

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN REHABILITACIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDITERRÁNEA TIPO



- PROYECTO FINAL DE CARRERA CIENTÍFICO-TÉCNICO -

Alejandro Samuel Martínez Tejada

Valencia Junio 2012

Directores Académicos: Isabel Tourt Ausina y Andrea Salandin

ÍNDICE

1. Prólogo
2. Introducción: Hacia la Eficiencia Energética
 - a. La energía y el crecimiento sostenible
 - i. Energías del Sol
 - ii. Energías del Agua
 - iii. Energías del Viento
 - iv. Energías de la Tierra
 - b. Políticas energéticas y marco normativo
 - i. Protocolo de Kioto
 - ii. Estrategia de Desarrollo Sostenible
 - iii. Planes de Acción de Ahorro y Eficiencia
 - iv. Competencias autonómicas
 - v. Código Técnico de la Edificación
 - vi. Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios
 - vii. Calificación Energética de Edificios
 - c. Eficiencia energética: concepto, parámetros y formas
 - i. Planeamiento y urbanismo
 - ii. Aspectos arquitectónicos
 - iii. Aspectos constructivos
 - iv. Sistemas tecnológicos de acondicionamiento en edificaciones

3. Estudio de rehabilitación en pro de la Eficiencia Energética
 - a. Descripción de la edificación
 - b. Análisis de la demanda energética
 - c. Propuesta de rehabilitación de la envolvente
 - d. Propuesta de redimensionado de las instalaciones
 - e. Propuesta de adopción de equipos de obtención de energías limpias
4. Conclusiones
5. Bibliografía

“Eficiencia Energética”. Son dos palabras que la sociedad recoge como ecos de futurismo, vanguardismo, nuevo pensamiento, ideología progresista...y un sinfín de adjetivos de similar calado. Pero, ¿realmente es algo tan lejano? En el momento que vivimos, la palabra “crisis”, golpea con fuerza nuestras vidas cotidianas, tanto en el plano familiar como en el profesional, y nos estamos acostumbrando a dar respuestas en función de las exigencias del momento, de ese “tambaleante” presente, en donde cada vez más y con una mayor celeridad, utilizamos “vocablos” nuevos, más técnicos, o al menos más extraños a nuestro círculo más inmediato. No solamente avanzamos hacia algo diferente, sino que lo hacemos con conocimiento de causa.

Además, ¿por y para que necesitamos la Eficiencia Energética? El año 2012 no solo nos marca una batalla económica, sino también, una tensa disputa por hacer algo mucho mejor, con mejores resultados, en un menor tiempo, y, sí, a un menor coste. Pero también nos abre una oportunidad política, ya que, este año queda declarado por la Organización de las Naciones Unidas como el Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos. Y en eso, se nos incluye a nosotros, los profesionales de la construcción.

Es, por tanto, el momento de ofrecer a los usuarios, las soluciones más rentables, las que le proporcionen un mayor confort, aquellas que sean las más eficaces; para que todas juntas, permitan un ahorro cuantitativo en las viviendas, que diseñamos y construimos. Y no olvidar, que todas estas características, no son innovación, sino cultura, ya que, desde tiempos muy anteriores a nuestros días, las “gentes” empleaban técnicas tradicionales, para dar respuesta a las inclemencias climáticas exteriores y las necesarias sensaciones de confort interior.

Es imperioso aunar esfuerzos por disminuir el consumo tan desmesurado de energía que actualmente demandamos, por ampliar la gama de soluciones que favorezcan aumentar el confort de nuestras viviendas, por asimilar que el esfuerzo económico en pro de la Eficiencia Energética, es y será un valor añadido de nuestro parque inmobiliario.

HACIA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Crisis energética, cambio climático, bioconstrucción, crecimiento y desarrollo sostenible, recursos y energía, eficiencia energética, consumo, arquitectura bioclimática, calificación energética..., un compendio de soluciones, planteamientos, formas de pensar y hacer, que pretende impulsar un gran reto: convivir con el planeta y con nosotros mismos.

¿Qué mejorar? ¿Cómo hacerlo? ¿Por dónde empezar? ¿Con qué recursos? ¿Confort o estética? ¿Gasto o ahorro? ¿O ambas? Todas ellas preguntas necesarias para afrontar el cambio climático, el ahorro energético, las nuevas demandas de los usuarios y, por que no, las respuestas que ofrecemos, de manera individual y como grupo social.

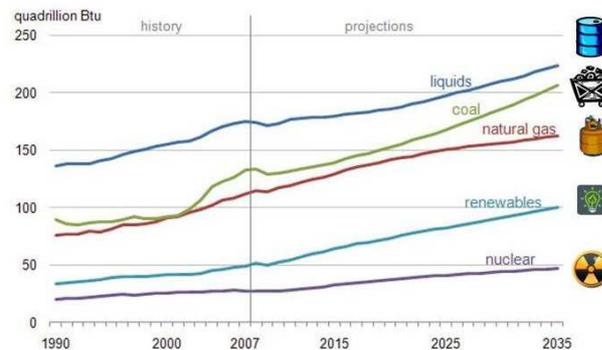
A través de los contenidos desarrollados a continuación, el presente texto, pretende realizar un amplio recorrido a través de las características teóricas más relevantes que conforman la Eficiencia Energética: analizando, las posibilidades de consumo energético y su transformación en crecimiento sostenible, las repuestas que marca la conciencia política, nacional e internacional, y su aplicación técnica posterior mediante los ajustes normativos pertinentes; desdibujando cuáles son los parámetros a fijar, que sistemas e instalaciones utilizamos que nos sean más eficientes, que materiales empleamos en su construcción; para terminar componiendo el concepto en sí, la definición que nos permita, sin miedo a equivocarnos, hablar de realidades concretas.

Es necesario, no solo reseñar aspectos teóricos, sino ver las relaciones prácticas que en ellos se dan. Para ello, se ha tomado como objeto de estudio la realización de una propuesta de rehabilitación en una vivienda de tipo unifamiliar, característica del levante almeriense, en la que se analizará la demanda energética de la misma y se plantearán una serie de intervenciones, valorando cuantitativa y cualitativamente las medidas adoptadas en pro de la Eficiencia Energética:

- Intervenciones en la envolvente de la edificación: se estudiarán y valorarán las diferentes soluciones constructivas de fachadas en el mercado, y, mediante un estudio comparativo se adoptará la solución más eficiente. En cuanto a las cubiertas, se plantearán tres soluciones eficientes, cubierta tradicional, cubierta ajardinada y cubierta solar; para proceder de igual manera.
- Diseño y dimensionado de la nueva red de instalaciones, adaptándola a las exigencias que marca el CTE.
- Valorar la incorporación de equipos de obtención de Energías Limpias, tales como generadores eólicos o huertos solares compartidos.

El crecimiento de un país, de una sociedad, va estrechamente ligado a la cantidad de recursos que destina a ello, y por tanto, al gasto o ahorro de los mismo, ya sea de forma física o intelectual. A ello, se le une las características socioculturales transfronterizas, ya que desde que se habla de Europa como una congregación de Estados, la sociedad, poseedora del conocimiento, y los Estados, garantes de la innovación y la comunicación, son casi universales, constituyendo un importante factor productivo. Es decir, el indicador del desarrollo humano del mundo que conocemos, no es más que el uso de la electricidad, en todas sus formas, facilitando el grado de bienestar de nuestra sociedad. Mas no basta con “consumir” energía, sino producirla, garantizando un equilibrio en armonía con nuestro entorno.

La electricidad no es más que una transferencia de energía entre diferentes fenómenos mecánicos, químicos, luminosos o térmicos, y en función de estos, se obtienen de determinadas fuentes. ¿Energías de combustibles fósiles?, o mejor ¿energías de fuentes renovables? Actualmente el gran porcentaje de energía demandada se produce quemando combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural; y mediante radiación nuclear.



2.1. Fuentes de energía primaria usada en el mundo

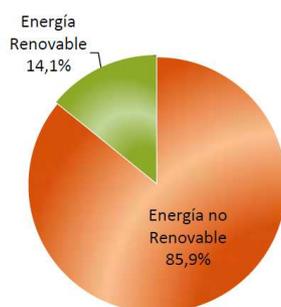
Si optamos por consumir combustibles fósiles, contribuimos a una deliberada e incontrolada liberación de gases a la tan maltrecha atmósfera, especialmente del conocido dióxido de carbono, y su devastador efecto invernadero: recalentamiento global y/o aumento progresivo de la temperatura. Además, los óxidos del nitrógeno, presente también en estas fuentes de energía, contribuyen a la formación de la lluvia ácida, que motiva la deforestación. Si optamos por la fusión controlada de átomos, en centrales nucleares, no solo asumimos grandes riesgos para la seguridad y la salud de las personas, como por desgracia hemos podido ver hace muy poco, sino que además, nos encontramos con residuos nucleares, altamente peligrosos, y difícilmente almacenables o reconvertibles.

Según los datos científicos, las concentraciones actuales de CO₂ y metano en la atmósfera son las más elevadas desde hace más de 650.000 años, lo que tiene como consecuencia la aceleración del efecto invernadero, y el paulatino aumento de las temperaturas, entre 1,4 y 5,8 grados, y del nivel del mar, debido al deshielo, hasta 88 cms. Para estabilizar el fenómeno a 2°C, será necesario que hasta 2050 las emisiones mundiales disminuyan en un 50% con respecto de la década de los 90, lo que supone reducciones entre el 60% y el 80% en los países desarrollados.

Pero no solo se trata de contaminación y daños para la salud, sino de su no regeneración. Estas fuentes son agotables, dependen del tiempo para su recuperación. Por lo que las energías renovables, se postulan como una doble solución, tanto a los problemas de devastación del planeta como a su necesaria autogeneración. Hablamos de energía eólica, solar, hidráulica, mareomotriz, geotérmica y de la biomasa, y corresponde al aprovechamiento de los recursos hídricos, el sol y el viento, los saltos térmicos y la utilización de materiales orgánicos naturales.

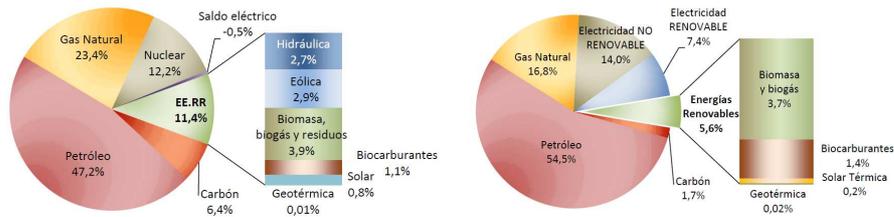
No todo son desajustes, ya que una vivienda construida hoy consume la mitad de energía que una vivienda realizada a mediados del siglo pasado, pero aun así, la calefacción y la producción de agua caliente sanitaria representan todavía una cuarta parte de la energía consumida en Europa y contribuyen en igual medida a la producción de emisiones de CO₂. También es cierto que un crecimiento sostenible no significa renunciar a nuestro grado de bienestar y calidad de vida, sino ser más eficiente, mediante la adopción de hábitos, medidas e inversiones a nivel tecnológico y de gestión, para hacer un uso más inteligente.

Cuando hablamos de energía, no solo nos referimos a de dónde sacamos esa energía, sino también a cómo nos llega. Empleamos entonces los términos de energía primaria y energía final. El primer concepto viene referido a toda forma de energía disponible en la naturaleza que no necesitamos convertir o transformar para su consumo, lo que normalmente sucede en la energía contenida en los combustibles crudos, el carbón, el gas natural o la energía nuclear, pero también las fuentes de energía renovables. La energía final es energía refinada y apta para ser utilizada en todas las aplicaciones que demanda nuestra sociedad, y se dividen en gasolina y gasóleos, hulla y antracita, gas natural canalizado, electricidad, biomasa y calor solar utilizable, principalmente. La solución sostenible esta, por tanto, en emplear los tipos de energía final menos contaminantes en su consumo y mas versátiles en sus aplicaciones, intentando aplanar la curva de demanda de electricidad, que no cesa de crecer en los últimos años.



2.2. Estructura de energía final por fuentes energéticas
(Diciembre 2010-Noviembre 2011)

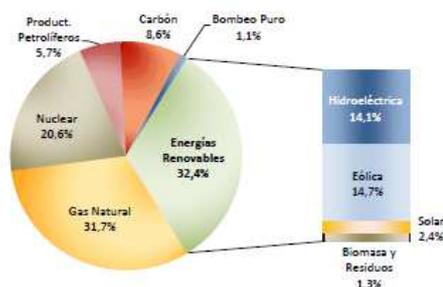
En los datos de los que se disponen, a través del Observatorio de Energías Renovables, con fecha de cierre Noviembre de 2011, seguimos manteniendo un elevado consumo de energía primaria de fuentes no renovables, el 88.7% frente al 11.4% que supone la energía hidráulica, eólica, solar, y biomasa y derivados, al fin de 2010: seguimos utilizando una gran cantidad de recursos no renovables, aunque la variación con el año anterior supusiera un aumento del 22.1%, no freno el crecimiento del sector nuclear con un aumento del 17.5%. En cuanto a energía final, el sector no renovable supuso el 87% de la energía consumida, y el de las renovables un 13% del total, siendo la biomasa y el biogás, el tipo más representativo con un 3.7%.



2.3. Estructura de energía primaria y final año 2010

La estructura de la producción eléctrica, también referida a datos de 2010, indica que utilizamos un 32,4% de recursos renovables, con prácticamente la misma implicación del sector hidroeléctrico como el eólico, 14,1% y 14,7% respectivamente. Con respecto a 2009, se produce un crecimiento del 31,7% en las energías renovables, y un importante retroceso en el uso del carbón, del 32,2%. Cabe destacar también la subida de la energía hidroeléctrica, del 60,6% respecto al año anterior, y la gran subida de la energía solar termoeléctrica, en torno a un 572%. Todo esto viene motivado por el apoyo público de la Administración, mediante incentivos fiscales, inversiones públicas y subvenciones. Así con respecto al año anterior, en 2010, se produce un aumento del 15,16% sobre el total del apoyo público, que repercutió en aumento de empleo y una reducción de emisiones de CO₂ del 9,3% más.

Según los datos de 2010, la producción eléctrica y primaria por áreas tecnológicas, queda repartida en tres bloques claramente diferenciados: hidráulica y eólica, solar fotovoltaica y biomasa, y residuos sólidos urbanos, biogás y solar termoeléctrica; que siguen sin llegar a los mínimos establecidos para conseguir el objetivo. En cuanto a un análisis por comunidades, Castilla y León, Galicia, y Andalucía y Castilla-La Mancha, van a la cabeza en cuanto a potencia eléctrica generada relativa a las renovables; por el contrario, destacan las bajas posiciones de la Comunidad de Madrid, País Vasco y Región de Murcia, siendo de las comunidades representativas, por población, recursos y extensión, las más pobres en cuanto a aporte eléctrico.



2.4. Estructura de la producción eléctrica año 2010

En cuanto a los datos sectorizados, el Boletín de Energías Renovables, marca una discreta actuación del parque residencial en la potencia eléctrica, con apenas 16,54 MW; pero con gran evolución en consumo de energía final térmica, con 2.252 Ktep (Kilo toneladas equivalentes de petróleo). Se observa una evolución de la capacidad eléctrica instalada, para el periodo 2005-2010 de un 56% total en energías renovables, y de un 6100% y un 6178% de la energía solar termoeléctrica y fotovoltaica. Para la capacidad renovable térmica instalada, las oscilaciones son más suaves, siendo el total para el mismo periodo, un 198% más, y la energía geotérmica o solar térmica como las más destacadas, con un 120% y 198% respectivamente. Sin duda hablamos de que España, un país preferentemente cálido, pero con presencia de recursos hídricos, aún esfuerzos en tres fenómenos paralelamente: el sol, el viento y el agua.

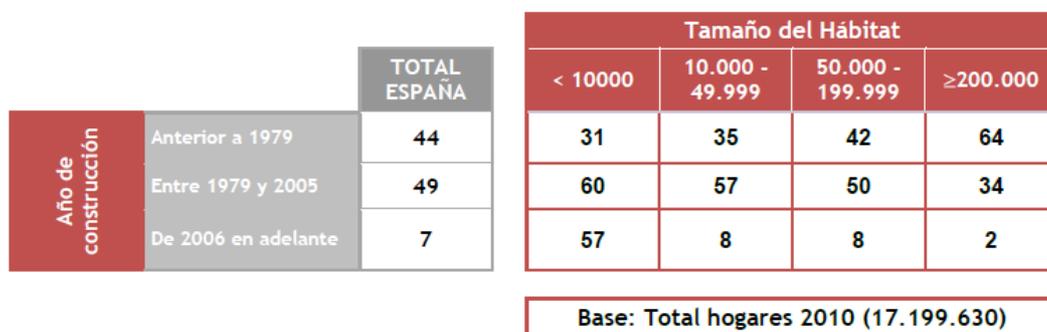
Pero, ¿Qué está pasando realmente en edificación en términos representativos? El sector de la construcción, es clave en el contexto energético actual, tanto nacional como comunitario, debido a sus necesidades de consumo energético, que en términos de energía final, significan el 17% del consumo final total y el 25% de la demanda eléctrica, el 25% y 29% a nivel de la UE 27, respectivamente. Este representativo y tendente valor en alza, es debido al número de hogares, el mayor confort exigido en los mismos, y el aumento de equipamientos destinados a ello. Bien es cierto que no podemos hablar de un conjunto que tiene características climáticas y tipologías de viviendas diferentes según la zona del territorio que deseamos analizar. De acuerdo con esto, se establecen tres zonas climáticas, en función de las temperaturas promedio máximas, medias y mínimas; y respecto al parque inmobiliario existente se segmenta en viviendas unifamiliares o viviendas en bloque.



2.5. Distribución Territorial de las Zonas Climáticas en España

El montante de viviendas en España asciende a 17.199.630 viviendas, según datos del Instituto Nacional de Estadística, de las que 5.097.230 viviendas son unifamiliares, y 12.102.400 viviendas en bloque. Por zona climática, la zona mediterránea predomina sobre las demás con 2.867.948 viviendas unifamiliares y 6.295.427 viviendas en bloque; le sigue el área continental con 1.649.042 viviendas unifamiliares y aproximadamente 4 millones en bloque; y la cuenca del atlántico norte, con unas 580 mil viviendas unifamiliares, y 1.673.181 viviendas

en bloque. La mayoría de los hogares españoles tiene su vivienda en propiedad, siendo muy superior al alquiler sobre todo en las viviendas de tipo unifamiliar; y una superficie media de 102,4 m² en edificación en bloque, o 140,2 m² de media en edificación unifamiliar. Es de destacar a su vez, la vejez de nuestro parque inmobiliario, un 93% del total se construyó anterior a 2005, siendo esto un factor contraproducente para conseguir la eficiencia energética.



2.6. Hogares por Antigüedad de la vivienda y Tamaño del hábitat

Otro factor indicativo con una repercusión significativa en el consumo energético es el tamaño del hogar, es decir el número de miembros que demandan energía y el uso que hacen de ella, para lo que es necesario una buena información y concienciación, que queda reflejada en la edad de los que los habitan. En general, también en 2010, en España la media era de 2,7% personas por hogar, en la que los hogares de tamaño superior a 5 miembros apenas representan el 9%. En el 19.7% de los hogares hay más de dos adultos, y en el 24% de los mismos, hay niños menores de doce años, que aumentan la demanda de energía. En general, las viviendas unifamiliares se corresponden con hogares de mayor tamaño y presencia de niños pequeños, y se observa un mayor porcentaje de nuevas viviendas en los hogares de mayor tamaño y, con presencia de niños. Con respecto al nivel de rentas, más del 60% de los hogares pertenece a una clase social igual o superior a la media, con rentas superiores a 30.000 €, ubicándose, cerca de un tercio en poblaciones de alta densidad demográfica, seguido de poblaciones con menos de 10.000 habitantes.

