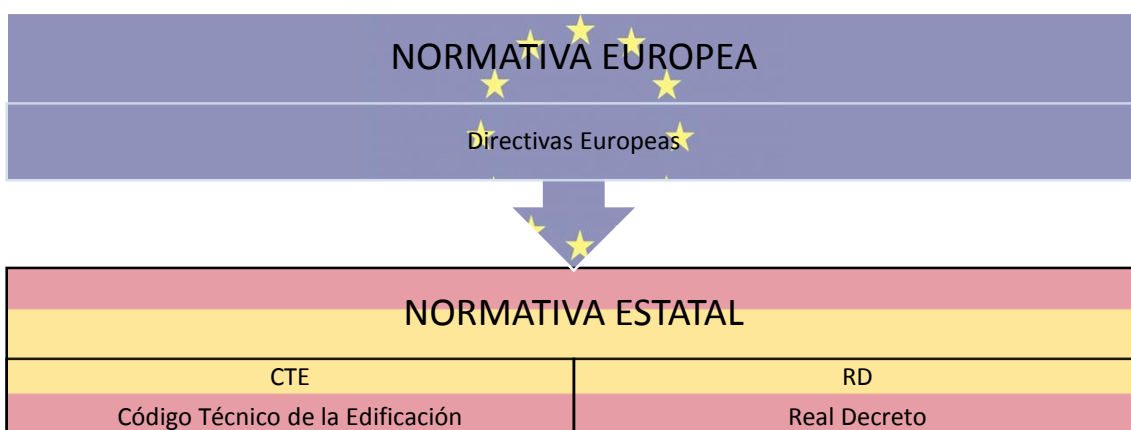


Figura. Clasificación de la transposición de la normativa europea. Fuente: Elaboración propia.

Como ya se ha explicado, el CTE marca las exigencias mínimas a cumplir y el Real Decreto propone exigencias más ambiciosas para reducir esas exigencias mínimas y diseñar edificios más eficientes, una especie de dicotomía entre lo obligatorio y lo conveniente respectivamente. Además, estas normativas permiten conocer los parámetros a alcanzar de una manera más cuantitativa y no tan cualitativa como las meras definiciones que dan las Directivas Europeas como es el caso de la definición de edificio nZEB.

Al ser normativa propia de cada país se cuantifican los parámetros de una manera mucho más real y ajustada a las características de la zona real donde se va a proyectar, obteniendo unas propuestas mucho más eficientes e interesantes.

4.2 - INDICADORES COMPARATIVOS

Para poder poner en común los criterios de las exigencias también se han de establecer unos parámetros claro que sirvan de referencia común entre lo marcado por Europa y lo que debe exigir la normativa nacional, por lo tanto aquí aparece el sistema de los “Indicadores Comparativos”. Para que lo que se va a comparar tenga sentido y sirva de referencia se tendrán que comparar cosas iguales, por ello Europa estipula unos indicadores y la normativa nacional los toma directamente o los modifica con la condición de obtener de un modo u otro la misma información.

Estos indicadores son los distintos parámetros que se tienen que analizar para obtener una serie de valores mediante diferentes métodos de cálculo, los cuales varían en función de las diferentes características y necesidades del edificio. Proporcionan una información cuantitativa mediante la obtención de esos valores los cuales se compararán con los valores mínimos de referencia contemplados tanto en el Documento Europeo de Recomendaciones como en la última actualización del CTE. Por lo tanto, tenemos por un lado, los indicadores que propone Europa y por otro los indicadores que propone el CTE 2018.

Indicadores propuestos por Europa en la DIRECTIVA 2010/31/UE: Eficiencia energética en edificios:

Indicador de eficiencia energética

Indicador numérico de consumo de energía primaria

Indicadores propuestos por el Documento de Recomendaciones (UE) 2016/1318:

Consumo de energía primaria total (kWh/m²·año)

Consumo de energía primaria procedente de fuentes de energía renovable producidas in situ (kWh/m²·año)

Consumo de energía primaria no renovable o consumo de energía primaria neta (kWh/m²·año)

Indicadores propuestos por el Código Técnico de la Edificación versión 2018:

Consumo de energía primaria no renovable (kWh/m²·año)

Consumo de energía primaria total. Ep_tot (kWh/m²·año)

Indicadores secundarios

Calidad mínima de la envolvente del edificio. (U_envolvente, Qsol, Permeabilidad)

Calidad mínima de las instalaciones del edificio. (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios - RITE)

Aporte mínimo de energía renovable. (50% de aporte de energía renovable)

En este caso se puede contemplar solo los dos propuestos por el CTE, puesto que la diferencia entre la energía primaria total y la energía primaria no renovable daría como resultado el valor de la energía procedente de fuentes de energía renovables. Además, de esta manera, parece hacer mayor énfasis en la necesidad de centrarse en reducir la energía primaria de origen no renovable.

Como ya se ha dicho la Directiva Europea 2010/31/UE exige que se actualice la normativa nacional en materia de eficiencia energética cada 5 años. De este modo la normativa exigible será siempre actual con respecto a la tecnología disponible en el momento de diseñar un edificio, aumentando progresivamente la eficiencia de los mismos.

Paralelamente como la tecnología irá evolucionando y siendo cada vez más asequible económicamente, al mismo tiempo que se actualiza la normativa, ésta irá siendo cada vez más exigente con el fin de conseguir los objetivos parciales del año 2020, 2030 y el objetivo final del año 2050, pero manteniendo fijos los indicadores de referencia.

Lo que variará por lo tanto serán los valores de referencia de estos indicadores, puesto que se irán reduciendo los valores máximos progresivamente en las siguientes publicaciones, aumentando la exigencia y por consiguiente la eficiencia energética y disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero. Debido a esta previsión de cambio y evolución controlada se hace más comprensible la propia definición cualitativa y no cuantitativa que hace la Directiva del 2010 de los edificios nZEB, puesto que se adaptará a los tiempos futuros.

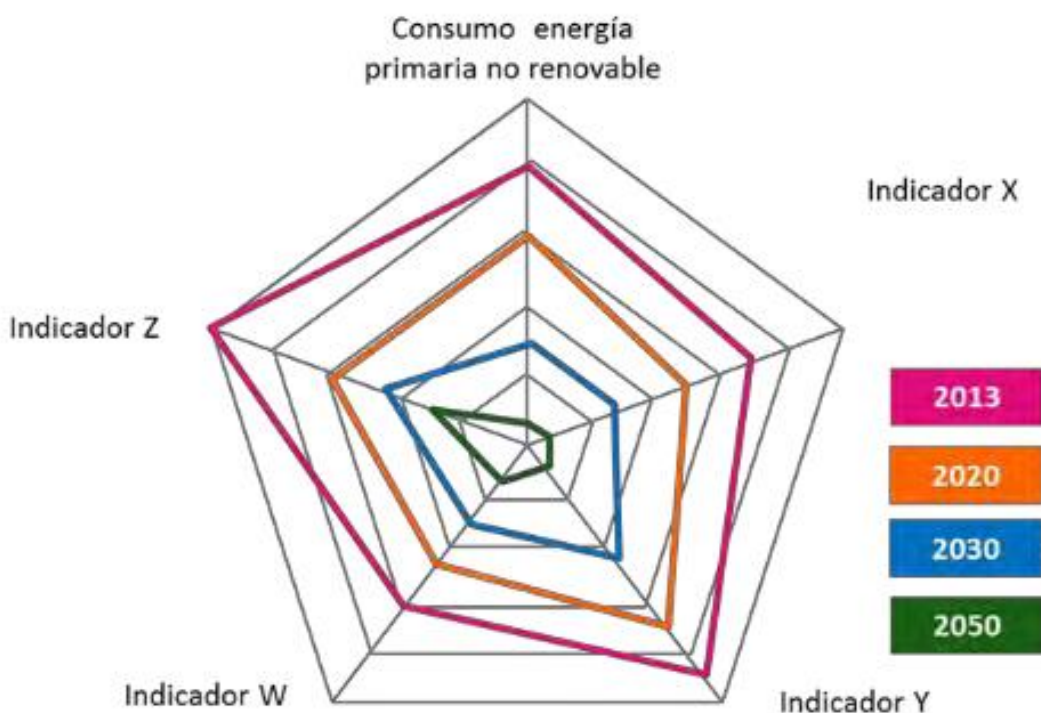


Figura 51. Diagrama de la evolución de las exigencias de los indicadores comparativos de referencia a lo largo de los años hasta el año 2050. Fuente: Google imágenes.

4.3 - INTERPRETACIÓN DE LAS DIRECTIVAS EUROPEAS POR PARTE DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El problema que aquí se presenta es el citado en el punto anterior. La Directiva diferencia únicamente entre 4 zonas climáticas en Europa, Mediterránea, Oceánica, Continental y Nórdica. Si contemplamos el Continente Europeo en su conjunto, en principio la zona climática que hace referencia a la mayoría de España sería la zona climática Mediterránea, puesto que es la que cubre la mayoría de la superficie de la península.

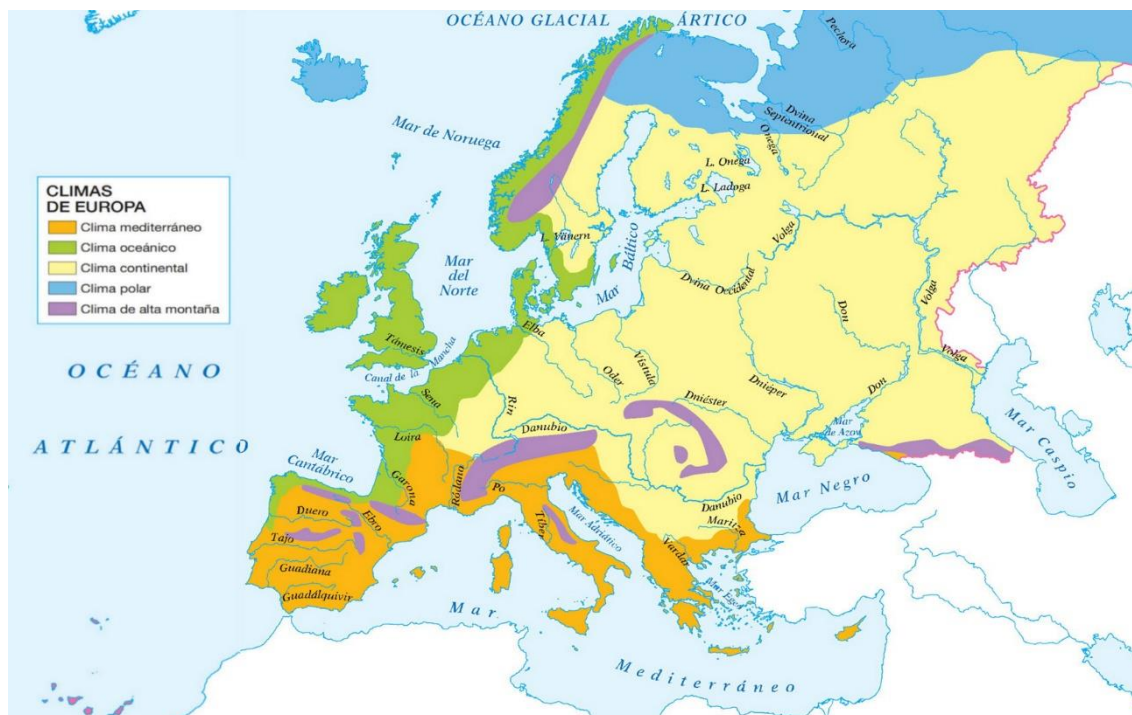


Figura 52. Mapa climático de Europa con la representación de los diferentes climas existentes. Fuente: Google imágenes modificado por elaboración propia.

De este modo, si analizamos los climas existentes en Europa podemos apreciar que el continente se encuentra entre dos zonas climáticas del planeta, una parte está condicionada por la zona fría y la otra parte por la zona templada. Debido a esto se pueden diferenciar hasta 6 climas diferentes en el Continente Europeo. Quiriendo nombrarles y definirles muy brevemente se puede atender a la siguiente clasificación.

Climas templados

Estos climas son los que afectan a la mayor parte de la superficie del continente, contando a su vez con una sub-clasificación.

Clima Mediterráneo

Es propio de la costa mediterránea abarcando además casi toda España además de alguna zona de interior del Sur del continente como Italia Grecia y zonas aledañas. Estas zonas suelen producir veranos calurosos con temperaturas altas y precipitaciones que no son abundantes e

inviernos que se pueden considerar como suaves con temperaturas no excesivamente bajas y precipitaciones algo más abundantes.

Clima Oceánico

Es característico de todas las zonas bañadas por el Océano Atlántico e introducirse hacia el interior del continente. Posee unas temperaturas suaves en verano con precipitaciones abundantes a lo largo de todo el año dando lugar a inviernos más duros que el clima mediterráneo.

Clima Continental

Este clima se localiza fundamentalmente en la zona del Este de Europa dando lugar a veranos calurosos con temperaturas altas y a inviernos muy fríos con temperaturas muy bajas. Esto, unido a la predominancia de las precipitaciones en la época de verano, hace que sea uno de los climas más severos de Europa. Además, constituyen uno de los climas predominantes en Europa.

Climas fríos

Se localizan principalmente en latitudes altas y en las zonas con mayor altitud como por ejemplo las zonas montañosas.

Clima Polar, de Tundra o Nórdico

Es característico de las zonas nórdicas y de Rusia. Normalmente se considera como el clima más frío del planeta contando con temperaturas por debajo de 0° en la mayor parte del año. Además cuenta con escasas precipitaciones y por consiguiente también con escasa vegetación.

Clima de Montaña

Normalmente este clima se localiza en cimas más altas de las montañas de todo el continente, tales como en la zona de los Alpes o el Pirineo. Este clima presenta temperaturas muy bajas en invierno y frescas y agradables en verano contando además con precipitaciones abundantes a lo largo de todo el año.

En cambio, si aislamos la península y analizamos su climatología se distinguen muchas más zonas climáticas que las contempladas en general por la Directiva Europea. Se puede decir que España está situada en la zona templada de Europa, pero que a su vez se puede hacer una clasificación de los climas existentes en el país coincidentes además con zonas geográficas muy marcadas y provocadas por una serie de factores tanto dinámicos como geográficos que no se entrarán a detallar. Por lo tanto en España se pueden distinguir los siguientes climas:

Clima mediterráneo

Es el clima templado más extendido y común que se presenta en el país, abarcando una gran parte de su superficie. Este, al ser tan generalizado se divide a su vez en otros tres sub-climas diferenciando entre los siguientes:

Clima Mediterráneo marítimo o Mediterráneo típico

Se puede localizar por toda la costa mediterránea incluidos los archipiélagos baleares hasta las zonas montañosas del sistema ibérico. Cuenta con unas temperaturas suaves tanto en invierno como en verano haciendo que sea un clima poco severo en ambas estaciones. A este tipo de clima el CTE lo relaciona normalmente con las zonas climáticas tipo B para invierno y tipo 3 o 4 para verano.

Clima Mediterráneo de inviernos fríos también denominado Mediterráneo Continentalizado

Se localiza sobre todo en el interior de la península Ibérica, en las zonas centrales del país, presentando temperaturas bajas en invierno y altas en verano, características que acusan considerablemente la severidad de este clima. Normalmente se puede relacionar con las zonas climáticas tipo C o D para invierno y tipo 2 o 3 para verano.

Clima Mediterráneo seco, subdesértico o estepario

Se localiza sobre todo en la zona Sureste de la península caracterizado sobre todo por la escasa cantidad de precipitaciones y por sus temperaturas muy constantes en todo el año aunque más pronunciadas en verano. Se suele vincular este clima con las zonas climáticas tipo A o B para invierno y las 3 o 4 para verano.

Clima Oceánico o clima Atlántico

Se localiza en toda la parte Norte bañada por el Océano Atlántico, es decir por el Norte penínsulas adentrándose además hacia el Noroeste desde Galicia hasta Los Pirineos. Se caracteriza por una gran abundancia de lluvias las cuales marcan el paisaje de las zonas afectadas por este clima con temperaturas suaves tanto en invierno como en verano. A este clima se le puede vincular las zonas climáticas tipo C y en algún caso D para invierno y tipo 1 para verano según lo considerado por el CTE.

Clima de montaña

Este clima se localiza sobre todo en las zonas montañosas que forman los grandes sistemas montañosos del país. Se caracteriza por presentar unos inviernos muy fuertes y fríos y unos veranos bastante frescos. También presenta precipitaciones considerablemente abundantes sobre todo en invierno y en forma de nieve cuando la altitud es elevada. Normalmente el CTE vincula a este

clima con zonas climáticas de invierno tipo D o incluso E y zonas climáticas de verano tipo 1.

Clima subtropical

Es un clima localizado exclusivamente en el archipiélago canario condicionado por su cercanía a África y al trópico de Cáncer. Presenta unas condiciones muy constantes tanto en invierno como en verano, tanto las temperaturas como las precipitaciones siempre se mantienen estables dentro de un rango determinado. Este clima el CTE lo vincula directamente con la zona climática α .

El CTE que tenemos en vigor actualmente en el país es la versión del 2013, y en esta versión diferencia hasta 16 zonas climáticas solo en la península, (sin contabilizar las islas) dependientes de su severidad climática tanto en invierno como en verano. La severidad climática de invierno se denomina con letras (α , A, B, C, D y E) siendo las primeras letras los climas con severidades menores, es decir menos severas en invierno, siendo más suaves. Por otro lado establece la severidad climática de verano, que se denomina con números (1, 2, 3 y 4) siendo igualmente los primeros números los climas menos severos en verano, es decir con veranos más suaves. Toda esta clasificación depende de la ciudad que se vaya a considerar y conjugando una letra con un número de la clasificación se obtiene una serie de información para considerar el cálculo tanto en verano como en invierno, es decir, los valores máximos permitidos de consumo de energía los cuales no se han de superar ni en refrigeración ni en calefacción respectivamente.

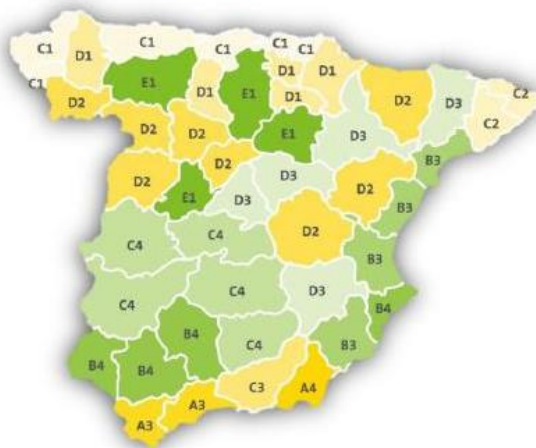


Figura 53. Mapa de las zonas climáticas de verano y de invierno de España según el CTE 2013. Fuente: Google imágenes.

Zona climática: Zona para la que se definen unas solicitudes exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética. Se identifica mediante una letra, correspondiente a la severidad climática de invierno, y un número, correspondiente a la severidad climática de verano. (Esto último aparece en el CTE 2013, en el CTE 2018 desaparece la diferenciación entre verano e invierno permaneciendo únicamente esta última)

Según este mapa de climas podemos apreciar ciudades como por ejemplo Cáceres o Ciudad Real, clasificadas con una severidad climática de invierno tipo “C”, el CTE 2013 las considera iguales que La Coruña o Asturias. Sin embargo desde el punto de vista de la severidad climática de verano las dos primeras tienen una clasificación tipo “4” y las dos últimas una clasificación tipo “1”. Esto quiere decir que dentro del mismo marco nacional hay ciudades que pueden ser consideradas iguales o muy parecidas para invierno, puesto que pueden tener inviernos similares, y esas mismas ciudades pueden ser totalmente diferentes en verano. De este argumento se puede extraer la importancia de la distinción de la severidad climática de invierno y de verano para una misma ciudad.

Por lo tanto en este punto se vuelve a presentar un problema. Por un lado Europa nos está marcando 4 zonas climáticas, pero de esas 4 zonas solo una pertenece en principio a la zona de España, pero por otro lado no todos los puntos o ciudades del país tienen el mismo clima, sino que varía muy considerablemente de una ciudad a otra.

Llegados a este punto se hace necesario que se defina un procedimiento que relacione lo que estipula Europa en su Directiva y la realidad climática de España en todas sus ciudades muy bien diferenciado por el CTE 2013.

Ese procedimiento consiste en la interpretación que hace el Código Técnico de la Edificación en su actualización en cuanto a la relación directa entre la distinción de zonas climáticas planteada por la Unión Europea, los climas presentes en España y la clasificación de las diferentes zonas climáticas que ya contemplaba el CTE para cada ciudad en anteriores versiones.

Añadido a lo anterior, la obligada actualización cada 5 años del actual Código Técnico de la Edificación en materia de eficiencia energética, tal y como marcan las Directivas Europeas, tiene como resultado la aparición del Código Técnico de la Edificación versión 2018, el cual contempla lo anterior y vincula unos valores máximos de consumo según una serie de indicadores generales de referencia y según las recomendaciones de la Unión Europea relacionados con las zonas climáticas existentes en el país.

Basándonos en el borrador de esta versión 2018, con mucho retraso en su publicación definitiva, podemos decir que en parte y solo en parte (más adelante se explica) relaciona las zonas climáticas y los valores de los indicadores marcados por Europa y las zonas climáticas diferenciadas por el CTE 2013.

4.4 - CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN VERSIÓN 2018

(Pendiente de aprobación y entrada en vigor)

El borrador del Código Técnico de la Edificación versión 2018 obvia la relación única de España con la Zona Climática Mediterránea, vinculando las diferentes zonas climáticas estipuladas en el CTE 2013 (severidad climática de invierno α , A, B, C, D y E) con las diferentes zonas climáticas marcadas por el Documento de Recomendaciones (Mediterránea, Oceánica y Continental) y asociando a cada combinación una serie de valores máximos de consumo representado en kWh/m²·año según los indicadores establecidos. De este modo la relación entre las zonas Climáticas propuestas por Europa y las establecidas por el CTE es la siguiente:

ZONA CLIMÁTICA PROPUESTA POR EUROPA	ZONA CLIMÁTICA PROPUESTA POR EL CTE 2018
Zona Climática Mediterránea	Zona Climática α y A
Zona Climática Oceánica	Zona Climática B y C
Zona Climática Continental	Zona Climática D y E
Zona Climática Nórdica	No se da en España

Figura 54. Tabla representativa de las diferentes zonas climáticas propuestas por Europa y el CTE 2018. Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Directiva 2010/31/UE y CTE DB-HE 2018 (borrador).

Como ya se ha dicho, la Directiva Europea, o mejor dicho el documento de apoyo a esa directiva sobre Recomendaciones (UE) 2016/1318 estipula unos indicadores de referencia y unos valores máximos de consumo vinculados a cada Zona Climática propuesta.

Los valores máximos de referencia de los indicadores recomendados por la Unión Europea son los siguientes:

Tipo de Edificio	Zona Climática Europea	Energía Primaria Total (kWh/m ² -año)	Energía Primaria Renovable (kWh/m ² -año)	Energía Primaria neta NO Renovable (kWh/m ² -año)
Vivienda Unifamiliar Nueva	Mediterránea	50 - 65	50	0 - 15
	Oceánica	50 - 65	35	15 - 30
	Continental	50 - 70	30	20 - 40
	Nórdica	65 - 90	25	40 - 65
Oficinas	Mediterránea	90	60	30
	Oceánica	100	45	55
	Continental	100	45	55
	Nórdica	100	30	70

Figura 55. Tabla de exigencias máximas propuestas por Europa según zona climática. Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Directiva 2010/31/UE y CTE DB-HE 2018 (borrador).

La interpretación de estos valores por parte de la normativa nacional se transpone en los valores propuestos por el Código Técnico de la Edificación versión 2018 para los mismos indicadores de referencia. En un primer lugar, si se observan los valores máximos que proporciona el CTE 2018, puede parecer que obvia las recomendaciones del documento europeo, y en parte es así, puesto que Europa recomienda unos valores máximos de consumo de energía primaria no renovable muy bajos, quizá demasiado optimistas para la realidad del sector de la construcción español. Pero, aunque recomiende esos valores tan bajos de consumo de Energía Primaria **NO** renovable, indirectamente recomienda unos porcentajes bastante altos de energía primaria de origen renovable en comparación con la anterior, puesto que fija los valores máximos de consumo de energía primaria total.

Esto es así porque aunque en la Directiva se estipule que al menos el 50% de la energía primaria total consumida sea de origen renovable y producida in situ o en el entorno del edificio (en muchos casos ni la propia recomendación lo cumple), propone en algunos casos una producción de energía renovable de hasta 77% de la energía primaria total consumida, como es el caso de viviendas en la Zona Climática Mediterránea. Esto se puede apreciar fácilmente en el siguiente gráfico.

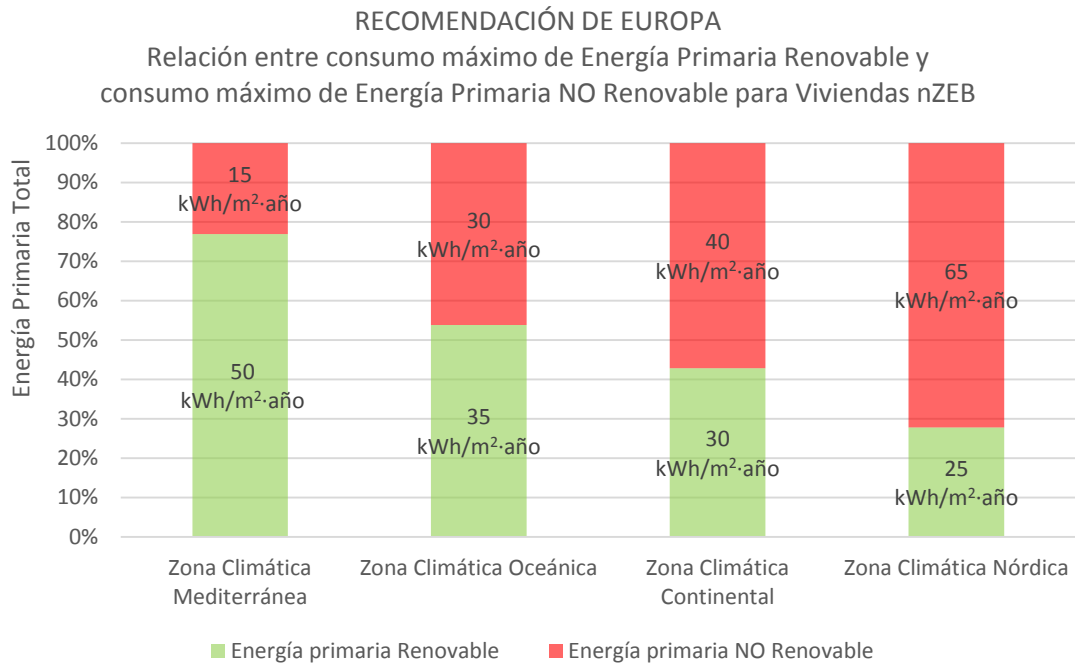


Figura 56. Gráfico de relación entre consumo máximo de Energía Primaria Renovable y consumo máximo de Energía Primaria NO Renovable para Viviendas nZEB. Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Directiva 2010/31/UE.

En este gráfico se ve el “optimismo” de Europa a la hora de obtener energía de fuentes renovables. Este “optimismo” va decayendo según se extrema la zona climática, es decir, que cuanto más extremo es el clima menor considera el consumo de energía renovable. En la Zona Climática Mediterránea, propone alrededor de un 77% de consumo de energía renovable, en cambio en la Zona Climática Nórdica propone apenas un 27% de consumo de energía renovable.

Esta desproporción entre consumo de energía de origen renovable y de origen **NO** renovable desaparece en las Zonas Climáticas Oceánica y Continental, estableciéndose proporcionado en torno al 50% cada uno de los dos consumos. Sería interesante entrar a analizar el porqué de esta desproporción. Posiblemente sea por la dificultad que puede existir en climas por ejemplo Nórdicos para poder establecer instalaciones que proporcionen energía renovable.

Lo que extrae de este punto el CTE 2018 son los valores máximos de consumo de energía primaria total sin tener en la mayoría de casos la recomendación del consumo máximo de energía primaria no renovable. Es decir, que no hace caso de los valores de consumo máximo de la energía que tomamos de la red, pero sí que cumple, al menos en la mayoría de los casos, los valores de consumo máximo de energía total.

Esto es así porque el CTE 2018 se ciñe al mínimo de la exigencia de que al menos el 50% de la energía primaria total debe ser de origen renovable, permitiendo que el consumo de energía primaria no renovable sea mayor que el recomendado por Europa pero sin exceder el límite de consumo de energía primaria total recomendado al sumar el consumo de energía primaria renovable, que suele estar en torno al 50% en todos los casos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el CTE 2018 establece sus propias exigencias en cuanto al consumo máximo permitido en base a los indicadores citados anteriormente (Consumo de energía primaria no renovable (kWh/m²·año) y Consumo de energía primaria total (kWh/m²·año)).

Estas tablas extraídas directamente del borrador del Código Técnico de la Edificación versión 2018 en su Documento Básico HE, indican esos valores máximos exigidos por la norma española. En este caso sí que son valores exigibles y no recomendados, es decir, que todo edificio nuevo o todo edificio dentro de las casuísticas que contemple el CTE debe ceñirse estrictamente a los valores máximos de consumo de los dos indicadores principales.

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	20	25	28	32	38	43
Cambios de uso a residencial privado y reformas	40	50	55	65	70	80

En territorio extrapeninsular se multiplicarán los valores de la tabla por 1,25

Nivel de carga interna CFI [W/m ²]	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Baja, CFI < 6	100	85	80	65	50	40
Media, 6 ≤ CFI < 9	135	120	110	100	85	75
Alta y muy alta, 9 ≤ CFI	160	145	135	125	110	100

En territorio extrapeninsular se multiplicarán los valores de la tabla por 1,40

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	40	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado y reformas	55	75	80	90	105	115

En territorio extrapeninsular se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15

Nivel de carga interna CFI [W/m ²]	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Baja, CFI ≤ 6	200	190	185	175	165	155
Media, 6 < CFI < 9	230	220	215	205	195	185
Alta y muy alta, CFI ≥ 9	265	250	245	235	225	215

En territorio extrapeninsular se multiplicarán los valores de la tabla por 1,25

Figura 57. Tablas de exigencias de consumo máximo de energía total y consumo máximo de energía no renovable. Fuente: CTE DB-HE 2018 (borrador).

Estudiando la información y los valores que nos proporcionan estas tablas y centrándonos exclusivamente en analizar los casos de vivienda nueva se puede plantear el siguiente gráfico comparativo y poder compararlo con el anterior.

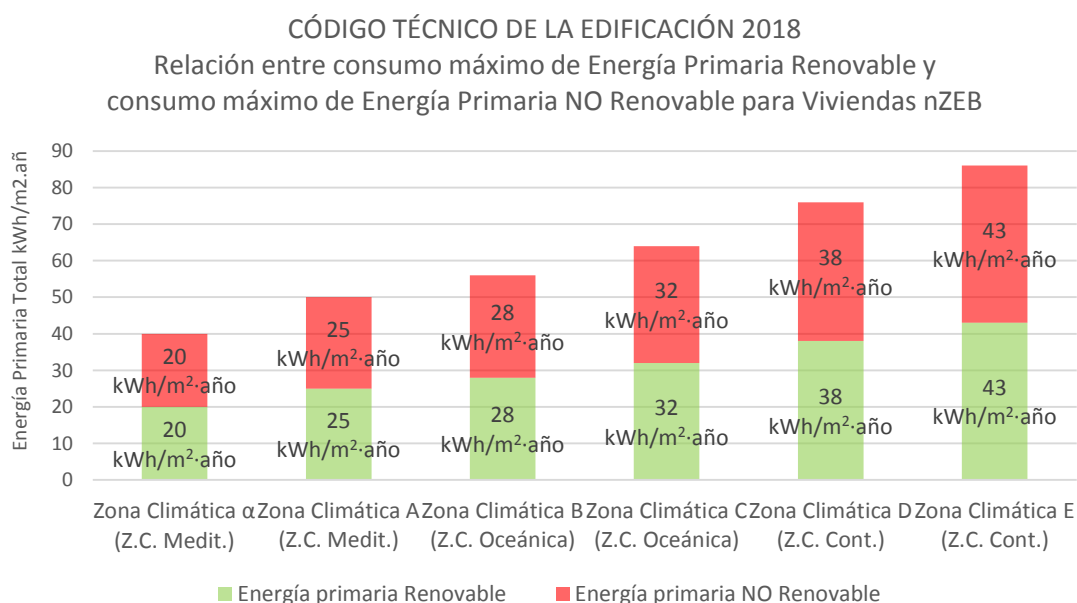


Figura 58. Gráfico de relación entre consumo máximo de Energía Primaria Renovable y consumo máximo de Energía Primaria NO Renovable para Viviendas nZEB. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del CTE DB-HE 2018 (borrador).