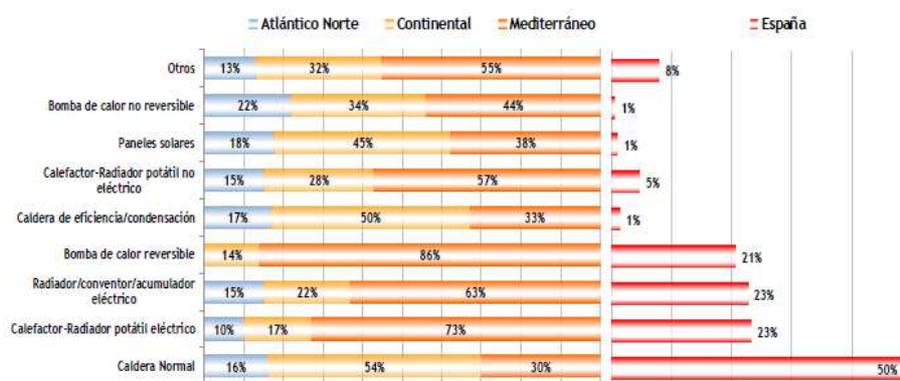


2.7. Distribución de Hogares según Etapa de la vida, Tamaño y Núcleo de Población



Y visto todo este consumo energético, ¿en qué lo gastamos? ¿Para qué lo necesitamos? El consumo de la energía relativo al sector de la edificación, referido a la vivienda, se destina a demandas de calefacción, agua caliente sanitaria, refrigeración, iluminación, cocina y electrodomésticos; aunque no en todas las viviendas esta garantizado la disponibilidad de los diferentes equipamientos, ya que es función del servicio energético prestado, el tipo de edificación, la zona climática e incluso el poder adquisitivo, si bien las mayores diferencias se dan con el factor climático en relación con el uso o no de aparato de refrigeración, con grandes variaciones entre viviendas unifamiliares del Atlántico Norte y las del Mediterráneo.

Las viviendas unifamiliares son las más equipadas con el servicio de calefacción, así como las zonas Continental y Mediterránea, mediante sistemas multi-equipamiento (radiadores, calefactores, calderas,...). En general, dominan los sistemas individuales en el 82%, frente al valor que alcanzan en la zona continental la presencia de calefacción central. Llama la atención que el 70% de estos hogares posee termóstato o algún otro sistema de regulación de la temperatura. Otros sistemas con representación considerable, a parte de la caldera convencional, presente en casi la mitad de los hogares españoles, son las bombas de calor reversibles, calefactores y radiadores eléctricos. Por el contrario, equipamientos más eficientes, como las calderas de condensación es aún escasa. Las fuentes energéticas utilizadas mayoritariamente en calefacción son la electricidad, en torno a un 46%, y el gas natural, con un 32%; siendo el área mediterránea la que más electricidad usa, en contraposición con la zona continental, que consume más gas natural.

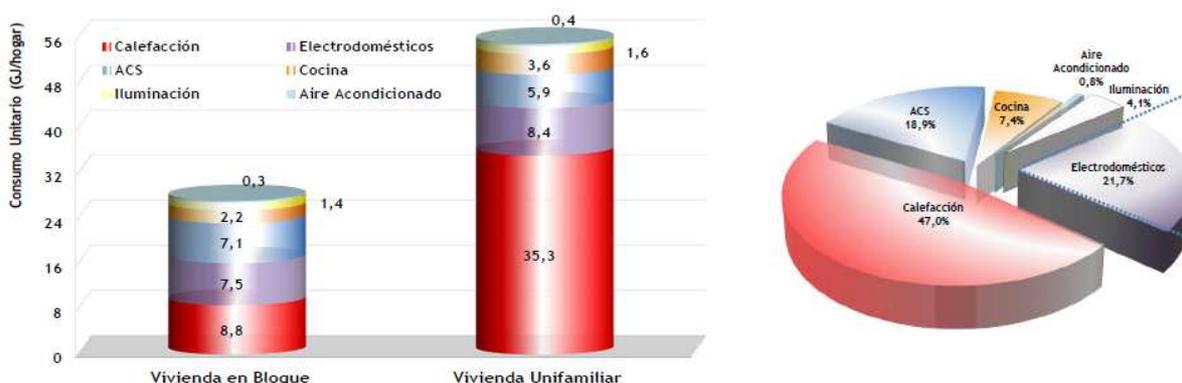


2.8. Tipos de sistemas de calefacción por zona climática

El servicio de agua caliente sanitaria, esta presente en la mayoría de todos los hogares, con predominio de sistemas individuales frente a los sistemas colectivos, no existiendo prácticamente multi-equipamiento, siendo el más utilizado la caldera individual; las fuentes energéticas más utilizadas para el ACS son el gas natural, el butano y la electricidad. En cuanto al equipamiento en cocinas, existe una dualidad entre el uso de cocinas de gas y el de vitrocerámicas, con aproximadamente el 30 %; siendo la zona mediterránea preferentemente de gas, mientras que la atlántica norte, de vitrocerámica, aunque las viviendas unifamiliares manifiestan una mayor preferencia por esta última.

Casi la mitad de la población utiliza algún equipo de refrigeración, o aire acondicionado, siendo el dominante la bomba de calor reversible, con un 78% a nivel nacional. La mayoría tiene cerca de tres equipos por hogar, con una mayor presencia de equipos portátiles. Y el último factor, la iluminación, viene medido por el número de bombillas: la media por hogar es equivalente a 3 por estancia, de las que por cada hogar se ponen 8 convencionales y 7 de bajo consumo, siendo las LED, las que menos penetración alcanzan en los hogares.

En definitiva el consumo medio de un hogar español es de 10.521 kWh al año, siendo predominante, en términos de energía final, el consumo de combustible, 1,8 veces superior al eléctrico; obedeciendo un 62% de este último a equipamiento de electrodomésticos. Por tipos de vivienda, el consumo energético se concentra en las viviendas en bloque, frente a las unifamiliares, lo que responde al mayor índice del parque de viviendas existentes, un 53% frente al 46%. En cuanto al abastecimiento de energía, el 32,2% de la zona Atlántica, el 36,8% de la Continental, y el 39,7% de la Mediterránea, corresponde a energía renovable en vivienda unifamiliar; frente al 0.1% en vivienda en bloque de cada zonificación.



2.9. Consumos Energéticos unitarios según tipo de vivienda y Estructura de Consumo según usos Energéticos

Todas las formas de generación de energía provocan impactos negativos en el medio ambiente: la eólica por su efecto sobre el entorno y la producción de ruido, la biomasa por su contribución a la deforestación, la fotovoltaica por la toxicidad de los productos empleados para la fabricación... En principio la energía eléctrica comporta un mayor impacto ambiental por unidad de energía final, debido al proceso de generación si proviene de centrales térmicas o nucleares, ya que cada kWh eléctrico comporta unas emisiones de CO₂ entre 2-2,5 veces mayores que un kWh térmico generado con gas, gasóleo o GLP. Procuraremos utilizar los combustibles fósiles en el siguiente orden preferente, gas propano y butano para aplicaciones térmicas directas; y para aplicaciones de calefacción, ACS y refrigeración, elegir la solución más eficiente, es decir los combustibles regenerables, le energía renovable. A ello se le suma la alta dependencia de las importaciones, ya que el 70% de nuestra demanda energética no son nacionales.

Energías del Sol.-

El Sol es una estrella en la que tienen lugar una serie de procesos que provocan la emisión de una gran cantidad de energía en forma de radiación solar. En su movimiento, la Tierra intercepta una pequeña parte de esa energía, aproximadamente varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. Además de su propia capacidad para generar energía, es el origen de todas las energías renovables: el calentamiento de la tierra y el agua provoca las diferencias de presión que originan el viento; convierte la evaporación de los océanos en lluvia, interfiriendo en el ciclo del agua; y es imprescindible del proceso de fotosíntesis, produciendo la biomasa. La posición geográfica de España en relación al mercado solar es muy favorecedora, recibiendo una abundante radiación, más de 4 kWh/m², siendo el mejor país posicionado de la UE en este sentido.

Se distinguen dos componentes en la radiación solar: la radiación directa y la difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmosfera, las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrará la luz difusa que proviene de todas direcciones. Ambas son aprovechables: una importante ventaja de la energía solar es que permite la generación de energía en el mismo lugar de consumo mediante la integración arquitectónica, eliminando casi por completo las pérdidas relacionadas con el transporte, casi un 40% del total.

La energía solar se puede aprovechar pasivamente, es decir, sin la utilización de ningún dispositivo o aparato intermedio, mediante la adecuada ubicación, diseño y orientación de los edificios, como veremos más adelante, empleando correctamente las propiedades fisicoquímicas de los materiales y los elementos arquitectónicos; y también se puede aprovechar activamente, mediante la captación de energía térmica o generando electricidad. Hablamos de energía solar térmica, solar fotovoltaica y solar termoeléctrica, siendo las dos primeras las de aplicación directa en edificación.

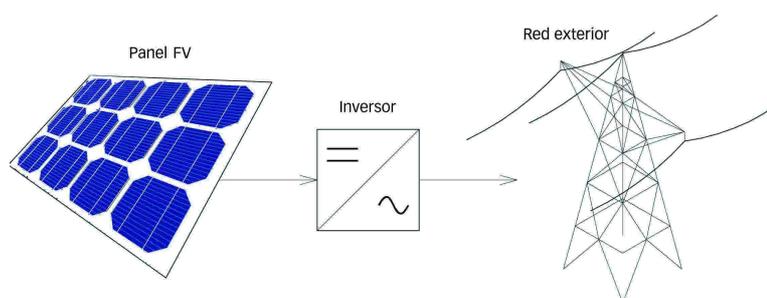
La energía solar térmica, de baja temperatura, consiste en la captación y aplicación de la radiación solar, para usos térmicos, en producción de ACS, calentamiento de piscinas y calefacción; destacando por su elevada calidad energética y el pequeño impacto ecológico. El funcionamiento es muy sencillo: el calor procedente de los rayos solares llega a los captadores, calentando el fluido que circula por su interior, normalmente agua con anticongelante, se acumula y se procede a su utilización. El rendimiento ronda en 1,5 t de CO₂ por cada año y cada 2 m² de instalación, lo que suponen 37,5 toneladas durante la vida útil del equipo. Aunque existen diseños diversos de captadores, el más común, es el captador plano fijo. Según pase el fluido por el sistema de captación, hablaremos también, de directas o indirectas, las primeras el agua pasa directamente por el captador, y en las segundas poseen un intercambiador de calor que, además de realizar la transferencia de calor entre los distintos fluidos, impide la mezcla de ambos.



2.10. Modos de funcionamiento de una instalación solar térmica

Una instalación solar fotovoltaica es un sistema que aprovecha la energía radiante procedente directamente del sol, para transformarla en energía eléctrica, aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores, mediante el efecto fotovoltaico. El material base para la fabricación de las células fotovoltaicas es el silicio, que se obtienen a partir de la arena, de color negro o azul oscuro, asociadas en grupos, formando módulos no mayores a 1 m² de superficie. En el mercado se encuentra una gran cantidad y variedad de tipos, pudiendo ser rígidos o flexibles, incluso enrollables; en forma de placa, de teja o de ventana; con soporte o sin el, y orientable mecánicamente o no. El rendimiento de los módulos es algo especial, ya que se tienen en cuenta unas condiciones determinadas: un Wp (vatios pico) es la máxima potencia generada por cada modulo a 25°C de temperatura de las células y por cada kW/m² de iluminación solar. Así la energía producida, medida en kWh, corresponde a cada kWh que produciría 1 kWp en condiciones de máxima potencia durante una hora.

Básicamente se diferencian dos tipos de instalaciones fotovoltaicas: aisladas a la red y conectadas a la línea eléctrica. Las instalaciones fotovoltaicas aisladas tienen como objetivo fundamental satisfacer las necesidades de energía eléctrica de los usuarios. Normalmente se han empleado en el medio rural: electrificación de viviendas, sistemas de bombeo de agua, sistemas de iluminación,... Las instalaciones fotovoltaicas de conexión a red son aquellas en que la electricidad generada se vierte a la red eléctrica, con el consiguiente beneficio económico. Este tipo de instalación ha experimentado un gran auge desarrollándose en el entorno urbano, participando a modo de cooperativa energética.



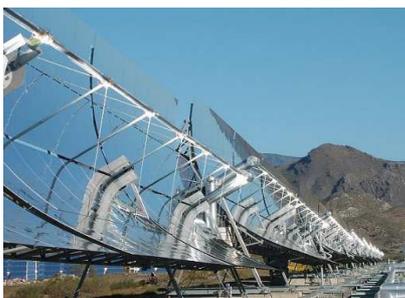
2.11. Instalación solar fotovoltaica de conexión a red

El funcionamiento de una instalación de conexión a red consiste en la captación de la energía y la transformación y adaptación de la corriente para su inyección a la red eléctrica a la máxima potencia posible. La electricidad producida es corriente continua, y sus características instantáneas, intensidad y tensión, varían con la irradiancia o intensidad de la radiación solar y la temperatura ambiente, respectivamente. Estas instalaciones son simples, silenciosas, de larga duración, elevada fiabilidad y suelen requerir muy poco mantenimiento; además de rentabilizar su coste en un periodo no superior a los tres años de su puesta en marcha.

Cada kWh generado con energía solar fotovoltaica evita la emisión a la atmosfera de aproximadamente un kg de CO₂, si comparamos con el carbón, y de 0,4 kg de CO₂ aproximadamente en el caso de gas natural. Una vivienda unifamiliar con una potencia instalada en su cubierta de 5 kW puede evitar anualmente 1,9 t de CO₂ en comparación con la generación eléctrica con central de ciclo combinado de gas natural. Si aunamos los esfuerzos en una planta solar, hablamos de unas 6.500 t de CO₂ por cada 10 MW.

También podemos optar por un sistema de generación mixto, la energía solar termoeléctrica, que se clasifica como un sistema de media y alta temperatura. Las centrales de media temperatura más desarrolladas actualmente corresponden a centrales con colectores cilindro-parabólicos. Los aprovechamientos de alta temperatura se realizan mediante centrales de torre y centrales de generadores disco-parabólicos:

- Centrales de Colectores Cilindro-Parabólicos (Media Temperatura): Están formadas por colectores de espejo que reflejan la radiación sobre un tubo situado en la línea focal, el cual contiene el absorbente y el fluido caloportador. El fluido es calentado hasta 400°C, con relaciones de concentración solar de entre 15 y 50, produciendo vapor sobrecalentado que alimenta una turbina convencional que genera electricidad. Es necesario disponer de un sistema de seguimiento solar.
- Centrales de Torre (Alta Temperatura): Formadas por un campo de helióstatos que reflejan la radiación sobre un intercambiador de calor situado en la parte superior de una torre central. Se alcanzan temperaturas de 600 °C.
- Generadores Solares Disco-Parabólicos (Alta Temperatura): Consisten en un conjunto de espejos que forman una figura disco-parabólica en cuyo foco se dispone el receptor solar en el que se calienta el fluido. El fluido es calentado hasta 750 °C y para generar electricidad, actualmente se utilizan motores Stirling o turbinas Brayton.



2.12. Modelos de energía solar termoeléctrica

Energías del Agua.-

Los avances tecnológicos permiten obtener energía eléctrica del agua: aprovechando la energía del mar, o mediante centrales hidroeléctricas. Los océanos ofrecen un enorme potencial energético a través de las mareas, de las corrientes, de la temperatura, las olas y la cantidad de sal que contengan. Una central hidroeléctrica esta constituida por el conjunto de instalaciones necesarias para transformar la energía potencial de un curso de agua, como consecuencia de la diferencia de nivel entre dos puntos, en energía eléctrica disponible. Ambas no son de aplicación directa en edificación, pues necesitan necesariamente de la acumulación, transformación y vertido a la red general, pero posteriormente puede alimentar cualquier sector que se nutra de energía eléctrica.

Si lo comparamos con el resto de las renovables, las investigaciones y los proyectos para obtener energía de los mares y los océanos todavía se encuentran en una fase preliminar, sin embargo, su potencial es muy alto ya que cualquier país de costa puede desarrollarla. Los ámbitos marinos de los que se puede obtener dicha energía son:

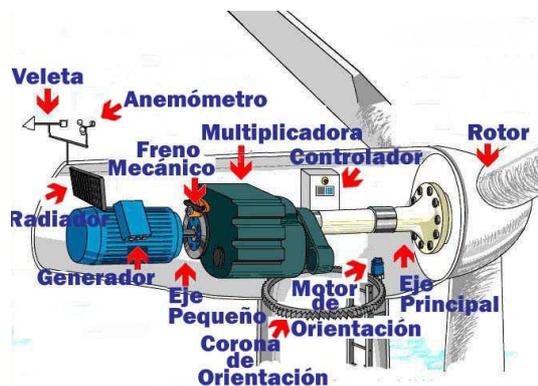
- Mareomotriz: consiste en el aprovechamiento energético de las mareas. Se basa en aprovechar el ascenso y descenso del agua del mar producido por la acción gravitatoria del Sol y la Luna, aunque sólo en aquellos puntos de la costa en los que la mar alta y la baja difieren más de cinco metros de altura es rentable instalar una central mareomotriz. Un proyecto de una central mareomotriz está basado en el almacenamiento de agua en un embalse que se forma al construir un dique con unas compuertas que permiten la entrada de agua o caudal a turbinar, en una bahía, cala, río o estuario para la generación eléctrica.
- Energía de las corrientes: consiste en el aprovechamiento de la energía cinética contenida en las corrientes marinas. El proceso de captación se basa en convertidores de energía cinética similares a los aerogeneradores empleando en este caso instalaciones submarinas.
- Maremotérmica: se fundamenta en el aprovechamiento de la energía térmica del mar basado en la diferencia de temperaturas entre la superficie del mar y las aguas profundas. El aprovechamiento de este tipo de energía requiere que el gradiente térmico sea de al menos 20°C. Las plantas maremotérmicas transforman la energía térmica en energía eléctrica utilizando el ciclo termodinámico denominado “ciclo de Rankine” para producir energía eléctrica cuyo foco caliente es el agua de la superficie del mar y el foco frío el agua de las profundidades.
- Energía de las olas o Undimotriz: es el aprovechamiento energético producido por el movimiento de las olas. El oleaje es una consecuencia del rozamiento del aire sobre la superficie del mar, por lo que resulta muy irregular. Ello ha llevado a la construcción de múltiples tipos de máquinas para hacer posible su aprovechamiento.

Energías del Viento.-

La energía eólica es aquella que se obtiene de la fuerza del viento, es decir, mediante la utilización de la energía cinética generada por las corrientes del aire; aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. Es un tipo de energía verde, relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión con velocidades proporcionales, conocido como gradiente de presión. Es una forma indirecta de energía solar, ya que las diferentes temperaturas y presiones en la atmósfera, provocadas por la absorción de la radiación sol, son las que ponen al viento en movimiento.

Aproximadamente el 2% de la energía que llega del sol se transforma en energía cinética de los vientos atmosféricos. El 35 % de esta se disipa en la capa atmosférica a tan solo un kilómetro por encima del suelo; del resto se estima que por su aleatoriedad y dispersión solo podría ser utilizada una treceava parte: si se colocan seis aerogeneradores imaginarios de última tecnología (1,5 MW de potencia y 77 metros de diámetro de rotor) en cada kilómetro cuadrado de las áreas terrestres con los mejores vientos del planeta, la potencia eléctrica que se obtendría sería de 72 teravatios (TW), que son 72 billones de vatios, y podría remplazar 54.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). Es decir: el aprovechamiento del viento cubriría diez veces el consumo de electricidad mundial. Para ello, habría que colocar nada menos que 48 millones de turbinas, en un espacio de 8 millones de km², una extensión equivalente a 16 veces España, si bien el terreno realmente afectado por infraestructuras eólicas no superaría los 250 mil km², 5×10^{-4} veces toda la superficie del planeta.

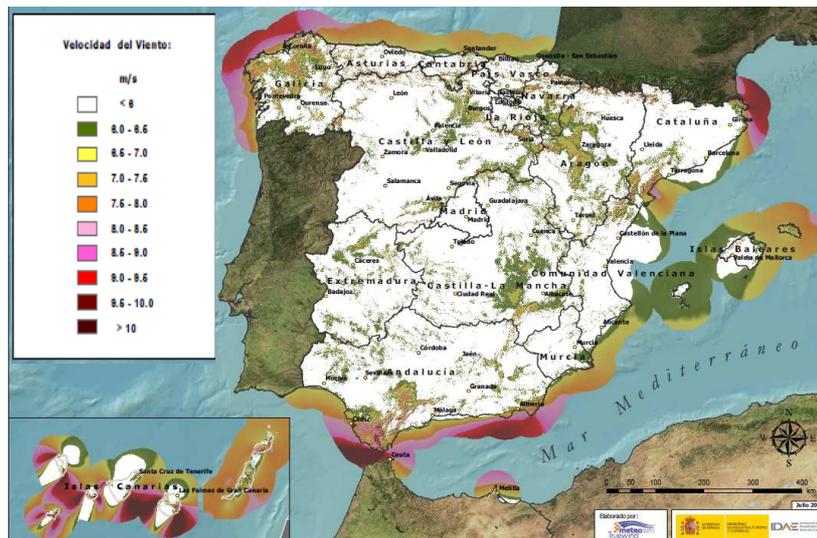
Hoy en día la forma habitual de aprovechar el viento es mediante el empleo de aerogeneradores de eje horizontal, de unos 40 o 50 metros, dependiendo de la orografía. Cada aerogenerador consiste básicamente en un rotor a barlovento, dotado normalmente de tres palas, de 20 a 25 metros, con diseño aerodinámico, que captan la energía del viento y la transforman en energía mecánica de rotación. El movimiento rotacional se transmite a través de un eje y varias etapas multiplicadoras a un generador –generalmente síncrono o asíncrono doblemente alimentado- cuya función es la producción de energía eléctrica. Estos elementos se sitúan sobre una góndola o bastidor soportado, a su vez, por una torre o fuste.



2.14. Componentes de un Aerogenerador

Los aerogeneradores pueden trabajar solos o en parques eólicos, sobre tierra formando las granjas eólicas, sobre la costa del mar o incluso pueden ser instalados sobre las aguas a cierta distancia de la costa en lo que se llama granja eólica marina; pero siempre en filas, perpendiculares al viento predominante, separados unos tres diámetros del rotor, para evitar las turbulencias. Los parques eólicos, tanto en tierra como en mar, están formados por una serie de aerogeneradores que producen energía normalmente a media tensión, la transportan por vía subterránea a una estación transformadora que eleva su tensión y posteriormente, mediante una línea de evacuación se inyecta en la red de distribución o de transporte en el punto de conexión otorgado.

Existen, naturalmente, otras aeroturbinas, según su tipología: de eje vertical, con dos palas, multipalas, con rotor a sotavento; con tamaños muy distintos: desde pequeños aerogeneradores de menos de un metro de diámetro y potencias inferiores a 1 kilovatio hasta enormes máquinas de más de 100 m de diámetro y más de 5.000 kW de potencia nominal; las hay situadas tierra adentro, en línea de costa o mar adentro. Se emplean para generar electricidad a gran escala o para suministro eléctrico de viviendas aisladas, para bombear agua o, en un futuro cercano, para generar hidrógeno o desalinizar agua de mar.



2.15. Zonas de mayor recurso eólico a 80 m de altura y velocidad > 6 m/s

Sin embargo, todavía no se ha aprovechado en España la capacidad de la tecnología eólica para aportar energía renovable de forma distribuida, mediante su integración en entornos urbanos, semi-urbanos, industriales y agrícolas, especialmente asociada a puntos de consumo de la red de distribución. Las instalaciones eólicas de pequeña potencia presentan unas características propias, que las dotan de una serie de ventajas adicionales respecto a la gran eólica, como un potencial mayor de eficiencia global por las pérdidas evitadas en las redes de transporte y distribución, y que permiten la integración de generación renovable sin necesidad de crear nuevas infraestructuras eléctricas, mediante el autoconsumo y la accesibilidad tecnológica al usuario final, con la consiguiente reducción del impacto ambiental, por el menor tamaño de los equipos y por su integración en entornos más cercanos y menos extensos.

Técnicamente, estas aeroturbinas tienen una estructura similar a las grandes, solo que su diseño es mucho más simple (sistemas de orientación pasivos, generadores eléctricos robustos de bajo mantenimiento, ausencia de multiplicadores...). Su sencillez de funcionamiento hace que, en general, estas pequeñas instalaciones puedan ser atendidas por los propios usuarios, sin necesidad de un mantenimiento extra excesivo. En la actualidad, en España, los pequeños aerogeneradores son sobre todo utilizados para el autoconsumo de edificaciones aisladas. Además, suelen ir acompañados de paneles solares fotovoltaicos formando parte de pequeños sistemas híbridos que, por medio de la combinación de la energía del sol y el viento, permiten garantizar el suministro eléctrico. Estos sistemas, bastante fiables, incluyen unas baterías donde se almacena la energía sobrante para cuando no haya viento ni sol. Otra posibilidad consiste en utilizar estas máquinas para producir energía y verterla a la red eléctrica.

Las instalaciones eólicas marinas presentan características diferenciadas ventajosas frente a las instalaciones en tierra, ya que el recurso presente en el mar es superior al de las costas próximas. Además, por su propia ubicación mar adentro, el impacto visual y acústico es menor que el de los parques eólicos en tierra, lo que permite un mayor aprovechamiento del recurso eólico existente, con máquinas más grandes y la utilización de geometrías de pala más eficaces. Igualmente, la menor rugosidad superficial en el mar favorece la utilización de menores alturas de torre. Supone un mayor montaje y mantenimiento, debido a la mayor complejidad durante la instalación y explotación y la posibilidad de integración en complejos marinos mixtos.

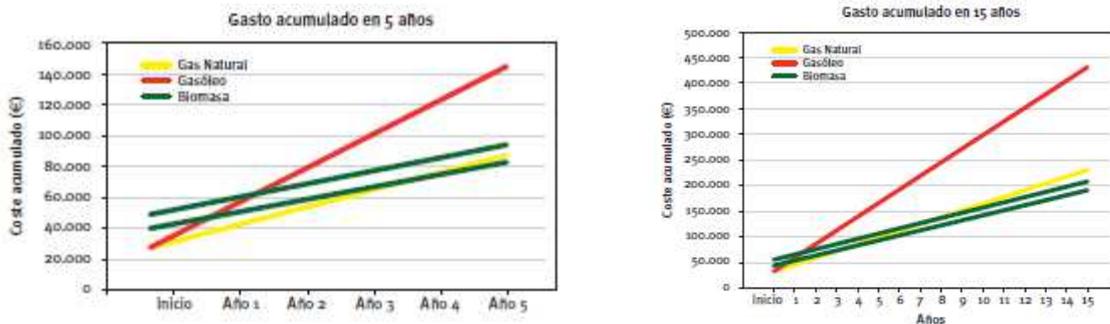
Sin embargo, estas instalaciones marinas tienen también importantes desventajas respecto a las terrestres, que están limitando su desarrollo: inexistencia de infraestructuras eléctricas; condiciones ambientales más severas; evaluación del recurso eólico más compleja y cara; y sobre todo, sus mayores ratios de inversión y gastos de explotación, necesitando tecnologías específicas para la construcción y cimentaciones, transporte y montaje en alta mar, tendidos de redes eléctricas submarinas y tareas de operación y mantenimiento. La potencia unitaria de los aerogeneradores en el mar es superior a la de las turbinas en tierra, si bien no existe en la actualidad ninguna instalación eólica en el litoral español.

La profundidad media de los parques eólicos marinos existentes en el mundo al finalizar 2010 (en su práctica totalidad en los mares del Norte de Europa) es inferior a los 20 m. Con carácter excepcional, algún parque comercial puntual supera ligeramente la profundidad de 50 m, que puede considerarse el límite barimétrico para la tecnología actual, y para la práctica totalidad de los parques eólicos comerciales que se pongan en España hasta el año 2020. Posiblemente, el mayor desafío de las instalaciones mar adentro sigue siendo reducir los costes de las cimentaciones, de las que existen distintas variantes: monopilotaje, trípode, de gravedad y flotante. Las de monopilotaje son las más utilizadas para aguas de profundidad media (hasta 25 metros), las de gravedad para profundidades pequeñas (de menos de 5 metros) y las de trípode para mayores profundidades (hasta 50 metros).

Energías de la Tierra.-

Si realmente existe una fuente de energía, que además sea un catalizador del desarrollo sostenible y un factor productivo, esa es la tierra. Cuando hablamos de ella, nos referimos al espacio físico que se puede utilizar para generar alimentos, levantar construcciones o delimitar países, pero también, nos referimos, a las capas que lo conforman, desde el exterior hasta el núcleo del planeta. En función de si usamos el sustrato vegetal o el calor que se emite por los procesos físico-químicos internos, nos encontramos con biocarburantes, biomasa o energía geotérmica; aunque a efectos de este análisis solo nos interesan las dos últimas, ya que los biocarburantes intervienen en el proceso edificatorio de manera indirecta, y son consecuencia directa del empleo de biomasa. No hay duda de que cualquier tipo de combustible, biodiesel o biogás, o cualquier otro, se puede emplear para contribuir a cubrir la demanda energética del edificio.

La biomasa es el conjunto de la materia orgánica, de origen vegetal o animal y los materiales que proceden de su transformación natural o artificial. Incluye específicamente los residuos procedentes de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como los subproductos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera. Están además los cultivos energéticos para la producción de biomasa lignocelulósica, orientada a su aplicación mediante combustión o gasificación. Toda esta materia orgánica, con un alto contenido en clorofila, a través del proceso de la fotosíntesis, transforma la energía recibida del sol, en materiales orgánicos con alto contenido energético. Se excluyen aquellas que han sido englobadas en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización, como el carbón, el petróleo o el gas, incomparables con el balance neutro de la biomasa.



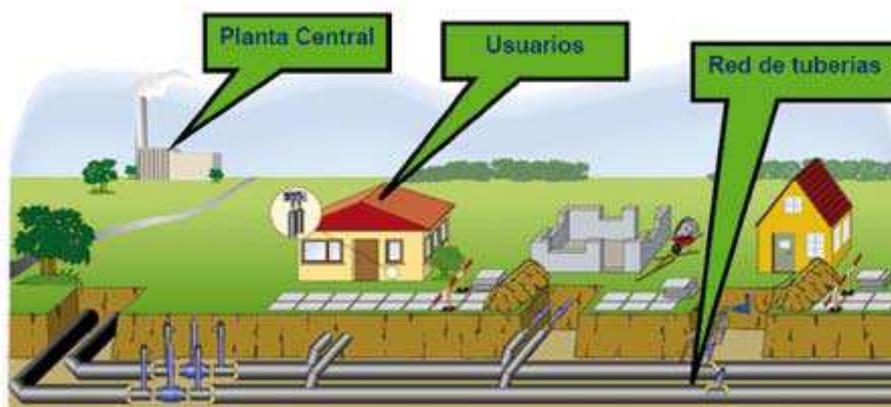
2.16. Gasto de energía en Edificios según las fuentes

Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector de la biomasa referido a la edificación, dejando en menor medida la producción de electricidad. La heterogeneidad de recursos aprovechables, aumenta la complejidad de los sistemas de producción, ya que cada proyecto necesita un análisis específico de disponibilidad, extracción, transporte y distribución. En general, los desarrolladores se han centrado en el uso de residuos industriales, forestales y agrícolas:

- Residuos forestales: se originan en los tratamientos y aprovechamientos de las masas vegetales, mediante las operaciones de limpieza, poda y corta de los montes, aunque estos se encuentren en lugares dispersos, de difícil accesibilidad o con grandes impurezas; como astillas, cortezas o serrín.
- Residuos agrícolas leñosos: surgen cuando podamos un olivo, los viñedos o los árboles frutales, siendo más fáciles de manipular y acceder a ellos, pero presentando problemas de estacionalidad.
- Residuos agrícolas herbáceos: se obtienen durante la cosecha de algunos cultivos, como los cereales o el maíz, y también dependen de la época y la variación de la producción; como huesos y cáscaras.

Para poder utilizar biomasa como energía de calefacción o ACS, debemos tener calderas o aparatos de aire que calienten el agua, adaptándolos a un sistema de radiadores o de suelo radiante, o a otros sistemas de producción de agua, respectivamente. Las calderas diseñadas para una edificación, habitualmente funcionan con gasóleo tipo C o gas natural, siendo posible su paulatina sustitución por calderas que se alimenten de biocombustible u otros residuos, con el único inconveniente de revisar las dimensiones de los cuartos de instalaciones y aportar un nuevo espacio de almacenamiento de la materia sólida.

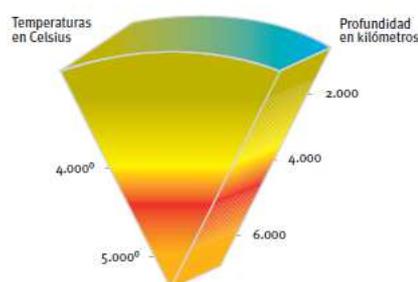
Otra aplicación es la instalación de una red de calefacción centralizada, conocida como *“district heating”*, muy extendida en el Centro y Norte de Europa; consistente en que la red de calor y ACS llega no sólo a urbanizaciones y otras viviendas residenciales, sino también a edificios públicos, centros deportivos, complejos comerciales y otros edificios, mediante la instalación exclusiva de grandes calderas y zonas de aprovisionamiento comunes y una red de conductos que no se integran estructuralmente en un único edificio, que están aislados térmicamente claro, que además aportan frío para la climatización en verano. Para la producción de electricidad se precisa de un sistema mucho más complejo dado el bajo poder calorífico de la biomasa, su alto porcentaje de humedad y su gran contenido en volátiles.



2.17. Esquema básico red de distribución térmica

La energía geotérmica, a diferencia del resto de energías renovables, su origen proviene del calor interior de la Tierra que se alimenta de la desintegración de isótopos radiactivos, de movimientos diferenciales entre las distintas capas que constituyen la Tierra y del calor latente de cristalización del núcleo externo. Es una de las fuentes menos conocidas y se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres. Considerando toda la superficie de la Tierra, la potencia geotérmica total que nos llega desde el interior es de aproximadamente unos 11.600 MW, cantidad inmensa que no puede ser utilizada, ya que esta limitada a áreas en las cuales las condiciones geológicas permiten un transporte (agua en la fase líquida o vapor) para transferir el calor desde zonas calientes profundas hasta cerca de la superficie.

Las aplicaciones van desde la producción de electricidad, cuando se trata de yacimientos de alta temperatura (superiores a los 100-150°C), hasta los usos térmicos en los sectores industrial, servicios y residencial, para temperaturas por debajo de los 100°C, ya sea de forma directa o a través de bomba de calor geotérmica (calefacción y refrigeración) para temperaturas muy bajas (por debajo de los 25 grados). El territorio español cuenta con una estructura geológica propicia para la presencia en el subsuelo de recursos geotérmicos: manifestaciones termales, persistente actividad sísmica o volcanismo actual. En cuanto a los aprovechamientos geotérmicos de muy baja temperatura mediante bomba de calor, son muy habituales en otros países europeos, y en desarrollo a nivel nacional, presentan grandes ventajas, ya que puede aprovecharse en prácticamente todo el territorio con unos destacados ahorros energéticos.



2.18. Escala de temperatura de la corteza terrestre

El uso de sistemas geotérmicos de baja entalpía permite prescindir del gasóleo, gas natural o gases licuados derivados del petróleo (propano y butano), al ser la demanda relativamente baja, lo que permite utilizar agua geotérmica de baja entalpía y devolverla a baja temperatura, incrementando así el potencial geotérmico del recurso e induciendo a un ahorro de energía, que podrá aprovecharse para otras aplicaciones (efecto cascada). El sistema de climatización geotérmico funciona correctamente con cualquier instalación de calefacción actual, bien sea por radiadores, suelo radiante o aire.

En general, un esquema simplificado de un sistema de energía geotérmica consta de tres circuitos diferenciados: circuito primario, formado por un equipo de bombeo y acondicionamiento de agua geotérmica situado en la boca del pozo de extracción, un intercambiador de placas y el sistema de reinyección; red de distribución, formado por un sistema cerrado de tuberías, ida y retorno, para distribuir el agua caliente a los usuarios, un

equipo de bombeo y una centralita de conexión con el particular; y circuito de distribución privado, desglosado en dos circuitos claramente diferenciados en función del nivel térmico de funcionamiento al que trabajan, uno en circuito abierto para el agua caliente sanitaria (ACS) y otro en circuito cerrado de calefacción. La demanda de ACS en el sector doméstico es muy irregular, teniendo en cuenta una sola vivienda, pero a medida que se añaden más viviendas al sistema, la curva de demanda se suaviza progresivamente.

En países con niveles altos de radiación solar, como es el caso de España, la temperatura del suelo a profundidades de más de 5 metros es relativamente alta (alrededor de 15 grados). A esas profundidades, los materiales geológicos permanecen a una temperatura estable, independientemente de la estación del año o de las condiciones meteorológicas. Esta estabilidad geotérmica es la que permite que en verano el subsuelo esté considerablemente más fresco que el ambiente exterior. Mediante un sistema de captación adecuado y una bomba de calor geotérmica se puede transferir calor de esta fuente de 15°C a otra de 50°C, y utilizar esta última para la calefacción doméstica y la obtención de agua caliente. Del mismo modo que en invierno la bomba geotérmica saca el calor de la Tierra, en verano se extrae mediante el mismo sistema de captación, transfiriéndolo al subsuelo y refrigerando así el edificio

Una instalación de este tipo puede proporcionar a una vivienda con jardín o zona común, si es edificación colectiva, una climatización integral de la casa y el suministro de agua caliente sanitaria. La obra necesaria para colocar este sistema consiste en realizar una serie de perforaciones verticales para intercambiar energía con el suelo. En ellas se introducen tubos por los que se hace circular un líquido que absorbe o cede calor desde la bomba de intercambio geotérmico. Dentro de la casa el sistema de climatización se completa con una bomba de intercambio geotérmico, un acumulador y un inversor de ciclo, que se pueden ubicar en el garaje o cuarto de instalaciones de la vivienda.

Las instalaciones pueden variar según las condiciones de espacio y características del terreno: la instalación horizontal se realiza cuando disponemos de espacio suficiente, entonces las conducciones se disponen en zanjas, con una longitud variable entre 30 y 120 metros; la instalación en vertical es la elección más adecuada cuando disponemos de espacio limitado, siendo necesario utilizar equipos de perforación para realizar pozos de pequeño diámetro con profundidades comprendidas entre 25 y 100 metros. La instalación en circuito abierto utiliza la energía del agua subterránea, siendo en condiciones ideales la instalación más económica. La instalación subacuática permite reducir los costes de perforación cuando existe un estanque en las cercanías y la instalación consiste en colocar las conducciones en el fondo del estanque.

Otra aplicación de uso directo de la energía geotérmica, que se ha comenzado a experimentar en Alemania en el campo de la construcción, es la utilización de pilotes base o también llamados pilotes energéticos. Estos pilotes tienen un doble propósito, por un lado, como principal objetivo, la transmisión de cargas a la base del suelo y, por otro, trabajar como elementos intercambiadores de energía para calefacción y refrigeración del edificio a construir. Para realizar este intercambio energético, los tubos de plástico son anclados a la jaula de la armadura por el interior de los pilotes y se distribuyen a lo largo de todo el pilote en forma de bucle.

La colocación de los tubos intercambiadores geotérmicos también se puede realizar en el resto de elementos estructurales convencionales de cimentación y sostenimiento, como: muros pantalla, muros de sótano, losas, revestimiento de túneles, etc. Todos estos elementos formarían el circuito primario de un sistema energético de aprovechamiento geotérmico. Este tipo de estructuras se denominan “cimentaciones activas”. Se trata de una solución técnica y económica muy interesante e innovadora, ya que se conjuga la ejecución del intercambio geotérmico con la construcción de las cimentaciones del edificio, evitando tener que realizar a posteriori los pozos de perforación para la instalación geotérmica, con el consiguiente ahorro económico.