Analizando este gráfico se puede afirmar lo mencionado anteriormente. El CTE 2018 considera que el 50% del consumo debe ser de Energía primaria **NO** Renovable, es decir, del que tomamos de la red y pagamos, y que el otro 50% debe ser un consumo de Energía Renovable.

Una de las diferencias principales entre el modo en que nos proporciona los valores Europa y el modo en el que nos los proporciona el CTE, es que Europa nos marca 3 indicadores y el CTE 2. Con los 3 indicadores que establece Europa, acota totalmente los márgenes de los valores que propone, es decir, que establece primeramente el valor o mejor dicho rango de valores entre los cuales debe oscilar el consumo de Energía Primaria neta, la no renovable, la que tomamos de la red y posteriormente establece el rango de valores entre los cuales debe oscilar el consumo total de energía primaria.

Después de proporcionar esos dos rangos de valores establece también la cantidad fija de Energía Renovable producida in situ, puesto que en este valor no permite un rango de valores sino un valor concreto, que debe ayudar a cubrir el consumo total de Energía Primaria.

De modo parecido pero no igual, plantea el asunto el CTE 2018. Considera dos indicadores como ya se ha dicho reiteradamente en anteriores puntos, con los cuales establece, en primer lugar, un valor máximo de consumo de Energía Primaria **NO** Renovable, el cual no se podrá sobrepasar y en segundo lugar otro valor máximo de Energía Primaria Total. De este modo y centrándonos en el estudio de la demanda energética del edificio, teniendo como base el DB-HE 2018, no estipula ningún valor más como exigencia. Por ello deja el valor del aporte mínimo de energía renovable como resta del consumo de energía total que nos permite y el consumo de energía no renovable.

En este punto es donde reside la gran diferencia con las recomendaciones europeas. Para un cierto consumo como por ejemplo el máximo que contemple Europa, fija una cantidad mínima y determinada de energía renovable que se ha de aportar para cubrir el consumo total. Si ese consumo total, que no deja de ser la demanda total del edificio, se logra reducir mediante las estrategias que sean, la cantidad de energía renovable a aportar permanece estable, puesto que la recomendación fija un valor concreto.

Por el contrario el CTE 2018 establece un máximo de Energía Primaria No Renovable para un máximo de Energía Primaria Total. En este caso la energía renovable mínima sería el 50% de la energía total. Pero para un edificio en el cual se reduzca el consumo o la demanda total, se puede seguir considerando el consumo máximo de energía No renovable reduciendo únicamente las exigencias de aporte de energía renovable.

REDUCCIÓN DEL CONSUMO TOTAL DE UN EDIFICIO

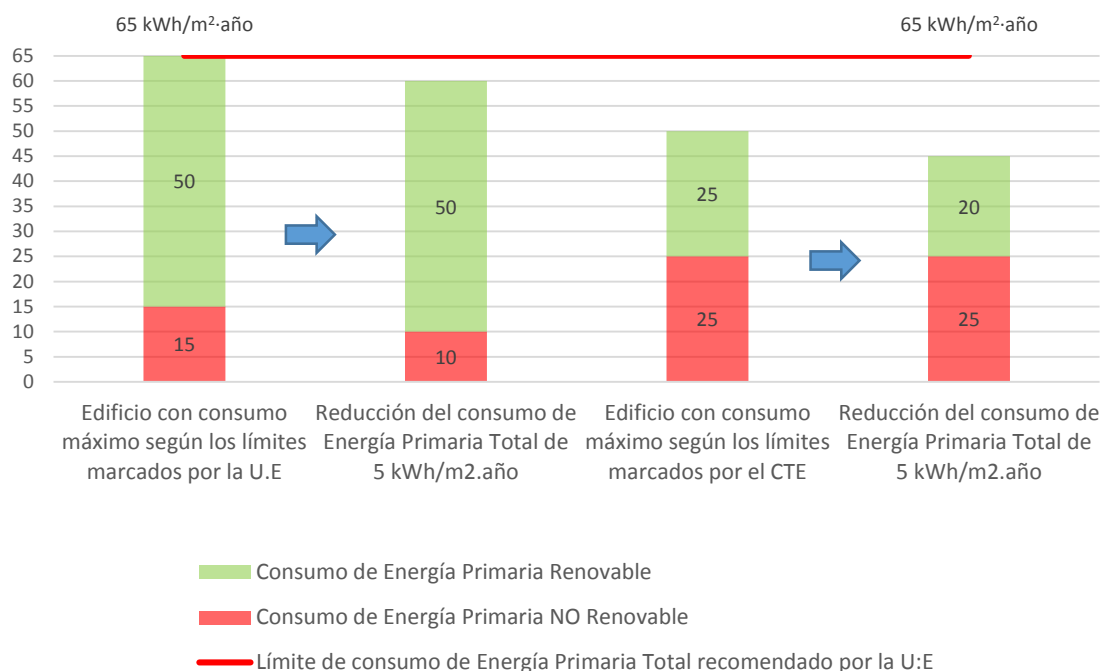


Figura 59. Tabla de reducción del consumo total de un edificio. Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Directiva 2010/31/UE y CTE DB-HE 2018 (borrador).

Con este gráfico se explica bien esta idea. Para un mismo edificio, siguiendo las recomendaciones europeas podemos reducir el consumo de energía total reduciendo el consumo de energía **NO** renovable y manteniendo el mismo valor de aporte de energía renovable, es decir, que para reducir el consumo total tenemos que reducir el consumo de la red, lo cual es difícil y mantener el mismo de renovable. Por el contrario, para el mismo edificio y según el CTE, podemos reducir el consumo total del edificio reduciendo únicamente el aporte de energía renovable y manteniendo el consumo de energía **NO** renovable, el de la red, siendo una estrategia más fácil a priori. A pesar de todas las diferencias mencionadas parece que se ha transcrito bastante aceptablemente la normativa europea al CTE.

Ahora bien, si se contrastan los valores máximos de consumo propuestos por las recomendaciones Europeas, y los valores máximos exigidos por el CTE 2018 se pueden observar de nuevo ciertas discrepancias. Esto se puede analizar en el siguiente gráfico:

COMPARACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES EUROPEAS CON LAS EXIGENCIAS DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN 2018 PARA EDIFICIOS nZEB

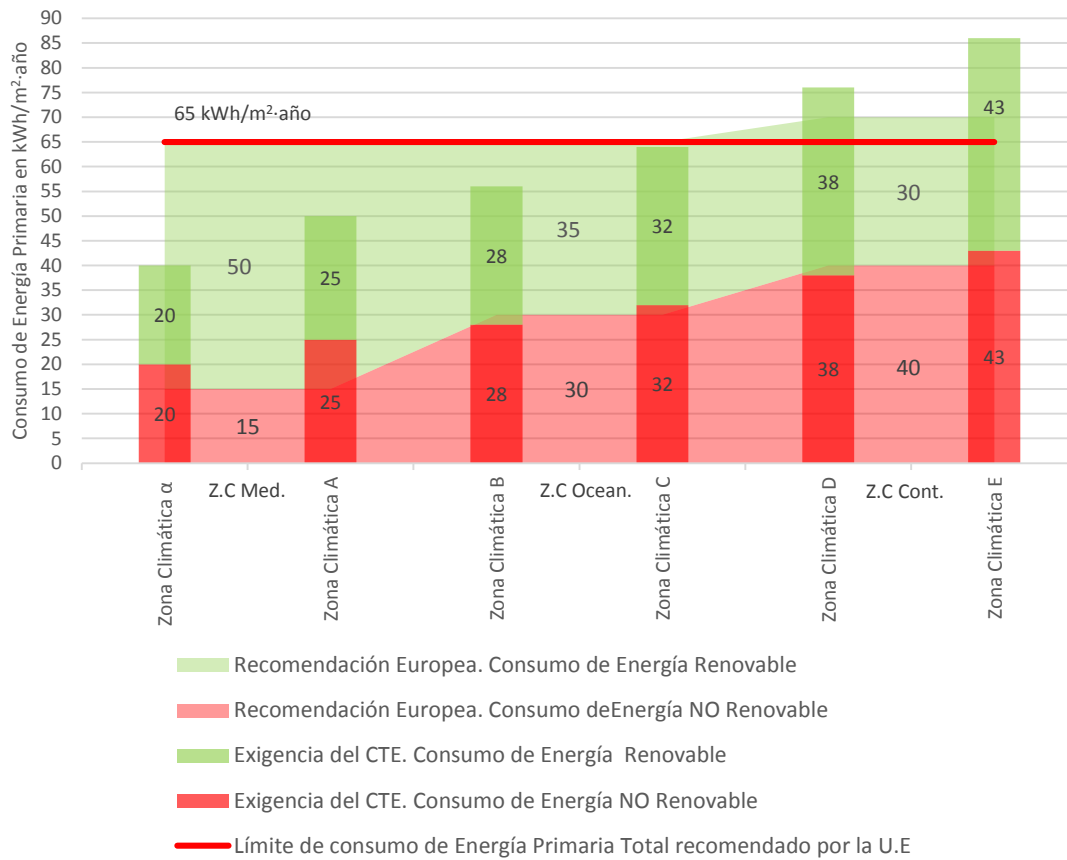


Figura 60. Tabla de comparación de las recomendaciones europeas con las exigencias del código técnico de la edificación 2018 para edificios nZEB. Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Directiva 2010/31/UE y CTE DB-HE 2018 (borrador).

4.5 - OBJETIVOS DEL DISEÑO DE EDIFICIOS nZEB

Como resumen se podría decir que el objetivo principal es reducir los costes operativos del edificio y reducir la emisión de gases de efecto invernadero o gases contaminantes producidos por la utilización que es considerada normal del edificio, sin que con ello aumente desproporcionadamente el precio de desarrollo diseño y construcción del mismo. Con estas palabras se puede explicar perfectamente los objetivos principales de este tipo de edificios, pero sí que parece pertinente profundizar o incidir en alguna cuestión.

Un edificio nZEB desde el punto de vista energético se puede descomponer en las siguientes partes:

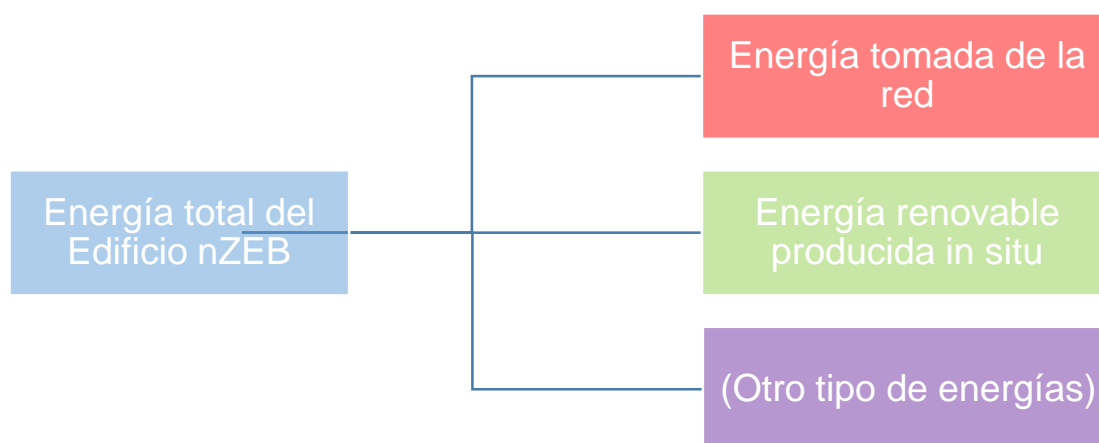


Figura 61. Diagrama de clasificación de las energías necesarias para el funcionamiento de un edificio nZEB. Fuente: Elaboración propia.

Si uno de los objetivos principales es reducir el consumo entendido como consumo total, hay que reducir los consumos parciales de energía tomada de la red y energía renovable producida in situ para conseguirlo. De esos dos consumos, el que tiene prioridad y a la vez es más complicado conseguir, es reducir el consumo de la energía de la red.

Para explicar esto más detalladamente, se plantea un organigrama-resumen que explica el proceso lógico del planteamiento de estos edificios de manera clara.

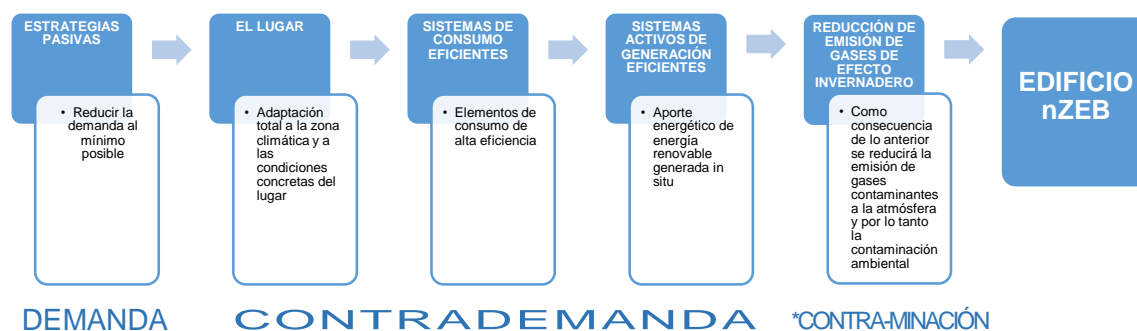


Figura 62. Clasificación de los objetivos de los edificios nZEB. Fuente: Elaboración propia.

*CONTRA-MINACIÓN: Concepto de invención propia para denominar el hecho de reducir la contaminación y posibilitar el juego de palabras.

4.5.1 - ESTRATEGIAS PASIVAS

Es el punto de partida de todo edificio nZEB y sin duda el más importante, cuanto mayor sea el esfuerzo en reducir la demanda energética menos será el consumo y por consiguiente el esfuerzo en sistemas de generación. Si se quiere reducir el consumo, la única manera de conseguirlo es hacer que el propio edificio requiera menor consumo, que necesite menos energía para su utilización, es decir, REDUCIR LA DEMANDA. Esta reducción de la demanda casi en la mayoría de los casos pasa por centrarse en la envolvente y se debe llevar al extremo, reducir la demanda al máximo posible pero dentro unos límites que en el siguiente punto se explicarán (curva de costes del edificio). Cada edificio requerirá una serie de estrategias pasivas que pueden variar de unos a otros o no, dependiendo de las condiciones particulares del proyecto, pero sobre todo de la zona climática en la que se plantee, es decir, del lugar.

4.5.2 - EL LUGAR

En este caso se debe desvincular el concepto del “lugar” de toda connotación poética que en muchos casos sirve de justificación proyectual del autor del edificio ante la sociedad para enmascarar sus propios “caprichos”.

Se debe entender el lugar como la adaptación total al entorno desde un punto de vista sobre todo climático, pero también de orientación, de aprovechamiento del entorno y su naturaleza, de los posibles recursos naturales existentes... Además, considerar las necesidades energéticas y de aislamiento que requerirá el edificio en función de la zona climática con condiciones particulares y definidas en la que se sitúa. Por ejemplo si nos centramos en analizar el comportamiento del entorno en invierno, nada tiene que ver un edificio proyectado en Almería con otro planteado en Soria, cada uno se ha de adaptar al lugar de la manera más eficiente y responsable posible.

4.5.3 - SISTEMAS DE CONSUMO

Después de analizar y adaptarse de la mejor manera al lugar cabe pararse a pensar las necesidades personales de los futuros usuarios del edificio. De este modo pueden estipularse los sistemas de consumo necesarios dentro de unos márgenes y evitar derroches innecesarios en este aspecto. Además, se debe buscar la mayor eficiencia posible de todos estos sistemas siempre que la relación coste-ahorro sea rentable. La parte más importante de este punto, en la gran mayoría de las ocasiones por no decir en todas, se escapa del alcance de los técnicos proyectistas, siendo tarea de los fabricantes y de sus equipos de investigación y desarrollo.

4.5.4 - SISTEMAS ACTIVOS DE GENERACIÓN

Después de las reflexiones anteriores ya se sabe que el edificio tiene que tener necesidades energéticas lo más reducidas posibles porque se ha de adaptar al lugar y a sus condiciones de uso y ocupación de la mejor manera posible, además ya se han estudiado las necesidades personales de los futuros usuarios. Con estos resultados ya se debe saber lo que necesita completamente el edificio desde el punto de vista energético y sabiendo esto se puede diseñar el sistema activo de generación de energía de la manera más eficiente posible.

Igualmente que en el punto anterior, la parte más importante, que es la investigación y desarrollo de la tecnología que hace capaz este tipo de sistemas, pueden ser adaptados a las necesidades del edificio y de los futuros usuarios, extraídas de los objetivos anteriores, eligiendo dentro de la gama que el mercado ofrece, los sistemas más acordes con el edificio.

En mi opinión este es el punto más importante después de las estrategias para reducir la demanda (estrategias pasivas), puesto que es el último eslabón de la cadena para reducir el consumo de energía no renovable del edificio teniendo ya estipuladas unas necesidades energéticas, es decir, es el último cartucho que un técnico puede utilizar para reducir el consumo tomado de la red.

4.5.5 - REDUCCIÓN DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

A parte de reducir el consumo, el otro objetivo principal de los edificios nZEB es el de reducir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. En realidad un objetivo es consecuencia directa del anterior y por lo tanto si se reduce el consumo del edificio con todos los procesos que conlleva, casi directamente se reduce la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Pero este sistema no hay que llevarlo a la práctica siempre y cueste lo que cueste, sino que se tienen que tener en cuenta una serie de consideraciones, sobre todo económicas, que influyen de manera determinante en la profundidad de la reflexión del organigrama y por lo tanto en la construcción de un edificio nZEB.

4.6 - CURVA DE COSTES DE UN EDIFICIO nZEB

El anterior punto del texto comenzó con la frase “*el objetivo principal es reducir los costes operativos del edificio*”, es decir, los costes de funcionamiento normal y mantenimiento del edificio durante su vida útil. Pues bien, ese es el objetivo principal, pero como dice el organigrama del punto anterior, para conseguirlo, hay que seguir un proceso que

también lleva costes, sobre todo de construcción²¹. Hay que valorar si, en el caso de existir un sobrecoste en la construcción con respecto al coste de construcción de un edificio considerado “normal”, no es tan elevado como para que exista una desproporción y que no sea rentable el ahorro energético a un plazo corto – medio y por consiguiente económico en la utilización del edificio.



Figura 63. Gráfico de curva de costes de un edificio basado en el CTE 2013. Fuente: www.interempresas.net/Construccion/Articulos/142743-rockwool-recoge-los-principales-cambios-del-nuevo-cte-db-en-su-guia-que-cambia-partir-del-12-de-marzo.html.

Para analizar esta situación, y sin querer profundizar en el tema, puesto que se escapa a la intención de este trabajo, se crean una serie de curvas de costes del edificio. Estas gráficas proporcionan información mediante la cual se puede establecer un rango en el cual se encuentra el “edificio óptimo” para las condiciones y características concretas de un proyecto determinado, y sobre todo en una época concreta en la cual hay acceso a una tecnología concreta con unos costes concretos.

Es importante incidir en el aspecto de la época, puesto que a estas gráficas les sucede algo similar a lo que le sucede a la propia definición de edificio nZEB, que es variable, va cambiando a lo largo del tiempo. En la imagen superior se presenta una gráfica de curva de costes en la cual se compara el rango óptimo de un edificio proyectado teniendo en cuenta las especificaciones del CTE 2013 comparándolo con las especificaciones de las anteriores normativas, entre otras con el CTE 2006.

Viendo este tipo de comparaciones se enfatiza esa idea de temporalidad, puesto que se observa una constante evolución marcada por las necesidades de reducción de consumo energético y emisión de gases de efecto invernadero y por el acceso a tecnología constantemente más eficiente.

²¹ Entendiendo por construcción todo lo necesario para ejecutar el edificio, incluido las instalaciones de generación de energía renovable in situ.

Utilizando el mismo argumento y centrando el tema en el caso estudiado, de igual manera se crean gráficas de curvas de costes con referencias a edificios nZEB. En el ejemplo de la siguiente gráfica se plantea un estudio de costes de ciclo de vida a 20 años²² para un edificio genérico “A” el cual tiene un rango de coste óptimo para una época determinada, en este caso entre el año 2015 y 2017 aproximadamente marcado con el color verde. En este rango se ubica el “edificio óptimo” desde el punto de vista económico. Los edificios situados a la derecha de este rango, se aproximarían a las exigencias anteriores estipuladas por el CTE 2013, el cual es más barato de construir, pero su gasto energético es mayor. Por el contrario, los edificios situados a la izquierda de la zona verde tenderían a ser edificios nZEB con un coste de construcción mayor pero con un consumo energético mucho menor.

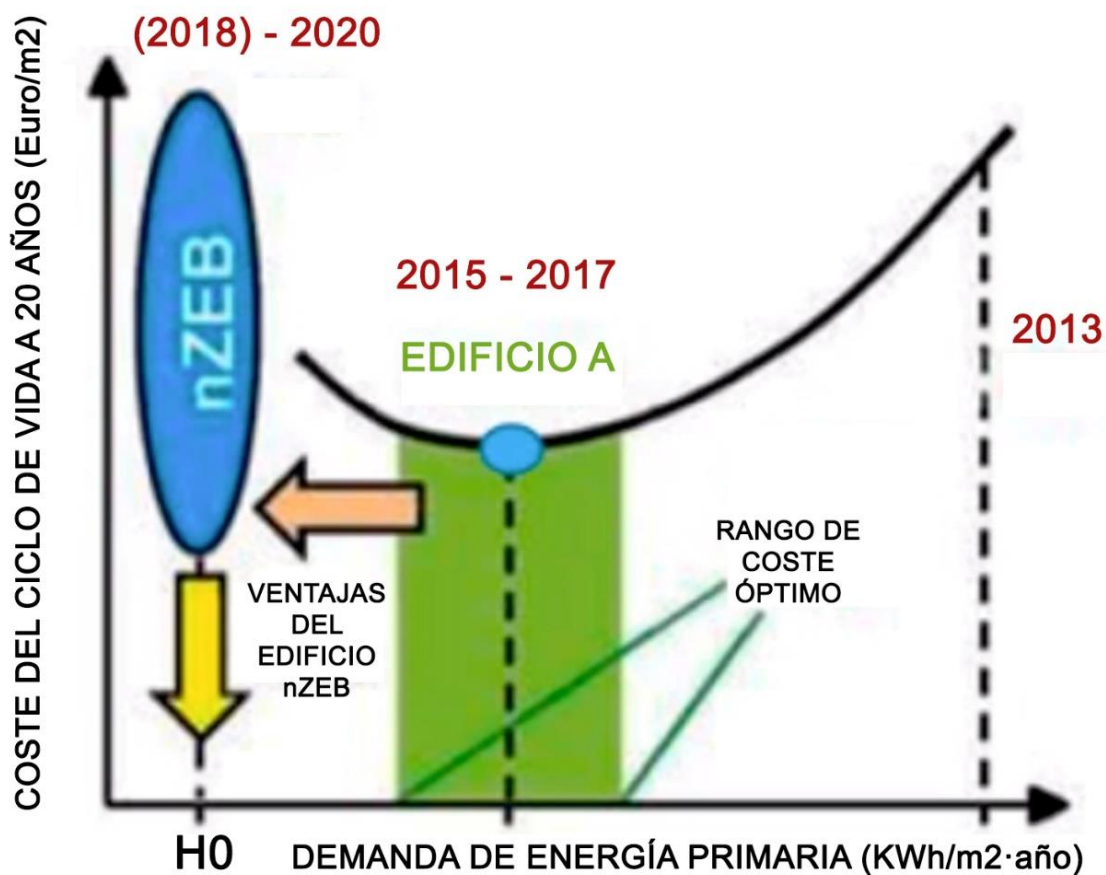


Figura 64. Diagrama de curva de costes para edificio nZEB. Fuente: Diapositiva de presentación de Escuela Internacional de Posgrados y modificación por elaboración propia.

De este modo si observamos la curva de costes, uno podría caer en la banalidad de deducir que los edificios altamente eficientes son mucho más caros que los edificios menos eficientes y por lo tanto no ser rentable su construcción, puesto que el sobrecoste de su construcción no compensa el ahorro energético a lo largo de su vida útil.

²² Ciclo de vida a 20 años (LCC – Life Cycle Costing). Lo que cuesta construir el edificio, lo que cuesta mantener el edificio dando un uso considerado dentro de los estándares normales y lo que cuesta la energía que consume.

En parte es así, pero en este punto es donde merece la pena insistir en la idea de temporalidad, tanto de la definición de edificio nZEB como en las curvas de costes en sí mismas. Según la gráfica, en el momento en el que se creó no compensaba mejorar la eficiencia del edificio “A” desplazándose a la izquierda de la zona verde, entre otras cosas puede ser porque la tecnología que hacía posible mejorar esa eficiencia era tan cara que no compensaba mejorarla. Pero según avanza el tiempo, la tecnología evoluciona y se hace más accesible económicamente desplazando la curva de la gráfica a la izquierda, por lo tanto, la propia evolución de la tecnología es lo que hace posible la mejora de la eficiencia haciéndola más accesible e introduciendo a los edificios con esa tecnología dentro del rango de costes óptimos, haciendo rentable aumentar su eficiencia. Es ahí donde pretende establecerse el edificio nZEB, siempre dentro del rango de coste óptimo (zona verde) pero un poco más a la izquierda del edificio “A” manteniendo viva la idea de ambición para la mejora en eficiencia energética de una manera progresiva a lo largo del tiempo.

Estas gráficas, además de servir de apoyo para los análisis pormenorizados de edificios o proyectos concretos son uno de los fundamentos sobre los cuales se basan los técnicos de la administración europea y en nuestro caso, de la española, utilizándolas para la determinación de los valores máximos de consumo energético o las demás exigencias que en la normativa se plantean. En este caso también sirven para definir las exigencias para los edificios nZEB, es decir, que los valores exigidos no son caprichosos o fruto del azar, sino que tienen su origen en el estudio, en este caso de una manera mucho más generalizada, de este tipo de gráficas.

La conclusión que se debe obtener de este tipo de gráficas es la de hacer consciente de la responsabilidad que implica el diseño de un edificio desde el punto de vista energético para no construir edificios nZEB a cualquier precio, sino dentro de unos baremos estipulados que, hoy y solo hoy son válidos, puesto que mañana serán otros acorde a sus propias circunstancias.

Todo esto aumenta su ya de por sí gran importancia recordando el hecho de que estos valores exigidos por las normativas son de obligado cumplimiento, puesto que a partir de la publicación definitiva del CTE versión 2018 no habrá distinción entre edificios “normales” y edificios nZEB. Todos los edificios que se construyan serán edificios nZEB no pudiendo estipular valores máximos o mínimos de manera irresponsable, puesto que puede tener consecuencias no deseadas o incluso contrarias a las intenciones finales como los objetivos europeos²³.

4.7 - ¿CUANTO TENEMOS QUE MEJORAR? – CTE 2018 VS CTE 2013

Como ya se ha dicho, actualmente está en vigor el Código Técnico de la Edificación 2013 limita únicamente el consumo energético total en función de la zona climática de la ubicación del proyecto diferenciando entre zona climática de verano y de invierno, y

²³ Objetivos europeos para la reducción del consumo de los edificios y emisión de gases de efecto invernadero para los años 2020, 2030 y 2050 explicados al principio del presente trabajo.

del uso previsto que tenga el edificio en cuestión, pero también influye de alguna manera la superficie aunque no se mencione en la caracterización de la exigencia.

Para ello marca un valor de consumo límite $C_{ep,lim}$ el cual no se puede superar. Para obtener este valor hay que igualarle a dos sumandos estando uno de ellos dividido entre la superficie útil de los espacios habitables del edificio, obteniendo la ecuación siguiente:

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup} / S$$

- $C_{ep,lim}$ es el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, expresada en kWh/m²·año, considerada la superficie útil de los espacios habitables;

- $C_{ep,base}$ es el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio, que toma los valores de la tabla 2.1;

- $F_{ep,sup}$ es el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable, que toma los valores de la tabla 2.1;

-S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, o la parte ampliada, en m².

Tabla 2.1 Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético

	Zona climática de invierno					
	α	A*	B*	C*	D	E
$C_{ep,base}$ [kW·h/m ² ·año]	40	40	45	50	60	70
$F_{ep,sup}$	1000	1000	1000	1500	3000	4000

* Los valores de $C_{ep,base}$ para las zonas climáticas de invierno A, B, C, D y E de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla se obtendrán multiplicando los valores de $C_{ep,base}$ de esta tabla por 1,2.

Figura 65. Tablas de factores de corrección por superficie. Fuente: CTE DB-HE 2013.

Si elaboramos una tabla para el caso de edificio de vivienda nueva, se puede apreciar que el valor límite se antoja más exigente cuanto mayor es la superficie del edificio. Esto en parte se debe a que se tiene en cuenta el hecho de que cuanto mayor es la superficie de la envolvente del edificio más alta es su compacidad²⁴ es decir, cuanto mayor es la superficie interior, mayor es el volumen que puede albergar con respecto a la superficie de su envolvente es decir, menos superficie susceptible de generar pérdidas energéticas con el exterior del edificio.

²⁴ Compacidad de un edificio: Proporción entre la superficie de envolvente exterior y el volumen que alberga en su interior. Un buen ejemplo de este concepto es considerar un cubo perfecto de lado 1 metro y otro de lado 2 metros. El primero tiene una superficie en contacto con el exterior de 6 m² y alberga un volumen de 1m³. Mientras que el segundo tiene una superficie exterior de 24 m² y es capaz de contener un volumen interior de 8 m³. La proporción de superficie en contacto con el exterior es de 1:4 mientras que la de volumen capaz de contener es de 1:8.

Zona Climática	Energía primaria límite $C_{ep,lim}$ (kWh/m ² ·año)					
	α	A	B	C	D	E
Superficie útil = 100 m ²	50	50	55	65	90	110
Superficie útil = 500 m ²	42	42	47	53	66	78
Superficie útil = 1000 m ²	41	41	46	51,5	63	74
Superficie útil = 5000 m ²	40,2	40,2	45,2	50,3	60,6	70,8
Superficie útil = 10000 m ²	40,1	40,1	45,1	50,15	60,3	70,4

Figura 66. Tabla comparativa del consumo máximo de energía primaria en relación a la superficie. Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos del CTE 2013.

Pongamos un ejemplo que sirva para analizar las diferencias de exigencias. Un mismo edificio de vivienda tipo unifamiliar situado en Valladolid (Zona Climática D2) y con una superficie de 100 m², 500m² y 1000m². Si cuantificamos su limitación de consumo según el CTE 2013 obtendríamos unos valores límite de 90, 66, 63 kWh/m²·año respectivamente.

Por el contrario, el CTE versión 2018 tiene en cuenta para la caracterización de la exigencia, aparte de su localidad de ubicación y el uso como en la versión 2013, la zona climática exclusiva de invierno y no tiene en cuenta la superficie del edificio, siendo esto último una gran diferencia.

Tabla 3.2.a - HE0
Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kw-h/m²·año] para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	40	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado y reformas	55	75	80	90	105	115
En territorio extrapeninsular se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15						

Figura 67. Tabla de consumo máximo de energía total. Fuente: CTE DB-HE 2018 (borrador).

Si consideramos la misma casuística que en el ejemplo anterior la limitación de consumo total máximo sería siempre 76 kWh/m²·año, sea cual sea la superficie del edificio. Este valor máximo de consumo coincide exactamente con el valor límite para un edificio de 187,5 m² considerando los parámetros del CTE 2013. Es decir que para una vivienda unifamiliar considerada de una superficie media normal, unos 200 m² el CTE 2013 es más exigente que el CTE 2018.

A priori podríamos considerar esto como un sinsentido o pensar, ¿Dónde está la mejora energética? o ¿Dónde está el compromiso con Europa y con sus objetivos?

La clave, como ya se ha dicho en páginas anteriores, reside en la limitación de consumo de energía primaria **NO** renovable, es decir, la energía que consume el edificio directamente de la red, necesitando apoyo obligatorio de energía renovable producida in situ. De este modo el consumo de energía primaria **NO** renovable quedaría limitado por 38 kWh/m²·año apoyado hasta el consumo total de 76 kWh/m²·año por energía renovable. Esta idea se refleja en la siguiente gráfica.