2.19. Esquema del principio de suministro de energía geotérmica

Tras la identificación de la energía como factor productivo indispensable de la economía de un país, tal y como lo conocemos, y desdibujar las actuaciones necesarias para favorecer y garantizar un crecimiento sostenible, es necesario resaltar los elementos de planificación energética. La planificación energética, o política energética, es el abanico de posibilidades socioeconómicas, geopolíticas, tecnológicas y medioambientales; que, tras un análisis pormenorizado de la estructura en el suministro de la energía y la prospectiva de demanda y de mercado, permite introducir elementos de racionalización y amortiguación en total consonancia con el crecimiento y la conservación del medio ambiente. Es necesario, por tanto, llevar a cabo una política energética eficiente y eficaz, donde el conocimiento de la demanda y sus implicaciones sean los pilares base.

La batalla contra el cambio climático y la gran repercusión de su consecución, solo puede ganarse a través de una acción a nivel internacional. Las negociaciones deben superar la retórica y llegar a compromisos concretos, empezando por asumir, los países desarrollados, la mayor parte de los esfuerzos requeridos durante la próxima década, ya que estos son los más culpables de estas circunstancias. Los regímenes de comercio de derechos de emisión, la cooperación en materia de investigación y desarrollo tecnológico, y la adopción a los impactos inevitables del cambio climático, son la base para acordar normas de calado internacional sobre eficiencia energética. Es importante resaltar, que todas las políticas que pretenden llevar a término, el desarrollo sostenible necesario, están englobadas en ámbitos mayores a los que la edificación se refiere, siendo solo estos, los que nos interesan para este proyecto.



Protocolo de Kioto.-

El mundo político quedó sacudido allá por 1987 gracias a la presentación del *Informe Brundtland*, (informe presentado por la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas) tras la necesaria formulación del concepto de “desarrollo sostenible” como una forma de “*desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades*”. En 1992, la Declaración de Río, II Cumbre de la Tierra, situó el desarrollo sostenible como un elemento central y le otorgó una amplia transcendencia política, al establecerlo como marco conceptual de orientación de políticas y estrategias para el progreso mundial, donde los recursos son finitos y el cambio climático un gran problema.

Pero era necesario un compromiso, de obligado cumplimiento, por parte de los países industrializados, los grandes demandadores y oferentes de energía, y, por consiguiente, los más contaminantes; que redujese las emisiones de algunos gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, entre otros), responsables del calentamiento global. Nace así el Protocolo de Kioto, como el III Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados, que representan el 55% de contaminación atmosférica, se comprometieron, en la ciudad de Kioto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir, en al menos, un 5% de promedio las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia, sin conseguir, que EEUU, el mayor emisor de gases contaminantes a la atmósfera, ratificase el acuerdo. Para alcanzar estos objetivos, el acuerdo incluye medidas de amplio calado:

- Políticas nacionales de reducción de las emisiones: aumento de la eficacia energética, fomento de formas de producción sostenible, desarrollo de fuentes de energías renovables.
- Cooperación con las Partes contratantes: intercambio de experiencias o información, coordinación de permisos de emisión y aplicaciones conjuntas, mecanismos de desarrollo limpio.
- Medidas ámbito económico: reducción progresiva o eliminación gradual de las deficiencias del mercado, los incentivos fiscales, las exenciones tributarias y arancelarias y las subvenciones que sean contrarios al objetivo.

Actualmente, Canadá abandono el Protocolo para no pagar las multas relacionadas con el incumplimiento de la reducción de las emisiones. En la última cumbre, en Cancún 2010, se aplazaron los periodos de vigencia y se aumentó la “ambición” de los recortes. En lo que a España se refiere, se comprometió a no aumentar sus emisiones de gases por encima del 15% sobre los niveles de los 90, cosa que no cumplió; por lo que en 2007, adoptó el compromiso de reducir como mínimo un 20% la emisión de gases con efecto invernadero para 2020, mediante el consumo de energía renovable en ese mismo porcentaje.

Estrategia de Desarrollo Sostenible.-

Establecidos los convenios internacionales necesarios, los políticos debían de hablar de realidades, de estrategias, líneas de acción y planes y políticas necesarios para llevar a término el cumplimiento de estos en las fechas fijadas y en los porcentajes acordados. En general, y en términos soberanos, España no redacta líneas estratégicas a seguir, sino que adapta las fórmulas acordadas en el espacio europeo a las exigencias y casuística propia. Las primeras medidas que toma el “Eurogrupo” se focalizan en allanar el terreno burocrático y legislativo para tener así igualdades en todo el territorio, creando un sistema de certificación verde. Paralelamente fijan un convenio de ayudas y bonificaciones a la alternancia de energía renovable que afectan de forma muy genérica, ya que solo se interesan por el conjunto energético sin entrar en diferenciación sectorial o consumista.

La postura de Europa no podía ser mas unánime: “El que más contamina, más paga”. Es necesario fomentar políticas que desarrollen sosteniblemente el crecimiento de los países desde un punto de vista medioambiental, económico y social (en consonancia con el Protocolo de Kioto), para mejorar el bienestar y las condiciones de vida; todo ello con un enemigo común, el mercado, dónde se fomentan e incrementan las desigualdades, la exclusión y se daña el medio ambiente. Se empieza a hablar de respaldo claro a las energías renovables y a la investigación de nuevas tecnologías capaces de desarrollar nuevas fuentes de energía (biomasa, fotovoltaica e hidrógeno) para controlar y priorizar el consumo energético mediante evaluaciones de impacto y actuaciones, y se plantean soluciones a la gestión de los residuos generados y su integración en el medio. Se persiguen reducciones en la intensidad energética del 7,5% para el periodo 2004-2012.

En 2006 se muestran datos de una reducción de emisiones, gracias en parte, a las nuevas políticas adoptadas, las condiciones climáticas favorables, el aumento de la producción hidráulica y el incremento de los precios del petróleo y el gas. En diciembre de 2007, el Gobierno adopta la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible, en cumplimiento de la homónima de la UE. La EEDS reconoce que el desarrollo económico facilita la transición a una sociedad más sostenible en la que las acciones y medidas se destinan a mejorar la competitividad y el crecimiento económico y a aumentar la creación de empleo. De ahí que opte por tratar la dimensión económica del desarrollo sostenible a través del Plan Nacional de Reformas, respondiendo a la Estrategia de Lisboa 2005, que establece como objetivo transversal aumentar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO₂. La Comisión Europea destinara un presupuesto de 50.521 millones de euros para el periodo 2007-2013, es decir una media de 7.217 millones de euros anuales.

En el contexto de la *sostenibilidad ambiental*, con el fin de diseñar líneas de actuación dirigidas a la protección de la atmósfera, calidad del aire, agua, suelo, naturaleza y salud, la estrategia española se desarrolla en tres secciones interrelacionadas:

- Producción y Consumo: se analiza la eficiencia en el uso de los recursos, la producción y consumo responsable y la movilidad y el turismo sostenible.

- Cambio Climático: desarrolla iniciativas en materia de energía limpia, sectores difusos y sumideros, así como los instrumentos de mercado.
- Conservación y Gestión de los recursos naturales y ocupación del territorio: se centra en los recursos hídricos, la biodiversidad, los usos del suelo y la ocupación del territorio.

Un consumo energético eficiente permite desacoplar la contaminación del crecimiento económico, lo que significa producir “más con menos”, persiguiendo efectos positivos, mediante el consumo de fuentes naturales, tanto sobre la sostenibilidad ambiental como sobre la reducción de los contaminantes y la disminución de los residuos generados; pero también mejora la competitividad de la economía, suponiendo una reducción de costes y una disminución de riesgos asociados a la dependencia energética, la fluctuación de los mercados, o a la variabilidad climática.

El segundo gran reto sostenible de esta EEDS es el cambio climático. En los últimos años el incremento de las temperaturas y las catástrofes naturales han puesto de manifiesto los efectos negativos del cambio climático, al que España, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, es especialmente vulnerable. El objetivo español a tal efecto, es la limitación del crecimiento de sus emisiones netas, devaluado por un fuerte e inesperado crecimiento económico y de población en los últimos años.

Esta implicación de la política en la eficiencia energética, donde el conocimiento de la demanda es la base, se define en el papel que desempeña la I+D+i. El desarrollo y despliegue de nuevas tecnologías energéticas limpias fomentan e incentivan proyectos que aseguran la creación de una Estrategia sobre Cambio Climático y Energía:

- Apoyos a proyectos de energías renovables menos implantadas y de mejora de las establecidas o en fase de desarrollo.
- Apoyos a investigación para la integración de la energía limpia, biomasa y solar, en sectores muy necesitados de ella, el transporte y la edificación.
- Apoyos en acceso a la tecnología de los sectores privados.
- Apoyos en proyectos de sistemas de generación distribuida, híbrida y microrredes eléctricas, de combustibles biológicos, del carbón limpio, y otras alternativas.
- Promoción de proyectos de edificación inteligente, eficiente y sostenible.

Todo este refuerzo y apoyo gubernamental para hacer cumplir los acuerdos internacionales, se transcribe en acuerdos nacionales multisectoriales entre los distintos ministerios y competencias autonómicas, que pone en marcha una serie de medidas con mayor alcance y potencial en la reducción de consumo ineficiente. Se crean unas líneas estratégicas, las Líneas Estratégicas contra el Cambio Climático, que desarrollan las claves en la gestión de residuos y estiércoles, movilidad sostenible, edificación sostenible, sostenibilidad energética, política forestal y sumideros, e innovación. En cuanto a edificación sostenible, tema que perseguimos, el objetivo es promover la eficiencia energética mediante un mayor

porcentaje de autoabastecimiento en los consumos energéticos tanto en uso residencial e institucional:

- Vivienda nueva: implantación del CTE, fortalecer la colaboración entre las administraciones públicas, y reforzar las actuaciones de los planes de acción.
- Vivienda existente: puesta en marcha del Plan RENOVE en cuanto a la rehabilitación de la envolvente edificatoria, instalaciones térmicas de agua sanitaria e iluminación y el Real Decreto de Certificación Energética.
- Edificación no residencial: promover el desarrollo de empresas de Servicios Energéticos que faciliten la generalización de soluciones sostenibles en los consumos difusos y la adopción de actuaciones ejemplarizantes en el sector institucional.
- Equipamiento: reforzar medidas para el equipamiento y estimulación del uso de formas más eficientes, fortaleciendo la investigación y el desarrollo tecnológico y su adhesión a la gestión y uso eficiente de la edificación.

Es obvio que no solo se modifican o se rehacen las líneas de actuación en lo relacionado al cambio climático y la energía, mediante la revisión de los sectores industriales, de transporte y servicios, o de urbanismo y equipamiento, sectores de mayor peso económico en el incremento de las emisiones; sino que además, se trabaja en cambiar los modos de consumo y producción, del uso de los recursos naturales, la repercusión en la salud de los ciudadanos y las nuevas políticas educativas y de ámbito global. Se puede constatar que la crisis que atravesamos esta actuando de catalizador de estos cambios, que ya no se ven como propuestas inalcanzables, donde el ahorro energético, la mejora en la competitividad y la eficiencia energética son un objetivo tangible del presente.

A partir de 2013, los Estados miembros se comprometerán a reducir sus emisiones de manera lineal, pudiendo arrastrar, hasta 2019, del año siguiente una cantidad de hasta el 5% de su asignación anual de emisiones o transferir dicha asignación a otro Estado miembro. Además cada Estado podrá transferir, cada año, a otro miembro la parte no utilizada de la cantidad anual hasta un 3%, o la equivalente a años posteriores.

Planes de Acción de Ahorro y Eficiencia

Para llevar a cabo los principios y acuerdos establecidos en las diferentes estrategias gubernamentales nacionales, se elaboran una serie de planes de acción en los que se marcan las políticas de ahorro y eficiencia energética como un instrumento de progreso social, integrando el bienestar y la responsabilidad social, el desarrollo sostenible y la competitividad empresarial, para garantizar la solidaridad entre los pueblos y su entorno.

El Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética, tanto en sus ediciones de 2005-2007, 2008-2012 y 2011-2020, establece una planificación por sectores, en dónde los objetivos estratégicos se definen en:

- Reconocer en el ahorro y la eficiencia energética un instrumento del crecimiento económico y del bienestar social.
- Conformer las condiciones adecuadas para que se extienda y se desarrolle, en la sociedad, el conocimiento sobre el ahorro y la eficiencia energética.
- Impregnar el ahorro y la eficiencia energética en todas las Estrategias nacionales y especialmente en la del Cambio Climático.
- Fomentar la competencia en el mercado bajo el principio rector del ahorro y la eficiencia energética.
- Consolidar la posición de España en la vanguardia del ahorro y la eficiencia energética.

El Plan del período 2008-2012 preveía un ahorro de 87,9 millones de toneladas equivalentes de petróleo, un 60% del consumo de energía primaria en España en 2006, y una reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera de 238 millones de toneladas, mediante actuaciones en los diferentes sectores, focalizándolas hacia los sectores menos visibles, los llamados difusos, principalmente transporte y edificación, en los que se requiere instrumentos orientados a un público y a unos patrones de comportamiento muy diversos. En el sector de la edificación se proponían las siguientes medidas:

1. Rehabilitación de la envolvente de los edificios existentes: Promover las actuaciones sobre la envolvente térmica de los edificios con objeto de reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración.
2. Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes: La sustitución de equipos de producción de calor y frío, de movimiento de fluidos e incorporación de sistemas de enfriamiento gratuito y de recuperación térmica.
3. Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes mediante sustitución de luminarias, lámparas y/o equipos, incorporación de sistemas de control y regulación, así como sustitución de sistemas de iluminación.
4. Promover la construcción de nuevos edificios y la rehabilitación de existentes con alta calificación energética mediante una Línea de Apoyo económico a los edificios que obtengan una calificación energética entre A y B.

Pero, ¿Qué se consiguió de todo esto? Los datos no pueden ser más significativos. En términos generales, las aportaciones del Plan hasta 2012, producirían un ahorro de energía primaria del 62% del consumo energético final de 2010 y una reducción de las emisiones del 20% sobre las totales en 2009; cumpliéndose con los objetivos que la Directiva 2006/32/CE

fijaba para 2016 en una reducción del consumo de energía primaria sobre 2007 del 9%. Además se ha duplicado el % de usuarios, del 42% al 83%, que consideran el etiquetado energético como una opción preferente de compra.

En referencia con el conjunto europeo, todavía existe un significativo margen de mejora, ya que nuestro consumo energético sigue siendo superior a los países más desarrollados de la Unión Europea. Por ello nace un nuevo Plan, el del período 2011-2020, que adapta las medidas del Consejo Europeo de 2010, fijando el ahorro de energía en 2020 en un 20%. Las medidas correctoras que se formulan van en consonancia con los estudios sociales realizados, en los que el 84% de la población considera que se sigue derrochando mucha energía, y el 86% piensa que tiene capacidad para ahorrar energía y ser más eficientes:

1. Ahorros en la energía final para calefacción: derivados de las mejoras en la epidermis de las edificaciones y la eficiencia energética de los equipos.
2. Mejora en los rendimientos de las instalaciones: introduciendo las redes de frío y calor, que facilitarán la entrada de energías renovables térmicas y la cogeneración, evitando las pérdidas en transporte y distribución.
3. Optimización de los sistemas de gestión: será necesario un importante desarrollo de elementos de medida y control, junto con el desarrollo y aplicación de las TIC.
4. Mejoras en la eficiencia en iluminación: especialmente en medidas que favorezcan el ahorro en edificios del parque terciario en el interior.
5. Construcción y rehabilitación integral con alta calificación energética y/o consumo de energía casi nulo.
6. Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de frío comercial.

Con estas medidas se pretende reducir el consumo energético ampliando el espectro de actuación, ya que cotidianamente somos usuarios de más de un edificio, nuestra residencia, el lugar de trabajo, o diferentes edificios de uso docente o administrativo; en los que necesitamos cubrir las necesidades de calefacción, refrigeración, disponibilidad de agua caliente, ventilación, iluminación, y otros muchos; que representan el 20% de la energía final consumida. Además, es imperioso el aporte energético que nos puedan agregar las energías renovables, exigiéndose un 20% de la energía final, desarrollándose paralelamente un Plan de Energías Renovables.

Al igual que los Planes de Acción, los planes de Energías Renovables comprenden varios periodos, 1999-2004, 2005-2010 y 2011-2020. En ellos se marcan las líneas de actuación en cuanto a política energética referida a la obtención de energía renovable para su paulatina sustitución por otras fuentes menos eficientes y más contaminantes: en 2004 el conjunto de medidas adoptadas supuso un 6.5% del consumo total de energía primaria; para 2010 se pretendía alcanzar al menos un 12% del consumo total de energía, además de otros indicativos, como el 29.4% de generación eléctrica con renovables; lo que se quedó en un 11.3% del consumo total y un 32.3% de generación eléctrica. El gran objetivo para 2020 es:

reducir la demanda de energía primaria desde los 166 millones de toneladas equivalentes de petróleo previstos a algo más de 142 millones, lo que se traduce en una contribución de las renovables del 42.3% a la generación bruta de electricidad.

Para ello es necesario incentivar una serie de medidas de amplio calado que favorezcan las tecnologías menos desarrolladas en el marco de las renovables, estimulando la inversión y abaratando los costes de instalación; que potencien las pequeñas instalaciones y las condiciones de acceso a la red, minimizando los trámites administrativos; que aumenten el recurso hidráulico mediante la rehabilitación de las mini centrales cerradas; que doten a las inversiones en energías limpias y de cogeneración de un marco de seguridad y bonificaciones económicas, tanto al usuario como al productor; y que sustituyan las tecnologías que no usen carburantes menos contaminantes.

Las medidas propuestas y puestas en marcha desde 2005 van encaminadas al ahorro de energía en todas las áreas y sectores de consumo directo e indirecto, mediante el incremento de la eficiencia energética y el fomento de las energías renovables, para lo que es necesario el desarrollo y modificación de leyes energéticas, eléctricas, de emisiones y comercio de derechos; y en el terreno que nos toca, de la redacción de nuevas “guías de aplicación”: el Código Técnico de la Edificación, la modificación y reestructuración del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, y la creación de una “pegatina verde”, mediante la Certificación Energética.

Competencias autonómicas.-

El papel de las administraciones autonómicas y locales en relación con el Gobierno Central no deja de ser algo ambiguo. Por un lado la Administración, es el mayor consumidor de energía, el más deficitario en términos de eficiencia y uso de sus recursos. Pero también es el órgano regulador y normativo, el que garantiza que los planes, líneas de actuación y los diversos programas se lleven a cabo. De acuerdo con nuestro mapa político, su vertebración y su desarrollo institucional, España cuenta con 17 comunidades autónomas, 50 provincias y 8116 municipios, a las que habrá que sumar las distintas entidades con personalidad jurídica propia como son las comarcas de mancomunidades. Y todas ellas con organismos de gestión propios.

La variedad de autoridades implicadas, tanto nacional, como regional y municipal, y la falta de comunicación y coordinación entre ellas, provocan grandes incertidumbres y periodos de espera para la planificación y concesión en la gestión de la eficiencia energética. La creación del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, en la actualidad; engloba las diferentes acciones en materia de ahorro y eficiencia de energía en el ámbito de la Administración Pública en cualquiera de sus formas, mediante campañas de difusión y comunicación a través de publicaciones y jornadas de información y formación, o mediante el asesoramiento técnico a los Ayuntamientos. Nace

para uniformizar los procedimientos que se desarrollen en las diferentes comunidades autónomas.

En edificación son muchas las competencias que tienen las administraciones autonómicas, y por extensión, las provinciales y locales, pero en cuanto a materia energética en términos de eficiencia se refiere estas se limitan a dos: la certificación energética y la evaluación del impacto ambiental. Para la primera se ha elaborado un modelo de registro común para datos mínimos comunes que compartir entre todas las comunidades y se pretende establecer un procedimiento uniforme de control externo. Para la segunda el modelo tiene también rasgos comunes, pero cada comunidad decide que organismo se encarga de ello y con que formato y premisas.

Otro aspecto a tener en cuenta para no incurrir en interpretaciones erróneas del certificado de eficiencia energética por parte de los consumidores, es la creación de un distintivo o pegatina común en todo el territorio nacional, aunque ampliable según las especificidades de las distintas comunidades. Esta etiqueta de eficiencia energética será de obligatoria exhibición de forma destacada en edificios ocupados por autoridades públicas o instituciones que presten servicios públicos. Para otros edificios la exhibición es voluntaria. Las funciones del Órgano Competente se definirá por:

- Recoger el Certificado de Eficiencia Energética del edificio terminado, por parte del promotor o propietario.
- Llevar un registro de los Certificados emitidos.
- Establecer el alcance del control externo y el procedimiento a seguir para realizarlo.
- Establecer un procedimiento para cualificar técnicos independientes que ejerzan como agentes autorizados.
- Disponer el número de inspecciones necesarias para comprobar y vigilar el cumplimiento de la Certificación de Eficiencia, así como, las condiciones específicas para proceder a la renovación o actualización del certificado.
- Establecer las condiciones para la exhibición de la etiqueta de eficiencia en los edificios que no pertenezcan a la Administración Pública ni entes relacionados.
- Establecer las bases de la certificación de aquellas viviendas o locales destinados a uso independiente o titularidad independiente, que será como mínimo, una para todo el edificio, o una o varias para cada vivienda o local representativo.
- Determinar como incluir el certificado de los edificios en la información que el vendedor o el arrendatario debe suministrar al comprador o usuario.

Para englobar los temas medioambientales, como la calidad del aire, gestión de residuos, contaminación acústica e impacto ambiental; es necesario el sometimiento de las actividades de construcción a una Declaración de Impacto Ambiental, que identifica los posibles impactos que la actividad puede causar en el medio, estableciendo distintos criterios

de importancia. Este trámite estará sometido a información pública y será anterior al inicio de las obras, siendo necesario un seguimiento posterior para el cumplimiento de esta.

En definitiva, la coordinación de las políticas, mediante la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático, el Consejo Nacional del Clima, la Comisión Delegada del Gobierno para el Cambio Climático, el Grupo Interministerial de Cambio Climático, las diferentes Mesas de Dialogo Social establecidas, y otras muchos, hacen del proceso burocrático un desasosiego, siendo muy necesaria la creación de servicios únicos de evaluación, gestión y autorización para el cumplimiento de la normativa.

Código Técnico de la Edificación.-

La complejidad del panorama, y la necesitada actuación con certeza y celeridad, hacen que el marco legal al que se ajustan las obras de edificación, este en un continuo e importante cambio, acortándose muy mucho los periodos de revisiones, adaptaciones y formulaciones nuevas.

En 1979, tras la crisis energética sufrida por los países occidentales y el encarecimiento de los precios de la energía, en España, surge una norma que, por primera vez, exige adecuaciones en pro de la eficiencia energética; y, en dónde y una vez más, la inspiración europeísta esta presente. Hablamos de un texto, la Normativa Básica de la Edificación (NBECT-79), establecida como disposiciones de obligado cumplimiento en el proyecto y la ejecución de los edificios por medio del RD 1650/1977, conformando un conjunto abierto de disposiciones, que iban atendiendo las demandas de la sociedad, pero que no constituían en si mimas un conjunto coordinado de normas; en donde la administración pública adoptaba las primeras medidas encaminadas a la consecución de un ahorro energético a través de la adecuada construcción de los edificios

En dicha norma se incluyen aspectos térmicos o higrotérmicos que afectan a la edificación y su habitabilidad, tales como condensaciones en paramentos exteriores; donde únicamente se hace hincapié en el aislamiento, sin detenerse en la inercia térmica o la necesidad de establecer un mínimo de protección solar en función de los huecos de la envolvente.

Era necesario entonces, la confección de una nuevo texto, y en 2001 (transposición de las directrices SAVE 76/93, para la actualización de la NBE-CT 79), nace el primer boceto del Código Técnico de la Edificación, que pronto quedará anulado por el nacimiento de una nueva Directiva Europea en 2002, que exige la integración y la aplicación de la eficiencia energética en edificaciones, haciendo aparecer nuevos requerimientos en aspectos relativos al consumo de energía, la iluminación, el aislamiento, la calefacción y climatización, el agua caliente sanitaria, la certificación energética y la utilización de la energía solar, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y los requisitos ambientales interiores en función del coste y

la eficiencia. En 2006, y amparado por la Ley de Ordenación de la Edificación, se aprueba el CTE, suponiendo la derogación de las NBE-79 y demás disposiciones reglamentarias de obligado cumplimiento relativas al proyecto y ejecución de edificios; haciendo posible un texto homólogo al contexto europeo.

El Código Técnico de la Edificación fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, dando prioridad a ciertos requisitos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que se refieren, tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad para personas con movilidad reducida. Se divide en dos partes, ambas de carácter reglamentario. En la primera se contienen las disposiciones de carácter general y las exigencias que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos de seguridad y habitabilidad de la edificación. La segunda, está constituida por los Documentos Básicos cuya adecuada utilización garantiza el cumplimiento de las exigencias básicas, mediante procedimientos, reglas técnicas y ejemplos de soluciones que permiten determinar si el edificio cumple con los niveles de prestación establecido (dichos documentos no tienen carácter excluyente). Las disposiciones en materia de eficiencia energética quedan recogidas en el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) y el Documento Básico de Protección Frente al Ruido (DB-HR).

El Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE, tiene por objetivo conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento, fijando cinco “exigencias básicas”:

- *Limitación de demanda energética (HE 1)*: Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.
- *Rendimiento de instalaciones térmicas (HE 2)*: Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.
- *Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación (HE 3)*: Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un

sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

- *Contribución solar mínima de ACS (HE 4)*: En los edificios, con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, en los que así se establezca, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio o de la piscina. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.
- *Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica (HE 5)*: En los edificios que así se establezca se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

El Documento Básico de Protección Frente al Ruido del CTE, tiene por objeto la limitación de las molestias y riesgos para la salud que el ruido pueda producir al usuario dentro de las edificaciones y en condiciones normales de utilización y mantenimiento, así como en relación con el ruido procedente del exterior y las instalaciones, en consonancia con la Ley del Ruido de 2003, fijando ciertos criterios de exigibilidad:

- Elevar los parámetros de aislamiento acústico reglamentarios en edificación en consonancia con la demanda social generalizada.
- Contemplar adecuadamente los mecanismos de transmisión acústica entre recintos, prediciendo su comportamiento, incluyendo la transmisión del ruido por flancos.
- Limitar el ruido reverberante en aquellas estancias, donde sea necesario conseguir adecuados niveles de inteligibilidad, adaptando el ruido de fondo.
- Aumentar el nivel de exigencia en el aislamiento acústico exterior, proporcionando diferencia entre el nivel de inmisión exterior existente o previsto y el interior requerido en cerramientos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior.
- Exigir un límite en la potencia acústica de los equipos de las instalaciones, para que no sobrepasen los objetivos de calidad acústica interior, ayudándose de

condiciones constructivas que limiten la transmisión, tanto del ruido como de las vibraciones.

Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios.-

Otro de los documentos de control para garantizar las condiciones mínimas de confort en edificaciones y, al mismo tiempo, un consumo inteligente de energía, y por consiguiente, eficiente, es el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios. Establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía, mediante la transposición parcial de la Directiva 2002/91/CE, Energy Performance of Buildings, así como la armonización con el DB-HE, del CTE.

El RITE queda recogido en un Real Decreto de 1998, quedando derogado el Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y ACS, de 1980, la primera normativa de regulación de las instalaciones de los edificios. En 2007, y con algo de retraso, se aprueba un nuevo texto que deroga al anterior, en el que incluyen y refuerzan aspectos de la eficiencia energética de las instalaciones, así como la inspección y el mantenimiento de calderas y sistemas de aire acondicionado; para atender la demanda de bienestar y confort de las personas. Se considera el establecimiento de una fecha límite para la instalación de calderas por debajo de un rendimiento energético mínimo, incluyéndose su paulatina sustitución; se considera que los productos de la combustión pueden ser perjudiciales para la salud de las personas; y se propone la creación de una Comisión Asesora para analizar los resultados en las aplicaciones y proponer las modificaciones en consonancia con la evolución técnica. En 2009 se realiza la última revisión y modificación del Reglamento hasta la fecha.

Las exigencias en eficiencia energética que refleja el RITE, quedan recogidos en documentos reconocidos, que se definen como documentos técnicos sin carácter reglamentario, pero reconocidos por los organismos oficiales. Además se impone la obligación de revisar y actualizar periódicamente, cada 5 años, los contenidos de estas exigencias, definidas en:

- Mayor rendimiento energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.
- Mejor aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.
- Mejor regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.
- Utilización de energías renovables disponibles, en especial la energía solar y la biomasa.

- Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y el aprovechamiento de las residuales.
- Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en caso de instalaciones colectivas.
- Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes y de generadores menos eficientes.

Estas exigencias, se distribuyen en el Reglamento en cuatro instrucciones técnicas, que regularán los parámetros de diseño y dimensionado, en función del bienestar, la higiene, la eficiencia energética y la seguridad; y los parámetros de montaje, mantenimiento y uso, e inspección:

- *Exigencia de bienestar e higiene (IT 1.1)*: se define el bienestar térmico como aquel estado de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico, evaluado de forma subjetiva, para poder hablar de ergonomía térmica; se marcan los criterios del ambiente y de las personas, para hablar de desequilibrio térmico, producción interna de calor en función del metabolismo, y las pérdidas de calor hacia el ambiente, el porcentaje de personas insatisfechas y las zonas de bienestar; los parámetros del ambiente interior, incluyendo la calidad del aire, el ambiente térmico, la iluminación y el ruidos, zonas de bienestar y malestar; los requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos, determinando el caudal de aire, el nivel de filtración de partículas, y el control de calidad de las zonas; y se finaliza con las exigencias de higiene, sistemas de producción y transporte de agua caliente sanitaria, y de ventilación.
- *Exigencias de eficiencia energética (IT 1.2)*: se establecen el rendimiento de los equipos, los procedimientos de verificación, prescriptivo o simplificado y prestacional o alternativo, y la documentación justificativa, mediante una memoria técnica o un proyecto; se marca la caracterización y cuantificación de los equipos de generación de calor y frío, redes de tuberías y conductos, control y contabilización de consumos, y recuperación de energía, aprovechamiento de energías renovables y la limitación de la convencional; y criterios de compartimentación térmica y zonificación de los espacios en función de la orientación, el uso, la situación en el espacio y el horario de funcionamiento.
- *Exigencias de seguridad (IT 1.3)*: requisitos de seguridad y medioambientales en salas de maquinas y locales similares, sistemas de refrigeración y bombas de calor; métodos de ventilación, evacuación de los productos de la combustión, conducción del aire; y seguridad en redes de tuberías y conductos, tratamiento del agua, y seguridad de utilización en superficies calientes.
- *Exigencias de montaje (IT 2), mantenimiento y uso (IT 3) e inspección (IT 4)*: pruebas en equipos, redes y sistemas; ajuste y equilibrado en sistemas de distribución y difusión de aire y agua, así como, su control automático; comprobaciones relativas a eficiencia energética; mantenimiento y uso de las

instalaciones, mantenimiento preventivo, gestión y asesoramiento energético, e instrucciones de seguridad, manejo, maniobra y funcionamiento; y periodicidad de las inspección de eficiencia energética.

Certificación Energética de Edificios.-

La certificación energética es la expresión más tangible para compradores y usuarios de cuánto consume una edificación para satisfacer la demanda energética en condiciones normales de funcionamiento y ocupación, acreditando que durante su diseño y construcción se han tenido en cuenta criterios para conseguir el máximo aprovechamiento de la energía. Mediante esta obligatoriedad se pretende no sólo la limitación de las emisiones de CO₂ incluidas en los diferentes tratados y convenios, sino fomentar el uso prudente y racional de la energía dentro del sector de la construcción, uno de los más representativos en cuanto a consumo de energía se refiere, mediante la aportación de una información objetiva de las características energéticas de los edificios.

La Certificación de eficiencia energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CEE, la cuál queda parcialmente traspuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, de rehabilitación o proyección, siendo obligatoria a partir del noviembre de 2007, quedando el CTE complementado. Para edificios existentes en 2009 se comenzó a desarrollar otro Real Decreto, que hasta la fecha no se ha llevado a trámite, por lo que el IDAE, en 2010, publicó los procedimientos de Certificación y los métodos y plazos a seguir. Este, además, establece un procedimiento básico de certificación y un distintivo de eficiencia energética común para todas las Comunidades Autonomías. El contenido mínimo debe ser:

- Identificación del edificio y la zona climática donde se ubica.
- Indicación de la normativa energética aplicable en el momento de la construcción del edificio.
- Indicación de la opción de certificación elegida: simplificada o general. En este último caso, hay que indicar el programa informático de referencia o alternativo utilizado para obtener la calificación.
- Descripción de las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones normales de funcionamiento y ocupación, y demás datos utilizados para obtener la calificación.
- Calificación de eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta normalizada correspondiente.

- Descripción de las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo durante la ejecución del edificio con la finalidad de establecer la conformidad de la información contenida en el certificado con el edificio terminado.
- Indicación de la fecha de validez.

Concluimos que es necesario especificar, en cumplimiento de la Directiva, la limitación de las emisiones de CO₂, mediante la reducción del consumo de energía primaria y el empleo de formas de energía y sistemas de transformación menos contaminantes; la transparencia del mercado inmobiliario, para que la información final llegue sin sesgar a todos los intervinientes del sector edificatorio, especialmente a promotores y usuarios, de una forma clara y concreta; y la descripción de las características energéticas, y su posible mejora, a un usuario no cualificado, de manera que este pueda evaluar las condiciones de una vivienda y comparar con otra antes de una venta o un arrendamiento. El procedimiento de certificación comprende la certificación previa del Proyecto de Ejecución, suscrito por el proyectista, y la certificación posterior del edificio terminado, suscrito por la dirección facultativa, donde se comprobará que se ha llegado a la exigencia en términos de eficiencia energética marcada en proyecto, quedando incorporado en el libro del edificio.

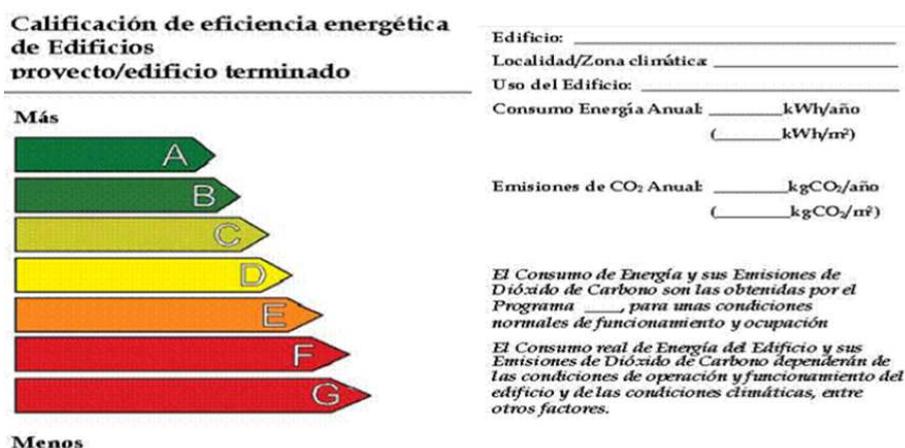
El certificado tendrá una validez máxima de 10 años y se emitirá en la fase de concepción y proyección de la edificación, como en su ejecución y finalización, e irá acompañado de una Etiqueta de Eficiencia Energética, similar a las ya utilizadas en otros productos de consumo doméstico, como electrodomésticos, lámparas y vehículos, debiendo utilizarse en todo el proceso publicitario de la venta o arrendamiento del mismo. A cada edificación le será asignada una clase energética, de acuerdo con una escala de siete letras y siete colores, que van desde el edificio más eficiente, clase A, hasta el menos eficiente, clase G. La valoración de esta escala se hará en función del CO₂ emitido por el consumo de energía de las instalaciones de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación del edificio. Para llegar a obtener la calificación A, la reducción de emisiones emitidas como consecuencia de un menor consumo de energía debería de ser superior al 60% de las exigencias mínimas que establece el CTE.

Para obtener la escala de calificación se han tenido en cuenta las distintas tipologías edificatorias y la climatología de cada localidad, además, del aporte de otras escalas de referencia en otros países. La determinación del nivel de eficiencia puede realizarse empleando dos opciones: la opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático; y la opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de una manera indirecta. La opción general se basa en la utilización de un programa informático desarrollado a tal efecto, denominado CALENER, que cumple con los requisitos exigidos, o mediante otro alternativo, donde se simulará el comportamiento energético del edificio durante todo el año, en unas condiciones de uso determinadas, considerando factores meteorológicos, y su impacto en la envolvente del edificio o su orientación; y las características de las instalaciones de calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación, entre otras.

A lo largo del proyecto hemos hablado de las diferentes situaciones de energía y su obtención, hemos caminado hacia un crecimiento sostenible, a través de las políticas necesarias y el marco normativo que las desarrolle, pero aun no hemos apuntado con rigor a que nos referimos realmente con la expresión “Eficiencia Energética”.

La eficiencia energética de una edificación, es la cantidad de energía consumida realmente o que se estime necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar del edificio, que podrá incluir, entre otras cosas, la calefacción, el calentamiento del agua, la refrigeración, la ventilación y la iluminación. Dicha magnitud deberá quedar reflejada en uno o más indicadores cuantitativos calculados teniendo en cuenta el aislamiento, las características técnicas y de la instalación, el diseño y la orientación, en relación con los aspectos climáticos, la exposición solar y la influencia de construcciones próximas, la generación de energía propia y otros factores, incluidas las condiciones ambientales interiores, que influyan en la demanda de energía (directiva 2002/91 CE, relativa a la eficiencia energética en los edificios).

Así, la Eficiencia Energética, no es sólo el ahorro energético, sino es realizar una edificación sostenible y eficiente, que conlleve el replanteo de todas las fases que intervienen en su ejecución, incluyendo su concepción, para así dar la mejor respuesta energética con el menor coste monetario posible, respetando el entorno en la que se ubica, sirviéndose del mismo y del desarrollo tecnológico a su alcance, para frenar la degradación climática.

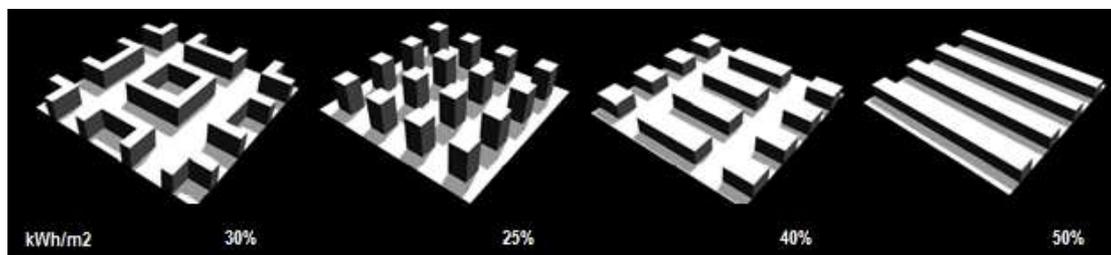


2.20. Etiqueta de calificación Energética

Planeamiento y urbanismo.-

Dentro de la fase de concepción y proyección de los proyectos de edificación, encontramos dos parámetros que marca la obtención de las máximas prestaciones en materia de eficiencia energética con el mínimo coste material. Quizá esta sea una de las fases claves, para corregir los impactos ambientales y maximizar las opciones de conseguir una eficiencia real, ya que posteriormente, el intentar cambiar o adaptar estos parámetros implicara un coste material importante y un coste energético, ya que durante la vida útil de la edificación, ha estado consumiendo deficientemente los recursos energéticos a su alcance, llegando incluso a ser imposible corregirlos. Criterios de ciudad compacta, movilidad urbana, calidad e impacto ambiental, vegetación autóctona y correctas instalaciones urbanas, son criterios básicos a tener en cuenta.