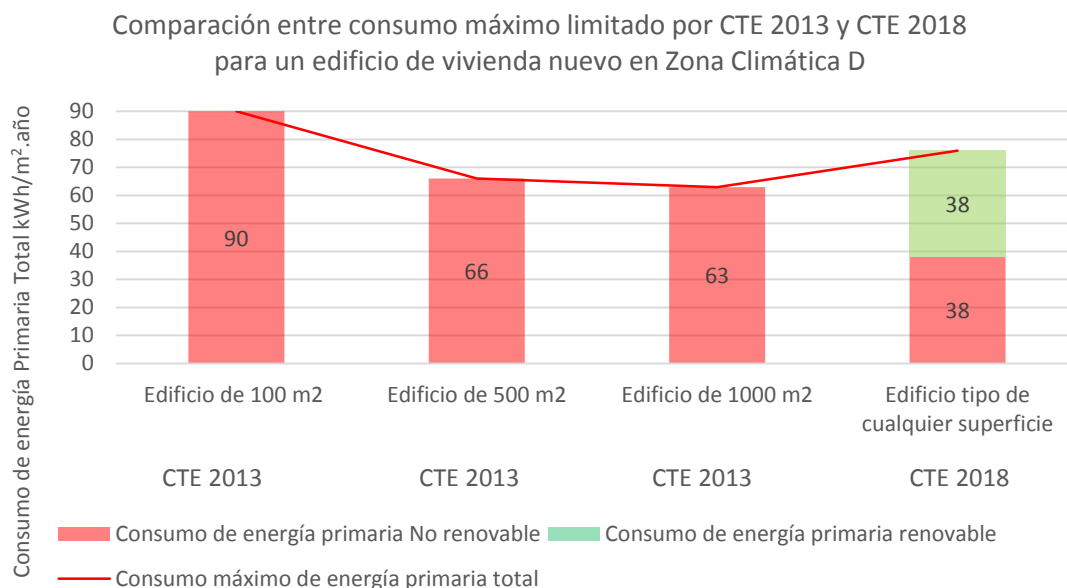


Figura 68. Tabla de comparación entre consumo máximo limitado por CTE 2013 y CTE 2018 para un edificio de vivienda nuevo en Zona Climática D. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del CTE 2013 y del CTE DB-HE 2018 (borrador).

A parte de la comparación las limitaciones de consumo máximo estipuladas en el CTE 2013, es interesante compararlas con las recomendaciones hechas por Europa en el documento de recomendaciones (UE) 2016/1318 de la comisión de 29 de julio de 2016.

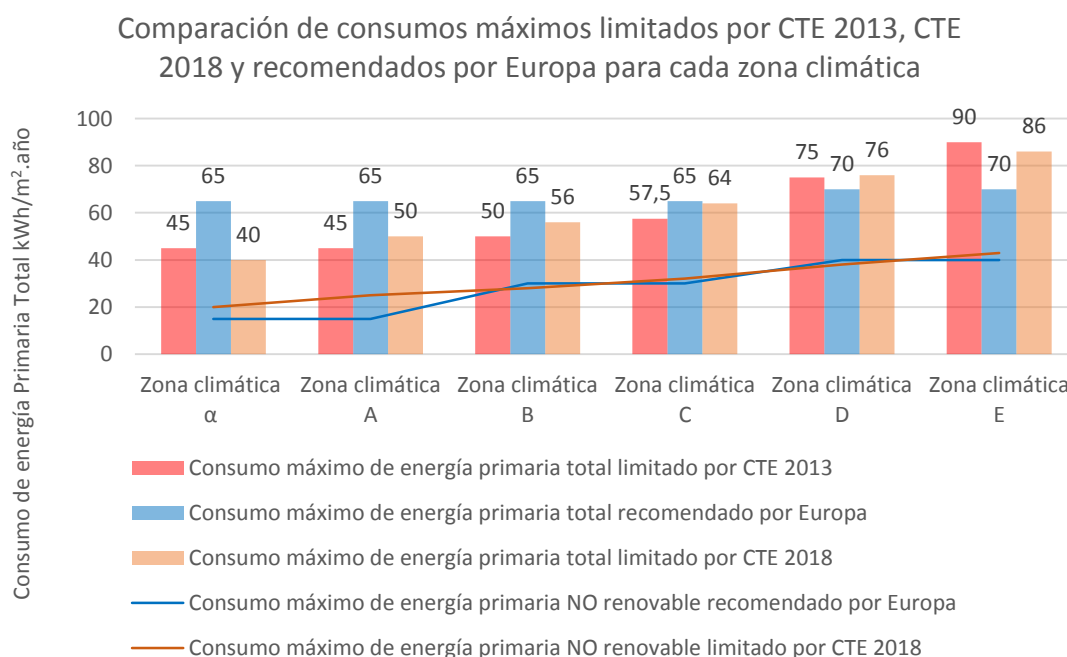


Figura 69. Gráfico de comparación de consumos máximos limitados por CTE 2013, CTE 2018 y recomendados por Europa para cada zona climática. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del CTE 2013, del CTE DB-HE 2018 (borrador) y de Directiva 2010/31/UE

Para poder comparar las exigencias de las dos versiones del CTE y las recomendaciones de Europa, todo con sus diferentes zonas climáticas, estipulando a efectos de cálculo una superficie aproximada de 200 m² que es lo que podría tener una vivienda unifamiliar considerada normal, se propone la anterior gráfica.

En ella se puede observar lo comentado anteriormente. Si comparamos los consumos máximos permitidos de energía primaria total vemos que el ahorro de consumo con respecto a las exigencias anteriores (CTE 2013) es mínimo o nulo según la zona climática analizada.

Si se analizan los porcentajes de mejora o empeoramiento de las limitaciones de las recomendaciones europeas y del CTE 2018 para cada zona climática, tomando como referencia el consumo máximo estipulado en el CTE 2013, es decir que esos valores sean el 100%.

Zona Climática	α	A	B	C	D	E
CTE 2013	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Europa	+44,44 %	+44,44 %	+30 %	+13,04%	-6,6 %	-22,2 %
CTE 2018	-11,1 %	+11,1 %	+12 %	+11,3 %	+1,3 %	-4,44 %
Porcentaje de consumo máximo de energía primaria total con respecto al establecido por el CTE 2013						

Figura 70. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta exclusivamente el consumo de energía primaria total, el titular no sería tan atractivo y no vendería lo mismo, pero como ya se ha dicho en el punto anterior, la clave está en la limitación del consumo de energía primaria **NO** renovable, por lo tanto la tabla de comparación quedaría más “verde”.

Zona Climática	α	A	B	C	D	E
CTE 2013	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Europa	-66,66 %	-66,66 %	-40 %	-47,82 %	-46,66 %	-55,55 %
CTE 2018	-55,55%	-44,44 %	-44 %	-44,34 %	-49,33 %	-52,22 %
Porcentaje de consumo máximo de energía primaria NO renovable con respecto al establecido por el CTE 2013						

Figura 71. Tabla de porcentaje de consumo máximo de energía primaria total y energía primaria NO renovable con respecto al establecido por el CTE 2013. Fuente: Elaboración propia.

Con esta mejora se supone que se tiene que cumplir los objetivos europeos estipulados para el 2020, conseguir para el 31 de Diciembre del 2020 una reducción del 20% la emisión de gases de efecto invernadero con respecto a los emitidos en el año 1990, aumentar en un 20% la producción de energía primaria de origen renovable y reducir en un 20% el consumo de energía utilizando diferentes estrategias de eficiencia energética, ya sean en hábitos de las personas o por la utilización de tecnología más eficiente.

4.8 - ¿CÓMO SABER SI EL EDIFICIO CUMPLE LAS CONDICIONES EXIGIDAS?

4.8.1 - SISTEMA DE CERTIFICACION ENERGÉTICA ACTUAL

Se puede divagar hasta límites insospechados entre qué es la eficiencia energética, o qué es un edificio eficiente energéticamente o que no. Pero llegado un momento se hace necesaria la existencia de una serie de parámetros fijos para poder comparar la eficiencia de unos edificios con la de otros.

De este modo, desde la publicación de la directiva Europea 2010/31/UE tan mencionada en este texto, en España se sigue un criterio para la valoración de lo eficiente o poco eficiente que es un edificio. Este método se basa en la redacción de un documento oficial redactado por un técnico competente en la materia, en el cual se recogen todas las características y la información de índole energética que pudiera tener el edificio.



Figura 72. Icono de la clasificación estipulada por el sistema de certificación energético actual. Fuente: Google imágenes.

Con estos datos se le puede calificar energéticamente en relación a su consumo anual suponiendo un uso considerado como normal. Es importante especificar que, a parte de las especificaciones físicas del edificio, se tienen en cuenta las consideraciones de consumo energético, las cuales abarcan la iluminación, la producción de A.C.S., la calefacción, la refrigeración y la ventilación.

Con toda esta información se emite una etiqueta de calificación energética expresada con una letra (A, B, C, D, E, F y G) y basada en la comparación con otros edificios existentes de similares características, que puede variar desde los edificios menos eficientes asignándoles la letra G, hasta los más eficientes asignándoles la letra A.

Como todo, presenta algún pequeño inconveniente. Uno de ellos es el hecho de basarse para obtener la calificación en las emisiones de CO₂ y no tener en cuenta el consumo máximo de energía no renovable, además tampoco contempla un aporte mínimo de energías renovables.

4.8.2 - CERTIFICADOS O SELLOS VERDES

Son un tipo de certificaciones que surgieron con anterioridad a la mayoría de métodos de certificación energética oficiales los cuales se emiten a través de ciertas empresas con alcance europeo e incluso internacional. Estas empresas, hoy en día cuentan con una reputación respetada y respaldada por muchos países. Aunque su foco de atención varíe de una empresa a otra, su objetivo principal se centra en analizar la sostenibilidad de un edificio, otorgándole el sello verde pertinente si supera los requisitos estipulados y situándole en una clasificación particular de cada sello. Este sello verde significa una distinción sobre otros edificios.

De este modo existen numerosas empresas de este tipo, y por consiguiente, numerosos sellos verdes. Sin querer entrar en profundidad a analizar cada uno de ellos, sí que parece importante nombrar alguna de sus características comunes, como por ejemplo el hecho de que cada sello tiene su propia metodología y analiza sus propios parámetros para determinar la eficiencia energética del edificio puntualizando cada aspecto valorado. Alguno de los sellos más importantes son los siguientes.



Figura 73. Logo de la certificación LEED. Fuente: Google imágenes.

4.8.2.1 - CERTIFICACIÓN LEED®

Las siglas LEED significan Leadership in Energy & Environmental Design, o en español Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible. Esta empresa fomenta el diseño desarrollo y construcción de edificios basados en filosofías sostenibles y de alta eficiencia energética. Actúa sobre todo en Estados Unidos basándose en sus criterios y normativa propia.

Centra su atención en la valoración de cinco aspectos, el emplazamiento sostenible, el ahorro de agua, la eficiencia energética, la selección de materiales y la calidad medioambiental. Sobre estos aspectos elabora una puntuación para el edificio analizado y establece su clasificación.



Figura 74. Logo de la certificación BREEAM. Fuente: Google imágenes.

4.8.2.2 - CERTIFICACIÓN BREEAM®

Sus siglas significan Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, teniendo origen en el año 1990 en Reino Unido, es el equivalente inglés al certificado LEED y es considerado como el certificado más avanzado.

Evalúa básicamente 10 aspectos, la Energía, la Innovación, la Gestión, la Salud y el Bienestar, el Transporte, el Agua, los Materiales, los Residuos, el Uso ecológico del suelo y la Contaminación. Posteriormente establece una puntuación del edificio con la característica de que relativiza la importancia de cada aspecto evaluado en cada situación concreta para ponderar su puntuación, es decir, que hay aspectos que en una situación pueden tener más importancia que otros por lo que se proporciona esa puntuación en relación con la importancia.

Su finalidad es la común a todos los certificados, persiguiendo la sostenibilidad de la construcción con beneficios ambientales y sociales pero también económicos. Cabe reseñar esto último puesto que dota de importancia al aspecto económico, de manera que se obtenga una mayor rentabilidad del proceso constructivo.



Figura 75. Logo de la certificación VERDE. Fuente: Google imágenes.

4.8.2.3 - CERTIFICACIÓN VERDE®

Este sello otorga una distinción al edificio asegurando que su diseño, construcción y utilización reduce el impacto que éste pudiera tener sobre el medio ambiente.

Se rige por unas características concretas como la incorporación de medidas de reducción de contaminación, desperdicio e implementación de la reutilización y el reciclaje, la creación de un diseño que permita la adaptación a un entorno en constante cambio.

Además considera la utilización eficiente de la energía siendo gran parte de ella energía renovable como por ejemplo la energía eólica o la energía solar, utilización eficiente del agua y otros recursos disponibles, utilización de materiales no tóxicos, éticos y sostenibles.

También persigue la buena calidad del aire ambiental en los interiores teniendo en cuenta al medio ambiente y la calidad de vida de los ocupantes en el diseño, construcción y utilización.

Para conseguir alcanzar esas metas basa su metodología en varios criterios que, aunque puedan ir variando a lo largo del tiempo, se puede considerar la energía y la atmósfera, los recursos naturales, La calidad del ambiente interior del edificio, la innovación del proyecto y su parcela situación y emplazamiento.

Con todas estas estrategias se pueden llegar a conseguir beneficios bastante interesantes como por ejemplo construir edificios eficientes en recursos con un consumo de agua y energía reducido, además de un coste operativo menor. Al consumir menos también reducen las emisiones de gases de efecto invernadero dotando al edificio de un valor inmobiliario añadido.

A modo de pequeña reflexión y para relacionar este punto con los edificios nZEB, un edificio clasificado según el sistema de certificación energética actual con una letra A, es decir, el más eficiente de la clasificación actual, no puede considerarse directamente como edificio nZEB, puesto que en la mayoría de los casos no lo será. Por el contrario, un edificio nZEB siempre tendrá una clasificación energética tipo A, al menos con la clasificación actual.

En el caso de los sellos verdes sucede algo parecido pero no del todo igual. Un edificio con un sello verde no puede considerarse directamente como un edificio nZEB, puesto que, aunque pudiera darse el caso de serlo, en estos se consideran muchos más factores. Igualmente, un edificio nZEB, aunque tenga una eficiencia energética muy alta tampoco tiene que ser necesariamente un edificio verde, aunque también podría serlo.

Por lo tanto nos encontramos ante un sistema de clasificación por medio de empresas privadas, las cuales certifican según sus propios criterios lo sostenible que es un edificio. De este modo el sello actúa casi de “marca” para indicar a la sociedad que el edificio que se les presenta cumple una serie de requisitos que la mayoría desconocen.

4.9 - ¿FUNCIONA LA TEORÍA?

ESTÁNDARES DE REFERENCIA - EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

Si se hace un repaso de los anteriores puntos del texto se pueden ver innumerables valores, cifras, máximos, mínimos, limitaciones, exigencias, porcentajes de mejora... Pero, ¿cómo sabemos que todo eso se va a poder llevar a la práctica y que además va a funcionar tal y como esperamos?

Para estar seguros de que todo funciona, habría que hacer una buena cantidad de ensayos, pruebas y mediciones. Esto en realidad se lleva a cabo, pero en la mayoría de las ocasiones se realiza en laboratorios con condiciones ideales, y por desgracia en muchos de ellos sólo es posible experimentar con partes del conjunto que forma el edificio nZEB, y para circunstancias y temas concretos. Con esto quiero decir que en pocos laboratorios se puede construir un edificio nZEB en su interior para su análisis y prueba, y aunque esto fuera posible, en esos estudios no se puede llegar a un análisis válido al 100 %.

Lo ideal sería analizar casos reales, monitorizando al edificio y a todos sus componentes durante un período de tiempo suficiente para saber con rotundidad que es capaz de afrontar condiciones ambientales y climatológicas reales. Estos análisis serían más válidos puesto que sufrirían el contacto con la realidad, desde el proyecto hasta todo lo que la “jungla” de la obra conlleva. También sería muy interesante poder analizar un factor determinante en este tipo de edificios, la vida cotidiana del usuario dentro de ellos, como vive, como lo utiliza, si las condiciones de confort planteadas son suficientemente buenas... Estos últimos puntos sería inconcebible analizarlos en un laboratorio aunque se construyese un edificio nZEB dentro.

Pues bien, es cierto que existen multitud de programas, plataformas y aplicaciones digitales de simulación energética, pero ninguno de ellos es tan fiable como la propia experiencia y análisis sobre un ejemplo real. Por ello hay que considerar que en la actualidad existen varios estándares de construcción que se asemejan mucho a la filosofía que mantiene el edificio nZEB como por ejemplo el famoso Estándar PassivHaus, el Estándar Effinergie (Variante francesa del Passivhaus), el Estándar CasaClima (Variante italiana del Passivhaus) o el Estándar Minergie-ECO (Estándar suizo de edificios de bajo consumo).

En ellos se estipulan procedimientos concretos de construcción y requerimientos específicos sobre todo de índole energética que bien pueden recordar a los planteados para los edificios nZEB. Normalmente se centran en 3 puntos:

1 - Requisitos energéticos mínimos, como por ejemplo la limitación de demanda de calefacción, refrigeración o la estipulación de valores máximos de consumo para los distintos tipos de energías

2 - Estrategias y soluciones técnicas para conseguir los objetivos del estándar

3 - Herramientas concretas para el cálculo y la verificación de los objetivos como softwares informáticos específicos diseñados para cada estándar

Figura. Enumeración de los puntos comunes en los cuales se centran los estándares de construcción de alta eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.

Posiblemente el estándar más estudiado y probado y que se asemeja enormemente a la filosofía que mantiene el edificio nZEB, de hecho posiblemente sea el estándar que más se parece, es el “Estándar Passivhaus”.

Este estándar es tan válido y reconocido, que siendo además tan parecido a la definición de edificio nZEB, muchos países de la Unión Europea utilizan como base su dinámica para transponer la directiva europea de eficiencia energética a su normativa nacional propia, incluso algunos equiparan directamente la metodología del estándar passivhaus a la del edificio nZEB. Pero ¿qué es realmente “Passivhaus”?

El concepto nace en Alemania a finales de los años 80 fruto de las investigaciones de Wolfgang Feist²⁵ y Bo L. Adamson²⁶, para hacer frente a los grandes consumos que experimentan las viviendas alemanas en las épocas invernales.

Hay diferencias a la hora de estipular cuál es el primer edificio considerado Passivhaus de la historia, pero la mayoría de los autores aseguran que la primera vez que se construye con este estándar en el año 1990 con una promoción de 4 viviendas pareadas ubicadas en Darmstadt, en la propia Alemania. Unos años después del éxito de este “experimento”, más concretamente en el año 1996, Wolfgang Feist funda con ayuda de Bo L. Adamson el Passive House Institute (PHI)²⁷.

Es una palabra alemana passiv – hauss, “casa pasiva” que tiene como objetivo la reducción de la demanda de calefacción, refrigeración, producción de ACS e iluminación en un orden aproximado entre el 75 % y el 90 % adoptando una serie de medidas para conseguirlo. En el fondo no es muy diferente de las intenciones perseguidas por un edificio nZEB, por eso regiones como Luxemburgo, Oslo, Bruselas o Hamburgo, las cuales tienen climas estables en toda su superficie durante todo el año, utilizan estas medidas para la concepción de edificios nZEB.

²⁵ Wolfgang Feist es un físico alemán especializado en la física que interviene en el proceso de la construcción. Es considerado el padre del estándar Passivhaus y fundador del Passivhaus Institute.

²⁶ Bo L. Adamson es un ingeniero sueco el cual centró sus investigaciones en la construcción, más concretamente en materia de eficiencia energética. Además es co-fundador del estándar Passivhaus y del Passivhaus Institute.

²⁷ El Passivhaus Institute es una institución de investigación que lidera en el campo de los edificios pasivos promoviendo este tipo de edificios mundialmente.



Figura 76. Fotografía de la considerada como la primera casa Passivhaus de la historia en Darmstad. Fuente: Google imágenes.

El estándar de estos edificios se basa principalmente en 5 principios básicos para lograr esas metas:

1 - Aislamiento térmico o súper aislamiento tal y como lo denominan algunos autores

Al igual que en los edificios nZEB lo más importante es trabajar sobre la envolvente, y el punto más importante a tratar es el aislamiento térmico. Hay que utilizar aislamientos continuos de gran calidad y eficiencia conformando granes espesores en comparación con los espesores de aislamiento actuales.



Figura 77. Icono representativo del aislamiento térmico continuo. Fuente: Google imágenes.

2 - Ausencia de puentes térmicos

Como consecuencia del punto anterior pueden aparecer puntos débiles de la envolvente por los cuales se pueden generar pérdidas energéticas (además de otros problemas asociados como condensaciones).

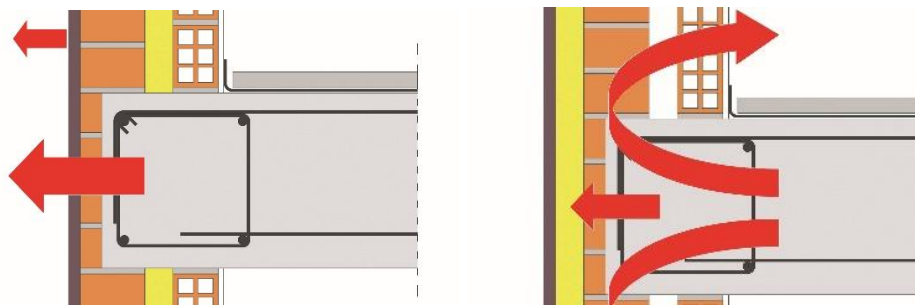


Figura 78. Esquemas de funcionamiento de un puente térmico. Fuente: www. weber.es

Se suelen focalizar en encuentros de diferentes sistemas constructivos, en cambios de plano, en cambios de materialidad o en definitiva en cualquier punto no aislado convenientemente. Aquí la importancia de la “continuidad” del aislamiento por toda la envolvente.

3 - Hermeticidad al aire exterior

Es importante dificultar o evitar la entrada de aire del exterior al interior del edificio. Una infiltración de aire puede ser casi tan perjudicial a nivel energético como un puente térmico, habiendo un intercambio directo entre aire frío y caliente o viceversa. Este punto se acomete principalmente desde la buena ejecución de materiales y sistemas cuyos encuentros hay que vigilar especialmente.

4 - Ventilación mecánica con recuperador de calor

Al ser el edificio tan hermético es perjudicial abrir las ventanas para ventilar como se ha hecho tradicionalmente a lo largo de la historia. Este tipo de edificios hay que ventilarlos mecánicamente de una forma controlada, de este modo el edificio puede calefactarse y refrigerarse por medio de la ventilación mecánica añadiendo al sistema un recuperador de calor. Este recuperador de calor aprovecha la temperatura o mejor dicho, la energía del aire interior que se va a expulsar en la ventilación y cede o absorbe energía del aire nuevo introducido (dependiendo si es para calefactar o refrigerar) ahorrando una gran cantidad de energía al eliminar la necesidad de tratar ese aire exterior nuevo.

5 - Carpinterías de altas prestaciones, puertas y ventanas

Normalmente los huecos de la envolvente como puertas y ventanas son los puntos más débiles desde el punto de vista del aislamiento térmico. Pues precisamente en estos puntos es en los que más énfasis hay que poner si se quiere conseguir un buen aislamiento térmico general de la envolvente. Para ello hay que recurrir a carpinterías de altas prestaciones con vidrios dobles o incluso triples de baja emisión con gas en sus cámaras. Pero no solo hay que tener en cuenta su aislamiento térmico o sus coeficientes de transmisión térmica, sino que, como ya se ha dicho en este tipo de edificios tiene gran importancia la hermeticidad al aire exterior, por ello las carpinterías de este tipo de edificios deben garantizarla empleando buenas juntas de estanqueidad siendo en muchas ocasiones dobles.

Aunque en la gran mayoría de artículos, manuales o publicaciones en general se habla de los 5 principios anteriores, hay autores como Javier Crespo Ruiz de Gauna, Presidente de la Plataforma de Edificación Passivhaus, añaden otros dos principios a la lista de los 5 anteriores en la “Guía del Estándar Passivhaus – fenercom – 2011”:

6 - Optimización de las ganancias solares y del calor interior

“Aprovechamiento de las ganancias de calor internas generadas por las personas, los electrodomésticos y la iluminación forman parte del balance energético del edificio. De igual modo la protección en verano frente al exceso de radiación solar es imprescindible.”

7 - Modelización energética de ganancias y pérdidas

“La modelización energética de ganancias y pérdidas se realiza mediante un software específico: el PHPP (PassivHaus Planning Package). Se trata de un programa bastante sencillo e intuitivo basado en hojas EXCEL que se emplea para ajustar los cálculos térmicos a las características del estándar Passivhaus.”

Este Estándar tiene sus limitaciones cuantificadas como los Edificios nZEB



Figura 79. Diagrama resumen de exigencias del estándar Passivhaus. Fuente Google imágenes.

Calefacción – Se puede optar por una de las dos opciones siguientes:

La demanda de calefacción no puede superar los 15 kWh/m²·año

La carga de cálculo de calefacción no puede superar los 10 kWh/m²·año

Refrigeración – Se puede optar por una de las dos opciones siguientes:

La demanda de refrigeración no puede superar los 15 kWh/m²·año

La carga de cálculo de refrigeración no puede superar los 10 kWh/m²·año

Energía Primaria – En este estándar para calcular la energía primaria total computa la calefacción, la refrigeración, el ACS (agua caliente sanitaria), la energía auxiliar y la electricidad:

La energía primaria total tiene que ser menor de 120 kWh/m²·año

Hermeticidad o estanqueidad al aire. La estanqueidad debe ser tal que se pueda confirmar mediante el test de presurización correspondiente con una presión y depresión de 50 pascales, que el valor obtenido es inferior a 0,6 renovaciones por hora.

4.9.1- -TABLA RESUMEN COMPARATIVA ENTRE ESTÁNDAR PASSIVHAUS Y EDIFICIO nZEB o CTE 2018 (vivienda)

Zona climática	Estándar PassivHaus	Recomendaciones Europeas				Edificios nZEB – CTE 2018					
		Medit.	Oceán	Cont.	Nórd.	α	A	B	C	D	E
Demanda de calefacción kWh/m ² ·año	<15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Demanda de refrigeración kWh/m ² ·año	<15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumo máximo de energía primaria total kWh/m ² ·año	120	50-65	50-65	50-70	65-90	40	50	56	64	76	86
Consumo máximo de energía primaria NO renovable kWh/m ² ·año	-	0-15	15-30	20-40	40-65	20	25	28	32	38	43
Consumo máximo de energía primaria renovable kWh/m ² ·año	-	50	35	30	25	20	25	28	32	38	43
Hermeticidad al aire	<0.6/h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Condición	VOLUNTARIO	RECOMENDACIÓN				OBLIGATORIO					

Figura. Tabla resumen comparativa entre estándar Passivhaus y edificio nZEB

4.10 - EJEMPLOS DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO CONSTRUIDOS

La eficiencia energética es algo que se ha perseguido desde hace gran cantidad de tiempo, no solo en el ámbito de la Arquitectura, sino en muchos otros. Ya incluso en las revoluciones industriales sucedidas a lo largo de la historia se puede apreciar esa esencia, puesto que no las provocó otro afán más que conseguir producir de manera más barata y rápida y por lo tanto más eficiente.

Por lo tanto la Arquitectura y la Construcción han ido evolucionando en muchas de sus componentes con una tendencia clara hacia ese aspecto. En primer lugar las motivaciones eran en materia de eficacia para posteriormente con el avance tecnológico, convertir esa ansia de conseguir la eficacia en eficiencia.

Ese espíritu de constante innovación y añadido a todas consideraciones que en este texto se presentan, hace que surjan ejemplos de edificios de consumo casi nulo como los mostrados en las siguientes páginas, el edificio CARTIF III, el edificio LUCIA, la casa EL PLANTIO y el aulario IndUVA. Alguno de ellos está basado en el estándar Passivhaus pero lo que está claro es que todos ellos son un buen ejemplo de hacia dónde tiene que dirigirse la Arquitectura de la eficiencia.

En el caso del edificio LUCIA y del aulario IndUVA se pueden comparar los valores de consumo de energía primaria total que nos aportan las tablas extraídas del manual “E3CN – ESTRATEGIAS PARA EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA” con los valores máximos de consumo de energía primaria establecidos en el CTE 2018. A parte de esto, se puede apreciar que todas hacen hincapié como viene siendo normal en este tipo de edificios, en unas contundentes medidas pasivas y en la utilización de energías renovables para la producción energética de apoyo.

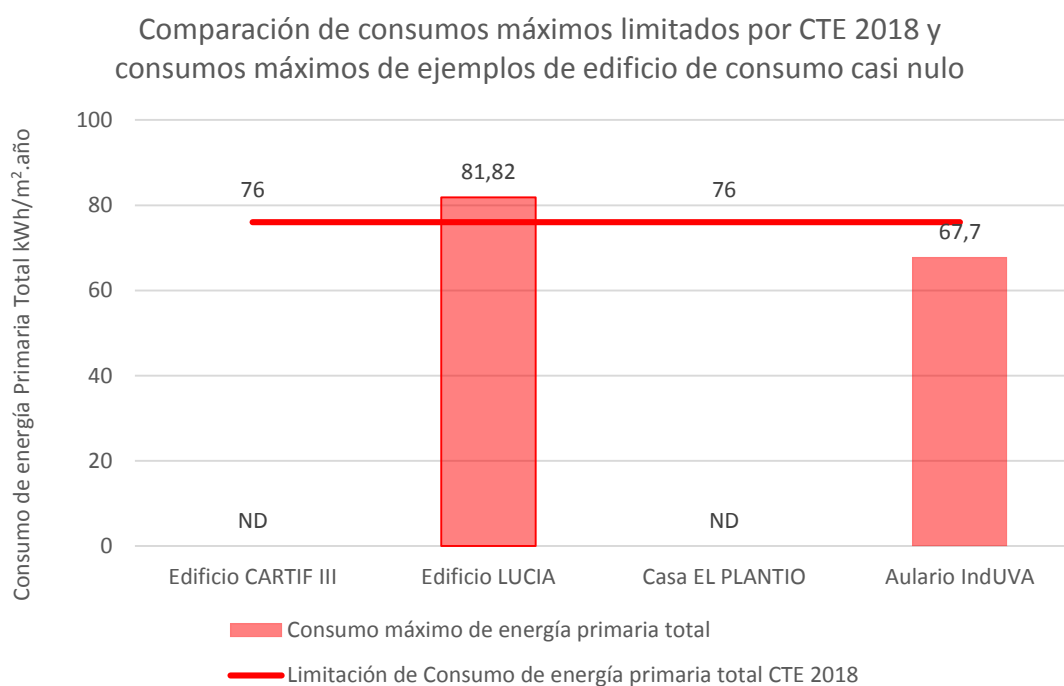


Figura 80. Gráfico de comparación de consumos máximos limitados por CTE 2018 y consumos máximos de ejemplos de edificio de consumo casi nulo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos del Manual E3CN.

Nombre del Edificio:	CARTIF III		Año de Construcción:	2011
Ubicación:	Ciudad:	BOECILLO	Provincia:	VALLADOLID
	País:	ESPAÑA	C. Autónoma:	CASTILLA Y LEÓN
Tipología:	EDIFICIO TERCIARIO		Zona Climática (Esp):	D2
			(Internacional)	
			Método de Cálculo:	



Imágenes: Sonia Álvarez

DATOS BÁSICOS:		ENERGÍA:	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	4.075,00 [m ²]	Demanda de Calefacción:	17,62 [kWh/m ² año]
Coste total:	4.645.758,37 €	Demanda de Refrigeración:	6,18 [kWh/m ² año]
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:	
Promotor:	FUNDACIÓN CARTIF	Potencia Calefacción Instalada:	68,00 [W/m ²]
Proyectista:	D. EDUARDO INSUELA GONZÁLEZ	Potencia Refrigeración Instalada:	18,11 [W/m ²]
Empresa Constructora:	DRAGADOS	Energía aportada:	[kWh/m ² año]
Otros Técnicos:	JEFATURA DE OBRA: 1A INGENIEROS		
DATOS CONSTRUCTIVOS:		INSTALACIONES:	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: Geotermia (bomba geotérmica agua-agua reversible con una potencia nominal de 57.36 kW de calor, 73.8 kW de frío, un COP de 3.18 y EER de 4.99; 15 sondas geotérmicas de doble U de polietileno de 100m con solución de agua/glicol), y biomasa (caldera de biomasa, pellets/astillas, con potencia nominal 220kW, modulable del 25% al 100%).	
Muro: Sótano: Hormigón armado H25 200mm con poliestireno (EPS) 20mm. U=0,207 [W/m ² .K] Fachada SO y SE: Termoarcilla (300x140x190mm); Lana mineral 50mm; paneles de aluminio. U=0,452 [W/m ² .K] Fachada SE: Hormigón HTC12; aislamiento EPS 50mm; termoarcilla (300x140x190); paneles piedra natural. U=0,453 [W/m ² .K]; Fachada NE (parte superior): Hormigón HTC12 con cámara de aire; paneles compuestos acero galvanizado 5cm. U=0,336 [W/m ² .K]		Sistema de Producción ACS: Caldera de biomasa indicada para calefacción. Sistema por acumulación, con sistema de regulación automática, con válvula termostática para su distribución. Interacumulador de 200 l.	
Cubierta: Cubierta plana invertida transitable: U=0,339 [W/m ² .K] -Forjado placa alveolar con capa de compresión (25+10); -Hormigón aligerado formación pendiente; -Lámina impermeabilizante de PVC P 1,2mm; -Plancha rígida machiembreda poliestireno extruido 3cm (0,034W/m.K); -Losa de hormigón poroso: hormigón e=4cm + aislamiento de poliestireno extruido e=5cm (0,034 W/m.K).		Sistema de Refrigeración: Geotermia. Climatizadores con unidades de aire. Suelo radiante&referscante. Free-cooling en naves.	
Suelo: Sótano: Encachado grava 40/80 mm; Lámina polietileno 1mm; Solera hormigón armado HA-25, 200mm. Interior: Baldosa gres compacto; mortero de cola; capa nivelación. u-value = 0,64 / 0,81 [W/m ² .K]		Sistema de Ventilación: Climatizador con batería de frío/calor, free-cooling, caja de mezcla, recuperador de energía, enfriamiento adiabático, filtros y preinstalación para sistemas desecantes.	
Carpintería: Muro cortina: doble cristal con cámara de aire (6/12/6). u=1,517 [W/m ² .K] Oficinas: aluminio con rotura puente térmico. u-value = 1,995 [W/m ² .K]		Sistemas de Renovables: Geotermia. Biomasa. Fotovoltaica.	
Vidrio: u-value = 1,6 [W/m ² .K] g-value = 50% / 50%		Sistemas de Autoconsumo: Instalación solar fotovoltaica 45KW	
Valor U envolvente: [W/(m ² .K)]		Otra información: Ventilación: Conductos de climaver por las zonas internas y chapa de aluminio por el exterior. Difusión por difusores rotacionales y rejillas. Caudal de cada estancia se regulable con compuertas de caudal variable en cada estancia.	
Otra información: Hermeticidad n50 = 1 / 2,23 ren./hora. Test de blower door.			
CALIFICACION ENERGÉTICA:	SELLOS / CERTIFICADOS VERDES	DATOS MEDIOAMBIENTALES:	
	Tipo	Puntuación	Emisiones de GEI: [kgCO ₂ /m ² año]
			Consumo de energía: [kWh/m ² año]
			OTROS DATOS:
			CARTIF III formó parte del proyecto europeo DIRECTION, cuyo límite de consumo (energía primaria) tenía que estar por debajo de 60 kWh/m ² . año

Figura 81. Fuente: Página 322 del Manual E3CN.