Seria inconcebible construir una vivienda sin tener claro dónde. La situación relativa, definida por factores como la latitud, la pendiente y la región nos determinará la temperatura de la zona, mediante valores máximos, mínimos y medios; la pluviometría y humedad relativa, la radiación solar incidente, la dirección e intensidad del viento, pudiendo decidir la aparición o no de microclimas de características sensiblemente especiales. Espacios sin protección, zonas expuestas a vientos dominantes en los meses invernales, zonas montañosas o valles, es dónde debemos prestar mayor atención. Además se debe de conocer la proximidad a focos acústicos, que determinan la elección de barreras que eliminen o disminuyan en la medida de lo posible la inmisión sonora en las edificaciones y que marcan los niveles de confort interior.



2.21. Condicionantes de planeamiento: % del área de fachada con una irradiación anual > 800 kWh/m2

Otros factores como la existencia de elementos naturales próximos también influyen en las características microclimáticas. La orografía del terreno frena el efecto del viento y la propagación del ruido, la proximidad de masas de agua suavizan la temperatura, mediante la generación de brisas; la presencia de vegetación y conjuntos forestales aumentan la humedad ambiental y forman barreras contra el viento y el ruido. La ubicación en concentraciones urbanas o rurales, marcan la evolución de las temperaturas, mediante la creación de sombras, y la humedad, dependiendo de la vegetación o la direccionalidad de los viales y el posicionamiento de edificaciones vecinas, añadiendo la contaminación que favorece la formación de masas nublosas.

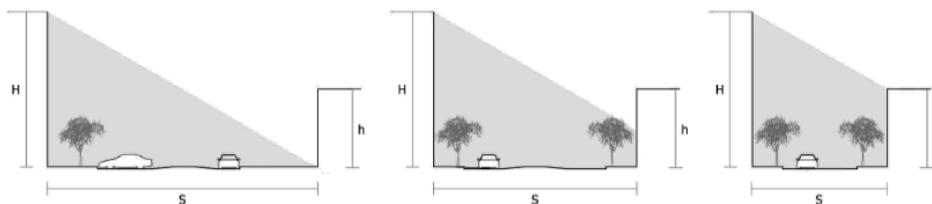
Todos estos datos de corrección del entorno facilitan la relación al máximo de la edificación con el entorno próximo, incrementando el valor ecológico, y aportando soluciones importantes para el desarrollo formal posterior arquitectónico. En general:

- ✓ La ubicación en zonas elevadas es aconsejable en climas cálidos y húmedos, ya que se disminuye la humedad y se aumenta la ventilación.
- ✓ La ubicación en un valle se aconseja en climas cálidos y secos, donde la humedad suele ser más elevada y la insolación ligeramente inferior.
- ✓ Se debe evitar la orientación de la fachada principal con la dirección de los vientos predominantes, aprovechando la misma para situar sus ejes longitudinales.
- ✓ Mantener las alturas de las edificaciones uniformes para evitar los cambios bruscos causantes de las rachas de viento en los niveles inferiores.
- ✓ Evitar las disposiciones edificatorias que propicien efectos embudo en los vientos predominantes.

Aspectos arquitectónicos.-

Visto los condicionantes climáticos del lugar y analizando dónde actuar y cómo en materia urbanística, es hora de tomar decisiones respecto a la concepción de las edificaciones. Parámetros como la forma de la vivienda, su orientación, la configuración de la envolvente y la distribución interior, marcarán nuevas actuaciones en el camino hacia la eficiencia energética en edificación.

El factor de forma es la relación entre las pérdidas o ganancias de energía asociadas al ambiente y la cantidad de energía contenida en el edificio. La superficie de contacto con el exterior tiene que ser lo más reducida posible, evitando los entrantes y salientes, reduciendo la existencia de patios; intentando crear espacios de protección natural, mediante vegetación, o artificial, con pantallas protectoras huecas, que no produzcan turbulencias. Los ángulos redondeados reducen la presión guiando las líneas de corriente del aire alrededor de las edificaciones, y las superficies lisas ofrecen menos resistencia a la circulación del aire.



2.22. Sombreado en edificios

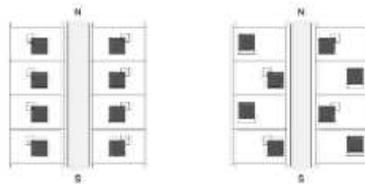
Cuanto mayor sea la altura edificada mayor será la resistencia al viento, aumentando la ventilación en épocas calurosas y las infiltraciones en épocas más frías. Lo ideal es que ambas no aumenten proporcionalmente y es necesario que la ventilación en verano crezca en detrimento de las infiltraciones en invierno: el diseño aerodinámico de la cubierta y los volúmenes salientes del conjunto edificado, más el aprovechamiento climático del terreno, enterrando parte de las edificaciones, ayudarán en ese sentido, además de proporcionar estabilidad térmica.

La captación solar es la fuente de climatización y regulación principal en periodos fríos, por lo que debemos captar lo máxima posible; sin embargo, en verano, es perjudicial, siendo necesario evitar la radiación solar; encontrándonos en una encrucijada. Necesitamos que la "piel" de nuestra edificación sea lo más flexible posible para modificar el grado de soleamiento, aislamiento o ventilación según las condiciones que deseemos generar.

También la orientación modulará el impacto del sol y el viento, mediante la regulación de la luz natural, el espacio visual y el ruido. Se debe tener en cuenta que las fachadas al sur tienen grandes aportaciones solares en invierno y moderadas en verano, mientras que las fachadas orientadas al norte tienen ganancias solares y lumínicas e importantes pérdidas térmicas. En cuanto a las fachadas orientadas al este y al oeste reciben una cantidad equivalente en verano e invierno, ya que el primero recibe el sol de la mañana y el otro el de la tarde, aunque la fachada oeste debe minimizar sus huecos ya que el sol de tarde en el solsticio de verano provoca sobrecalentamientos al fin de la jornada, difíciles de evitar. Es conveniente analizar el color de las superficies exteriores, pues tienen cierto efecto sobre el confort térmico, dado que influye sobre la radiación absorbida por el cerramiento: colores claros absorben menos energía que los oscuros.

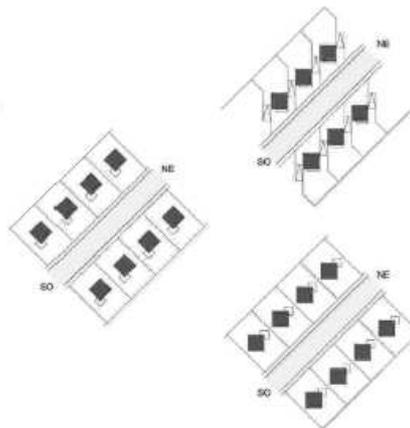
1. Calles en dirección Norte-Sur

Izquierda: en invierno las edificaciones proyectan sombra una sobre las otras.
 Derecha: retranqueando las edificaciones garantizamos que todas las casas estén soleadas en el invierno.



2. Calles en dirección Noreste-Suroeste

Izquierda: Sol de la mañana por el lado Este, Sol de la tarde por el lado Oeste (rayos horizontales).
 Derecha (superior): cambiando las condiciones geométricas de la parcela podemos conseguir una fachada Sur mayor.
 Derecha (inferior): cambiando las condiciones de ocupación de la parcela también podemos reorientar la edificación hacia el Sur.



2.23. Soluciones para un mayor soleamiento modificando las condiciones geométricas y la ocupación

Conocida la forma y la orientación, sabemos las zonas más frescas y calurosas del conjunto arquitectónico, con lo que podemos definir los parámetros de diseño, para que los espacios de mayor ocupación sean los más confortables y la disposición de los dormitorios favorezcan el descanso en cualquier periodo. Múltiples parámetros marcan esta disposición: grado de compartimentación, que facilita el control térmico; aporte de espacios abiertos, favorecen la ventilación; estratificación térmica, mediante la disipación del calor entre los núcleos de escalera y de doble altura; compartimentación flexible, donde se favorezca la adaptabilidad a diferentes usos; grado de ocupación, en función del cual se situaran las estancias de mayor cantidad de horas de ocupación, para controlar los consumos eléctricos; y centralización de las zonas que requieren las mismas instalaciones, que a su vez reúne espacios con los mismos requerimientos acústicos.

En conclusión, para el aprovechamiento o protección de los diferentes impactos climáticos:

- ✓ Para climas templados es más aconsejable una edificación lineal y en dirección este-oeste.
- ✓ El lado sur, resulta el más caliente de la casa, por lo que se aconseja la mejor zona para espacios continuamente ocupados durante el día, sirviendo los usados con poca frecuencia como espacio tapón con el norte.
- ✓ Los espacios que generen más calor deberán situarse en las zonas más bajas del edificio, o en los superiores si estos necesitasen frío, para por convección natural, conducir los flujos de aire en el interior.
- ✓ En climas cálidos y secos, y fríos, será más conveniente una construcción compacta y pesada, con gran inercia térmica, para amortiguar las variaciones térmicas, y bien aislados y con reducidas infiltraciones de aire.
- ✓ En climas cálidos y húmedos se recomiendan formas que contengan grandes aberturas que faciliten la ventilación.
- ✓ A efectos de protección solar, lo ideal es tener el máximo de orientación al sur, fachadas de mayor superficie al norte y al sur y las de menor en el este y oeste; se conseguirá así una acumulación de energía radiante en invierno y una reducción del consumo eléctrico en los sistemas de calefacción e iluminación.
- ✓ En orientaciones al oeste y noreste, se usarán protecciones fijas o móviles, con lamas horizontales o verticales.
- ✓ La disponibilidad de luz natural en pasillos y vestíbulos favorece la reducción del gasto en iluminación artificial y da confort lumínico al interior, así como la presencia de alguna vegetación interior crean ambientes más frescos en épocas de calor.

- ✓ La ventilación se verá favorecida por la posibilidad de que se produzca una corriente de aire entre ventanas de dos fachadas opuestas y cuando haya comunicación entre ellas.
- ✓ Los colores claros, con un bajo coeficiente de absorción, protegen mejor de las temperaturas altas, al contrario, que los oscuros, que tiene mayor transmisión al interior.
- ✓ Tanto en invierno como en verano, una edificación sensiblemente transparente puede tener pérdidas energéticas importantes.
- ✓ Utilizar espacios tapón, tales como el garaje y el desván: en el primero no influye el confort térmico que se logre, y en el segundo, será regulador de las pérdidas de calor en invierno y las ganancias en verano, a través de la regulación de aire caliente y are fresco.

Aspectos constructivos.-

La definición constructiva de una edificación contribuye a que los espacios arquitectónicos diseñados alcancen las exigencias de confort deseadas, minimizando el uso de recursos no finitos, mediante el aprovechamiento de soluciones constructivas y materiales de alta eficiencia energética. El grado de aislamiento acústico y térmico, el correcto uso de materiales y su disposición relativa, condicionarán el consumo energético real durante el uso de la edificación.

La inercia térmica es el parámetro de equilibrio entre las distintas temperaturas existentes entre el interior y el exterior, mediante el almacenamiento de calor durante el día y su liberación en la noche en invierno o verano, y la acumulación de calor en días despejados y evacuación en días nublados: aporta el calor conseguido para proporcionarlo en ambientes fríos, y viceversa, garantizando una estabilidad térmica. Cabe destacar que un exceso en el dimensionamiento de la masa térmica, puede ser contraproducente en función de la radiación recibida y el uso de la vivienda.

La optimización de la envolvente, en particular de las fachadas, adecuando una correcta inercia térmica, de nada sirve sino se selecciona adecuadamente la carpintería, y por ende el tipo de vidrio empleado. Debido al aumento de las exigencias térmicas y acústicas, utilizaremos vidrios que posean gran transparencia, buen coeficiente de transmisión superficial y baja emisividad, en opciones simples; y acristalamientos dobles con cámara de aire a lo largo de toda la fachada o compartimentada, para las opciones compuestas. El objetivo es combinar un máximo confort térmico y visual: consiguiendo temperaturas y humedad del aire agradables; eliminando el efecto pared fría, los reflejos, el vaho y las corrientes de aires; y reduciendo el efecto invernadero en presencia de temperaturas cálidas.

Pero también podemos aprovechar los espacios enterrados, aprovechando las condiciones de climatización natural que el terreno ofrece. Cosas a favor: protección garantizada de la inclemencias del clima y las variaciones de temperatura, muy bajos consumos energéticos en relación con la climatización o calefacción, impacto visual y medioambiental casi inexistente. Por el contrario, las construcciones enterradas tienen muy bajo índice de luz natural y alta humedad relativa, condicionan el diseño y pueden necesitar refuerzos estructurales. Soluciones con fachadas parcialmente enterradas, en particular la norte, y conductos de ventilación enterrados, que enfriaría o calentaría el aire interior sin aporte energético extra en función de la temperatura exterior, serían buenas medidas a considerar.

Con la colocación de un correcto aislamiento térmico podemos reducir las ganancias y las pérdidas térmicas del edificio, impidiendo la transmisión del calor del exterior al interior y, viceversa, y evitando la problemática de las condensaciones, así como reforzar, el confort acústico interior. El aislamiento se coloca por fuera de la masa térmica, en la cara exterior de muros, techos y suelos, para que esta actúe como acumulador de energía. En el proceso constructivo, un aislamiento en fachadas, cubiertas y elementos estructurales, a menudo, presenta discontinuidades por la falta de precisión en su ejecución, originando puentes térmicos. Estos conllevan un enfriamiento de la pieza en la superficie interior del paramento, con la consiguiente aparición de condensaciones. En cuanto a acústica se refiere, el mejor aislamiento es el doble acristalamiento en ventanas y huecos practicables, precisando que una solución batiente es mejor opción que corredera.

Pero no todo tiene que ser hermeticidad, es precisa una correcta ventilación de la vivienda, mediante una oportuna y frecuente renovación del aire, para aumentar así el confort térmico, regulando la climatización interior, y asegurar las condiciones de salubridad adecuadas. La ventilación puede ser de dos formas: natural, basta con abrir las ventanas y que estas estén lo mas enfrentadas posibles y sin prácticamente obstáculos; y convectiva, en donde se reemplaza el aire caliente en ascensión por aire más frío, favorecido por la colocación de dispositivos que calientan el aire en las partes altas o simplemente con aberturas hacia el exterior en la envolvente. La ventilación puede representar un importante gasto energético, favorecido por las infiltraciones de aire a través de los cerramientos, que además son molestas para los usuarios. Será necesario, a su vez, una continuidad en la estanqueidad al aire, que previene humedades, en especial en uniones entre elementos y cambios de materiales, mediante la colocación de barreras de vapor, colas de látex y cintas adhesivas.

Sumamos una dificultad más, o un condicionante más, según se quiera ver, ya que hay veces que no podemos diseñar favorablemente para condiciones de invierno o para condiciones de verano de una manera independiente: el acristalamiento, por definición, es el elemento, energéticamente hablando, más débil de una vivienda, favoreciendo la penetración de radiación solar sin casi protección, lo que paradójicamente, nos permite un alto confort visual y lumínico natural. En los casos que así lo requiramos, y no baste la orientación y la disposición de los huecos en las fachadas más favorables, podemos incorporar elementos de sombra, tales como, aleros, persianas exteriores, toldos ajustables, contraventanas o vegetación y elementos de arbolado de hoja caduca.

En un completo estudio de necesidades energéticas, en la fase de diseño de la configuración constructiva de una vivienda, será conveniente prestar atención a:

- ✓ Aislar térmicamente los elementos macizos exteriores, resolviendo las uniones entre paredes verticales y forjados o cubiertas, aumentando la compacidad y el aislamiento de las zonas a climatizar.
- ✓ La madera en carpinterías contribuye eficazmente a la rotura de puente térmico, aumentando el grado de aislamiento acústico.
- ✓ Para garantizar un confort natural apropiado, es recomendable hacer circular el calor desde las zonas expuestas al sol hacia las no expuestas, utilizando una correcta disposición interior.
- ✓ En orientaciones donde la fachada reciba aportaciones de calor importantes, se podrá utilizar soluciones de cerramiento con cámaras ventiladas, como fachadas ventiladas o variantes, mejorando también las condiciones acústicas en función del tipo de material empleado.
- ✓ En acristalamientos es conveniente disponer de contraventanas, persianas, doble acristalamientos, panales o cortinas que, en verano nos impidan la penetración de la radiación solar, y en invierno contribuyan a disminuir las pérdidas de calor. Utilizar carpinterías de baja permeabilidad en climas extremos.
- ✓ Intentar proteger la vegetación natural durante la ejecución de los trabajos de construcción, minimizando las modificaciones orográficas, para su posible aprovechamiento.
- ✓ Será necesario aislar térmicamente el primer forjado o solera en contacto con el terreno o el exterior si en el espacio inmediatamente superior o inferior existe un local calefactado, evitando las pérdidas importantes de calor y su necesaria aportación adicional.
- ✓ Para todos los casos, existe un espesor óptimo de aislante, fijado por el CTE, a partir del cual un aumento del espesor lleva consigo un ahorro de energía que no justifica la inversión realizada.
- ✓ En zonas en las que el sobrecalentamiento de la cubierta sea muy importante, se puede considerar firmemente la utilización de cubiertas con cámara de aire ventilada o cubiertas ajardinadas, integrando elementos de captación de energía solar, y el uso de pavimentos flotantes.
- ✓ Es muy importante un buen mantenimiento en las juntas de estanqueidad de los elementos de cerramiento de la envolvente, para evitar infiltraciones y garantizar las propiedades de aislamiento.
- ✓ Un aislamiento insuficiente propiciará la aparición de condensaciones en el interior de las viviendas.

- ✓ Se recomienda utilizar un aislante acústico en los forjados antes del pavimento, para disminuir los impactos entre viviendas, viviendas y locales o soluciones con poca sección o aligeradas.
- ✓ Los factores de superficie acristalada respecto a la parte maciza de las fachadas, estanqueidad de la carpintería de las aberturas, masa de las partes opacas del cerramiento y distancia a la fuente de emisión de ruido, son condicionantes a la hora de ofrecer un adecuado confort acústico.
- ✓ Un acertado criterio de elección de los materiales facilitará la creación de ambientes interiores adecuados en luminosidad y salubridad, pero también en confort térmico y acústico.
- ✓ En general, y dependiendo del material, no utilizar espesores inferiores a 6 cm en separaciones interiores, ni a 15 cm entre viviendas o zonas comunes y de acceso, ya que será difícil cumplir las exigencias mínimas de confort acústico.

En nuestro camino hacia la eficiencia energética, hemos visto como necesitamos de consenso entre todos los entes sociales, desde los gobernantes hasta los usuarios, para poner en marcha una serie de medidas que sean efectivas y eficientes, y nos permitan crecer de una manera fructífera pero con mesura. De una forma más técnica, hemos desdibujado los parámetros a tener en cuenta desde la concepción del edificio hasta su puesta en ejecución. Es momento ahora de desarrollar que equipos técnicos de acondicionamiento artificial y que medios materiales necesitamos para favorecer las condiciones climáticas y de uso, aportando ese plus de confort a la habitabilidad de las edificaciones.

En este apartado se desarrolla un análisis de la idoneidad de que materiales se emplean para la construcción de las viviendas para lograr esas exigencias energéticas, intentando no caer en el desasosiego y pesadez de entrar a profundizar en todo el espectro del mercado; sino mediante las referencias más empleadas, o más características. Además, se aportan soluciones en su conjunto que afectan a la envolvente edificatoria, y la integración de la tecnología en instalaciones y sistemas de aprovechamiento energético, que favorecen la gestión, uso y control de las mismas.