Nombre del Edificio:	Edificio LUCIA		Año de Construcción:	2012
Ubicación:	Ciudad: VALLADOLID	Provincia: VALLADOLID	Zona Climática (Esp):	D2
	País: ESPAÑA	C. Autónoma: CASTILLA Y LEÓN		
Tipología:	EDIFICIO TERCIARIO		Método de Cálculo:	

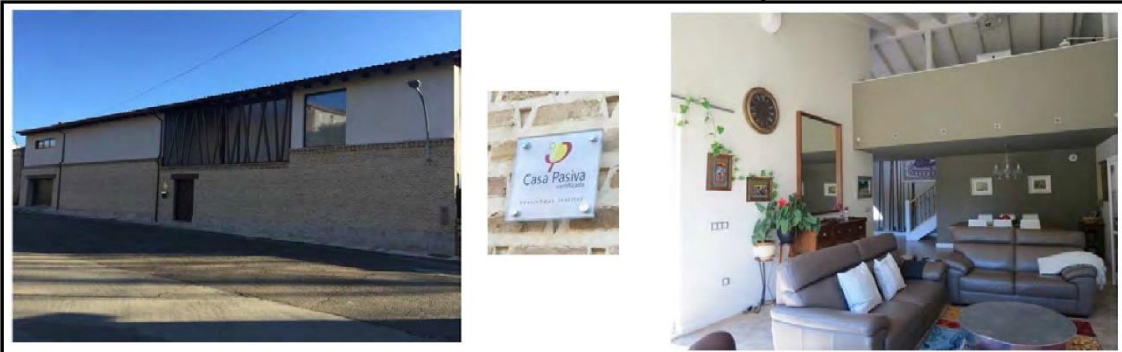


Imágenes: Carlos Arriaga; Laboratorio Fotogrametría Arquitectónica (LFA)

DATOS BÁSICOS:		ENERGÍA:	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	7.500,00 [m ²]	Demanda de Calefacción:	6,02 [kWh/m ² año]
Coste total:	8.560.000,00 €	Demanda de Refrigeración:	83,22 [kWh/m ² año]
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:	
Promotor:	Universidad de Valladolid	Potencia Calefacción Instalada:	[W/m ²]
Proyektista:	Francisco Valbuena García	Potencia Refrigeración Instalada:	[W/m ²]
Empresa Constructora:	Constructora San José SA	Energía aportada:	[kWh/m ² año]
Otros Técnicos:			
DATOS CONSTRUCTIVOS:		INSTALACIONES:	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: <input type="checkbox"/> Caldera de biomasa de 85% de rendimiento respecto al PCS <input type="checkbox"/> Fan coils locales a 4 tubos para la climatización de cada local. Cada fan coil dispone de la potencia prevista en proyecto en cada estancia, o la suma de potencia de todos los fan coils cuando se han unido varias salas	
Muro: Cerramiento ciego prefabricado a partir de un panel aligerado de hormigón armado de 160 mm. de espesor con un alma intermedia de poliestireno expandido de densidad 20 kg/m ³ y espesor de 60 mm. En los pasos de forjado el canto de éstos se chapará con una placa de XPS de al menos 40 mm de espesor para evitar puentes térmicos. Al interior de estos paneles se coloca un trasdosado autoportante con un aislante natural de fibra de madera de densidad media 50kg/m ³ y 140 mm de espesor y cámara de aire de 40 mmm.		Sistema de Producción ACS: <input type="checkbox"/> Caldera de biomasa	
Cubierta: Plana invertida con una capa de aislamiento de placas de Poliestireno Extruido XPS de 35kg/m ³ con un espesor total de 20 cm y capa vegetal específica para distintas variedades de Sedum autóctono con espesor máximo de 10 cm. En las zonas de paso para mantenimiento se sustituye la capa vegetal por losa prefabricada aislante con base de poliestireno extruido de 60 mm de espesor y capa superior pisable de 35 mm con alta reflectividad y absortancia 0,1.		Sistema de Refrigeración: <input type="checkbox"/> Equipo de absorción de eficiencia energética 0,7 como producción primaria. Potencia 176 kW <input type="checkbox"/> Enfriadora convencional suplementaria refrigerada por aire. Potencia instalada 232,7 kW, EER 3.3 <input type="checkbox"/> Torre de refrigeración con ventiladores con variador de velocidad	
Suelo: Planta baja: sobre el forjado de placas alveolares, aislante rígido de poliestireno extruido XPS de densidad 35 kg/m ³ de 10 cm, lámina galga de polietileno y solera autonivelante de 5 cm y suelo elevado registrable.		Sistema de Ventilación: Unidad exterior de ventilación 100% exterior a caudal constante que suministra aire "neuro". El calor y el frío de asociados a la ventilación son proporcionados por esta unidad.	
Carpintería: Aluminio anodizado en su color con triple cámara (doble rotura de puente térmico) mediante pletinas internas de poliamida de 32-34, y coeficiente de transmisión menor de 1.60 W/m ² K.		Sistemas de Renovables: Se apoya al sistema de ventilación con tubos geotérmicos (o pozos canadienses) en el exterior del edificio. Este sistema, que aclimata el aire exterior de forma natural antes de introducirlo en el sistema, tiene una aportación energética de 25.000 kWh térmicos.	
Vidrio: Guardian Float Extraclear 6.00 mm, Cámara aire 16 mm con relleno argón al 90%, Laminar 4+4.1 Climaguard Premium 8.38 mm, Factor solar 0,61, Transmiancia solar 48%. Coef. Transmisión térmica U = 1.1 W/m ² K.		Sistemas de Autoconsumo: El edificio integra dos sistemas fotovoltaicos: un muro tipo cortina de doble piel en la fachada Sur-este, y dos lucernarios sobre cada uno de los cuerpos de escaleras. La fachada de doble piel produce anualmente 5.000 kWh y los lucernarios 5.500 kWh.	
Valor U envolvente:		Otra información: En la actualidad el edificio se ha conectado a la calefacción de distrito mediante biomasa de la propia Universidad.	
Otra información: El edificio cuenta con un sistema experimental de cogeneración con biomasa, que no se ha tenido en cuenta para los valores que se ofrecen			
CALIFICACION ENERGÉTICA:		SELLOS / CERTIFICADOS VERDES	
		Tipo Puntuación	
A		VERDE	4,52 / 5
		LEED	PLATINUM
DATOS MEDIOAMBIENTALES:		Emisiones de GEI: 52,93 [kgCO ₂ /m ² año]	
		Consumo de energía: 81,82 [kWh/m ² año]	
OTROS DATOS:			
Premios: GREEN Building Solutions 2015, categoría EECN; ENERAGEN 2015, categoría edificación; Tercer premio Mediterranean Sustainable Architecture 2013			

Figura 82. Fuente: Página 320 del Manual E3CN.

Nombre del Edificio:	CASA EL PLANTIO		Año de Construcción:	2014
Ubicación:	Ciudad: CARRION DE LOS CONDES	Provincia: PALENCIA	Zona Climática (Esp):	D1
	Pais: ESPAÑA	C. Autónoma: CASTILLA Y LEÓN		
Tipología:	VIVIENDA UNIFAMILIAR		Método de Cálculo:	



Imágenes: Fuente: Estibaliz González

DATOS BÁSICOS:		ENERGÍA:	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	282,00 [m ²]	Demanda de Calefacción:	13,00 [kWh/m ² año]
Coste total:	332.760,00 €	Demanda de Refrigeración:	[kWh/m ² año]
Agentes Intervenientes:		Carga de Refrigeración:	
Promotor:	JAVIER MEDINA	Potencia Calefacción Instalada:	12,00 [W/m ²]
Proyectista:	SERGIO TORRE	Potencia Refrigeración Instalada:	[W/m ²]
Empresa Constructora:	MEDGÓN PASSIVHAUS	Energía aportada:	92,00 [kWh/m ² año]
Otros Técnicos:	JESÚS MENEDEZ		
DATOS CONSTRUCTIVOS:		INSTALACIONES:	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: Estufa de leña Scan 8 kWh Toallero en baños	
Muro: Placa de yeso de 13 mm Madera maciza de 100 mm 1 mm VCL 200 mm de aislamiento de fibra de madera Membrana transpirable de 1 mm Ladrillo de 70 mm Valor U = 0.155 W / (m ² .K)		Sistema de Producción ACS: Bomba de calor de fuente de aire Enertres	
Cubierta: Pizarras de arcilla tradicionales de 22 mm Cavidad de aire de 30 mm Membrana transpirable de 1 mm Aislamiento de fibra de madera de 240 mm 1 mm VCL Tablero de revestimiento de madera de 18 mm Valor U = 0.153 W / (m ² .K)		Sistema de Refrigeración:	
Suelo: Piso laminado de 10 mm 70 mm de solera 120 mm XPS 100 mm de hormigón armado Capa de ajuste de 190 mm Valor U = 0.229 W / (m ² .K)		Sistema de Ventilación: Brink, Renovent Excellent 400 Completar con bypass; Caudal de aire máximo de 326 m ³ / h; Precalentador de 1 kW Reducción adicional del consumo de energía auxiliar El eff. la eficiencia de recuperación de calor es del 83%.	
Carpintería: Llodiana Ventacim, Super-confort Marco de madera Alu U w-value = 0.73 W/(m ² .K)		Sistemas de Renovables:	
Vidrio: Alto rendimiento Guardian ClimaGuard 3 + 3-18-4-18-4 + 4, argón lleno Valor U g = 0.5 W / (m ² .K) g -value = 53%		Sistemas de Autoconsumo:	
Valor U envolvente: [W/(m ² .K)]		Otra información: Hermeticidad n50 = 0.4 / h	
Otra información:			
CALIFICACION ENERGÉTICA:		SELLOS/ CERTIFICADOS VERDES	
	A	Tipo	Puntuación
		PASSIVHAUS	
		DATOS MEDIOAMBIENTALES:	
		Emissiones de GEI:	[kgCO ₂ /m ² año]
		Consumo de energía:	[kWh/m ² año]
		OTROS DATOS:	

Figura 83. Fuente: Página 323 del Manual E3CN.

Nombre del Edificio:	Aulario IndUva		Año de Construcción:	2017
Ubicación:	Ciudad: VALLADOLID País: ESPAÑA	Provincia: VALLADOLID C. Autónoma: CASTILLA Y LEÓN	Zona Climática (Esp):	D2 (Internacional)
Tipología:	EDIFICIO TERCIARIO		Método de Cálculo:	

Edificio de referencia CTE		Edificio EP		Edificio EP		Edificio EP		Emisiones CO2	
Demanda	EP	Demanda	EP	Demanda	EP	Demanda	EP	kgCO2/kWh	kgCO2
kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²		
Calefacción	699,70,17	998,814,5	100	1,177,602,3	0,00				310,831,3
Refrigeración	570,517,07	340,139,5	100	864,832,8	0,00				112,588,2
Iluminación	397,634,9	100		210,279,5	0,00				35,020,5
Equipos misc	117,512,1			220,618,9					38,806,6
TOTALES	1.564,081,0	1.449,066,0		2.282,132,9	0,00				497,234,5
	319,4	319,4		466,1	466,1				101,6

Torre IndUva		Edificio EP		Edificio EP		Edificio EP		Emisiones CO2	
Demanda	EP	Demanda	EP	Demanda	EP	Demanda	EP	kgCO2/kWh	kgCO2
kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²		
Calefacción	21,553,2	100	26,412,0	0	0,0				0,0
Refrigeración	54,279,6		108,054,8		17,988,2				17,988,2
Ventiladores	119,041,8		232,807,7		38,402,8				38,402,8
Iluminación	27,440,0		53,817,8		9,082,0				9,082,0
Recuperación	4,980,0	100	9,874,8	0,00	1,624,9				1,624,9
Bombas	11,058,6		21,824,0		3,643,7				3,643,7
Equipos misc	117,512,1		220,618,9		38,806,6				38,806,6
Generación PV	-24,438,7		-47,759,3		-8,089,2				-8,089,2
TOTALES	321,393,2	321,393,2	630,738,6	0,00	102,144,9				102,144,9
	62,7	62,7	125,8	125,8	20,9	20,9			20,9

Imágenes: M^o Jesús González, Ana Jiménez

DATOS BÁSICOS:		ENERGÍA:	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	5.846,00 [m ²]	Demanda de Calefacción:	5,19 [kWh/m ² año]
Coste total:	5.780.000,00 € 988,71 [€/m ²]	Demanda de Refrigeración:	21,60 [kWh/m ² año]
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:	
Promotor:	Universidad de Valladolid	Potencia Calefacción Instalada:	[W/m ²]
Proyektista:	Francisco Valbuena Garcia	Potencia Refrigeración Instalada:	[W/m ²]
Empresa Constructora:	Constructora San José SA	Energía aportada:	[kWh/m ² año]
Otros Técnicos:			
DATOS CONSTRUCTIVOS:		INSTALACIONES:	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: El edificio se ha conectado a la calefacción de distrito mediante biomasa de la propia Universidad	
Muro: Fachadas noroeste y sureste mediante un sistema ventilado compuesto de panel exterior compuesto de 0,5 mm y núcleo de resinas termoplásticas, de 3 mm; aislamiento de panel rígido de lana de roca de 140 mm y conductividad térmica 0,034 W/(mK); hoja interior portante de bloque termoarcilla, 30x19x14 cm; y trasdosado autoportante con aislante rígido de lana de roca de 50 mm y conductividad térmica 0,037 W/(mK), y dos placas de yeso laminado PYL de 12,5 mm. Las fachadas noreste, suroeste y el corredor de conexión, se resuelven con un muro cortina.		Sistema de Producción ACS: No precisa	
Cubierta: Plana invertida con una capa de aislamiento de placas de Poliestireno Extruido XPS de 35kg/m ³ con un espesor total de 20 cm y capa vegetal específica para distintas variedades de Sedum autóctono con espesor máximo de 10 cm. En las zonas de paso para mantenimiento se sustituye la capa vegetal por losa prefabricada aislante con base de poliestireno extruido de 60 mm de espesor y capa superior pisable de 35 mm con alta reflectividad y absorción 0,1.		Sistema de Refrigeración: El edificio se encuentra conectado a la calefacción de distrito de biomasa-inducción a 4 tubos en las aulas, que permiten el aporte de frío y calor en el interior de las estancias independientemente de la época del año, considerando la necesidad de refrigeración prácticamente durante todas las épocas del año. El caudal de aire mínimo de ventilación necesario para dichas estancias es suficiente para garantizar el aporte de calefacción necesario para las mismas.	
Suelo: En contacto con el terreno sólo existen cuartos técnicos, que cuentan con una sistema de doble solera de hormigón armado de 10 cm cada una, sobre capa de enchachado drenante, encima de la cual se dispondrá un film de polietileno para evitar el ascenso de humedad capilar.		Sistema de Ventilación: La enorme variación de la ocupación a lo largo del día, convierte a la ventilación en la principal estrategia de diseño activo complementaria para reducir la necesidad de energía y mejorar las condiciones de confort, garantizando un ambiente interior saludable. Como resultado se reduce el consumo energético de la ventilación entre un 30% y un 70% para cada h. de uso operativo del edificio, reduciendo el uso de electricidad de los propios ventiladores y evitando el aporte de calor que éstos producen sobre la propia instalación de climatización.	
Carpintería: Muro cortina compuesto por estructura autoportante de perfiles de aluminio provistos de canales de drenaje y ventilación, anclados a los forjados. Los paños intermedios se sujetan mediante un perfil presor vertical y grapas de fijación horizontales. La estanqueidad se logra mediante juntas de EPDM y la rotura de puente térmico con perfiles internos de PVC. El sistema incorpora lamas verticales (costillas), viseras reflexivas y paneles perforados de protección solar.		Sistemas de Renovables: Se apoya al sistema de ventilación con tubos geotérmicos (o pozos canadienses) en el ext. del edificio. Este sistema, que aclimata el aire exterior de forma natural antes de introducirlo en el sistema, tiene una aportación energética en torno a 30.000 kWh térmicos.	
Vidrio: Acristalamiento doble compuesto por vidrio exterior laminar 44.1 con lámina reflexiva hacia la cámara y lámina intermedia de PVB silencie de 0,76 mm de espesor, cámara de aire con argón de 16 mm, y un vidrio simple de 6 mm al interior. Coeficiente de transmisión térmica 1,2 W/(m ² .K), factor solar 0,36 y aislamiento acústico mínimo de 37 dBA.		Sistemas de Autoconsumo: El edificio integra un muro fotovoltaico en la fachada Suroeste que produce anualmente 24.400 kWh.	
Valor U envolvente:	0,15 [W/(m ² .K)]	Otra información: Para conseguir la armonización de todos estos sistemas energéticos con los propios de cualquier edificio relacionados con el control de accesos, la seguridad, la monitorización y tele gestión, etc., se dispondrá de un sistema de Gestión de Edificio en integración en BMS que integrará los subsistemas de control de la climatización, control de la iluminación, central de alarmas, control de accesos, base de datos, etc., mediante los correspondientes protocolos que operan en las distintas áreas de gestión como iluminación (DALI), climatización (BACNet), etc., junto con los de desarrollo propios de la Universidad.	
Otra información:	Se encuentra en proceso de certificación de la sostenibilidad (*)		
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA:		DATOS MEDIOAMBIENTALES:	
		Emisiones de GEI: 20,90 [kgCO ₂ /m ² año]	
		Consumo de energía: 67,70 [kWh/m ² año]	
SELLOS / CERTIFICADOS VERDES		OTROS DATOS:	
Tipo: VERDE Puntuación: 4,2* / 5 LEED PLATINUM*			

Figura 84. Fuente: Página 321 del Manual E3CN.

5 – ESTRATEGIAS

5.2 - EDIFICIO nZEB DE NUEVA PLANTA

5.2.1 - ESTRATEGIAS PASIVAS AJENAS AL EDIFICIO

5.2.1.1 - FACTORES CLIMÁTICOS

5.2.1.1.1 - Temperatura

5.2.1.1.3 – Humedad

5.2.1.1.2 - Radiación solar

5.2.1.1.4 - Viento

5.2.1.2 - VEGETACIÓN DEL ENTORNO

5.2.1.2.1 - Sumidero de CO2

5.2.1.2.4 - Barrera contra el ruido

5.2.1.2.2 - Generación de sombra

5.2.1.2.5 - Protección contra el viento

5.2.1.2.3 - Condiciones higrotérmicas

5.2.1.2.6 - Xerojardinería y vegetación resistente

5.2.1.3 - ASPECTOS URBANOS

5.2.1.3.1 - Densidad urbana del entorno y consumo del suelo

5.2.1.3.2 - Distribución de usos o Diversidad de usos

5.2.1.4 - APROVECHAMIENTO DEL AGUA

5.2.1.4.1 - Aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia y de aguas grises

5.2.1.4.2 - Retención e infiltración de agua de lluvia (muy relacionado con la climatología)

5.2.1.4.3 - Aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua

5.2.1.5 - CONDICIONANTES NACIONALES O ESTATALES

5.2.1.5.1 - Producción de energía

5.2.1.5.3 - Normativa de redes de distrito

5.2.1.5.2 - Leyes o normativas de autoconsumo

5.2.1.5.4 - Regulación de la normativa

5.2.1.6 - UTILIZACIÓN DEL EDIFICIO

5.2.1.6.1 - Usuarios habituales

5.2.1.6.2 - Usuarios esporádicos

5.2.2 - ESTRATEGIAS ACTIVAS AJENAS AL EDIFICIO

5.2.2.1 - INCORPORACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN EL ENTORNO

5.2.2.2 - SISTEMAS DE AHORRO Y EFICIENCIA COMÚN, INSTALACIONES DE DISTRITO...

5.2.3 - ESTRATEGIAS PASIVAS PROPIAS DEL EDIFICIO

5.2.3.1 - SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

5.2.3.2 - ORIENTACIÓN

5.2.3.2.1 - Captación solar

5.2.3.2.3 - Aislamiento

5.2.3.2.2 - Acumulación de energía térmica

5.2.3.2.4 - Distribución

5.2.3.3 - APROVECHAMIENTO DE RECURSOS LOS NATURALES DISPONIBLES

5.2.3.3.1 - Iluminación natural

5.2.3.3.2 - Ventilación natural

5.2.3.3.3 - Enfriamiento gratuito o refrescamiento nocturno

5.2.3.3.4 - Radiación solar

5.2.3.3.5 - Otras estrategias relacionadas con el aprovechamiento de recursos naturales

5.2.3.4 - APROVECHAMIENTO DE AGUA POR PARTE DEL EDIFICIO

5.2.3.4.1 - Captación del agua de lluvia y reutilización de aguas grises

5.2.3.5 - FORMA DEL EDIFICIO

5.2.3.5.1 - Tipología edificatoria

5.2.3.5.2 - Estilo arquitectónico y preferencias estilísticas personales del usuario

5.2.3.5.3 - Compacidad

5.2.3.5.4 - Protección solar

5.2.3.6 - ENVOLVENTE

5.2.3.6.1 - Aislamiento térmico

5.2.3.6.2 - Aislamiento acústico

5.2.3.6.3 - Huecos

5.2.3.6.4 - Eliminación de los puentes térmicos

5.2.3.6.5 - Inercia térmica de los muros

5.2.3.6.6 - Muros ciegos o cerramientos opacos

5.2.3.6.7 - Hermeticidad

5.2.3.6.8 - Cerramientos que trabajan pasivamente de manera activa

5.2.3.6.8.1 - Galerías Acristaladas e Invernaderos

5.2.3.6.8.2 - Muros Trombe

5.2.3.6.8.3 - Cubiertas, fachadas vegetales y elementos vegetales

5.2.4 - ESTRATEGIAS ACTIVAS PROPIAS DEL EDIFICIO

5.2.4.1 - SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE

5.2.4.1.1 - Energía Solar

5.2.4.1.1.1 - Energía solar térmica

5.2.4.1.1.2 - Energía solar fotovoltaica

5.2.4.1.2 - Energía Eólica

5.2.4.1.3 - Geotermia

5.2.4.1.4 - Biomasa

5.2.4.2 - SISTEMAS DE ACUMULACIÓN ENERGÉTICA

5.2.4.3 - ELEMENTOS DE CONSUMO ENERGÉTICO

5.2.4.3.1 - Sistemas de iluminación

5.2.4.3.2 - Sistemas eléctricos

5.2.4.3.3 - Sistemas de Agua Fría Sanitaria (A.F.S.) y Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.)

5.2.4.3.4 - Sistemas de evacuación de agua

5.2.4.3.5 - Sistemas de Climatización – Calefacción, Refrigeración y Ventilación

5.2.4.3.6 - Sistemas de Domótica

5.2.4.3.7 - Estaciones de carga de vehículo eléctrico

5.2.4.4 - SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA

5.3 - ESTRATEGIAS PARA LA CONVERSIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES EN EDIFICIOS nZEB

5.3.1 - Aislamiento térmico

5.3.1.1 - Aislando térmicamente por el interior

5.3.1.2 - Aislando térmicamente por el centro

5.3.1.3 - Aislando térmicamente por el exterior

5.3.2 - Huecos

5.4 – APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS Y FACTORES INFLUYENTES PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS Nzeb

5.4.1 – APLICACIÓN SOBRE LA “VILLA SABOYA” DE LE CORBUSIER

5.4.1.1 - AXONOMETRÍA

5.4.1.2 – SECCIÓN LONGITUDINAL

5.4.1.3 – PLANTA BAJA

5.4.1.4 – PLANTA PRIMERA

5 – ESTRATEGIAS

5.1 - ESTRATEGIAS Y FACTORES INFLUYENTES PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS nZEB

En el diseño de un edificio nZEB es importantísimo plantear una estrategia clara, sencilla y efectiva, mucho más si cabe que en un edificio convencional. Esto es así porque influyen muchos más factores que con pequeñas variaciones pueden afectar de manera muy significativa al resultado final, en ocasiones no siendo el deseado o simplemente estando por debajo de los estándares normativos que hacen que un edificio sea el que se quiere obtener, en este caso, un edificio nZEB.

Hoy en día se ha demostrado consistentemente que los edificios de alta eficiencia energética de consumos reducidos funcionan. Además de poder plantearlo en la zona geográfica que sea, por lo general sus usuarios viven agradablemente en ellos siendo su coste de construcción en muchas ocasiones menor que el de un edificio convencional. Añadido a esto hay que mencionar los reducidos costes operativos a lo largo de la vida del propio edificio, los cuales amortizan la inversión de sus instalaciones normalmente a medio o corto plazo.

Para que se de esta situación casi idílica, es importante como se ha dicho al inicio del punto, que se plantee una estrategia fiable y se siga de manera firme, pero siempre basada en el conocimiento y el estudio previo del tema en cuestión. También cabe reseñar, que esta estrategia no puede ser igual para un edificio proyectado de nueva planta que para la rehabilitación de un edificio existente. Mientras que el primero es un lienzo en blanco, con un abanico de estrategias posibles mucho más abiertas, el segundo obliga a adaptarse a situaciones construidas concretas, las cuales reducen considerablemente ese abanico de posibles estrategias.

En este último caso, se debe poner especial atención al aspecto económico de cada intervención parcial, considerando, entre otras muchas cosas, si el coste económico de lo que se va a intervenir compensa a la ganancia en eficiencia energética, con esto se quiere abarcar por ejemplo a pequeñas instalaciones existentes, etc.

Lo que está claro, es que sea el tipo de actuación que sea, edificio de nueva planta o intervención en un edificio existente, las estrategias serán distintas en muchos casos, pero la finalidad siempre será la misma, conseguir un edificio nZEB con todas las características que conlleva. Por ello, he aquí la primera gran distinción de estrategias entre dos grupos, estrategias para edificios de nueva planta y estrategias para edificios existentes.

A su vez cada grupo se divide en otros dos grandes grupos, las estrategias ajenas al edificio y las estrategias propias del edificio, además, cada uno de estos dos grandes grupos se dividen en otros dos, las estrategias pasivas, y las estrategias activas.

Teniendo en cuenta esto último, si focalizamos la atención en la esencia de edificio nZEB y en su definición que por recordarla de nuevo se define como *“Un edificio de consumo de energía casi nulo es 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”.

En la propia definición se dota de la mayor importancia al hecho de que la energía que requiera el edificio sea nula o muy baja, y eso en definitiva no es otra cosa que la demanda, es decir, que la propia definición de edificio nZEB está diciendo, o más bien exigiendo que la demanda del edificio sea muy baja o nula. Pero... ¿Cómo se reduce la demanda?

Reducir la demanda implica obligatoriamente que el edificio necesite poca energía para su funcionamiento normal, y este hecho solo puede venir de la esencia del propio edificio, es decir, de las medidas o estrategias PASIVAS que se introduzcan en su diseño.

Por lo tanto, el otro tipo de estrategias, las estrategias ACTIVAS, se encargan entre otras cosas de ocuparse de la última parte de la definición, de la producción de la poca energía que necesite el edificio para su funcionamiento normal, siendo además producida por estrategias activas renovables.

Por lo tanto se puede obtener un diagrama clasificatorio base final como el siguiente.



Figura 85. Diagrama clasificatorio de estrategias y factores influyentes para el diseño de edificios nZEB. Fuente: Elaboración propia.

5.2 - EDIFICIO nZEB DE NUEVA PLANTA

5.2.1 - ESTRATEGIAS PASIVAS AJENAS AL EDIFICIO

Este tipo de estrategias y factores son las que no dependen del propio edificio y se llevan a cabo en el exterior de propio edificio. De esta manera pueden darse el entorno inmediato del edificio hasta en un entorno más alejado o incluso considerarlas de manera mucho más generalizadas acotando zonas mucho más amplias. En muchas

ocasiones, pero no en todas, se puede considerar como condiciones del entorno. Entre la infinidad de elementos que pueden incluir se pueden comprender algunos de los más importantes.

5.2.1.1 - FACTORES CLIMÁTICOS

Contempla la propia climatología de la zona de asentamiento del edificio, es decir las características climatológicas de la zona en cuestión. Por ello es una condición que aunque no depende de él, es una de las más influyentes a la hora de plantear la estrategia de diseño del edificio para conseguir alcanzar las condiciones de confort. Son condicionantes innatos de la zona concreta, es decir que no van a variar, entre otras cosas porque no se puede variar de manera intencionada, pero sí que es posible paliar sus efectos negativos y aprovecharse de los beneficiosos. Debido a esto, comprender estos parámetros climáticos puede llevar al proyecto al éxito o al fracaso.

5.2.1.1.1 - Temperatura



La temperatura es sin duda, y junto con el siguiente punto, el más influyente a la hora de conseguir el objetivo. En unas ocasiones puede jugar a favor del proyecto y en otras jugar en contra, como por ejemplo diferenciando las necesidades de temperatura diurnas o nocturnas etc... pero siempre hay que tener en cuenta el rango de temperaturas que tiene la zona donde se va a desarrollar el proyecto.

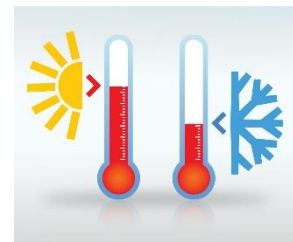


Figura 86. Icono representativo de la temperatura. Fuente: Google imágenes.

5.2.1.1.2 - Radiación solar

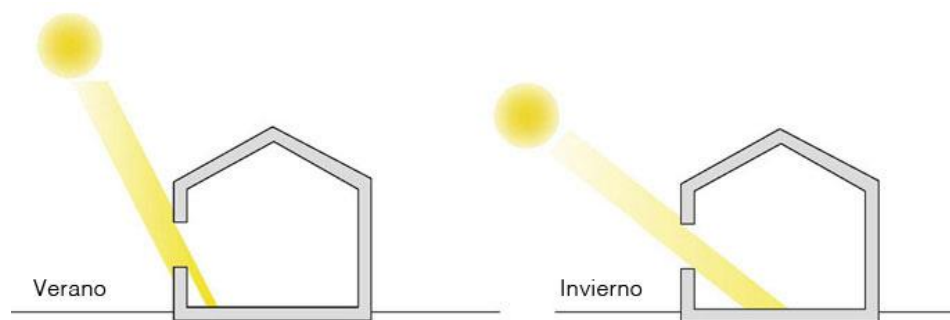


Figura 87. Esquema explicativo de la diferencia de inclinación en la incidencia de la radiación solar entre invierno y verano. Fuente: Google imágenes.

Se define como el conjunto de radiaciones electromagnéticas que emite el sol y que llega hasta la superficie terrestre del planeta. Es otro de los factores con más influencia en el desarrollo de edificios de alta eficiencia energética. Al igual que en el punto anterior en ocasiones puede resultar

beneficiosa y en otras perjudicial, como puede ser el caso de las diferentes necesidades vinculadas a diferentes estaciones del año entre invierno y verano.