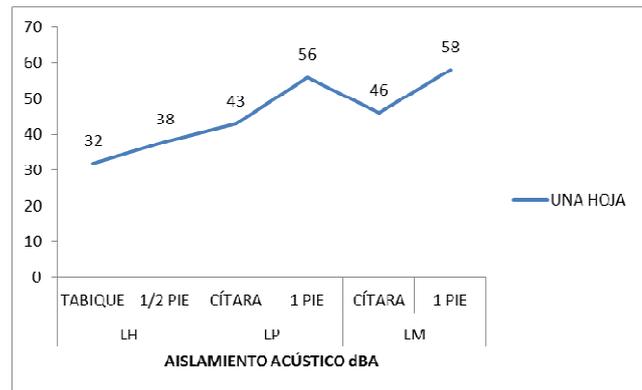
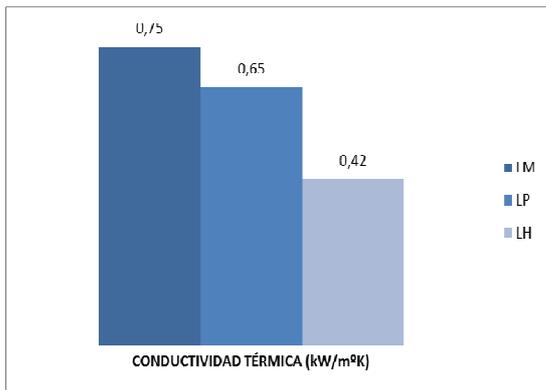


Materiales y soluciones constructivas.-

¿Qué nos interesa saber en relación con los materiales? Normalmente cualquiera que tenga relación con el mundo de la construcción ha podido constatar la variopinta información, y a veces no tan clarividente, que contienen los catálogos de materiales. En términos de eficiencia energética no existe una regla de caracterización o regulación de materiales, pero podemos señalar que necesitaremos conocer estos aspectos básicos: la densidad del material, el calor específico y la conductividad térmica, para saber la capacidad de un material ante las perturbaciones térmicas, y masa, módulo de elasticidad y módulo de amortiguamiento, para las acústicas. Con estos datos se puede decir que material es adecuado para las exigencias térmicas y acústicas pretendidas. En este apartado se desarrollarán las características más importantes y que definan convenientemente los materiales empleados en las soluciones propuestas para mejorar la eficiencia energética de la vivienda a rehabilitar.

Si hay material que monopolice las opciones energéticas de una vivienda, son los ladrillos cerámicos. Estos son unos de los materiales fundamentales en todos nuestros conjuntos constructivos, definiendo el diseño, la ejecución y la calidad del conjunto edificado. Un ladrillo no es más que una pieza ortoédrica de dimensión variable, aunque normalizada, que se colocan unos al lado y sobre otros, conformando unidades constructivas elementales y resistentes por sí solas, cuya clasificación se realiza en función del volumen de huecos que tenga en su cara más representativa, la tabla. Así tenemos, ladrillos macizos, con un volumen de huecos no superior al 10% del total de la pieza; ladrillos perforados con un volumen mayor al 10% del total de la pieza; y ladrillos huecos, cuyas perforaciones no están en la tabla, sino en el canto de la pieza, representando una proporción no superior a los 16 cm².

Como hemos dicho, están regulados por normativa, para garantizar unas exigencias mínimas de calidad y comportamiento térmico y acústico, así como un adecuado comportamiento, ante los esfuerzos y sollicitaciones a los que se somete. Las características térmicas del ladrillo van definidas en función del tipo de ladrillo que sea, ya que la conductividad del mismo depende de la densidad aparente de la pieza, es decir, de su forma, teniendo valores más elevados cuanto más compacto sea. Para el aislamiento acústico, medido como la oposición que presenta el material a la transmisión del ruido aéreo, que se transmite por el aire, depende de su integración como elemento en composiciones constructivas. Es decir, de nada nos vale saber las características acústicas de una pieza cerámica sino tenemos en cuenta la composición del elemento donde va a estar integrada. Aun así, la norma nos da valores básicos en función de espesores, masa unitaria y tipo de ladrillo empleado, aumentando las prestaciones de aislamiento acústico cuanto mayor sea la masa unitaria, que aumentará a medida que aumente a su vez el espesor de la pieza. Es obvio pensar entonces, que soluciones compuestas serán más eficaces en materia energética que las soluciones de una sola hoja. Además estas soluciones normalmente se presentan con algún tipo de revestimiento, en general, guarnecidas y enlucidas, lo que también influirá a la hora de determinar estos parámetros.

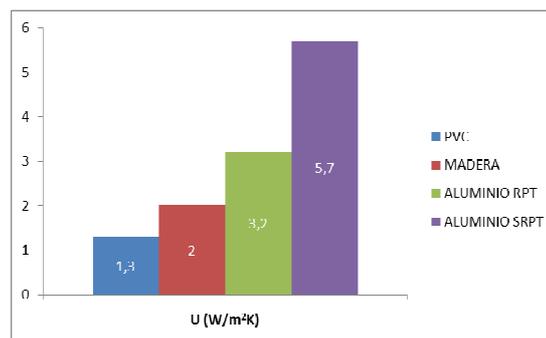


2.24. Conductividad térmica y aislamiento acústico a ruido aéreo según el tipo de ladrillo

Pero la envolvente de cualquier vivienda no es sólo ladrillos, sino un conjunto constructivo compuesto por diferentes elementos, que por sí solos deberán presentar buenas características térmicas y acústicas, pero también globalmente, de forma generalizada. La distribución de la envolvente condicionará de forma notable las exigencias en materia de eficiencia energética, y más concretamente, la relación de las áreas de los huecos, como ventanas y puertas de paso, con las partes ciegas del mismo. Estos huecos están constituidos por partes opacas, las carpinterías, y por partes translúcidas, los vidrios. El hueco puede ser considerado como uno de los elementos más débiles desde el punto de vista del aislamiento térmico, permitiendo grandes fugas de calor en régimen de invierno y un exceso de aportes solares en régimen de verano que son necesarios compensar con gastos energéticos en calefacción o refrigeración, a fin de mantener los niveles de confort adecuados. Las prestaciones térmicas del hueco estarán limitadas tanto por los materiales empleados como por su estado de conservación.

La transmitancia térmica del hueco es directamente proporcional a las propiedades de los materiales y a la participación de los marcos y vidrios en el conjunto de la superficie del hueco. El marco suele representar entre el 25 y el 35% de la superficie de un hueco, existiendo un amplio catálogo de tipos y tamaños, siendo esta una de sus ventajas, ya que hasta se puede fabricar a medida. Sus principales propiedades, desde el punto de vista del aislamiento térmico, son la transmitancia térmica y su absortividad. Estas dos propiedades van a participar, en función de la fracción de superficie ocupada por el marco, en la transmitancia total del hueco y el factor solar modificado del mismo. Podemos clasificarlos en tres, según la base del material de fabricación, ya que este criterio marcará sus propiedades termoacústicas.

2.25. Comparativa térmica en función del material del marco en una carpintería



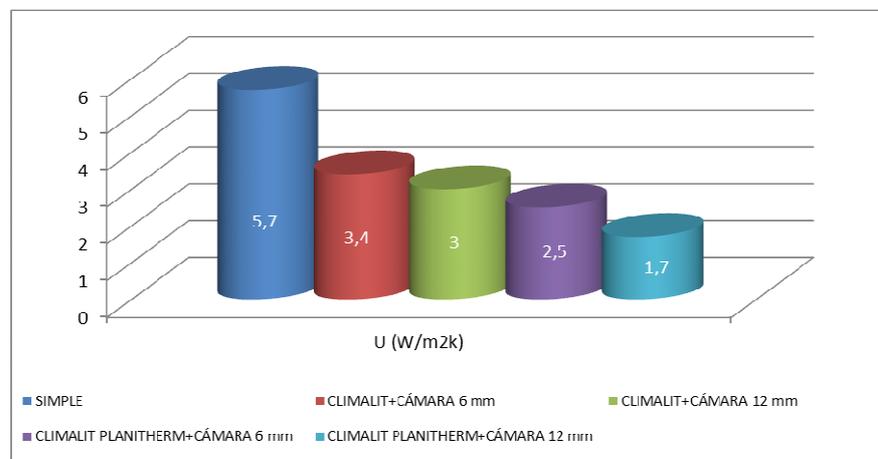
Una carpintería de madera garantizará una transpiración natural del interior hacia el exterior, regulando la humedad y la temperatura interior en la vivienda, permitiendo además una gran insonorización a través del uso de perfiles de madera laminados. El único inconveniente es su gran mantenimiento, ya que en climas con fuertes vientos y lluvias, o zonas climáticas secas, provocan grandes agrietamientos. Una alternativa es la perfilería de aluminio o de PVC. La primera se presenta como un material estable ante las inclemencias climáticas, estando fabricadas con marcos con “rotura de puente térmico”, es decir, los elementos de la parte externa del marco nunca toca la parte interior, ya que estos se encuentran separados por plásticos, impidiendo la conducción del calor o el frío del exterior al interior, aunque habrá que controlar el problema de las condensaciones. El PVC parece la opción más interesante entre las dos anteriores, ya que es capaz de ofrecer una perfecta insonorización, reduciendo la contaminación acústica, y al mismo tiempo garantizar el aislamiento térmico, ya que el diseño de sus perfiles es hueco, resistiendo muy bien a condiciones de frío y aire, evitando por completo los fenómenos de condensaciones.

Los marcos de madera cuentan con perfiles macizos de madera de conductividad baja, los valores de transmitancia dependen de la densidad de la madera utilizada considerándose un intervalo de $U = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ hasta $U = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, y su influencia sobre el factor solar modificado es muy baja debido a la poca remisión de la energía absorbida al interior del habitáculo. El marco metálico se fabrica en aluminio o acero con diferentes acabados, que pueden ser variados: lacados en diferentes colores, anodizados, foliados imitando madera, etc. Su participación en la superficie del hueco suele ser baja, en torno al 25%, con diferentes sistemas de cierre y apertura. Como valor comúnmente aceptado se considera una transmitancia térmica $U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, llegando a valores de $U = 3,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, con rotura de puente térmico, en función de la anchura de los elementos separadores. La influencia sobre el factor solar modificado del hueco es muy variable en función de los diferentes colores. Las carpinterías de PVC están formadas por perfiles normalmente huecos, ofreciendo un comportamiento térmico de primer orden. Los valores de transmitancia comúnmente aceptados son de $U = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ hasta $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Habitualmente son carpinterías cuya participación en el hueco es elevada, lo que unido a sus valores de aislamiento favorece el comportamiento del conjunto. Además, existen otros tipos de marcos menos presentes en el mercado cuyas prestaciones térmicas son similares a las anteriores. Entre estas tipologías pueden citarse las ventanas mixtas madera-aluminio, mixtas aluminio-madera, poliuretano con núcleo metálico, metálicas con ruptura de puente térmico rellenas de espuma aislante, etc.

Una carpintería esta formada por perfiles, vidrios y otros elementos como herrajes, uniones y demás. Los vidrios son el talón de Aquiles del balance energético de la vivienda, ya que no sólo es el elemento más débil, su coeficiente de transmisión es muy superior al de una fabrica, sino porque, además, no opone casi resistencia a la radiación solar, cosa que aprovechamos para captar la mayor parte de la energía necesaria de climatización en interiores. El catalogo tipológico que podemos encontrar en el mercado es amplísimo, pero básicamente los podemos diferenciar en una o varias lunas que lleven o no cámara de aire. Normalmente su proceso de obtención es por recocido, relaja las tensiones producidas por el enfriamiento, o templado, utilizando la pieza recocida la sometemos a un proceso de calentamiento hasta la plastificación y la enfriamos bruscamente con aire, confiriéndole mayores propiedades mecánicas.

Los vidrios pueden clasificarse en distintos grupos en función de su configuración y de la presencia de capas metálicas que mejoran sus prestaciones de aislamiento y control solar. Un Vidrio sencillo (monolítico) es una única hoja de vidrio y aquella tipología formada por dos o más hojas unidas entre sí por toda su superficie (vidrios laminares), con prestaciones térmicas estables en tanto transmitancia térmica y factor solar, ya que se ven mínimamente reducidos al aumentar el espesor, con un valor de referencia $U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ y factor solar (g) un valor en torno a 0,83. La Unidad de Vidrio Aislante (UVA) es un doble acristalamiento o vidrio de cámara hace referencia al conjunto formado por dos o más láminas de vidrios monolíticos separados entre sí por uno o más espaciadores, herméticamente cerrados a lo largo de todo el perímetro, que aprovechando la baja conductividad térmica del aire, limitan el intercambio de calor por convección y conducción, aumentando su capacidad aislante en detrimento de su transmitancia térmica, que se reduce aun más con el aumento del espesor de la cámara hasta los 17 mm. Por último, un vidrio de baja emisividad no es más que vidrios monolíticos sobre los que se ha depositado una capa de óxidos metálicos extremadamente fina, proporcionando una capacidad de aislamiento reforzado, permitiendo desde un primer momento alcanzar niveles de aislamiento imposibles por aumento de cámara.

Un vidrio que nos permita llegar a un confort térmico y acústico apropiado, así como, a una buena protección solar, sin perder la transparencia, será el que nos proporcione eficientes prestaciones energéticas. La solución Climalit, se postula como la más completa (válido en todas las fachadas menos la sur por reducir la captación de energía), ya que al tratarse de un doble acristalamiento con cámara, admite cualquier solución simple, que mayor los efectos en pro de la eficiencia energética (incorporando en el interior una luna de baja emisividad, se reduce hasta un 40% las pérdidas energéticas de un Climalit tradicional). Otras opciones de vidrios simples podrían ser las lunas Parsol, que no son más que vidrios de color en masa, y Reflectasol o Cool.lite, estando estos con un tratamiento de superficie, de pirólisis silícea el primero, y por pulverización catódica de metales, los segundos; pero protegiendo, ambos de una radiación solar directa. Con independencia de los materiales del marco y tipo de vidrio es muy importante en términos de aislamiento el sistema de apertura y cierre de la ventana. Este puede condicionar su permeabilidad al aire, es decir, el paso de aire cuando la ventana cerrada se somete a una presión diferencial entre ambas caras.



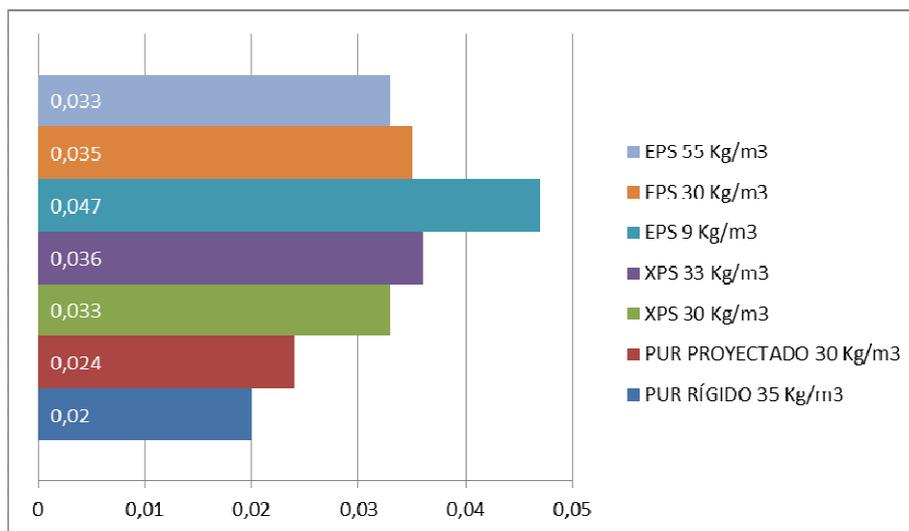
2.26. Comparativa térmica en función del tipo de acristalamiento y la presencia o no de cámara de aire

Pero si hay algo que todos hemos oído siempre es la palabra aislamiento. El aislamiento va relacionado con todo aquello que mejore las prestaciones térmicas o acústicas de un conjunto arquitectónico. Cuando hablamos de aislamiento, como elemento individual debemos de prestar atención a todo aquel material que por sí solo es capaz de poner una alta resistencia a la transferencia de calor y a los flujos de sonido. Atendiendo a este criterio, todos los materiales, en mayor o menor medida, se podrían considerar aislantes, y esto es cierto, pero hay algunos que por su configuración química o por su estructura aportan un plus extra. Los más empleados en construcción son el poliestireno expandido (EPS), el extruido (XPS) y el poliuretano (PUR).

El EPS es un material plástico (recurso no renovable) espumado, celular y rígido, fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas, que presenta una estructura cerrada y rellena de aire, utilizado principalmente como aislamiento térmico y acústico, más conocido por “poliexpan” o “corcho blanco”. Permite reducciones térmicas del 40% de la energía al comparar con fábricas que lo incorporan y las que no, aportando además aligeramiento de los materiales. Se utiliza principalmente como aislamiento intermedio en fábricas cerámicas, como aislamiento por el exterior, en cubiertas planas e inclinadas (resiste bien la humedad y el vapor de agua, no es higroscópico), y en suelos y tarimas, ya que absorbe el ruido de impactos a través de los forjados.

El XPS en su composición es casi idéntico al expandido, cambiando solo el proceso de conformación, lo que le otorga la gran diferencia de ser el único aislante térmico capaz de mojarse sin perder sus propiedades. Su empleo se ha extendido en azoteas invertidas, aunque es de aplicación para cualquier otra combinación constructiva, ya que se comercializa en planchas de diversos formatos y grosores. Además mantiene buenas propiedades bajo ciclos de hielo y deshielo, y transmisibilidad al vapor de agua, evitando las temidas condensaciones (depende mucho de como se coloque).

El Poliuretano es un polímero que se obtiene mediante condensación, que según su estructura química, se clasifica en dos grupos, termoestables (espumas) o termoplásticos (adhesivos, pinturas, fibras, sellantes), diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura. La capacidad de aislamiento se debe al gas aprisionado en las celdillas cerradas del entramado del polímero, que configura una sección rígida. Los empleados en construcción son las espumas termoestables, en forma de proyecciones o inyecciones “in situ”, planchas conformadas o como elemento prefabricado, paneles sándwich. Como aislante térmico destaca por ser el material aislante con el valor de conductividad más bajo, alcanzando máximos niveles de confort térmico con mínimos espesores de material; su capacidad de envejecimiento es mínima, y es muy fácil tratar los puentes térmicos que se puedan producir. Por el contrario, las prestaciones acústicas, depende de las térmicas, es decir, necesitamos dos tipos de productos que trabajen en la misma línea de mejora, tanto térmica como acústica; consiguiendo acciones positivas contra el ruido aéreo y la absorción acústica. En cuanto a la permeabilidad, tanto como revestimiento continuo intermedio o final, se cumple con creces las exigencias del marco normativo (según la definición de la sección a construir), permitiendo la transpiración, sin riesgo de condensaciones.

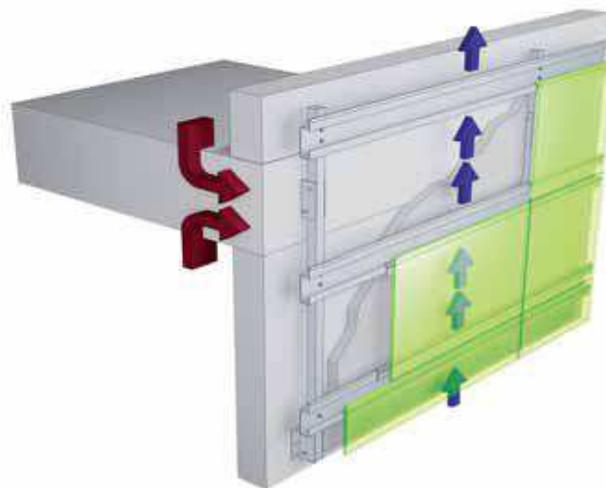


2.27. Transmitancia térmica en función del tipo de aislamiento y su densidad

Estamos acostumbrados a construir conjuntos constructivos sólidos pero sin movilidad, sin relación con el medio que los rodea, y sin aprovechar las ventajas que nos otorga. Una solución muy extendida en edificios es la construcción de los cerramientos exteriores mediante diferentes “pieles” o capas, aprovechando la circulación del aire como elemento regulador térmico, lo que se denomina como fachadas ventiladas. Existe una multitud de sistemas para constituir fachadas ventiladas, ya que pueden ser parcialmente ventiladas, constituidas por una sola lámina de aire, con aberturas en la parte inferior y superior, o pueden disponer de aberturas superficiales, como son los sistemas con junta abierta. En esencia el conjunto consta de una cámara de aire abierta por los dos extremos separada del exterior por una lámina de material que se calienta con el sol, calentando a su vez el aire del interior provocando el ascenso del aire caliente y su renovación por aire más fresco, evitando el sobrecalentamiento de la fachada.