Figura 88. Icono representativo de un panel solar. Fuente: Google

Para un mismo edificio, crear estrategias que tengan en cuenta la radiación solar puede crear situaciones beneficiosas por su aprovechamiento en invierno, pero perjudiciales en verano, por ello, este concepto siempre va vinculado a otras estrategias propias del edificio, como la orientación o los elementos de protección solar entre otras.

Además, y siendo uno de los aspectos más importantes de este concepto, la cantidad de radiación solar que bañe a una zona concreta, tendrá consecuencias en la capacidad de generación de energía, eléctrica o de otro tipo, por medio de métodos renovables

5.2.1.1.3 - Humedad



Se puede entender el concepto de humedad como la cantidad de agua, vapor de agua o de cualquier otro líquido, contenido en un cuerpo o en el aire. Normalmente viene dado por la proximidad de la zona a masas considerables de agua, como son los pantanos, mares, ríos...

Este factor puede influir en las condiciones higrotérmicas del entorno inmediato del edificio incluso en su interior, llegando en situaciones extremas a condicionar el diseño de instalaciones interiores con la presencia de humectadores en el caso de humedades relativas muy bajas o de deshumidificadores en el caso de zonas con humedades relativas muy elevadas.



Figura 89. Fotografía de un entorno árido a la izquierda y de un entorno húmedo a la derecha. Fuente: Google imágenes.

5.2.1.1.4 - Viento



El viento se define como una masa de aire en movimiento. Este concepto indica la importancia de atender al estudio de las corrientes de viento existentes y predominantes en la zona, considerando también la frecuencia y la velocidad común.

Es importante también considerar el grado de exposición al viento que tendrá el edificio que es dependiente a su vez del capricho de la naturaleza por su situación concreta en una localización determinada con los perjuicios que pudiera ocasionar. Pero también tiene efectos positivos como la posible eliminación de gases contaminantes del aire que rodea al edificio o de malos olores indeseables, además de la propia renovación y refrescamiento del aire.



Figura 90. Icono representativo de la posibilidad de aplicar la energía eólica en los edificios. Fuente: Google imágenes.

Su presencia puede también tener ventajas desde el punto de vista de la producción energética favoreciendo su generación por medios eólicos en esas zonas.

5.2.1.2 - VEGETACIÓN DEL ENTORNO

La presencia de vegetación en el entorno del edificio puede afectar de manera importante al edificio incluso psicológicamente a los usuarios. Aunque hay que considerar los efectos negativos que puede albergar la existencia de ciertas especies de vegetación en el entorno, con los consiguientes destrozos que pueden generar sus raíces y crecimiento descontrolado, es cierto que puede tener efectos muy ventajosos, como son los propuestos a continuación.

5.2.1.2.1 - Sumidero de CO₂



Figura 91. Icono representativo de la función como sumidero de CO₂. Fuente: Google imágenes.

La existencia de masas arboladas presentes en las inmediaciones o en el entorno próximo de un edificio, tiene efectos beneficiosos en la calidad del aire que le rodea. Mediante el proceso fotosintético común a todos los vegetales, capturan el CO₂ existente en el ambiente intercambiándolo por oxígeno, actuando de esta manera como lo que se conoce como sumidero de CO₂.

5.2.1.2.2 - Generación de sombra



La presencia de vegetación en el entorno inmediato del edificio puede dar pie a la existencia de zonas exteriores sombreadas agradables. Además la plantación de árboles de hoja caduca de porte considerable, puede suponer una protección directa frente al caluroso sol en épocas veraniegas sombreando directamente el edificio.

Por el contrario, en la época invernal, al ser la hoja caduca, ésta se caerá permitiendo el paso de la radiación solar con el consiguiente aprovechamiento de su energía térmica.

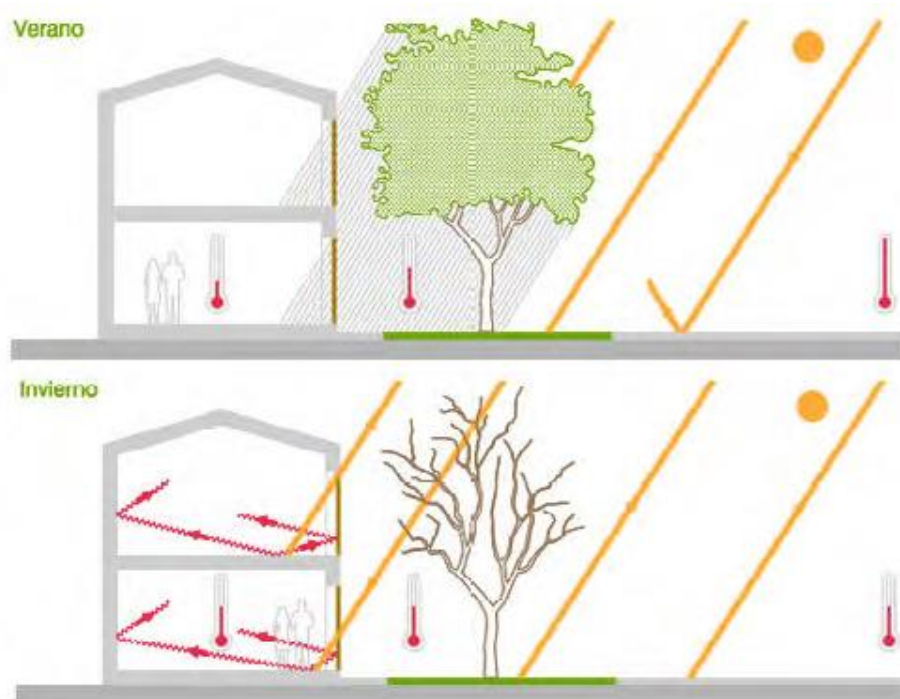


Figura 92. Esquema explicativo de la protección solar por la vegetación y la diferencia de inclinación en la incidencia de la radiación solar entre invierno y verano. Fuente: Manual E3CN.

5.2.1.2.3 - Condiciones higrotérmicas



La existencia o implantación de vegetación puede tener influencia, normalmente positiva desde el punto de vista de la temperatura y humedad, regulándolas de manera natural y protegiendo al entorno o al propio edificio contra el sobrecalentamiento.

5.2.1.2.4 - Barrera contra el ruido



La vegetación en algunos casos concretos puede actuar como filtro acústico de focos desagradables de ruido. Esto puede ser por ejemplo cuando en un proyecto concreto existe una carretera de alta velocidad cerca o cualquier otro tipo de emisión de contaminación acústica

5.2.1.2.5 - Protección contra el viento



Al igual que con el ruido, la vegetación también puede filtrar o desviar las corrientes de viento que castigan con dureza un edificio. De este modo se reduce en gran medida el perjuicio contribuyendo a conseguir la situación de confort deseada.

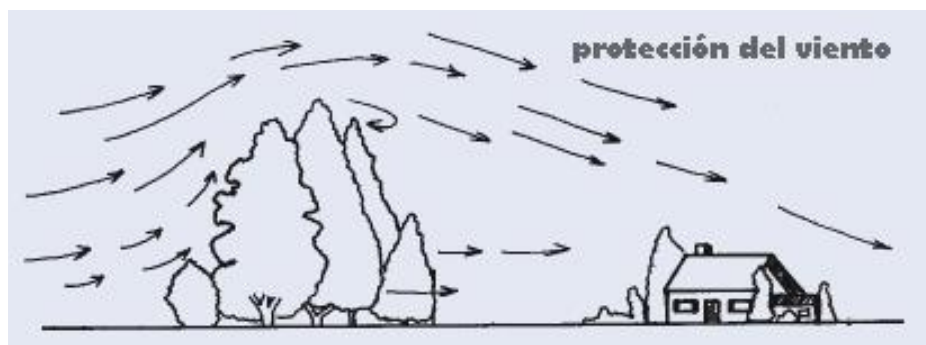


Figura 93. Esquema explicativo de la utilización de la vegetación como protección ante el viento.
Fuente: Google imágenes.

5.2.1.2.6 - Incorporación de xerojardinería y vegetación resistente a aguas grises



Se puede considerar además la elección de ciertas especies de vegetación muy concretas, de este modo pueden presentar ventajas las pertenecientes al ámbito de la xerojardinería²⁸, consiguiendo un uso racional de agua y por consiguiente un ahorro en el gasto energético.

Además una buena estrategia de ahorro del agua sanitaria utilizada en un edificio, ya sea caliente o fría, es la reutilización de aguas grises previo filtrado, en el riego de vegetación del entorno del edificio o de zonas ajardinadas. Para ello en el planteamiento del proyecto deberían darse prioridad a especies de vegetación que soporten este tipo de agua siendo cada vez más amplio el catálogo de elección, debido a la eficacia de los sistemas de filtración de esas aguas grises.



Figura 94. Fotografía de un xerojardín.
Fuente: Google imágenes.

²⁸ Xerojardinería: Es un tipo de jardinería cuya mayor característica es la escasa o incluso nula necesidad de agua de riego, con el consiguiente ahorro energético.

5.2.1.3 - ASPECTOS URBANOS



Este tipo de condicionantes que a menudo pasan desapercibidos o al menos no se les presta la atención que se debería prestar, pueden influir enormemente en las condiciones de confort previstas para un proyecto concreto.

Normalmente son condiciones existentes en el momento de proyectar, con lo cual bastaría únicamente con su observación y análisis lógico para comprender de qué manera podría afectar al edificio. No obstante, en otras situaciones hay que investigar entre la normativa urbanística de la zona para poder analizarla y plantear una actuación acorde con las previsiones del entorno urbano que existirá en un futuro.

Por desgracia, muchas veces estos aspectos se escapan del alcance de la capacidad del proyectista, siendo consecuencia de condiciones políticas por lo general cambiantes.

5.2.1.3.1 - Densidad urbana del entorno y consumo del suelo

El entorno urbano de un edificio puede suponer un aspecto importante a considerar en el proyecto. Dependiendo la densidad de ese entorno, se pueden encontrar unas condiciones mejores o peores desde el punto de vista del confort, ya sea por la posible contaminación, por generar ruido o por la causa que sea.

5.2.1.3.2 - Distribución de usos o Diversidad de usos

Igualmente que en el punto anterior los usos del entorno del edificio puede condicionar muchos aspectos del proyecto

5.2.1.4 - APROVECHAMIENTO DEL AGUA

Es interesante incorporar este tipo de estrategias siempre que sea posible. Esto, aunque pueda implicar la presencia de sistemas e instalaciones auxiliares, contribuye con la sostenibilidad del edificio y su compromiso con el medio ambiente. Normalmente, el aprovechamiento del agua pasa por aprovechar el agua de lluvia y aprovechar el agua utilizado en el edificio, llamado aguas grises.

5.2.1.4.1 - Aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia y de aguas grises



La primera de las estrategias que se plantean con el agua es la de aprovechar el agua de lluvia y las aguas grises para distintas finalidades. Es quizá una de las estrategias más fáciles de conseguir, puesto que basta con captar esa agua y canalizarlo, normalmente previo filtrado, hasta el “punto de consumo”.

Ejemplo de esta actuación es la utilización de este tipo de agua para llenar las fuentes o simplemente captar el agua para utilizarlo en el riego de zonas verdes.

5.2.1.4.2 - Retención e infiltración de agua de lluvia (muy relacionado con la climatología)



Es la estrategia contraria a lo que se hace normalmente. Se dice que el agua es uno de los peores enemigos de los edificios por los destrozos que puede llegar a realizar. Por ello normalmente siempre se busca la impermeabilidad de los diferentes elementos. El suelo no es distinto, persiguiendo siempre el mismo fin.

Lo que plantea esta estrategia es hacer desaparecer la supremacía de los pavimentos impermeables, permitiendo la infiltración lenta del agua en el suelo. A esto se le añade la incorporación de elementos con finalidades estéticas y paisajísticas que pueden llegar a afectar positivamente a las personas. Esto es el caso por ejemplo de los estanques de retención, que aparte de lo mencionado, favorecen las escorrentías de agua y por consiguiente la sostenibilidad.



Figura 95. Fotografía de estanque de retención en Kronsberg, Hanover. Fuente: Manual E3CN

5.2.1.4.3 - Aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua

La presencia de agua en los espacios exteriores puede colaborar también con el confort de las personas y de los animales. Gracias a la humedad del ambiente se puede reducir la temperatura de los climas más cálidos o secos consiguiendo un espacio más agradable por medio del enfriamiento evaporativo.

5.2.1.5 - CONDICIONANTES NACIONALES O ESTATALES

En muchas ocasiones los condicionantes vienen de fuera del edificio en forma de normativas o políticas, siendo un aspecto muy influyente pero que se escapa del control del proyectista.

5.2.1.5.1 - Producción de energía

Este punto se refiere cómo se produce la energía en el momento de su “compra” y los coeficientes de paso de la producción de esa energía, los cuales están regulados por el propio país. Esto que a priori parece no afectar al diseño de un edificio nZEB puede adquirir mucha importancia puesto que influyen en el cálculo y consideración energética del propio edificio.

5.2.1.5.2 - Regulación de las leyes o normativas de autoconsumo

Otro de los aspectos que influye al diseño de este tipo de edificios es la existencia en el momento de su proyección de leyes o normativas que condicionen los aspectos sostenibles energéticos de autoabastecimiento del edificio, es decir, la presencia de alguna ley o normativa que impida, limite o condicione la capacidad de un edificio de generar energía para autoabastecerse.

Por suerte parece que hay una tendencia a la desaparición de estas prácticas con afanes totalmente recaudatorias debido a la concienciación general que existe sobre el tema energético.

5.2.1.5.3 - Regulación de la normativa de redes de distrito

Igual que en el punto anterior, la existencia de normativas que exijan, limiten o condicionen la presencia de instalaciones de distrito y cogeneración influye de manera importante en el diseño del edificio.

5.2.1.5.4 - Regulación de la normativa en general



En definitiva, cualquier tipo de normativa que contemple el ámbito de la edificación puede afectar al diseño de un edificio nZEB.

5.2.1.6 - UTILIZACIÓN DEL EDIFICIO

Sobre este aspecto hay una dicotomía a la hora de contemplarlo. Dependiendo del punto de vista se puede considerar una estrategia activa o pasiva. En este caso se incluye dentro de las estrategias pasivas, puesto que aunque es una estrategia activa del usuario, es una estrategia pasiva para el edificio.

Es un aspecto que tiene una repercusión enorme dentro del funcionamiento normal del edificio durante su vida, y por consiguiente es decisivo para el consumo operativo. Simplemente contempla el uso racional de la energía que necesita el edificio por parte de los usuarios que parte de la educación y concienciación energética que tenga el usuario en cuestión. A su vez, se diferencia entre dos tipos de usuarios intentando abarcar la totalidad de las casuísticas que podrían darse en la realidad.

5.2.1.6.1 - Usuarios habituales



Estos usuarios son los que habitualmente utilizan el edificio, ya sea porque son los propietarios, en el caso de viviendas, o porque trabajan en él, en el caso de edificios de oficinas o por la razón que sea. Son los que más peso tienen en el consumo final debido a la gran cantidad de tiempo que pasan en su interior.

5.2.1.6.2 - Usuarios esporádicos



Es el caso de los usuarios temporales de los edificios públicos o las posibles visitas esporádicas en viviendas. Estos usuarios tienen un menor peso en el consumo definitivo, pero suelen estar menos concienciados con los sistemas de ahorro del propio edificio generando un consumo mayor en proporción.

5.2.2 - ESTRATEGIAS ACTIVAS AJENAS AL EDIFICIO

Estas estrategias son las que no dependen del propio edificio y al igual que las anteriores, se llevan a cabo en el exterior del edificio. También pueden darse el entorno inmediato del edificio o en un entorno más alejado. La diferencia con respecto a las estrategias pasivas ajenas al edificio, es que estas entran a participar de una manera activa.

5.2.2.1 - INCORPORACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN EL ENTORNO



Con este tipo de estrategia se abarca la posible existencia de sistemas activos de generación de energía renovable en espacios libres que no sean obligatoriamente de la parcela del edificio. Esto se puede dar por ejemplo en espacios libres públicos en los cuales existan sistemas de generación energética por medios solares, eólicos o con cualquier otro medio renovable. Esta estrategia junto con la posibilidad de acometer a dichos sistemas, pueden suponer un aporte de energía renovable para el edificio beneficiándose de ella.



Figura 96. Fotografía de aerogenerador urbano. Fuente: Google imágenes.

5.2.2.2 - SISTEMAS DE AHORRO Y EFICIENCIA COMÚN, INSTALACIONES DE DISTRITO...



Esta estrategia parte de la base de la existencia de algún tipo de instalación común como por ejemplo las instalaciones de distrito, mediante las cuales el edificio pueda beneficiarse energéticamente. El hecho de generar la energía en forma de distrito ayuda al ahorro energético pudiendo computar esta energía como la energía de la red y que el resto de energía que necesitare el edificio fuese producida in situ por medios renovables.

5.2.3 - ESTRATEGIAS PASIVAS PROPIAS DEL EDIFICIO

Estas estrategias constituyen el pilar fundamental del diseño de Arquitectura eficiente. Cuanto mayor sea el esfuerzo en este punto, mejores resultados se obtendrán y menor será el esfuerzo en las estrategias activas. Todas estas estrategias no van hacia otro lado más que a centrar la atención en reducir la demanda manteniendo o mejorando el confort interior del edificio y buscando su sostenibilidad.

Desde un punto de vista proyectual se puede considerar como el primer paso para conseguir un edificio nZEB exprimiendo al máximo estas estrategias pasivas, para complementar la demanda con las menores estrategias activas posibles.

5.2.3.1 - SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO



Aunque sean conceptos distintos, la situación y el emplazamiento son muy similares. Nos obstante cualquier consideración que se antoje influyente para el edificio de ambos conceptos constituye una estrategia a tener en cuenta, sobre todo en las primeras fases del proyecto.

5.2.3.2 - ORIENTACIÓN



Es el concepto que complementa al anterior punto, por ello, controlar la orientación del edificio es una estrategia clave para poder aprovecharse mejor de las condiciones del entorno. Consiguiendo una orientación óptima para el edificio se pueden obtener beneficiosas ventajas, como la de iluminar zonas de utilización diurna con sol de mañana o viceversa. O evitando acristalamientos o muros ciegos hacia orientaciones que no sean beneficiosas para el proyecto en concreto... Esto influye directamente en el consumo del edificio y por consecuencia en el posible ahorro energético. Dentro de esta estrategia se pueden diferenciar varias subestrategias las cuales caminan hacia el mismo fin.

5.2.3.2.1 - Captación solar



Consiste en captar la mayor radiación solar posible cuando sea necesaria mediante la orientación de huecos como ventanas o terrazas estratégicamente colocadas.

5.2.3.2.2 - Acumulación de energía térmica



Se trata de acumular la mayor energía térmica posible en el propio cerramiento fruto de la radiación solar para que éste lo irradie hacia el interior progresivamente. Esto se consigue trabajando con la inercia térmica de los materiales que componen los muros. Cabe reseñar que depende del tipo de fachada que se considere, y sobre todo del lugar de la sección del muro donde se encuentre el aislamiento térmico, siendo más habitual, como se explica en el punto de la inercia térmica, contemplar este aspecto en el interior del edificio obteniendo la energía térmica de la propia instalación de calefacción.

5.2.3.2.3 - Aislamiento



Es básicamente conseguir que la energía captada fruto de la orientación no se vuelva a emitir hacia el exterior perdiéndola.

5.2.3.2.4 - Distribución

Se basa en conseguir la distribución de la energía captada sobre todo por medios naturales fruto, valga la redundancia, de la distribución interior del edificio

5.2.3.3 - APROVECHAMIENTO DE RECURSOS LOS NATURALES DISPONIBLES

Otra estrategia muy interesante y a la vez poco utilizada, o al menos poco considerada, es la de aprovechar los recursos energéticos naturales que el propio entorno brinda al edificio. Este aprovechamiento resulta ser un apoyo “gratis” a la reducción del consumo y por lo tanto a la eficiencia energética del edificio.

5.2.3.3.1 - Iluminación natural



La luz es un bien común y natural, incluso considerado por algún famoso Arquitecto de nuestra época, como un material. Por ello el edificio debe apropiarse de esa luz natural beneficiándose de todas sus ventajas. Obviando la connotación poética anterior y centrando la atención en el ámbito energético, desarrollar estrategias que permitan aprovecharse de la iluminación natural la mayor cantidad posible de horas al día, consiguiendo por supuesto un nivel de iluminación suficiente para desempeñar las actividades que allí se realicen, hace que tenga una influencia increíble en el ahorro energético en iluminación, reduciendo su consumo exclusivamente a las horas nocturnas. Por consiguiente, esta estrategia pasiva, por desgracia, siempre va a ir asociada a un sistema activo de iluminación para satisfacer esas necesidades nocturnas, siendo este sistema cada vez más eficiente.

5.2.3.3.2 - Ventilación natural



La ventilación constituye uno de los pilares básicos de la climatización integrada. Los edificios nZEB tienden a considerar este tipo de tecnologías para alcanzar el confort. Por lo tanto, poder aprovecharse de la posibilidad de crear una ventilación natural en las circunstancias que sean posibles, es una estrategia pasiva a tener muy en cuenta, pudiendo reducir, aunque sea en menor medida que otras estrategias, el consumo.



Figura 97. Esquema de funcionamiento del fenómeno de la ventilación natural. Fuente: Google imágenes.

5.2.3.3.3 - Enfriamiento gratuito o refrescamiento nocturno



Con el mismo argumento que el punto anterior, considerar la posibilidad de refrigerar el interior de un edificio cuando las condiciones sean adecuadas, proporciona otra estrategia a tener en cuenta. Se presenta esta oportunidad cuando se quiere refrigerar el interior de un edificio siendo la temperatura del aire exterior menor que la temperatura del aire interior.

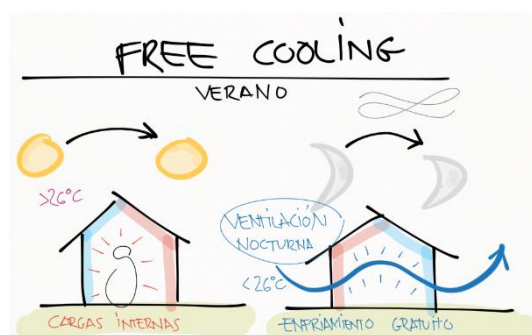


Figura 98. Esquema de funcionamiento del fenómeno del enfriamiento gratuito nocturno. Fuente: Google imágenes.

De esta manera se puede crear un trasvase energético introduciendo aire exterior fresco al espacio interior. Esta situación es muy común en épocas veraniegas en las horas de noche o en las primeras horas de la mañana, presentando una gran diferencia de temperatura con respecto a las registradas por el día.

5.2.3.3.4 - Radiación solar



Consiste, igual que el anterior punto de captación solar, en captar la mayor radiación solar posible cuando sea necesaria por medio de la orientación de huecos como ventanas o terrazas estratégicamente colocadas.

5.2.3.3.5 - Otras estrategias relacionadas con el aprovechamiento de recursos naturales

Existen muchas otras estrategias para conseguir ahorros energéticos que se escapan a la extensión de este texto y suelen ir vinculadas, aparte de a la ventilación natural, a localizaciones muy concretas.

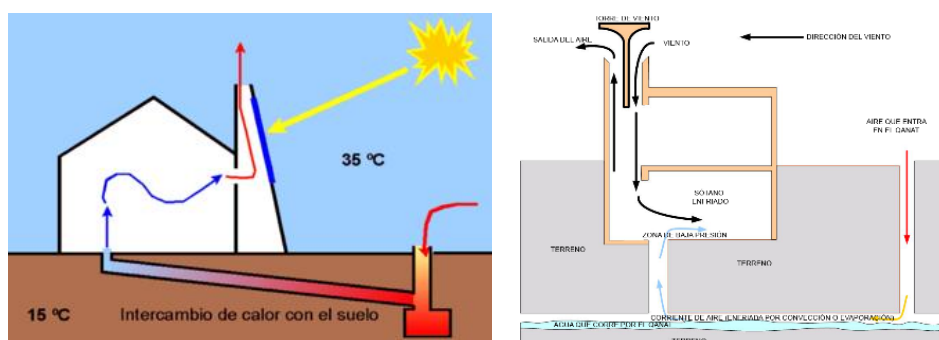


Figura 99. Esquema explicativo del funcionamiento de una chimenea solar a la izquierda y de un captador de viento a la derecha. Fuente: Google imágenes.

Ejemplo de ello son por ejemplo el caso de las Chimeneas, que es otro sistema más que aprovecha la ventilación natural para conseguir diversos fines sobre todo enfocados a aumentar el confort interior. Estas a su vez pueden ser de varios tipos como las de ventilación, las solares, los captadores de viento... Todos estos sistemas, utilizados ya en la antigüedad, se basan en la ventilación natural aprovechando situaciones concretas y naturales de forma pasiva.

5.2.3.4 - APROVECHAMIENTO DE AGUA POR PARTE DEL EDIFICIO

Es exactamente igual que la estrategia de aprovechamiento de agua explicada en un punto anterior. La única diferencia es que esta vez se puede llevar a cabo en el propio edificio. Es igualmente interesante incorporar este tipo de estrategias siempre que sea posible.

Normalmente también implica la presencia de sistemas e instalaciones auxiliares, pero también contribuye con la sostenibilidad del edificio y su compromiso con el medio ambiente. Consiste en el aprovechamiento del agua de lluvia recogido por las cubiertas y por diferentes métodos de captación y del agua utilizado en los cuartos húmedos del edificio como cocinas, aseos, baños etc.

5.2.3.4.1 - Captación del agua de lluvia y reutilización de aguas grises



Consiste en el aprovechamiento del agua de lluvia recogido por las cubiertas por diferentes métodos de captación y del agua utilizado en los cuartos húmedos del edificio como cocinas, aseos, baños etc.

Éste agua se canaliza hacia unos depósitos con filtros, los cuales preparan el agua filtrando las impurezas contaminantes, convirtiéndolo en apto para la utilización de tareas como la del riego de zonas verdes.

También se puede utilizar este tipo de agua para otros usos como por ejemplo para llenar las cisternas de los inodoros, de hecho, los fabricantes de sanitarios están trabajando en este aspecto creando aparatos comunicados directamente para aprovechar esta agua.

En realidad no es un ahorro decisivo, pero al final de lo que se trata es de aportar pequeños ahorros en distintos puntos para conseguir un ahorro total considerable.



Figura 100. Fotografía de aparato sanitario formado por un conjunto de lavamanos e inodoro unidos.
Fuente: Google imágenes.

5.2.3.5 - FORMA DEL EDIFICIO

La forma del edificio es determinante para definir la buena o mala eficiencia energética del edificio. Esta estrategia ha de adoptarse desde el inicio del proyecto y tenerla en cuenta en todo el proceso.

5.2.3.5.1 - Tipología edificatoria



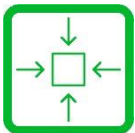
Este punto, aunque en un principio pueda considerarse más que como una estrategia, una exigencia impuesta por el organismo urbanístico pertinente, el proyectista ha de convertir la exigencia en estrategia. De este modo, y aunque sea una tarea ardua, adaptándose a la normativa urbanística, se obtendrá un edificio nZEB que se adapte a la tipología establecida pero que no olvide en ningún momento los condicionantes que pueden influir de manera importante en el rendimiento energético.

5.2.3.5.2 - Estilo arquitectónico y preferencias estilísticas personales del usuario



Hay estilos arquitectónicos o preferencias o “caprichos” del usuario, que parten de la base de ser ineficientes. Del mismo modo que en el punto anterior se tiene que contemplar las dos caras de la moneda, en esta circunstancia se ha de hacer de igual modo, aplicando estrategias de eficiencia energética pero adaptándose a las cuestiones estilísticas planteadas.

5.2.3.5.3 - Compacidad



La compacidad de un edificio es un aspecto importantísimo a tener en cuenta desde el punto de vista energético. Como ya se definió en páginas anteriores, la compacidad de un edificio es la proporción entre la superficie exterior de la envolvente y el volumen que alberga en su interior.

Por ello depende del volumen interior pero también de la forma, puesto que la forma influye de manera determinante en el volumen, al menos en el caso de los edificios. Como consecuencia, la estrategia a adoptar es conseguir aumentar la compacidad del edificio en todo lo posible.

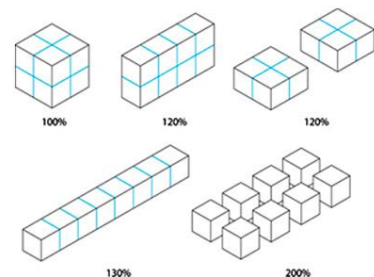


Figura 101. Esquemas explicativos sobre la compacidad y las formas geométricas. Fuente: Google imágenes.

5.2.3.5.4 - Protección solar



Figura 102. Fotografía de ejemplo de edificio con protecciones solares en forma de lamas. Fuente: Google imágenes.

La radiación solar, lo que puede ser considerado una ventaja en invierno como un apoyo energético, puede convertirse en el mayor enemigo en el verano, puesto que su radiación en esta época suele ser excesiva. La protección solar por tanto, es básicamente proteger el edificio de forma pasiva de la radiación solar excesiva, ya sea pensado para ciertas épocas del año o para ciertas horas del día.

La variedad de protecciones solares existentes en la actualidad es extensísima variando desde pequeños elementos verticales u horizontales como lamas o toldos, hasta la utilización de la propia forma del edificio para conseguir tal fin, como por ejemplo el Ayuntamiento de Londres de Norman Foster del año 2002. Este ejemplo aunque a priori pueda considerarse como poco eficiente por su total materialidad de acero y vidrio, utiliza su propia forma para inclinarse y evitar la incidencia de la radiación solar en verano que en Londres es aproximadamente de 35°.

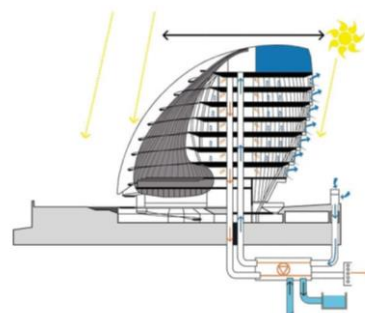


Figura 103. Esquema de funcionamiento de protección solar por medio de la forma del edificio basado en la sección del edificio del ayuntamiento de Londres de Norman Foster. Fuente: Google imágenes.

Además en los últimos años, para combatir la “rigidez de utilización” de estos elementos pasivos, se están desarrollando sistemas móviles los cuales se adaptan mejor a la situación concreta del momento de forma manual o automática.

5.2.3.6 - ENVOLVENTE

Sin ninguna duda, las estrategias centradas en trabajar sobre la envolvente, son la piedra angular de los edificios nZEB. Adquiere suma importancia este punto puesto que es el que más repercusión va a tener en el resultado final del edificio, pudiendo llevar al proyecto al éxito o al fracaso.

5.2.3.6.1 - Aislamiento térmico



Es un material o conjunto de materiales cuya misión es evitar en todo lo posible el trasvase energético de un espacio a otro, sobre todo de un espacio interior a otro exterior o viceversa dependiendo de la situación concreta. En verano su misión será evitar que el calor acceda al interior, y en invierno que el calor no se “escape” al exterior.

Dentro del ámbito de la envolvente, la estrategia más importante siendo una de las más baratas económicamente. De nada sirve esforzarse en estrategias centradas en otros puntos si por las partes ciegas de la propia envolvente existe un trasvase de energía insostenible.

Hoy en día existen muchos tipos de aislamiento térmico y de muchos materiales y formatos que no se explicaran en estas líneas, pero sí que es importante mencionar algunas de sus características, pues en ellas es donde reside la clave de esta estrategia. Las más importantes son la Conductividad ($W/m \cdot k$), la Permeabilidad ($g/m \cdot s \cdot Pa$), la Densidad aparente (kg/m^3), las propiedades mecánicas sobre todo su resistencia, la Absorción al agua, la Estabilidad a distintos elementos como el fuego y su Comportamiento Químico

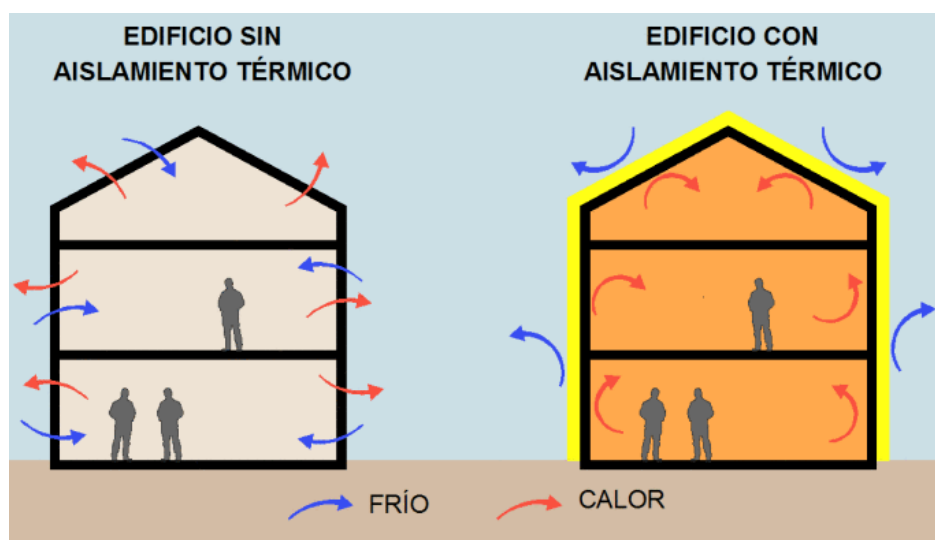


Figura 104. Esquema explicativo del funcionamiento del aislamiento térmico en un edificio.
Fuente: Manual E3CN

5.2.3.6.2 - Aislamiento acústico

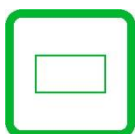


Aunque en sí mismo, el aislamiento acústico no afecte al ahorro energético, se decide incorporarlo como estrategia puesto que sí que colabora de manera efectiva en conseguir el confort interior. Normalmente la propia componente de aislamiento acústico va implícita en otras estrategias como la del aislamiento térmico o la utilización de carpinterías y vidrios de altas prestaciones. Por lo tanto la estrategia desde el punto de vista del aislamiento acústico se basa en su consideración en esos otros puntos, consiguiendo una cantidad de

aislamiento acústico determinada en concordancia con las intenciones del proyecto.

No obstante, y aunque no se vaya a tratar en este texto, sí que se pueden emplear estrategias acústicas para el acondicionamiento acústico interior de un espacio.

5.2.3.6.3 - Huecos



El concepto de hueco en Arquitectura se puede referir a distintos elementos, pero en este contexto los más habituales son huecos de ventanas y puertas sobre todo exteriores. Por tradición, cualquier hueco se considera un punto débil de la envolvente y como consecuencia, susceptible de generar problemas añadidos al propio trasvase energético como por ejemplo generar un puente térmico y posibles condensaciones.

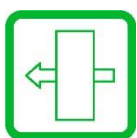
Por ello en los edificios de alta eficiencia, al menos antes, se tendía a reducir el número y tamaño de huecos de ventanas, reduciendo el porcentaje de acristalamiento. Además estos huecos se orientaban estratégicamente para obtener algún beneficio energético. En la actualidad esa tendencia está cambiando con la existencia de carpinterías y vidrios de altas prestaciones, las cuales pueden actuar de igual forma que cualquier muro ciego aislado correctamente.



Figura 105. Fotografía de un operario sellando convenientemente el contorno de una ventana.
Fuente: Google imágenes.

Teniendo en cuenta todo lo anterior la estrategia principal se centrará en primer lugar en orientar estos huecos de manera estratégica, en segundo lugar en elegir el conjunto de carpintería y vidrio que más se adapte al proyecto siendo siempre se altas prestaciones, y en último lugar poner especial atención al contorno de la ventana en el encuentro con el muro ciego evitando siempre los posibles puentes térmicos.

5.2.3.6.4 - Eliminación de los puentes térmicos

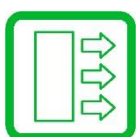


Un puente térmico se puede definir coloquialmente como un punto donde hay mayor facilidad de trasvase energético pudiendo generar problemas añadidos a la propia pérdida de energía.

Esta estrategia, muy vinculada al punto anterior, pero sobre todo con el aislamiento térmico, pasa por eliminar en fase de proyecto toda posibilidad de existencia de puentes térmicos en el edificio, ya sea en huecos en la envolvente, en encuentros entre distintos sistemas constructivos o distintos materiales, pero sobre todo en la correcta y exhaustiva vigilancia en la dirección de obra en fase de construcción.

Básicamente se consigue creando una envolvente térmica continua basada en la colocación de aislamiento térmico que sea continuo en toda la envolvente, eliminando cualquier punto no aislado térmicamente.

5.2.3.6.5 - Inercia térmica de los muros



La inercia térmica se define como la capacidad que tiene un material para absorber energía térmica y después cederlo a una velocidad determinada. Normalmente trabaja debido a su gran masa la cual es capaz de absorber energía, ya sea de la radiación solar, o de los sistemas de calefacción interiores para poder cederla poco a poco estabilizando la temperatura del interior.

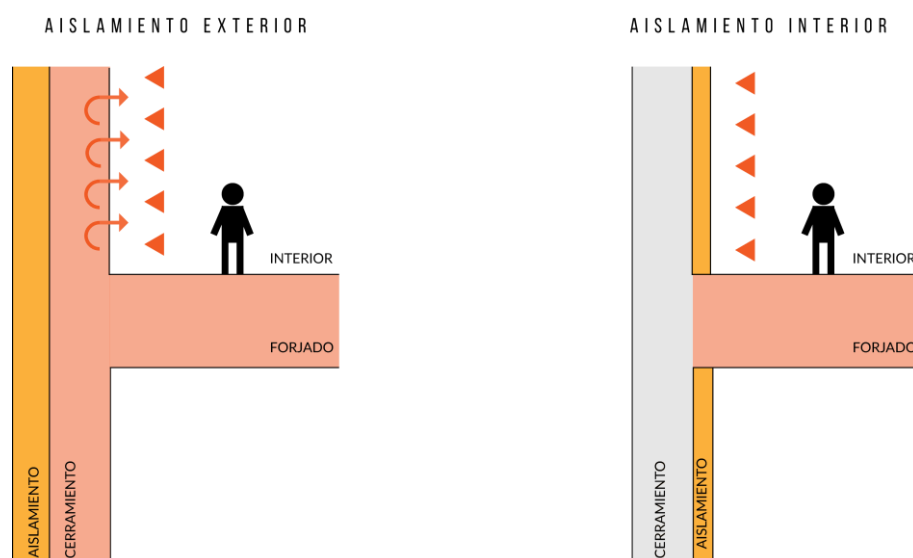


Figura 106. Esquema explicativo del funcionamiento de la inercia térmica de un muro. Fuente: Google imágenes.

Hoy en día, la segunda de las consideraciones anteriores se puede utilizar a menudo debido a la tendencia a crear cerramientos aislados térmicamente por el exterior, de esta manera, la mayoría de la masa del cerramiento está en contacto con el aire interior pudiendo funcionar de tal manera.

5.2.3.6.6 - Muros ciegos o cerramientos opacos

En la envolvente de un edificio por lo general nos podemos encontrar por un lado huecos, pudiendo ser puertas o partes acristaladas, y por otro lado muros ciegos. Este aspecto también está directamente relacionado con todos puntos anteriores.

La estrategia que se ha de realizar en esta parte se basa en diseñar un muro o mejor dicho, una sección de muro, que sea acorde a todas las demás características vistas hasta ahora. Como consecuencia habrá que prestar especial atención a las cualidades del conjunto de capas que componen dicha sección, como pueden ser el Color, la Conductividad Térmica λ ($W/m \cdot k$), la Resistencia Térmica R ($m^2 \cdot k/W$) o la Transmitancia Térmica U ($W/m^2 \cdot k$), para obtener un muro que se adapte a las condiciones que quiere obtener el proyecto.

5.2.3.6.7 - Hermeticidad



Esta estrategia se basa en controlar la infiltración de aire no deseado de manera incontrolada ya sea del interior al exterior o viceversa mediante la incorporación de una capa hermética que trabaja en la mayoría de las ocasiones a modo de dupla con el aislamiento térmico.

Este control elimina en parte otros problemas colaterales aparte de las propias pérdidas energéticas y para corroborar su buen diseño y funcionamiento se deberán realizar una serie de pruebas de estanqueidad en la fase de construcción pertinente.

5.2.3.6.8 - Cerramientos que trabajan pasivamente de manera activa



Crear este tipo de estrategias es muy interesante, puesto que se crean elementos que trabajan activamente mediante situaciones naturales pasivas. Estas estrategias pueden llegar a tener una influencia considerable dentro del resultado final.

El inconveniente suele ser la dificultad de ejecución y el poco control que se puede tener de estos sistemas a la hora de su funcionamiento, puesto que la mayoría de las veces funcionan en situaciones muy concretas que se escapan a la intencionalidad del propio usuario del edificio. A continuación se citan algunos ejemplos de sistemas utilizados.

5.2.3.6.8.1 - Galerías Acristaladas e Invernaderos

Esta estrategia tiene su origen en los invernaderos construidos a lo largo de la historia, como por ejemplo los desarrollados a mediados del s.XIX por Joseph Paxton.

Su funcionamiento se basa en crear superficies acristaladas por el exterior del edificio o de partes del edificio, para aprovechar la radiación solar y calentar el aire que se contiene en el interior. De esta manera, en invierno, ese aire caliente a su vez calienta los muros del edificio, transmitiendo calor al interior, y en verano simplemente se ventila para que no sea transmitido.

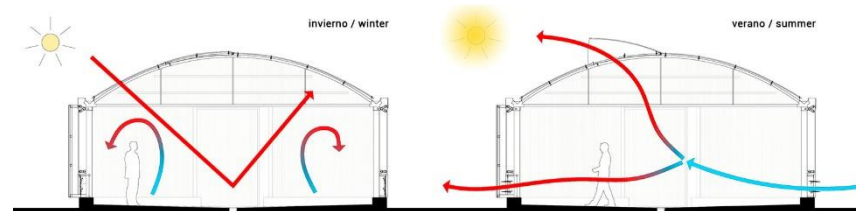


Figura 107. Esquema de funcionamiento del efecto invernadero y su posibilidad de ventilar cuando sea necesario. Fuente: Google imágenes.

5.2.3.6.8.2 - Muros Trombe

En esencia es un ejemplo concreto del punto anterior cuyo funcionamiento elemental se basa en la creación de un muro con una inercia térmica considerable, el cual en su parte exterior cuenta con una especie de cámara de aire contenida por un vidrio. Todo este conjunto suele ser de color oscuro con la finalidad de que la radiación solar tenga incidencia sobre el sistema calentando el aire interior de la cámara. Este aire, a su vez calentará el muro que irá cediendo esa energía térmica poco a poco al interior.

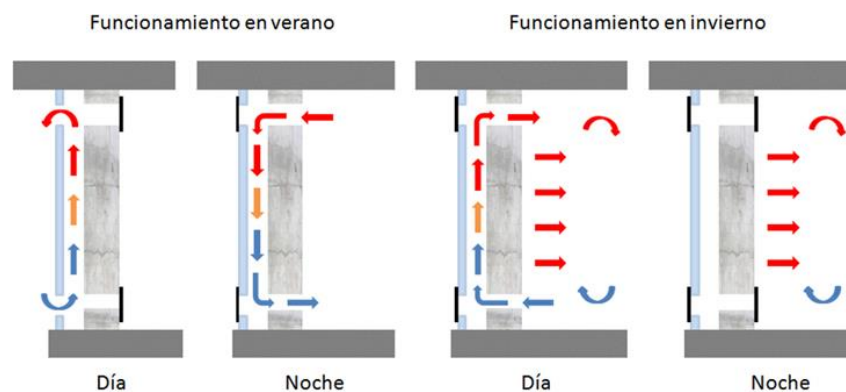


Figura 108. Esquema explicativo del funcionamiento de un muro trombe tanto en verano como en invierno. Fuente: Google imágenes.

Partiendo de su funcionamiento básico, sobre todo en condiciones de invierno, se han desarrollado mecanismos mediante los cuales se pueda utilizar esa energía de manera más funcional bajo la voluntad del usuario. Ejemplo de ello son los conductos que conectan la cámara de aire con el espacio interior del edificio.

De esta manera se puede introducir aire a la cámara el cual es calentado por la radiación y es devuelto al espacio interior aumentando su temperatura.

Para situaciones de verano, se deben disponer elementos de protección solar pasivos con la finalidad de calentar lo menos posible la cámara de aire. Esta cámara de aire además deberá contar con sistemas de ventilación para evitar su sobrecalentamiento y posterior calentamiento del muro, evitando a su vez introducir calor no deseado al interior del edificio.

La creación de este tipo de muro puede constituir una estrategia a tener muy en cuenta. Tiene la desventaja ya citada de su relativa dificultad de ejecución y sus consecuencias en la apariencia del edificio. Cierto es que estos dos aspectos están perdiendo peso puesto que cada vez los sistemas de construcción de este tipo de muros son cada vez más avanzados y más vistosos.

No obstante, y aunque deba ir asociados a sistemas de sombreado pasivo como protectores solares, puede tener una gran repercusión en el ahorro energético.

5.2.3.6.8.3 - Cubiertas, fachadas vegetales y elementos vegetales



Figura 109. Fotografía de fachada vegetal de un edificio. Fuente: Google imágenes.



Figura 110. Fotografía de la cubierta vegetal del edificio de las termas de Vals de Peter Zumthor. Fuente: Google imágenes.

Otra estrategia posible es la utilización de elementos vegetales para las cubiertas y las fachadas. Esto puede ser posible sobre todo cuando las normativas urbanísticas pertinentes lo permitan, pero sobre todo cuando uno de los objetivos prioritarios sea la sostenibilidad. Lejos de ser un sistema novedoso, se puede considerar como una estrategia que se ha utilizado en infinidad de ocasiones a lo largo de la Historia de la Arquitectura, sobre todo en la Arquitectura Popular y tradicional siendo además, el caso de la cubierta vegetal, promovida por Le Corbusier como uno de los 5 puntos de la Arquitectura.

Estos sistemas, además de absorber el CO₂ de la zona, proporcionan una gran inercia térmica al elemento en cuestión, funcionando además en muchas ocasiones como aislantes térmicos naturales.

5.2.4 - ESTRATEGIAS ACTIVAS PROPIAS DEL EDIFICIO

Este tipo de estrategias son las que participan activamente en funcionamiento del propio edificio. Normalmente suelen ir relacionadas con el rendimiento de los sistemas instalados y con el consumo energético del edificio teniendo que cubrirlo total o parcialmente según la situación. Se puede considerar como la consecuencia de las estrategias pasivas, es decir, con estas primeras, reducimos la demanda al máximo posible, por consiguiente reduciendo la energía que precisa el edificio para su funcionamiento y con las estrategias activas se debe cubrir total o parcialmente el consumo necesario resultante de la aplicación de las estrategias pasivas.

Este trabajo distingue estas medidas en cuatro grandes grupos que se analizan de forma individual pero tienen una obligada dependencia directa unos de otros. Por lo tanto los grupos que se pueden diferenciar son, los Sistemas de Generación de Energía Renovable, los Sistemas de Acumulación Energética, los Elementos de Consumo Energético y los Sistemas de Gestión Energética. Todas estas estrategias están relacionadas íntimamente con la eficiencia energética de cada sistema individual y con la tecnología disponible y su evolución y desarrollo a lo largo del tiempo.

De este modo se puede entender la relación directa entre los Sistemas de Generación de Energía Renovable, los cuales producen la energía que se acumulará en los Sistemas de Acumulación Energética. A su vez estos entregarán esa energía acumulada a los Elementos de Consumo Energético en los momentos que se precise. Para concluir el ciclo, los Sistemas de Gestión Energética gestionan todos los anteriores.

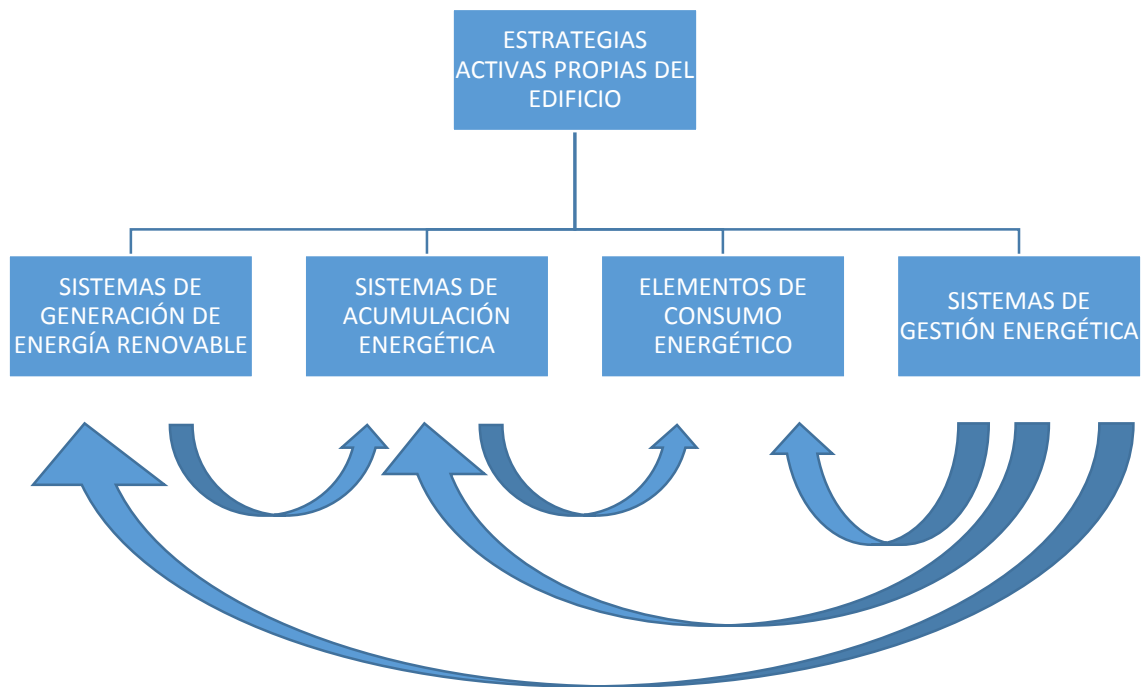


Figura 111. Diagrama clasificadorio estrategias activas propias del edificio nZEB. Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.1 - SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE

Estos sistemas se basan en la producción o generación de energía renovable in situ y son los encargados de producir parte o la totalidad de la energía necesaria para satisfacer la demanda del edificio, posteriormente a la aplicación de las estrategias pasivas. Si esta energía renovable generada in situ no fuese suficiente como para satisfacer la demanda completa, deberá complementarse con energía tomada de la red y si es excedentaria se acumulará en el caso de existir los sistemas de acumulación necesarios.

Como ya se ha hecho un recorrido por las posibilidades energéticas de las que disponemos hoy en día en la introducción del presente trabajo, este punto pasa únicamente por seleccionar aquellas energías o fuentes de energía las cuales sean aplicables en el ámbito de la Arquitectura, explicándolas muy brevemente.

Lo que sí que se puede extraer de la lectura y comprensión del apartado de la introducción de este trabajo, es que a lo que tiende la evolución energética es a generar electricidad mediante otro tipo de energía primaria, para poder ser consumida posteriormente. Además la mayoría de esas energías primarias renovables pueden ser adaptadas para la producción individual en edificios. De este modo la mayoría de los esfuerzos activos en generación de energía deben ir enfocados a conseguir producir electricidad por estos medios sin olvidar también la producción de agua caliente de aporte solar.

5.2.4.1.1 - Energía Solar



En España contamos con una ventaja enorme con respecto a los demás países de la Unión Europea, puesto que la superficie del país recibe una cantidad de radiación solar mucho mayor que en otros países. Aunque en muchas ocasiones este hecho puede resultar perjudicial desde el punto de vista energético, como puede ser a lo hora de establecer la demanda energética de refrigeración de un edificio para la situación de verano, no deja de ser una energía primaria potente, limpia y completamente renovable, por ello se debe aprovechar al máximo posible.

Como ya se ha explicado en la introducción, se pueden diferenciar dos tipos de energía solar, por un lado la Energía Solar Térmica y por otro lado la Energía Solar Fotovoltaica.

5.2.4.1.1.1 - Energía solar térmica

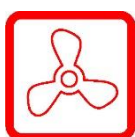
Este tipo de energía se basa en aprovecharse de la radiación solar para calentar un fluido caloportador situado en el interior de los captadores, que puede ser agua u otro fluido y aprovechar esa energía térmica para calentar agua que utilice el edificio. Suele utilizarse normalmente en la producción de agua caliente sanitaria pero también se utiliza aunque en menor medida en calefacción

de suelo radiante o radiadores e incluso en climatización de piscinas.

5.2.4.1.1.2 - Energía solar fotovoltaica

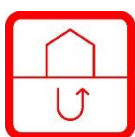
Se basa en aprovechar la radiación electromagnética contenida en la radiación solar para que por medio del efecto foto eléctrico, las células que contienen los paneles solares produzcan electricidad.

5.2.4.1.2 - Energía Eólica



Normalmente cuando se trata de instalaciones individuales y pequeñas se suele considerar con el nombre de energía mini eólica. Se basa en aprovechar la energía mecánica contenida en el movimiento natural del viento y hacer girar unas hélices o aspas que están conectadas a un generador eléctrico rotacional. Éste, transforma la energía mecánica de la rotación en energía eléctrica.

5.2.4.1.3 - Geotermia



Este tipo de energía se trata de aprovechar el calor del interior de la tierra mediante perforaciones verticales o zanjas horizontales de una importante cantidad de metros. A esta profundidad la temperatura suele mantenerse constante pudiendo aprovecharla durante todo el año sin ningún tipo de interrupción. En esas perforaciones se introducen tuberías por las cuales se hace fluir un líquido caloportador el cual absorbe esa energía térmica contenida a esa profundidad y aprovecharla en superficie para diversos fines.

5.2.4.1.4 - Biomasa



Esta energía, supuestamente renovable, se produce al combustionar la materia orgánica producida por los procesos biológicos sobre todo de vegetales, aprovechándose de la energía térmica obtenida para diversos fines. Aunque pueda considerarse como renovable, es contaminante.

5.2.4.2 - SISTEMAS DE ACUMULACIÓN ENERGÉTICA



Este tipo de infraestructura se basa en la instalación de un sistema de almacenamiento de la energía en forma de baterías. Estas baterías las irán acumulando la energía que no consume el edificio instantáneamente asegurando el aporte energético cuando los sistemas de generación no sean capaces de producir la suficiente cantidad de energía para el funcionamiento normal del edificio.



Figura 112. Fotografía de una instalación de un sistema de acumulación a base de una batería "Powerball" de TESLA. Fuente: Google imágenes.

Como en todos los elementos, la eficiencia y la evolución tecnológica afecta de manera significativa a los sistemas de acumulación energética, pudiendo encontrar en la actualidad gran variedad de productos que pueden variar desde los más humildes hasta los más modernos, con gran capacidad y velocidad de acumulación.

5.2.4.3 - ELEMENTOS DE CONSUMO ENERGÉTICO

Son los elementos encargados de generar algún tipo de actividad consumiendo energía, por lo tanto son los culpables de una parte importante de la demanda. Están estrechamente relacionados con la eficiencia, puesto que cuanto más eficientes sean, menor será la energía que requieren para su utilización y por consiguiente menor será su consumo, aumentando el ahorro energético final y reduciendo también la demanda. Éstos se pueden agrupar en tantos grupos como necesidades tenga el edificio, pero es importante tener claro una serie de conceptos en este punto, pues son la clave para reducir el consumo.

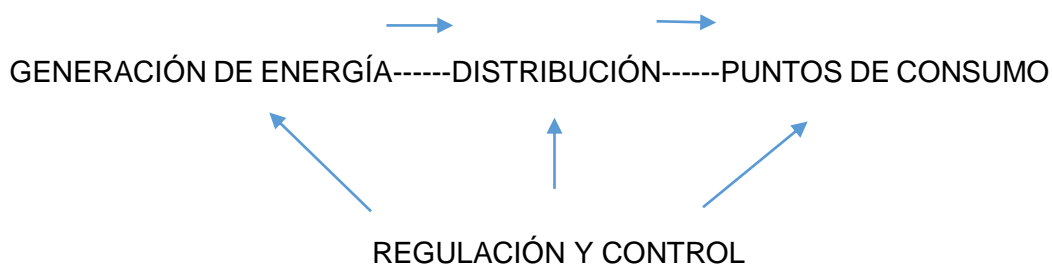
$\text{Rendimiento Global del Sistema} = \text{Rendimiento de generación} \cdot \text{Rendimiento de distribución} \cdot \text{Rendimiento de regulación}$

Rendimiento de generación: Cuantifica el rendimiento de la tecnología que se utiliza para producir esa energía térmica.

Rendimiento de distribución: Cuantificación de las pérdidas energéticas producidas en el transporte de la energía térmica desde el punto de producción hasta el punto de consumo o intercambio.

Rendimiento de regulación: Cuantifica la eficiencia del sistema de regulación al regular o adaptar la generación a la necesidad de la demanda instantánea aumentando la eficiencia del sistema.

Todos estos conceptos se basan en el siguiente esquema:



Estos conceptos son aplicables a la mayoría de elementos de consumo, ya sea de una manera o de otra, como por ejemplo a los sistemas de climatización o a los de producción de agua caliente sanitaria. Teniendo claros estos conceptos tan influyentes en el consumo final, se puede continuar con la clasificación de los diferentes elementos de consumo

5.2.4.3.1 - Sistemas de iluminación



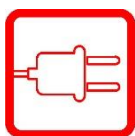
Figura 113. Fotografía con diferentes tipos de bombillas existentes. De izquierda a derecha, bombilla incandescente, bombilla de bajo consumo y bombilla con tecnología LED. Fuente: Google imágenes.

Las estrategias aplicadas al ámbito de la iluminación a priori, parecen centrarse en utilizar elementos de bajo consumo. En la actualidad ya hay suficiente variedad en el mercado de bombillas con tecnología tipo LED, con las que, simplemente por su utilización, ya se está obteniendo un ahorro energético del orden del 85% con respecto a las bombillas de incandescencia.

Aparte de esto, y como apoyo, hay numerosas ocasiones en las que la incorporación de sistemas de regulación o de detección inteligentes, como los de movimiento o los de la luz ambiental presente, pueden producir ahorros energéticos interesantes.

En definitiva, la clave de este aspecto es, aparte de utilizar sistemas de bajo consumo, incorporar los sistemas auxiliares necesarios para poder ajustar la iluminación del edificio a las necesidades instantáneas reales.

5.2.4.3.2 - Sistemas eléctricos



Aunque este aspecto no esté muy desarrollado ni estudiado, es interesante desarrollar estrategias que se enfoquen a ahorrar en cualquier punto del sistema eléctrico.

En la actualidad el desarrollo de todos los aparatos eléctricos tienden a reducir su consumo reduciendo la potencia que necesitan para su utilización. Debido a esto, se utilizan una cantidad enorme de aparatos eléctricos y electrónicos los cuales toman la electricidad directamente de la red del edificio para luego transformarla a potencias menores como por ejemplo a 12 Voltios. Por consiguiente, todos esos aparatos precisan de un transformador individual el cual consume y derrocha energía, ya sea eléctrica o térmica.

Una estrategia interesante puede ser la consideración en fase de proyecto de una red de corriente paralela a la habitual con un único transformador en su punto inicial, la cual abastezca a todos los aparatos que precisen una potencia inferior. De este modo se limitarán las pérdidas energéticas a un único transformador consiguiendo un ahorro, no muy importante, pero al fin y al cabo un ahorro energético.

5.2.4.3.3 - Sistemas de Agua Fría Sanitaria (A.F.S.) y Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.)



Sin duda lo que más influencia puede tener en este tipo de sistemas, a parte del obligado aporte térmico solar, es la propia utilización del agua que tenga el usuario (explicado en las estrategias pasivas ajenas al edificio).

Una de las estrategias activas que se puede considerar es la incorporación sistemática de griferías de alta eficiencia. Ejemplos de este tipo de griferías pueden ser las griferías con detección electrónica, las cuales pueden generar un ahorro de agua alrededor del 20%, las griferías con temporizador, las cuales aumentan su ahorro de agua al 40% o las griferías con aireadores, las cuales pueden llegar a producir un ahorro de más del 40%.

Otra de las estrategias que se pueden llevar a cabo es evitar la pérdida de energía en la conducción sobre todo de agua caliente, aislando las tuberías térmicamente o reduciendo la distancia desde el punto de producción al punto de consumo.

5.2.4.3.4 - Sistemas de evacuación de agua



En este caso una de las posibles estrategias a utilizar ya ha sido explicada con anterioridad, y es la reutilización de aguas grises para diferentes usos.

No obstante se puede utilizar otra estrategia activa como es la incorporación de aparatos sanitarios eficientes. Teniendo en cuenta esto, se puede especificar que las cisternas de los inodoros sean de poca capacidad y que tengan instalados sistemas de doble descarga.

5.2.4.3.5 - Sistemas de Climatización – Calefacción, Refrigeración y Ventilación



Los sistemas de climatización son sin duda los Elementos de Consumo Energético que más influencia tienen en la demanda y en el consumo del edificio, por lo tanto es un punto en el que se debe hacer un esfuerzo especial para que la elección y el diseño del sistema sea lo más eficiente posible y siempre vinculado a los sistemas de generación de energía renovable.

En el caso de la ventilación se ha convertido en los últimos años en una parte fundamental de la climatización. Por ello las normativas actuales lo incorporan en sus exigencias, puesto que contribuyen en buena medida en alcanzar la situación de confort interior de los edificios.

En el caso de la ventilación se pueden dar varias casuísticas que dependen básicamente de si la introducción y extracción del aire se realiza por medios naturales o mecánicos. De este modo resultan cuatro combinaciones posibles, introducción y extracción de aire por medios naturales (visto en las estrategias pasivas del edificio), introducción de aire por medios naturales y extracción por medios mecánicos, introducción de aire por medios mecánicos y extracción por medios naturales o introducción y extracción de aire por medios mecánicos.

Sea como sea, buscar sistemas de ventilación activos que sean lo más eficientes posibles, también se ha convertido en una estrategia fundamental del diseño de edificios nZEB. Además en muchas ocasiones se tiende a introducir una climatización integrada en la cual adquiere un papel fundamental el intercambiador de calor.

5.2.4.3.6 - Sistemas de Domótica



La incorporación de ciertos sistemas de domótica puede ayudar a reducir el consumo energético en alguna situación concreta, pudiendo controlar parámetros como la calefacción, refrigeración o incluso la entrada de luz natural de una manera no presencial.



Figura 114. Imagen representativa de la idea general de la domótica. Fuente: Google

Estos sistemas, han cobrado mucha importancia en la actualidad, integrándose en el diseño básico del edificio. Además se pueden conectar con los sistemas de gestión energética del edificio explicados en el siguiente punto, haciendo que el control sobre el edificio sea mucho más interesante.

5.2.4.3.7 - Estaciones de carga de vehículo eléctrico



Vinculado a la necesidad de avanzar hacia modelos de vida más eficientes energéticamente y unido a los objetivos europeos planteados al principio del trabajo, aparece el sector del transporte. Este sector avanza inevitablemente hacia la utilización de vehículos eléctricos, pero ese avance es inviable sin la existencia de una infraestructura que permita abastecer de energía estos vehículos. Esta tarea, en parte es responsabilidad del Urbanismo, pero también de la Arquitectura y de la Ingeniería.

Desde el punto de vista del Urbanismo, existe la necesidad de introducir en las ciudades existentes toda esta infraestructura que permita la utilización factible y coherente del vehículo eléctrico, pero también en el ámbito de la Arquitectura existe esa necesidad.

Por lo tanto, para que se pueda normalizar sistemáticamente el uso de estos vehículos todos los edificios deben contar con una instalación que permita su carga, convirtiéndose por lo tanto este tipo de estaciones de carga en una instalación más a considerar dentro del diseño de un edificio y por consiguiente un Elemento de Consumo Energético a mayores.



Figura 115. Fotografía de la estación de carga de un vehículo eléctrico TESLA. Fuente: Google imágenes.

5.2.4.4 - SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA



En este tipo de edificios la gestión y la eficiencia energética de todos los componentes toman un papel fundamental. Como se ha visto a lo largo de estas páginas, todo influye en el ahorro energético final. Por ello, la mejor manera de cerrar el “círculo”, es tener información a tiempo real del estado, nivel de rendimiento y cualquier parámetro necesario de todos los sistemas intervinientes en el conjunto del edificio. Con ello se consigue obtener una gestión total del conjunto y su optimización, y por consiguiente el ahorro energético deseado.

Añadido a esto aparece en escena el concepto de acumulación de energía por medio de baterías

En definitiva, una parte importante de la estrategia se basa en monitorizar todos los sistemas intervinientes en el proyecto con la finalidad de gestionarlos de la manera más eficiente.

5.3 - ESTRATEGIAS PARA LA CONVERSIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES EN EDIFICIOS nZEB

Antes de comenzar plantear estrategias para la rehabilitación de edificios existentes y convertirlos en edificios nZEB debería reflexionarse sobre la necesidad e importancia que tendría esta parte del parque edificatorio existente en España. Como ya se ha visto, los objetivos marcados por Europa son claros y firmes, por ello las nuevas normativas plantean las exigencias para los edificios construidos de nueva planta. Pero también considera que se debe actualizar el parque edificatorio existente.

La realidad es que aunque en este momento se está percibiendo un aumento en la cantidad de edificios construidos nuevos, en los últimos años el sector ha sufrido una caída considerable. Con esto se quiere atender a la necesidad e importancia de intervención sobre los edificios existentes, pues será mucho mayor el número de intervenciones para convertir un edificio existente en un edificio nZEB que el número de edificios nZEB nuevos construidos.

Si se consideran los datos aportados por el Ministerio de Fomento el 55% de viviendas existentes en España se construyeron con los estándares marcados por la NBE-CT-79 y en torno al 90% o 95% del parque edificatorio total existente en España es anterior a la implantación del Código Técnico de la Edificación del 2006. Se pueden construir todos los edificios nuevos que se quiera, que el número de edificios construidos en el país que no cumple las exigencias energéticas mínimas no va a cambiar.

Por ello la importancia de centrar parte de los esfuerzos en la renovación de estos edificios para su adaptación a los estándares considerados nZEB.

Centrándose en las estrategias a aplicar, no difieren mucho de todas las estrategias planteadas para un edificio de nueva planta. La gran diferencia es que en el caso de un edificio existente, el diseño se enfrenta a una realidad construida y difícilmente modificable teniendo que adaptar todas las estrategias a esa realidad.

Las únicas estrategias que pueden sufrir cambios significativos son las estrategias activas del propio edificio referidas a la envolvente como la del aislamiento térmico o el tratamiento de los huecos.

5.3.1 - Aislamiento térmico

El gran problema que se puede encontrar en este punto es el estado y las características del aislamiento térmico existente en el edificio lo cual está relacionado sobre todo con el año de construcción y la normativa existente en esa época.

Se puede considerar situaciones en las que el aislamiento térmico es inexistente como por ejemplo en casos en los que el propio muro es de una hoja no contando ni siquiera con una cámara intermedia.

El siguiente caso podría ser que aunque en el muro existiese una cámara, no contase con aislamiento térmico dentro. Esto puede ser por la consideración de

esa cámara de aire como suficiente aislamiento térmico, o simplemente porque aunque se hubiese instalado el aislamiento, se encuentre en un estado de deterioro muy avanzado considerándole como inexistente.

El último de los casos posibles puede ser la presencia de aislamiento térmico, normalmente dentro de esa cámara, pero que aunque se encontrase en buen estado, no sea suficiente como para satisfacer las exigencias mínimas de un edificio nZEB.

Para solucionar estos problemas se pueden llevar a cabo una serie de estrategias las cuales tienen en común la instalación de una capa de aislamiento térmico de la forma más continua posible para evitar los puentes térmicos y por consiguiente, además de las pérdidas energéticas, condensaciones.

5.3.1.1 - Aislando térmicamente por el interior

Esta medida suele ser muy utilizada debido a su facilidad de ejecución y coste reducido. Se basa en trasdosar por el interior del muro mediante aislante térmico y placas de cartón yeso laminado. Se consiguen buenos resultados pero tiene el inconveniente de la necesidad de ir acompañado de otras medidas para eliminar los puentes térmicos además de no proporcionar un aislamiento térmico continuo. Además su colocación implica la pérdida de superficie útil interior.

5.3.1.2 - Aislando térmicamente por el centro

Se trata de rellenar la cámara interior del muro de un material aislante térmico dotando al edificio de un aislamiento térmico mayor del que tenía en origen. Este material que se inyecta puede ser desde poliuretano o poliestireno hasta celulosa o fibra mineral.

Es una medida que es algo más costosa tanto económicamente como en ejecución, pero tiene la ventaja de conseguir muy buenos resultados sin la alteración de la imagen exterior del edificio y sin la reducción de superficie útil interior. Además tampoco suele crear un aislamiento térmico continuo a no ser que existiese en origen en el edificio.

5.3.1.3 - Aislando térmicamente por el exterior

Consiste en crear una capa de aislamiento térmico por el exterior del edificio configurando una de las estrategias más utilizadas en la actualidad. Este sistema denominado comúnmente como SATE (Sistema de Aislamiento Térmico Exterior) crea un aislamiento térmico continuo por la parte exterior del muro eliminando a su vez los puentes térmicos.

Otra de las ventajas es que al actuar por la parte exterior del edificio se afecta a la imagen de éste, pudiendo en muchos casos actualizarla ocultando su imagen original por lo general anticuada.

5.3.2 - Huecos

De igual manera que en las estrategias pasivas de edificios nuevos, esto implica incorporar carpinterías y vidrios de altas prestaciones. Pero lo que se quiere destacar en esta ocasión no es eso, sino la idea de equiparar el diseño de huecos en un edificio nuevo, diseñándolos más grandes o más pequeños o simplemente con una forma concreta, a la posibilidad de modificación de los huecos existentes en el edificio intervenido. De este modo se pueden aprovechar mejor las estrategias pasivas vinculadas con esta idea en favor del diseño pasivo del edificio.

5.4 – APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS Y FACTORES INFLUYENTES PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS nZEB

5.4.1 – APLICACIÓN SOBRE LA “VILLA SABOYA” DE LE CORBUSIER

Habiendo estudiado las diferentes posibilidades de estrategias para el diseño de un edificio nZEB tanto de nueva planta como en un edificio existente, se propone a modo esquemático una propuesta de intervención sobre la Villa Saboya de Le Corbusier²⁹, construida entre los años 1928 y 1931, situada en la localidad de Poissy, al Norte de Francia.

La elección de este edificio para realizar esta propuesta no es fruto de la casualidad ni del azar, sino que se escoge este edificio concreto y no otro porque este supone el paradigma de vivienda del Movimiento Moderno³⁰. En ella se manifiestan los cinco puntos de la Arquitectura propuestos por su autor iniciando una nueva época en la Arquitectura y un nuevo estilo arquitectónico.

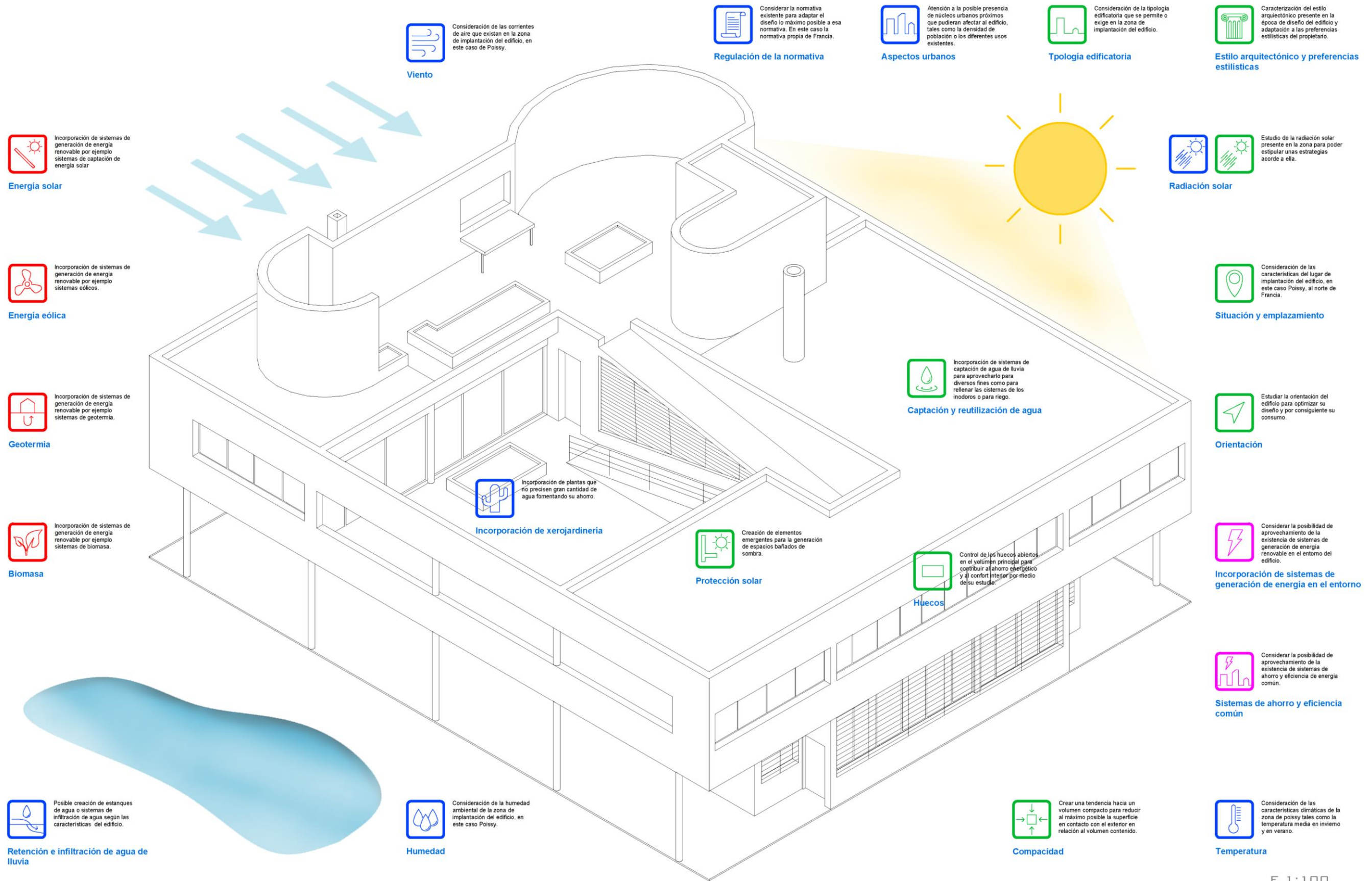


Figura 116. Fotografía de la “Villa Saboya”. Fuente: Google imágenes.

La propuesta esquemática se desarrolla en las siguientes páginas sobre planos e iconos obtenidos mediante elaboración propia y haciendo un repaso práctico de todas las estrategias posibles a aplicar en este edificio.

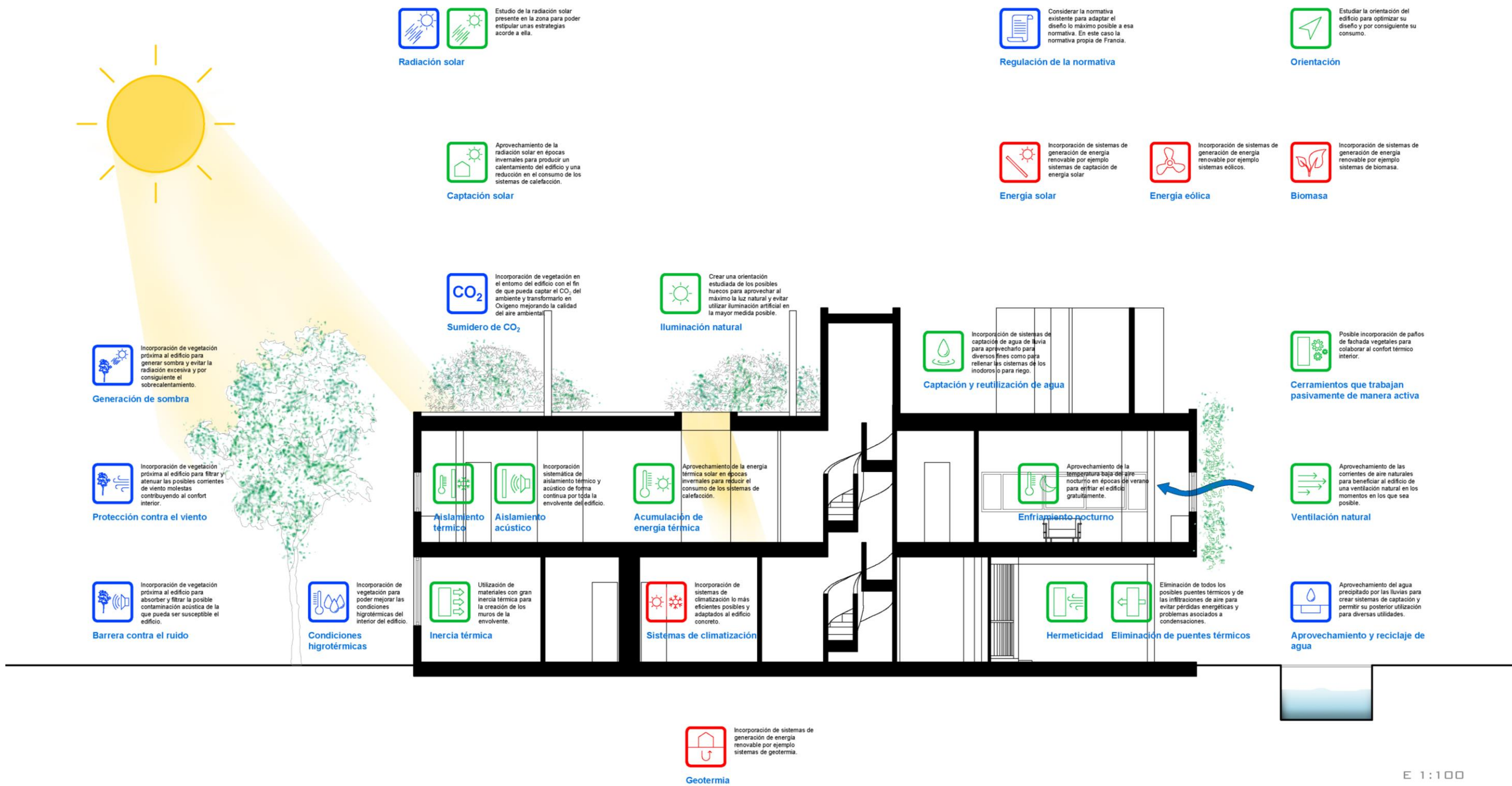
²⁹ Le Corbusier o Charles-Édouard Jeanneret-Gris: Fue un Arquitecto, escritor, pintor, escultor, urbanista y diseñador de espacios nacido en Suiza en 1887 al que se le considera como el padre de la Arquitectura moderna y precursor del Movimiento Moderno y de los cinco puntos de la Arquitectura.

³⁰ Movimiento Moderno: Es un estilo arquitectónico desarrollado mundialmente entre 1925 y 1965 el cual promovía que la Arquitectura debía basarse en las líneas sencillas, el color blanco, la razón y la funcionalidad entre otros aspectos.



E 1:100

5.4.1.1 - AXONOMETRÍA



E 1:100

5.4.1.2 – SECCIÓN LONGITUDINAL

Considerar la normativa existente para adaptar el diseño lo máximo posible a esa normativa. En este caso la normativa propia de Francia.

Regulación de la normativa

Incorporación de sistemas de generación de energía renovable por ejemplo sistemas de captación de energía solar

Energía solar

Incorporación de sistemas de generación de energía renovable por ejemplo sistemas eólicos.

Energía eólica

Incorporación de sistemas de generación de energía renovable por ejemplo sistemas de geotermia.

Geotermia

Incorporación de sistemas de generación de energía renovable por ejemplo sistemas de biomasa.

Biomasa

Creación de elementos emergentes para la generación de espacios bañados de sombra.

Protección solar

Incorporación de sistemas de climatización lo más eficientes posibles y adaptados al edificio concreto.

Sistemas de climatización

Concienciación de los usuarios esporádicos como las visitas del edificio de realizar un uso responsable de los sistemas que conlleven consumo energético.

Usuarios esporádicos

Instalación de un sistema de gestión de todos los componentes que afecten a la eficiencia energética, ya sean sistemas de generación o de consumo o de acumulación.

Sistemas de gestión energética

Instalación de una estación de carga de vehículos eléctricos.

Estación de carga de vehículo eléctrico

Instalación de sistemas de acumulación energética tipo baterías que posibiliten el almacenamiento de la energía producida y no consumida para su utilización en el momento necesaria.

Sistemas de acumulación energética

Aprovechamiento de la temperatura baja del aire nocturno en épocas de verano para enfriar el edificio gratuitamente.

Enfriamiento nocturno

Instalación de un sistema de gestión integral de domótica el cual permita la gestión de todos los componentes electrónicos del edificio.

Sistemas de domótica

Incorporación sistemática de aislamiento térmico y acústico de forma continua por toda la envolvente del edificio.

Aislamiento térmico **Aislamiento acústico**

Eliminación de todos los posibles puentes térmicos y de las infiltraciones de aire para evitar pérdidas energéticas y problemas asociados a condensaciones.

Hermeticidad **Eliminación de puentes térmicos**

Estudiar la orientación del edificio para optimizar su diseño y por consiguiente su consumo.

Orientación

Instalación generalizada de sistemas de iluminación de alta eficiencia energética y bajo consumo tales como tecnología LED.

Sistemas de iluminación

Diseño de sistemas eléctricos de alta eficiencia energética y previsión de líneas paralelas de baja potencia con transformador general para evitar transformadores individuales.

Sistemas eléctricos

Incorporación sistemática de aparatos sanitarios de alta eficiencia.

Sistemas de A.F.S. y A.C.S.

Incorporación sistemática de evacuación de agua con ahorro de agua y aprovechamiento de aguas grises.

Sistemas de evacuación de agua

Concienciación de los usuarios habituales del edificio de realizar un uso responsable de los sistemas que conlleven consumo energético.

Usuarios habituales



E 1:100

5.4.1.3 – PLANTA BAJA

Considerar la normativa existente para adaptar el diseño lo máximo posible a esa normativa. En este caso la normativa propia de Francia.

Regulación de la normativa

Estudiar la orientación del edificio para optimizar su diseño y por consiguiente su consumo.

Orientación

Incorporación de sistemas de generación de energía renovable por ejemplo sistemas de captación de energía solar.

Energía solar

Incorporación de sistemas de generación de energía renovable por ejemplo sistemas eólicos.

Energía eólica

Incorporación de sistemas de generación de energía renovable por ejemplo sistemas de geotermia.

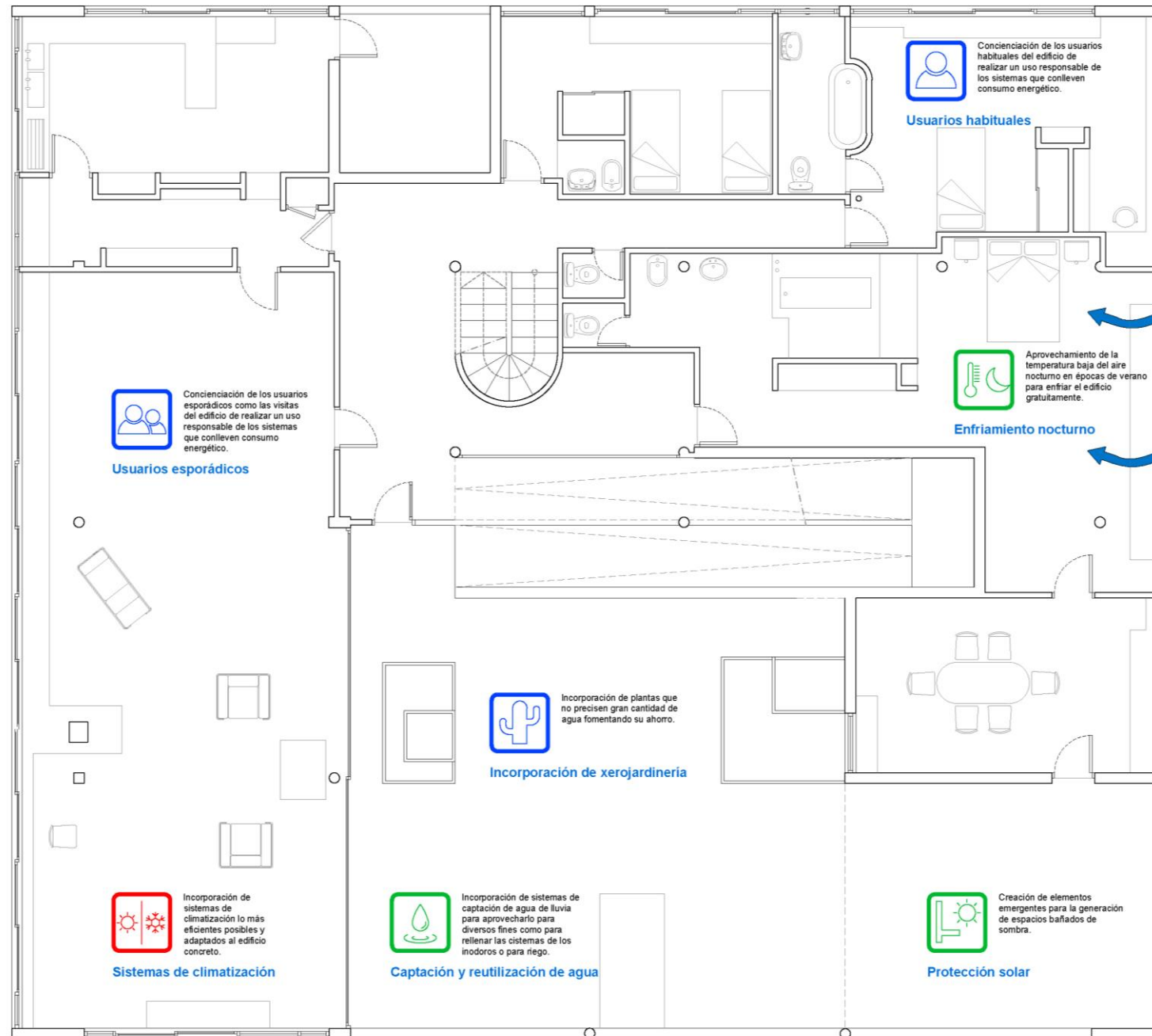
Geotermia

Incorporación de sistemas de generación de energía renovable por ejemplo sistemas de biomasa.

Biomasa

Instalación de un sistema de gestión integral de todos los componentes electrónicos del edificio.

Sistemas de domótica



Instalación generalizada de sistemas de iluminación de alta eficiencia energética y bajo consumo tales como tecnología LED.

Sistemas de iluminación

Diseño de sistemas eléctricos de alta eficiencia energética y previsión de líneas paralelas de baja potencia con transformador general para evitar transformadores individuales.

Sistemas eléctricos

Incorporación sistemática de aparatos sanitarios de alta eficiencia.

Sistemas de A.F.S. y A.C.S.

Incorporación sistemática de evacuación de agua con ahorro de agua y aprovechamiento de aguas grises.

Sistemas de evacuación de agua

Incorporación de sistemas de climatización lo más eficientes posibles y adaptados al edificio concreto.

Sistemas de climatización

Incorporación de sistemas de captación de agua de lluvia para aprovecharlo para diversos fines como para rellenar los sistemas de los inodoros o para riego.

Captación y reutilización de agua

Creación de elementos emergentes para la generación de espacios bañados de sombra.

Protección solar

Eliminación de todos los posibles puentes térmicos y de las infiltraciones de aire para evitar pérdidas energéticas y problemas asociados a condensaciones.

Hermeticidad Eliminación de puentes térmicos

Concienciación de los usuarios esporádicos como las visitas del edificio de realizar un uso responsable de los sistemas que conlleven consumo energético.

Usuarios esporádicos

Incorporación de plantas que no precisen gran cantidad de agua fomentando su ahorro.

Incorporación de xerojardinería

Aprovechamiento de la temperatura baja del aire nocturno en épocas de verano para enfriar el edificio gratuitamente.

Enfriamiento nocturno

Concienciación de los usuarios habituales del edificio de realizar un uso responsable de los sistemas que conlleven consumo energético.

Usuarios habituales

Incorporación sistemática de aislamiento térmico y acústico de forma continua por toda la envolvente del edificio.

Aislamiento térmico

Incorporación sistemática de aislamiento térmico y acústico de forma continua por toda la envolvente del edificio.

Aislamiento acústico

E 1:100

5.4.1.4 – PLANTA PRIMERA

6 - TENDENCIAS DE FUTURO

6.1 - EVOLUCIÓN EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA

6.2 - ¿ES POSIBLE EL AUTOCONSUMO EN ESPAÑA?

6.2.1 - Instalaciones completamente aisladas de la red eléctrica

6.2.2 - Instalaciones dependientes de la red eléctrica

6.2.2.1 - Instalaciones con acumulación

6.2.2.2 - Instalaciones sin acumulación

6.2.3 - Autoconsumo sin excedentes

6.2.4 - Autoconsumo con excedentes

6.2.4.1 - Instalaciones con excedentes acogidas a compensación

6.2.4.2 - Instalaciones con excedentes no acogidas a compensación

6 - TENDENCIAS DE FUTURO

6.1 - EVOLUCIÓN EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA

La evolución de la normativa, al menos en el caso de España, siempre ha ido vinculada a la situación cultural del momento, pero sobre todo a la situación económica. De este modo y mirando hacia atrás poniendo el límite en la etapa de la transición, se pueden apreciar una evolución en la concienciación ambiental a lo largo de los años. Por ello la más antigua está más vinculada a la necesidad económica fruto de las crisis como las económicas o las crisis energéticas como la del petróleo, hasta las más modernas, más conscientes y comprometidas con la necesidad medioambiental y las consecuencias que sufriremos de no cambiar el modelo energético actual. Éstas últimas, también realistas y vinculadas con la tecnología de la que disponemos, por eso son cada vez más exigentes.

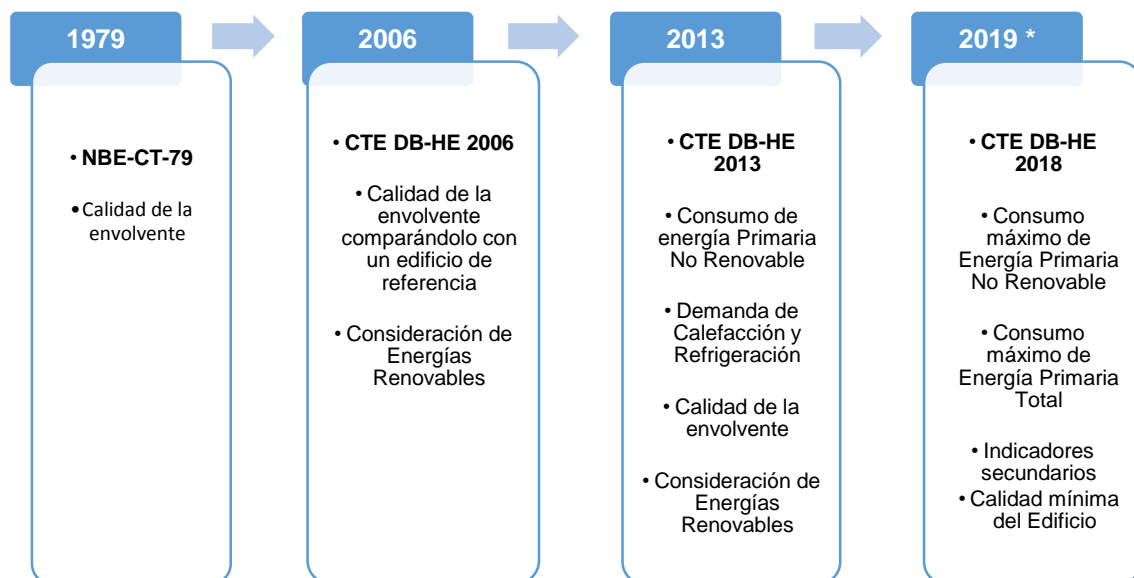


Figura 117. Diagrama representativo de la evolución de la normativa española. Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Conferencia II Congreso ITE+3R.

Sin querer entrar a analizar de manera exhaustiva cada una, puesto que merece más la pena centrarse en conocer las que más próximas están al presente, sí que merece la pena hacer un pequeño recorrido por los indicadores de referencia en el ámbito de la eficiencia energética reflejados en el diagrama. De esta manera se puede al menos intuir, las preocupaciones de las administraciones de cada época al especificar sus intereses camuflados en forma de indicadores.

La NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas en la edificación era lo que constituía la normativa de aquella época. Era una normativa que dejaba bastante que desear al menos en el ámbito energético, puesto que solo se preocupaba de forma muy sutil de la calidad de la envolvente del edificio. Esta norma daba como resultado edificios que hoy en día se consideran muy deficientes energéticamente puesto que solo buscaba obtener un valor k_g por debajo del máximo estipulado actuando principalmente en el aislamiento de la envolvente.

El Real Decreto 314/2006 aprobó de manera definitiva el CTE DB-HE 2006 sirviendo como la primera piedra puesta en el camino hacia la eficiencia energética. Fue la primera versión del CTE y supuso un verdadero avance puesto que en su interior se daban las pautas para el correcto diseño. Si se observa el diagrama se puede apreciar fijándose en los indicadores que añade a la anterior normativa el considerar la comparación de la calidad de la envolvente con la de otro edificio de referencia considerado como eficiente. Además ya se comienza a considerar el uso de energías renovables.

El CTE DB-HE 2013 lo que hizo fue aumentar las exigencias que planteaba la versión del 2006 con el fin de servir de escalón previo a las exigencias que se plantearían en el futuro para los edificios nZEB. Este documento también comienza a considerar las exigencias en materia de consumo máximo de energía primaria no renovable y demanda máxima de calefacción y refrigeración.

Actualmente sólo se cuenta con el borrador de la versión del CTE 2018 el cual ya va con gran retraso en su publicación definitiva. Como ya se ha dicho en múltiples ocasiones en páginas anteriores, en esta versión se recogen los criterios y exigencias para considerar a un edificio como nZEB o edificio de consumo casi nulo. Al igual que sus anteriores versiones aumenta y endurece las exigencias pero a la vez también sirve como otro escalón previo a la siguiente publicación, que entendiendo esto como una progresión, llevara a la edificación hacia el objetivo del año 2050.

Por ello parece interesante aludir a la idea de temporalidad, relatividad y constante evolución de todos los aspectos normativos en la que se lleva insistiendo durante todo el texto y vincularlo con la propia evolución de la normativa española en materia de edificación. Buena muestra de ello es el siguiente gráfico en el cual se puede observar la evolución de esa normativa española y más concretamente del Código Técnico de la Edificación y su vinculación con la clasificación del sistema de certificación energética actual.



Figura 118. Gráfico de la evolución en las exigencias del código técnico a través de sus sucesivas versiones, relacionadas con la clasificación establecida por el sistema de certificación energética actual. Fuente: Google imágenes.

Con esto se quiere enfatizar esa idea, puesto que con el tiempo las exigencias de las normativas van aumentando, considerando como deficiente lo que otras normativas anteriores consideraban como aceptable. Tal y como indica el gráfico, con las exigencias recogidas en el CTE 2006 construiríamos hoy edificios que el sistema de certificación energética actual engloba dentro de la clasificación D, es decir edificios muy poco eficientes energéticamente.

Lo que se quiere transmitir es que, aludiendo de nuevo al gráfico, con las exigencias mínimas planteadas por el CTE 2018 hoy se construyen edificios que en la mayoría de zonas climáticas son considerados como A o como B según la clasificación de certificación energética, pero que en un futuro no muy lejano, quizá lo que hoy se considera como muy eficiente energéticamente puede no serlo con posteriores versiones del CTE.

6.2 - ¿ES POSIBLE EL AUTOCONSUMO EN ESPAÑA?

El futuro energético de los edificios se dirige principalmente hacia la reducción del consumo por medio de diversas estrategias y la producción de energía renovable in situ. Por lo tanto todo indica que en un futuro las normativas irán aumentando su exigencia a medida que avanza el tiempo con la finalidad de conseguir los objetivos finales, es decir, que todo apunta a que en el futuro los edificios deberán ser autosuficientes energéticamente por obligación.

Pero, ¿Qué pasa si se quiere adelantar esa situación?, ¿es posible conseguir diseñar y construir hoy edificios basados en el autoconsumo energético en España?

Antes de comenzar este punto cabe hacer la distinción entre la capacidad técnica o tecnológica para poder llegar al autoconsumo energético y la capacidad legal o administrativa.

La primera de ellas es el aspecto vinculado a las estrategias técnicas y a la tecnología, y solo pasa por considerar si es posible o no, técnicamente, el hecho de conseguir el autoconsumo en un edificio, es decir, valorar si la tecnología de la que disponemos en la actualidad permite llevar a un edificio hasta la situación de autoabastecerse energéticamente. Si se formulase la pregunta, la respuesta sería un rotundo sí. Además esa tecnología que ya, a día de hoy, permite el autoconsumo, está en constante evolución mejorando su eficiencia energética y rendimiento y por consiguiente, haciéndola más accesible y barata cada día.

Actualmente contamos, como ya se ha visto en anteriores páginas, con estrategias pasivas para reducir la demanda al máximo con resultados realmente espectaculares y para satisfacer esa demanda a su vez contamos con tecnología tan suficientemente avanzada como para generar la energía de origen renovable que consumirá el edificio.

Lo que realmente preocupa a las personas e interesa al autor de este texto, puesto que suele ser donde reside la mayor dificultad, es la segunda de las cuestiones, las posibles restricciones legales o trabas administrativas existentes. Si se hace un pequeño análisis todo parece empezar en el año 2011, en pleno auge de las energías renovables y de los sistemas individuales de producción.

Por ello, el 18 de Noviembre de ese mismo año se establece la regulación a la red de instalaciones de producción de energía de bajas potencias mediante el Real Decreto 1699/2011.

Esta nueva Ley permitía crear una instalación de producción de energía renovable en un edificio y poder beneficiarse de ella consumiendo su energía, conectándola a su vez con la red interior. También auguraba en poco tiempo la creación de un reglamento específico para este tipo de instalaciones, el cual finalmente tardó en publicarse bastante más de lo previsto en un principio. A partir de aquí comenzó una progresiva aparición de Reales Decretos anulando o modificando a los anteriores en una red de normativa que no se detallará en estas líneas, pues es bastante difícil de seguir, normalmente vinculada con los cambios de políticas en materia energética del país.

Donde sí que se quiere centrar la atención es en un conjunto de palabras tan sonado como temido entre la cultura popular coloquial española, el famoso “*Impuesto al Sol*”, o denominado oficialmente como “*Peaje de Respaldo*” establecido en el Real Decreto 900/2015. Este Real Decreto en realidad indica cómo ha de ser cualquier instalación de autoconsumo para el propio edificio y cualquier instalación que produzca energía hacia el exterior de la instalación, pero lo que realmente afecta a la sociedad es la imposición a este tipo de instalaciones a pagar una cierta tasa económica a modo de impuesto.

Incomprensiblemente la propia publicación reconoce en sus líneas que el futuro tiende hacia este tipo de instalaciones alegando el hecho de la eliminación o reducción de las pérdidas energéticas producidas en el transporte y distribución desde el punto de generación de la energía hasta el punto de consumo final. También señala los beneficios que puede presentar producir la energía además de mediante métodos renovables, en el mismo punto donde se va a consumir.

Pero, si el propio gobierno es consciente de los beneficios y la dirección hacia donde apunta el futuro energético, ¿Por qué su empeño en la implantación de este “impuesto”? Para explicarlo alude al concepto de solidaridad y sería importante explicar brevemente el funcionamiento del sistema eléctrico mediante un ejemplo.



Figura 119. Diagrama explicativo de ejemplo propuesto. Fuente: Elaboración propia.

Las empresas eléctricas compran la energía eléctrica a un precio determinado, posteriormente ésta se transporta y distribuye mediante una serie de infraestructuras normalmente propias de la empresa. De este modo llega a los consumidores finales, como es el caso del edificio A que consume 3.500 kWh/año y el edificio B que consume 2.500 kWh/año. Estos consumidores al final del proceso pagan una cierta cantidad total, y de esa cantidad total, una parte es variable que suele ir vinculada a la propia energía que han consumido y otra parte es fija que suele estar relacionada con los costes fijos de esa red de distribución como por ejemplo el coste de mantenimiento.

El “problema” aparece cuando, como se representa en el diagrama, en esa red tradicional aparece un consumidor que instala en su edificio una instalación de producción de energía solar fotovoltaica. En esta situación el edificio B consumirá menor cantidad de energía eléctrica tomada de la red que antes y por lo tanto la empresa eléctrica facturará menos de lo normal conservando además los mismos gastos fijos de mantenimiento de la red.

Esta diferencia, es la que considera éste “impuesto” que debe de pagar el consumidor que tiene instalada un instalación de producción de energía solar, ya que ni el gobierno ni la propia empresa se quiere hacer cargo de su coste. Aunque en realidad esta situación es un sinsentido e inimaginable en otro tipo de empresas sin tanto poder político, en el Real Decreto se alega a la solidaridad social defendiendo la necesidad de que el edificio B pague la misma cuantía de costes fijos que el edificio A.

Esto ya de por sí no se sostiene, pero la absurdidad aumenta con otro ejemplo como una situación totalmente posible como la siguiente.



Figura 120. Diagrama explicativo de ejemplo propuesto. Fuente: Elaboración propia.

El edificio A tiene un consumo que puede considerarse como reducido, o al menos contenido, de 2.500 kWh/año que es igual al consumo del edificio B. El edificio A puede ser de alta eficiencia energética mediante medidas pasivas y además todos sus elementos de consumo son también de alta eficiencia energética, también puede tener unos usuarios muy concienciados y educados en la materia de ahorro energético, mientras que en el edificio B se consigue ese mismo consumo con el aporte de la

energía producida por las instalaciones de generación energética, lo que viene a evidenciar que es menos eficiente que el edificio A. Igualmente en esta situación el “impuesto” recaerá sobre el edificio B por el simple hecho de tener instalado una instalación de producción de energía solar y consumir menos energía de la red que antes.

Este tipo de filosofías no hacen otra cosa más que primar los intereses de las grandes compañías eléctricas, impidiendo el avance y desarrollo de la sociedad hacia sistemas de energía renovables y ahorro energético. Por suerte este “impuesto” se derogó años después con el Real Decreto 15/2018 y los sucesivos cambios de gobierno.

En la actualidad está en vigor el Real Decreto 244/2019 comúnmente llamado “decreto de autoconsumo”, el cual complementa el marco regulatorio del anterior y parece estar más concienciado que sus anteriores versiones con la necesidad de cambio del modelo energético actual. De esta manera se enmarca muy bien el punto de partida para el diseño de este tipo de instalaciones y sitúa al ciudadano en un primer lugar permitiendo e incluso en ocasiones incentivando el progreso y la transición hacia infraestructuras individuales de producción de energía renovable como por ejemplo las placas fotovoltaicas.

En un primer lugar sería conveniente recordar los tipos de autoconsumo que ya contemplaban anteriores Reales Decretos con lo cual se puede entender mejor las diferentes posibilidades de las que disponemos hoy en día. Por lo tanto aparece la distinción entre dos tipos de autoconsumo que son la base de esta práctica, instalaciones completamente aisladas de la red eléctrica e instalaciones dependientes de la red eléctrica. A su vez, este último puede dividirse en otros dos subtipos como son las instalaciones con acumulación y sin acumulación.

6.2.1 - Instalaciones completamente aisladas de la red eléctrica

Son las instalaciones las cuales no tienen ningún tipo de conexión con la red eléctrica, por lo tanto son dependientes completamente de sus propios medios para generar la energía. Por lo general es recomendable que este tipo de instalaciones estén apoyadas por sistemas de acumulación de energía, puesto que las energías renovables no siempre cuentan con una producción constante de energía. Este tipo de instalaciones puede ser muy acorde para edificios situados en zonas aisladas los cuales no cuenten con infraestructura energética en sus cercanías.

6.2.2 - Instalaciones dependientes de la red eléctrica

Estas instalaciones son las que al contrario que las anteriores, presentan una conexión con la red eléctrica ya sea por necesidad o por obligación legal.

6.2.2.1 - Instalaciones con acumulación

Son las instalaciones que aunque estén conectadas a la red eléctrica presentan sistemas de acumulación de energía. De este modo el edificio puede contar con reservas energéticas antes de necesitar tomar energía de la red eléctrica.

6.2.2.2 - Instalaciones sin acumulación

Son las que no presentan ningún sistema de acumulación de energía por lo tanto los edificios que cuenten con este tipo de instalaciones se ven obligados a utilizar energía de la red eléctrica en los momentos en los que la generación de energía renovable propia no sea suficiente para satisfacer las necesidades del edificio.

Además este Real Decreto aclara las diferentes modalidades de autoconsumo que existen en la actualidad que van a ser la clave a la hora de realizar una tramitación u otra, diferenciando primeramente entre 2 grandes grupos.

6.2.3 - Autoconsumo sin excedentes

Son las instalaciones en las cuales, aunque exista una conexión con la red eléctrica, no se produce más energía de la que necesita el edificio, de esta manera, y gracias a un sistema anti-vertido de energía colocado al inicio de la instalación se impide el trasvase de energía de la instalación de autoconsumo del edificio hacia la red eléctrica.

Son las instalaciones más sencillas de instalar, aparte de por su simplicidad técnica, por su reducida tramitación, puesto que no necesitan permisos, por lo tanto, puede ser una instalación muy acorde para viviendas.

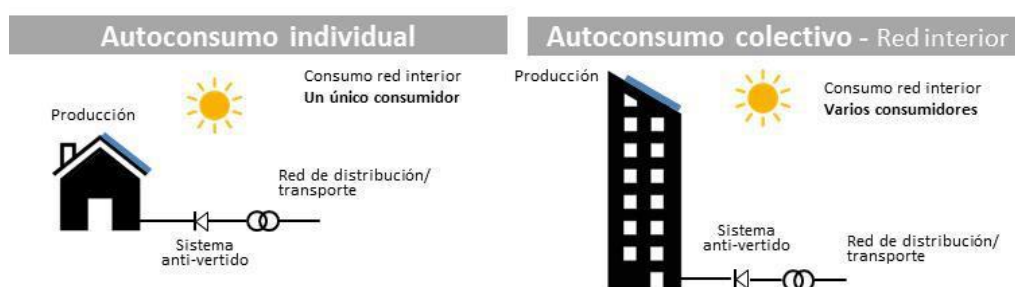


Figura 121. Esquemas explicativos de sistema de autoconsumo individual y colectivo del sistema de autoconsumo sin excedentes. Fuente: Guía del autoconsumo IDAE 2019

6.2.4 - Autoconsumo con excedentes

Son las instalaciones que al igual que las anteriores están conectadas a la red eléctrica pero no solo alimentan las necesidades energéticas del edificio, sino que además en determinadas situaciones pueden volcar energía a dicha red. Tampoco necesitan permisos si la instalación no supera los 15 KW, por lo que también puede ser muy interesantes para viviendas. A su vez, esta modalidad se subdivide en otros dos grupos.

6.2.4.1 - Instalaciones con excedentes acogidas a compensación

También es conocido como compensación sencilla o compensación de consumos o excedentes y se basa en beneficiarse de alguna manera de una compensación por la energía no auto consumida instantáneamente ni almacenada que se vierte a la red eléctrica.

De esta manera el contador eléctrico bidireccional³¹ que estará situado al inicio de la instalación contabilizará los Kilovatios que se vuelcan a la red eléctrica y la compañía eléctrica los asignará un valor económico. Posteriormente la cifra a la que ascienda la suma de todo el excedente energético, se verá reflejado en la factura eléctrica mensual restándola de la cifra final, con el consiguiente ahorro energético y económico.

A su vez cuando el edificio precise más energía de la que ha producido por medios renovables, la tomará directamente de la red al precio que tenga contratado. Para poder acogerse a esta modalidad es importante cumplir alguna condición como por ejemplo que la instalación no supere los 100 kW.

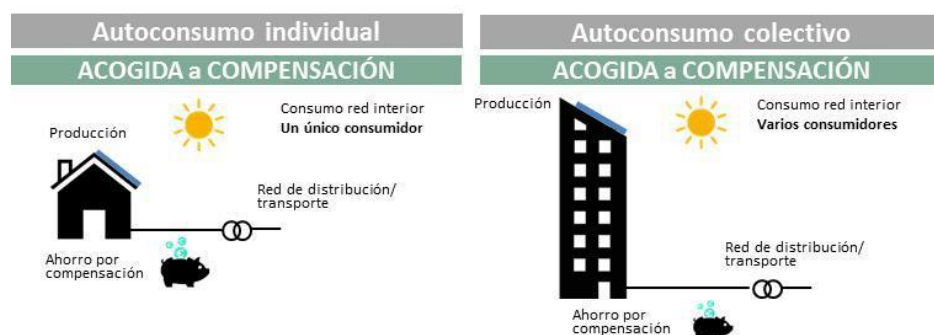


Figura 122. Esquemas explicativos de sistema de autoconsumo individual y colectivo del sistema de autoconsumo con excedentes acogidos a compensación. Fuente: Guía del autoconsumo IDAE 2019

³¹ Contador eléctrico bidireccional: Es un contador eléctrico que es capaz de medir la energía que fluye a su través en los dos sentidos, es decir, que comúnmente se puede entender que mide la energía que entra a la instalación y la que sale de ella.

6.2.4.2 - Instalaciones con excedentes no acogidas a compensación

Es una situación muy similar a la anterior, la energía excedentaria se volcará a la red eléctrica pero en vez de en forma de compensación al final de la facturación, en forma de venta de energía a la comercializadora. De esta forma se negociará un precio y toda la energía que se venda se abonará al propietario de la instalación cuando corresponda.

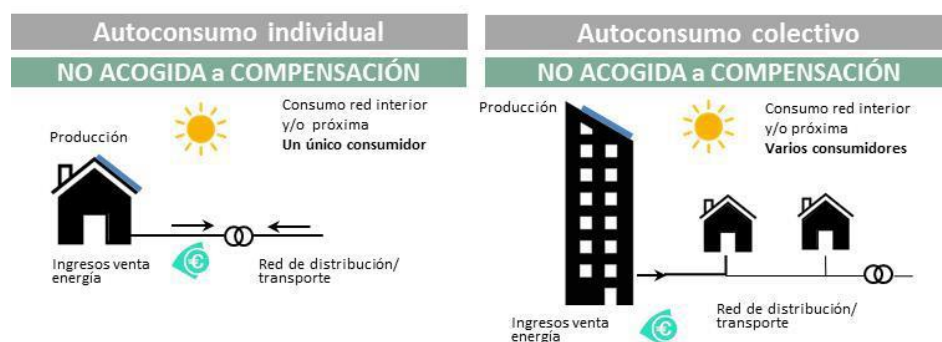


Figura 123. Esquemas explicativos de sistema de autoconsumo individual y colectivo del sistema de autoconsumo con excedentes no acogidos a compensación. Fuente: Guía del autoconsumo IDAE 2019

Teniendo en cuenta todo lo anterior se pueden apreciar ciertas ventajas del panorama del autoconsumo actual con respecto a las reglamentaciones anteriores, una de las más importantes es, como ya se ha dicho, la eliminación de cualquier tipo de tasa o impuesto como el anticuado “Impuesto al sol”.

Otro de los grandes avances que aporta esta nueva situación es la consideración por primera vez del autoconsumo compartido, es decir que con una misma instalación de producción de energía puedan verse beneficiados varios consumidores. Este es el caso de los edificios residenciales plurifamiliares, los cuales antes no podían ser abastecidos por una misma instalación puesto que se consideraba “competencia desleal” hacia las compañías eléctricas entendiéndose que se estaba distribuyendo energía entre distintos consumidores, aunque estos fueran del mismo edificio como una comunidad de propietarios. Esta situación se agravaba cuando se cae en la consideración de que los edificios residenciales plurifamiliares son los que más abundan en el país, por lo tanto se estaba impidiendo avanzar hacia medios de abastecimiento renovables y limpios a la gran mayoría de edificios.

Esta última reglamentación no solo permite compartir la instalación a un mismo edificio, sino que va más allá contemplando en esta situación a polígonos industriales, barrios residenciales, asociaciones de edificios etc. Incluso se permite que terceras personas sean las que exploten las instalaciones fotovoltaicas, es decir, permite que por ejemplo una empresa alquile la cubierta de una nave de otra empresa y comparta los beneficios de la instalación de esa cubierta con la empresa de la nave.

Por último también es importante señalar que se elimina cualquier límite de la potencia instalada, es decir, hace la distinción entre potencia instalada y potencia contratada diferenciándose de normativas anteriores las cuales solo permitían instalar la misma potencia que se tenía contratada.

Aunque sea innegable que la situación reglamentaria actual del país constituye una buena base y es bastante beneficiosa para la etapa de transición energética que debemos llevar a cabo, es cierto que hay que tener mucha precaución en los pequeños pasos que se dan a partir de ahora para conseguir tal fin. Llamamos la atención sobre todo los modelos de autoconsumo con excedentes, como por ejemplo el modelo de compensación el cual puede incentivar el autoconsumo con el objetivo de ahorrar energía y dinero a final de mes en la factura eléctrica. Este modelo es uno de los que más puede motivar a la población para decidirse a instalar este tipo de instalaciones en su edificio y dar el paso hacia el futuro energético.

Sin embargo el modelo con excedentes y sin compensación busca vender estos excedentes energéticos, y aunque según la normativa la distancia máxima entre el lugar de producción y el lugar de consumo esté estipulada en 500 metros, puede ser entendido como un “negocio”. Este afán puede afectar a la sociedad de diversos modos que pueden ir desde la alteración del skyline de las ciudades como ya pasó con los antiguos y característicos alquileres de espacios de los edificios para fines publicitarios tales como fachadas o azoteas, hasta la generación compulsiva de energía con excedentes generales, es decir que la sociedad por seguir esta filosofía con posibilidades recaudatorias genere tal cantidad de energía que sobrepase las necesidades creando por lo tanto excedentes energéticos.

Por último, y centrando la atención en la cuestión principal de este punto, se puede observar que a no ser que se considere una instalación completamente aislada de la red eléctrica, un edificio puede lograr ser 100% autosuficiente energéticamente pero no se puede llegar a conseguir un ahorro económico del 100% en la factura eléctrica, puesto que seguirá existiendo una parte fija en la factura.

7 - CONCLUSIONES

De la lectura de este texto se debe extraer una conclusión clara, y es la concienciación de la situación energética que vive no solo el país, sino el planeta entero. La sociedad actual está inmersa en un gran problema, puesto que sufre lo que se puede considerar como adicción energética, es decir, que consume energía sin parar y para colmo, esa energía por lo general depende de fuentes de energía de origen fósil y contaminante.

Si se analizan los gráficos de consumo expuestos en el texto se puede apreciar que esta adicción y dependencia ha aumentado en los últimos años de manera exponencial. Pero ¿hasta cuándo vamos a poder seguir con este modelo energético?

Lo cierto es que no se debe caer en la banalidad de dar respuesta a esta pregunta, no dar protagonismo al problema, sino más bien centrarse en otras preguntas como ¿qué debemos hacer para cambiar este modelo energético? ¿Qué alternativas energéticas existen? O ¿Hacia dónde tenemos que enfocar nuestros esfuerzos?

Por lo tanto se pone en evidencia la necesidad inmediata de cambiar el modelo energético actual basado en la utilización de recursos fósiles y evolucionar hacia un modelo energético nuevo, en el cual se utilicen de manera normalizada fuentes de energía limpia y renovable, es decir, planteando soluciones al problema.

Si se estudian esas alternativas energéticas se puede apreciar que obviando alguna que otra fuente de energía como la biomasa o la geotermia, la mayoría tiende a la producción de electricidad por diversos métodos. Esta situación se posibilita gracias al descubrimiento y desarrollo de tecnología como el caso del generador eléctrico, el cual se puede considerar como la piedra angular de las energías renovables. Por ello la utilización de sistemas que produzcan energía renovable es una de las soluciones necesarias para generar el avance.

Fruto de esta necesaria concienciación también aparecen en escena las normativas tanto europeas como españolas. En ellas se recogen las exigencias necesarias para dirigir a la sociedad hacia estos nuevos modelos energéticos además de fomentar el uso de estas alternativas energéticas.

Pero lo cierto es que, aunque sean un pilar fundamental del progreso, en muchas de esas limitaciones se juega con la baza de restar el aporte de energía renovable al consumo de energía total para conseguir consumos de energía no renovable más bajos que en el pasado, pero al fin y al cabo el consumo final de energía total es igual o muy poco inferior, y en muchas ocasiones incluso superior. La meta de las normativas debería ser reducir el consumo total de energía final y para ello parece sensato centrarse primero en reducir el consumo de energía no renovable hasta que sea mínimo o nulo y después centrarse en reducir el consumo de energía renovable.

De este modo, la evolución que estamos experimentando a día de hoy, no deja de ser una etapa de transformación social, casi equiparable a las antiguas revoluciones industriales, con la única diferencia que en aquellas se perseguía el avance tecnológico y la eficiencia en general y ahora ha de ser una evolución casi por obligación debido a las consecuencias de la utilización del modelo energético basado en recursos fósiles.

Fruto de todo esta necesidad de avance, y centrados en el ámbito de la Arquitectura nace la figura del edificio nZEB que lejos de querer considerarlo como un elemento

material existente, se debe de entender como una manera de diseñar y construir edificios en sí misma y no como un tipo de edificio concreto, casi como un estándar de construcción.

Este tipo de edificios se convierten hoy más que nunca en “máquinas de habitar”, como ya predicaba Le Corbusier en tiempos pasados. En ellos se confluyen las exigencias de las normativas y el desarrollo tecnológico, tendiendo este último a la incorporación de elementos eléctricos sobre todo. Por lo tanto se puede decir que la energía del futuro y hacia donde todo tiene que tender, al menos por los conocimientos que poseemos hoy, es hacia tecnología consumidora de electricidad la cual se puede producir in situ en los edificios por el medio que sea como por ejemplo el sol.

Este, junto a la energía eólica, parece ser una de las mejores fuentes de energía que tenemos a nuestro alcance, es limpia y renovable y por lo tanto hay que centrarse en desarrollar técnicas y tecnología para aprovechar la energía solar de todas las maneras posibles.

Pero aunque hoy en día todo avanza hacia el modelo eléctrico, sería muy egocéntrico pensar que todo está descubierto ya y que no se pueden tener otros descubrimientos energéticos y tecnológicos en el futuro, y por consiguiente afectar a la evolución del uso de la energía.

Aun así no hay que olvidar nunca el aspecto que más influencia tiene sobre la demanda final del edificio y el pilar fundamental de la eficiencia energética, la aplicación de las estrategias pasivas, por ello parece sensato esforzarse por conseguir un buen diseño de los edificios. El propio edificio es la piedra angular de la eficiencia.

Por último es necesario insistir de nuevo en la idea de temporalidad, relatividad y constante evolución, esta vez en el ámbito normativo, es decir, lo que hoy es considerado como bueno y eficiente, mañana puede no serlo. Lo que hoy es aceptable, mañana no llega al mínimo. Todo evoluciona y la normativa no debe quedarse atrás.

Pero, si toda la normativa evoluciona y aumenta sus exigencias, construimos nuevos edificios nZEB e intervenimos en edificios existentes para convertirlos en nZEB aplicando las exigencias que considera la normativa actual, hoy cumplirán las exigencias pero por ejemplo en el año 2030 o 2040 no. ¿Esto quiere decir que se tendría que volver a intervenir sobre ellos para adaptarlos a las normativas de esa época? ¿Se podrían establecer unas exigencias de no obligado cumplimiento que satisfagan los objetivos finales para no tener que intervenir sobre los edificios periódicamente?

¿Dónde está la meta de la carrera hacia el futuro? ¿Los edificios de consumo nulo son la meta o habrá que ir un paso más adelante? Esto no dejan de ser elucubraciones de muy difícil comprobación, pero lo que sí es posible estudiar es la idea de consumo nulo de un edificio.

Nunca se va a poder llegar a consumo nulo de energía renovable, al menos con la tecnología descubierta a día de hoy, simplemente se puede prever el consumo nulo de la red eléctrica convencional pero no el consumo nulo de un edificio.

No obstante si todo tiende a la generación de energías renovables in situ, cabría investigar el impacto que tiene esta tecnología que hace capaz esa generación de energía renovable, puesto que los materiales necesarios para construir esta tecnología

se convertirán en el combustible del futuro. Puede ser muy interesante estudiar el impacto, no solo medioambiental sino también social, que tiene el hecho de conseguir esos materiales y las reservas de que disponemos teniendo en cuenta la vida útil de esos aparatos. Esto podría desencadenar intereses como los de otros materiales que no se mencionarán en estas líneas, responsables de situaciones como guerras. Por lo tanto tampoco se puede afirmar que son contaminantes cero, habría que estudiar todo el proceso de construcción de la instalación.

Por concluir, es necesario mantener la calma ante tanta advertencia, tanta predicción y tanto alarmismo, hay que ir poco a poco, y todo lo que sea mejorar el modelo de consumo energético debe ser bienvenido pero siempre evolucionando hacia sistemas mejores, centrar los esfuerzos en concienciación y en desarrollo tecnológico y no en difundir el alarmismo.

Por lo tanto los edificios nZEB no deberían ser los edificios del futuro sino que deben ser los edificios del presente.

8 - BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

Trabajo Fin de Máster:

Prieto García, Francisco Fermín. (2017). Máster en Gestión de la Edificación. *Estudio del estándar Passivhaus, aplicación y comparativa con el CTE*. Escuela Politécnica Superior: Universidad de Alicante.

Legislación:

Directiva 2002/91/CE del parlamento europeo y del consejo de 16 de Diciembre de 2002 *relativa a la eficiencia energética de los edificios*.

Directiva 2004/8/CE del parlamento europeo y del consejo de 11 de Febrero de 2004 *relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía* y por la que se modifica la directiva 92/42/CEE.

Directiva 2006/32/CE del parlamento europeo y del consejo de 5 de Abril de 2006 *sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos* y por la que se deroga la Directiva 93/76/CEE del Consejo.

Directiva 2009/125/CE del parlamento europeo y del consejo de 21 de Octubre de 2009 *por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía*.

Directiva 2010/31/UE del parlamento europeo y del consejo de 19 de Mayo de *relativa a la eficiencia energética de los edificios*.

Directiva 2012/27/UE del parlamento europeo y del consejo de 25 de Octubre de 2012 *relativa a la eficiencia energética*, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.

Directiva 2018/844/UE del parlamento europeo y del consejo de 30 de Mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE *relativa a la eficiencia energética de los edificios* y la Directiva 2012/27/UE *relativa a la eficiencia energética*.

Documento Básico HE Ahorro de Energía. (2013). Proyecto de Real Decreto por el que se modifica el RD 314/2006, de 17 de Marzo, *por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*.

Documento Básico HE Ahorro de Energía. (2018). Proyecto de Real Decreto por el que se modifica el RD 314/2006, de 17 de Marzo, *por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*.

Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales. (2017). REAL DECRETO 564/2017, de 2 de Junio, que modifica el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, *por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*.

Ministerio de la Presidencia. (2013). Real Decreto 235/2013, de 5 de Abril, *por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*.

Ministerio para la transición ecológica. (2019). Real Decreto 244/2019, de 5 de Abril, *por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*.

Propuesta de valores de indicadores para el DBHE. (2018). *Por el que se recogen los valores propuestos de los indicadores del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE 2018 que atiende a dicha exigencia, así como el criterio de definición de dichos valores límite*.

Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de Octubre, *de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores*. BOE, 242, 97430 Jefatura del Estado. Boletín Oficial del Estado.

Recomendación (UE) de la Comisión. (2016). *Sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo y las mejores prácticas para garantizar que antes de que finalice 2020 todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo*.

Libros, revistas, guías:

Banco de España. (2002, Septiembre). *El mercado de la vivienda en España*. Boletín Económico, pp. 51–61.

Casaldàliga, P., Ripoll, P., Pich-Aguilera, F., Batlle, T. (2017). *Edificis de consum d'energia gairebé zero*. Col·lecció Quadern Pràctic, 11. Generalitat Catalunya.

FENERCOM. (Madrid, 2011). *Guía del Estándar Passivhaus. Edificios de consumo casi nulo.*

Gento, R. V. (Ed.). (2018). *Estrategias para edificios de energía casi nula.* Valladolid: AEICE.

IDAE. (Madrid, 2019). *Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo.*

Passive House Institute. (2016). *Criterios para los Estándares Casa Pasiva, EnerPHit y PHI Edificio de baja demanda energética.* Darmstadt, Alemania.

SIBER. (Barcelona, 2017). *Ventilación Inteligente. Ventilación, eficiencia energética y sostenibilidad.*

Conferencias videográficas:

Comisión de expertos sobre escenarios de transición Energética. (2014). *Análisis y propuestas para la descarbonización.*

García San José, R. (2017). *Edificios de Consumo de Energía CASI NULA (nZEB) (EECN).* Ingenieros Consultores S.L. Vicepresidente Comité Técnico ATECYR.

Soto, J. (2010). *III Jornada Passivhaus, Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo. El Método Passivhaus nZEB certificados.* Ing. especialista en climat. y EE Gerente de Alter Technica Ingenieros. Madrid.

Webgrafía:

Cuestiones sobre nZEB, N. Z. E. B. (2017, 4 Septiembre). https://www.youtube.com/watch?v=h5d_DQw8FM0

Acciona *¿Qué es el cambio climático y cómo nos afecta?* <https://www.acciona.com/es/cambio-climatico/>

Álvarez Domínguez, Servando - *"Estrategias para el diseño de Edificios de Consumo"*. https://www.youtube.com/watch?v=zqkk_dcEIJM

Álvarez Domínguez, Servando - Universidad de Sevilla, (2012, 13 Enero). <https://www.youtube.com/watch?v=fb7Wyajbu88>

Anónimo (2019, 16 Junio). *Diferencia entre efecto fotoeléctrico y efecto fotovoltaico - Helio Esfera.* <https://www.helioesfera.com/diferencia-entre-efecto-fotoelectrico->

[y-efecto-fotovoltaico/](#)

APPA (2018). Madrid. <https://www.appa.es/energias-renovables/renovables-tipos-y-ventajas/tipos-de-fuentes-de-energia-renovable/>

Autoconsumo en España: *las claves sobre la legislación actual*, (2019, 26 Junio). <https://www.youtube.com/watch?v=527fl3zaBLA>

Autoconsumo Fotovoltaico (Balance Neto), Real Decreto 244/2019 (2019, 10 Abril). <https://www.youtube.com/watch?v=xwFlbt8fiy8>

CREARA (2018, 11 Octubre). *¿Qué incluye la nueva Directiva Europea de Eficiencia Energética?* <https://www.creara.es/sin-categorizar/nueva-directiva-eficiencia-energetica>

Decrecimiento Retiro (2017, 26 Agosto). *Cosas que dicen los gráficos. La participación de los combustibles fósiles en el consumo energético mundial.* <https://aguaenergiadecrecimiento.wordpress.com/2017/08/28/cosas-que-dicen-los-graficos-la-participacion-de-los-combustibles-fosiles-en-el-consumo-energetico-mundial/>

DESQBRE, F. A. D. (2013, 28 Noviembre). *Evolución del uso de la energía - Descubre La Energía.* <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/la-energia/la-energia-que-utilizamos/la-energia-y-la-actividad-economica/>

Domínguez, J. (2019, 11 Junio). *Claves de la nueva normativa de Autoconsumo Fotovoltaico (Real Decreto 244/2019).* <https://www.cambioenergetico.com/blog/claves-de-la-nueva-normativa-de-autoconsumo-fotovoltaico-real-decreto-244-2019/>

Eficiencia Energética en Edificios, *medidas de ahorros y pobreza energética.* (2016, 31 Mayo). <https://www.youtube.com/watch?v=2l10ZsVnmPY>

Ejercicio Completo Herramienta Unificada Lider Calener, (2014, 14 Diciembre). <https://www.youtube.com/watch?v=A0BmnRtwUuY>

Esteller, R. (2019, 5 Abril). *Todas las novedades del nuevo real decreto de autoconsumo eléctrico aprobado en Consejo de Ministros.* <https://www.eleconomista.es/energia/noticias/9805522/04/19/Asi-son-las-novedades-del-nuevo-Real-decreto-de-Autoconsumo.html>

Fotovoltaica - (2019, 9 Abril). *El Real Decreto de Autoconsumo, al detalle - Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.* <https://www.energias->

renovables.com/fotovoltaica/el-real-decreto-de-autoconsumo-al-detalle-20190409

García San José, R. (2017, 14 de Junio). *Edificios de Consumo de Energía CASI NULA (nZEB) (EECN)*. Málaga.

IDAE (2016, 19 Diciembre). *Balance del Consumo de energía final*. <http://sieeweb.idae.es/consumofinal/bal.asp?txt=2016>

IDAE. *Edificación* | (2019, Enero). <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion>

INE. *Sociedad / Nivel, calidad y condiciones de vida / Índice de Precios de Consumo*. (2019, Junio). https://www.ine.es/dynqs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P

Noticias Jurídicas. (2007, 6 Junio) http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd661-2007.html

Nuevo Real Decreto de Autoconsumo eléctrico 244/2019 (2019, 7 Abril). <https://www.youtube.com/watch?v=n3DcigeLlx4>

Serrano Yuste, P. (2018, 16 Agosto). *Aspectos principales del borrador del documento de ahorro de energía revisado*. <https://www.certificadosenergeticos.com/aspectos-principales-borrador-documento-ahorro-de-energia-revisado>

Serrano Yuste, P. (2019, 5 Abril). *Las claves del nuevo real decreto de autoconsumo de energía eléctrica*. <https://www.certificadosenergeticos.com/las-claves-del-nuevo-real-decreto-de-autoconsumo-de-energia-electrica>

UEStudio, (2017, 18 Diciembre). *Cómo se vive en una casa Pasiva*. <http://www.futurosostenible.elmundo.es/adaptacion/como-se-vive-en-una-casa-pasiva>

Vives Aragonés, Kiko; Molina Giménez, Juan Carlos; Pastor Llorca, Daniel (s.f.). *Vértice: Edificios de consumo de energía casi nulo: nuevo marco normativo en el CTE. Presentación del nuevo programa de postgrado de ECCN y auditorías energéticas* <http://vertice.cpd.ua.es/192106>

WorkShop on-line de Edificios de Consumo Casi Nulo nZEB, (2019, 6 Febrero). <https://www.youtube.com/watch?v=Cr42LudYbas>

9 - COMENTARIOS