Los soportes varían en forma y disposición según el sistema y el fabricante, pero todos son de aluminio o acero, en forma de “U” o “H” o perfiles tubulares, y los elementos de cierre pueden ser elementos prefabricados cerámicos, vidrios, metálicos, o composites, con una gran variedad de acabados, texturas y colores. Para el aislamiento, los fabricantes recomiendan productos semirrígidos, para adaptarlos a cualquier configuración, de lana de roca o de vidrio, en forma de panel o rollo, y si la hoja externa es de vidrio u otro material transparente, revestida de velo mineral negro. Para instalar estos conjuntos constructivos, necesitamos fijar unos elementos de sujeción de la subestructura de la hoja exterior al muro soporte, procediéndose a la instalación de los paneles de lana mineral en el espesor adecuado según las necesidades de aislamiento, fijándolos al muro mediante tacos autoexpansivos de material plástico. Continuaremos con la instalación de la subestructura y la hoja exterior con el tipo de revestimiento deseado. El número de fijaciones variará según el formato de los paneles, pero en ningún caso, se aplicarán menos de 4 fijaciones por m².

La cámara de aire es el elemento más importante de las fachadas ventiladas, permitiendo la ventilación por el trasdós, mejorando el aislamiento térmico, favoreciendo la eliminación de condensaciones y puentes térmicos, y protegiendo eficazmente contra el agua y otros condicionantes climatológicos. Esta cámara debe asegurar la continuidad e intercambio efectivo de aire con el exterior mediante el efecto chimenea, con un espesor mínimo de 20 milímetros, siendo recomendables espesores cercanos a 5 centímetros para mantener mayor eficiencia en aislamiento acústico y térmico, por una mejor adecuación y funcionamiento. Es importantísimo una especial cuidada atención a los detalles de cerramiento y entrada y salida de aire para garantizar una convección libre, ya sea a través de las juntas entre placas o las aperturas practicada a tal efecto en los límites superior e inferior de cada paño. Una ausencia, discontinuidad o estrangulamiento pueden dar lugar a serias patologías en la fachada como la aparición de condensaciones en el trasdós de las placas, aparte del consiguiente rendimiento del sistema.



2.28. Funcionamiento del flujo de aire en fachadas ventiladas

Un sistema muy utilizado en rehabilitación por sus prestaciones técnicas, resistencias, facilidad de colocación, versatilidad y buena relación calidad-precio, son las placas de yeso laminado. Una placa de yeso laminado es un conjunto de materiales y sistemas constructivos diseñados principalmente para trabajos de albañilería interior, como cerramientos y techos, que están formadas por un núcleo de yeso de origen natural recubierto por dos capas de celulosa especial multihoja, que se presenta en forma de tablero, de geometría preferentemente rectangular. El sistema se completa por su interior con una “estructura” de perfiles, de acero galvanizado, que le otorgan solidez y consistencia, y refuerzan sus características aislantes acústicas y térmicas. La gran baza de este sistema es conseguir las casi mismas prestaciones que los materiales tradicionales, pero con un menor espesor, además de evitar la rotura de material para conducción de instalaciones, y mejora la ejecución, proporcionando un acabado casi perfecto y una planeidad difícil de conseguir, con los métodos tradicionales.

Existen diferentes tipos de placas realizadas a partir de la pieza base de yeso que incluyen en su interior y exterior otros elementos, como fibras de vidrio y aceites a la silicona. Cada placa mide entre 2 y 3 metros de largo por unos 80 o 120 centímetros como configuración más estándar, y un espesor entre los 6,5 y 19 milímetros. Estas placas se pueden

taladrar o cortar para una perfecta modulación y regulan la humedad. Las utilizamos preferentemente para las redistribuciones de tabiquería y como revestimiento para cerramientos u otras fábricas, ya que son pérdidas muy pequeñas las que se producen de superficie útil, sin alterar los conjuntos existentes. Sus capacidades térmicas oscilan entre 0,1 y 0,03 m²K/W para la placa simple, pero ofrecen la combinación con cualquier tipo de aislamiento adherido o no. Para las capacidades acústicas, los sistemas compuestos por varias placas, más los aislamientos necesarios, ofrecen valores hasta los 78 dB. Permiten además cualquier tipo de acabado superficial, tales como, pinturas y revocos, o aplacados cerámicos y pétreos.

El mundo de los materiales es un campo en continua reinvención, con una renovación casi constante, donde una material sustituye a otro ofreciendo soluciones más compactas, con mejores prestaciones, e intentando mejoras en rendimientos en cuanto a costes se refiere. Desde el punto de vista energético dos materiales reúnen una serie de prestaciones térmicas y acústicas, que les otorgan la característica de preferentes. Hablamos de dos soluciones compactas, el bloque de climablock y el bloque de cannabric. El primero es un compuesto de hormigón, mediante encofrado perdido, más un conglomerado de madera y cemento con virutas de madera mineralizadas y Portland, material muy aislante térmico y de elevada absorción acústica. El cannabric es un bloque macizo a base de cáñamo, su parte leñosa, más conglomerantes naturales y aglomerantes minerales y de reciclaje, que ofrecen también grandes prestaciones térmicas y acústicas.

La composición de los bloques Climablock mediante la adición de virutas de madera no ácida, mineralizadas, al cemento Portland, mantienen intactas las propiedades mecánicas de la madera, deteniendo el proceso de deterioro biológico, haciendo de esta un material prácticamente inerte, aumentando la resistencia del conjunto ante el fuego. La estructura alveolar confiere al mismo tiempo un buen comportamiento térmico con una gran ligereza, siendo también resistente al agua, el hielo y la humedad, transpirando cuando lo necesita. Existen varios tipos de bloque, variando el aislamiento térmico y acústico, y la resistencia estructural en función de los espesores del velo de hormigón, del aislante y de la pared exterior de conglomerado de madera y cemento, siendo todos machihembrados, de 25 cm altura, 50 cm de longitud y entre 15-38 cm de espesor, siendo sus clases representativas, el bloque universal, el bloque de corte y las piezas específicas. Estos se colocan en seco, y se rellenan de hormigo y refuerzos de acero, pudiendo usarse en los muros interiores como exteriores, incluso en los de sótano y contención o de carga, para viviendas unifamiliares y colectivas.

Desde el punto de vista energético el comportamiento térmico combina el elevado poder de aislamiento, la ausencia total de puentes térmicos, y las ganancias que ofrece la inercia térmica del bloque, llegando a los 0,26 W/m²K. El riesgo de condensaciones intersticiales en el interior del muro, debidas a la elevada presión de vapor en puntos expuesto al exterior y, por tanto fríos, no se dan en esta tipología de muros, por permitir una adecuada difusión del vapor de agua a través de la estructura capilar del material, siendo conveniente revestimientos sin mucha resistividad al paso del vapor de agua. La capacidad de aislamiento acústico, por el contrario, se la ofrece la plasticidad del hormigón con la que se fabrican los

bloques, mediante un buen llenado y adherencia a las paredes del mismo, y ofreciendo unos valores mínimos de 52 dB.

El Cannabric aprovecha las características aislantes del cáñamo (con una conductividad térmica de 0,048 W/ mK) que son excelentes, bastante mejores que en la madera, además de no estar atacado por parásitos (ausencia de nutrientes en su tallo), por lo cual no hay que tratarlo ni en su cultivo ni en su empleo en la construcción. Los componentes minerales del bloque aportan resistencia mecánica, densidad y una elevada inercia térmica. De esta forma resulta un bloque resistente a las cargas, con baja conductividad térmica (0,19 W/mK) y alta inercia térmica (1224 kJ/ m³K), que posee cualidades termodinámicas que protegen del frío como del calor, sin necesidad de añadir aislantes en muros monocapa de poco espesor. Al ser un material natural, no sólo permite la transpiración y la difusión del vapor de agua entre las zonas interiores y exteriores, sino que compensa y equilibra la humedad ambiental, atenuando los espacios húmedos y fríos, y confiere un confort acústico elevado.

En los conglomerantes y aglomerantes que este lleva, se trabaja exclusivamente con materiales naturales como tierras y cales, materiales que poseen propiedades naturales y bioclimáticas. La cal, a cambio del cemento, forma un ciclo cerrado, la emisión de CO₂ en su fabricación equivale aproximadamente al CO₂ necesitado en su carbonatación o proceso de endurecimiento. Las piezas de Cannabric son macizas, de color tierra y una textura rugosa, no cocidas pero secadas al aire un tiempo mínimo de 28 días, por lo cual son más transpirables. Además es un material que retiene CO₂. Se fabrican en tres tamaños: 30 x 14,5 x 10,5 cm, bloque entero; 14,5 x 14,5 x 10,5, medio bloque; y 21,5 x 14,5 x 10,5, tres-cuarto bloque. Tienen una resistencia mecánica y al fuego que hacen posible su empleo en todo tipo de viviendas, edificios entre medianeras y de concurrencia pública, de varias plantas. El bloque permite su uso en la ejecución de muros estructurales monocapa y muros de división con espacio exterior, también puede emplearse en la formación de tabiquerías divisorias en interiores.

Otra aplicación, en su formato industrial, la planta Cannabis sativa, de composición fibrosa, es como gran aislante térmico, que se presenta en mantas, copos o planchas, de diferentes formatos, que está considerado el aislamiento ecológico por definición. Se adapta fácilmente a la forma de la pieza que se necesite aislar, y, por extensión, a edificación nueva o rehabilitación, consiguiendo una regulación natural de la humedad sin pérdidas de calor, llegando incluso a suprimir los temidos puentes térmicos y facilitan la respiración de las fabricas a las que se le adhiere. Se puede añadir al cemento, sirviendo además de aislante fónico.



2.29. Bloque de Climabloc, bloque de Cannabric y aislamiento de cáñamo, respectivamente

No podemos finalizar este breve repaso por los distintos materiales a los que podemos optar para una mejora energética de nuestras viviendas, sin pasar a reseñar las características y cualidades de las soluciones ajardinadas. Tradicionalmente el mundo de la construcción ha evolucionado hacia envolventes y sistemas muy compactos, de acabados más o menos naturales, pero de características casi artificiales o prefabricadas, dejando de lado el entorno natural que rodea siempre un proyecto de edificación. Nos hemos dedicado a modificar el entorno remplazando todos los elementos positivos que nos rodeaban, siendo esta una manera no sustentable de crecimiento, ya que era necesaria la creación paralela de espacios “artificiales” para contrarrestar los problemas derivados de la polución, el aumento de la socialización o problemas diversos de salud. La principal ventaja de las soluciones ajardinadas es la ineludible relación proporcional y directa en la reducción del impacto ambiental que supone la acción de construir, pero además se provee de un nuevo espacio de socialización a las construcciones donde el usuario tiene la oportunidad de un rápido acceso a un área natural sin necesidad de hacer ningún desplazamiento, en el interior de su edificio o vivienda.

Haciendo un diseño diferente se consigue adaptar las áreas estériles del edificio como zonas con vegetación, siendo los cerramientos y la cubierta lugares idóneos para ello, que fácilmente y con ayuda de las nuevas técnicas de construcción se convierten en una alternativa a falta de espacio físico en el suelo. Estos elementos dejan de ser inmóviles, inanimados ya que el aporte de la vegetación le da ese punto de vida algo tan inerte como puede ser un muro cerámico o una cubierta de gravas. Pero hablemos de datos, que es lo que nos interesa: cada litro de agua evaporado por la vegetación produce 0,64 kWh de enfriamiento en el aire, que es la manera natural que utilizan las plantas para refrigerarse, creando una sensación de frescor, incluso cada especie vegetal posee una diferente pero potente capacidad de fijar CO₂ y liberar oxígeno, llegando incluso a absorber otros contaminantes más específicos como el formaldehído, el benceno o el amoníaco, más la aportación térmica de la capa de sustrato vegetal al revestimiento de fachadas y cubiertas. Para las soluciones de fachada existen muchos métodos como los sistemas f+p, eco.bin, leaf.box o nébula, al igual que ocurre con cubiertas, donde los sistemas se resumen en extensivos e intensivos.

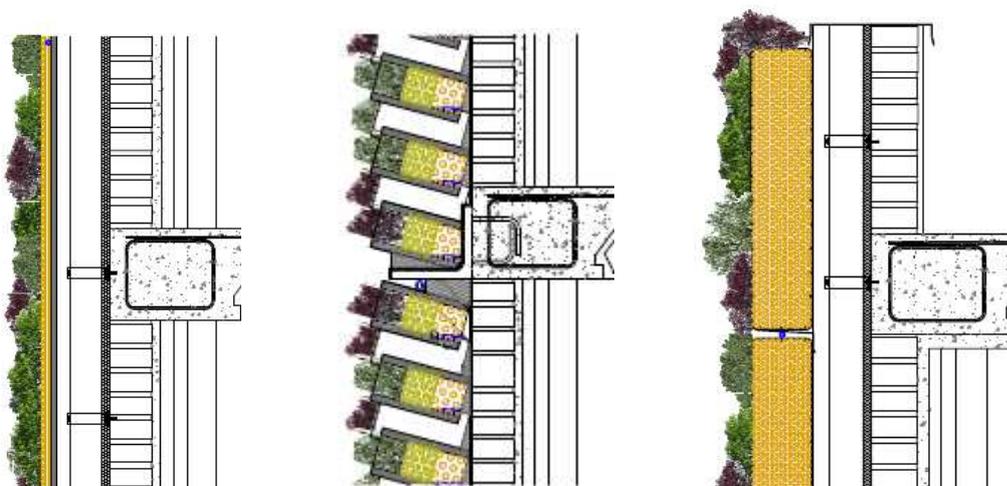
El sistema f+p está compuesto por un trasdosado de paneles impermeables anclados sobre bastidores, más un sistema de doble cámara de aire que garantiza la estanqueidad del soporte base. Sobre los paneles se ancla una doble capa sintética de material no tejido por donde discurre una solución hidropónica. Es uno de los sistemas más utilizados por su rapidez de montaje y bajo peso 35kg/m². Las especies vegetales se plantan y sustituyen muy fácilmente, sin necesidad de afectar al resto del jardín. Las instalaciones de riego se sitúan entre la capa de material no tejido por lo que su mantenimiento y sustitución son muy sencillas. El sistema f+p crea un ecosistema que potencia el arraigo y crecimiento de las plantas, esto permite la colonización espontánea de nuevas especies mejorando la interacción ecológica con el entorno.

La característica principal del sistema eco.bin es el medio de plantación constituido por una fábrica de celdas cerámicas. La inclinación de las celdas y la combinación de sustratos específica permite almacenar agua durante un largo periodo de tiempo, con menor consumo de agua. El tipo de vegetación seleccionada requiere muy poca agua y mínimo mantenimiento, la configuración del sistema permite que las plantas sean sustituidas por el propietario sin

necesidad de unos conocimientos de jardinería avanzados. Sobre las celdas cerámicas se adhiere una película hidrófila que mantiene el agua de riego adherida al jardín y facilita la captación de agua atmosférica (niebla o rocío). Como valor añadido los huecos cerámicos actúan como elemento anecoicos que convierten a en este sistema en una barrera de absorción acústica. Aunque se puede utilizar en todo tipo de climas es un sistema que destaca por su buen comportamiento en climas áridos y semiáridos con elevado soleamiento.

En el sistema Leaf.box, se trata de un sistema de paneles modulares de fibras vegetales con un espesor de 10 a 15 cm instalados sobre bastidores. La naturaleza y durabilidad del sustrato utilizado permite una simplificación del sistema de fertirrigación, esto facilita el mantenimiento del jardín, permitiendo la instalación de paneles preplantados con variedades de sedum, obteniendo una superficie verde desde el primer momento de la instalación o la plantación de especies vegetales una a una según diseño. La naturaleza del sustrato y la flexibilidad de la estructura permite la completa libertad a la hora de realizar diseños tridimensionales, tanto exentos como en fachadas. Por el contrario, el sistema de fachada vegetal Nébula está formado por una agrupación de plantas aéreas: tillandsias. Esta familia de plantas obtiene el agua y los nutrientes que necesita del aire por lo que no es necesario ningún tipo de instalación de riego por goteo. La principal ventaja de este sistema es el mínimo mantenimiento que se puede realizar mediante pulverizadores manuales o con nebulizadores, esta última opción crea alrededor del jardín vertical una pequeña nube de niebla. Se trata de un sistema recomendado para interiores o exteriores con un clima específico.

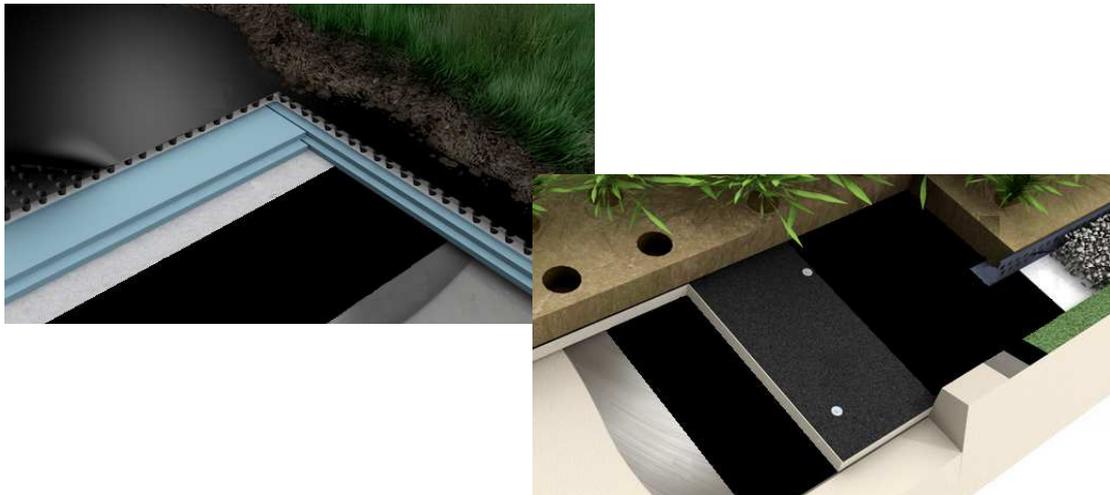
Otra aplicación de las soluciones vegetales en fachada es su uso como refrigeración de espacios. El aire acondicionado vegetal combina las ventajas de cualquiera de nuestros sistemas de fachada vegetal con el valor añadido de actuar como refrigerador y filtro de aire del espacio donde se instala. El funcionamiento es sencillo, el aire se recircula a través de la fachada vegetal pasando a través del sustrato plantado y de la vegetación. La evaporatranspiración producida no sólo enfría el aire además, las raíces de las plantas absorben contaminantes específicos producidos por la edificación con un consumo energético 6 veces menor que el de un sistema de aire acondicionado tradicional.



2.31. Sistema f+p, a la izquierda, sistema eco.bin, en el centro, sistema leaf.box, a la derecha

Las cubiertas ajardinadas intensivas presentan unas condiciones de distribución y aprovechamiento comparables a las de cualquier jardín al aire libre. Se puede plantar desde plantas vivaces hasta árboles, así como plantas leñosas y césped. Debido a la gran superficie de evaporación de las plantas, las cubiertas ajardinadas intensivas requieren gran cantidad de agua. Este sistema puede sustituir la estructura natural del sustrato superior y del subsuelo mediante el uso del sustrato artificial, que actúa como espacio para las raíces, y la manta de retención de agua, que forma el subsuelo y actúa como reserva de agua. Así se puede almacenar, de forma natural, 40 l./m² de agua, tal y como sucedería con un perfil de suelo natural. Las dimensiones son muy reducidas, con una altura de 21 cm. y un peso de unos 280 Kg./m². Esta solución es más extensa en garajes, azoteas de edificios o cualquier otro tipo de soporte de gran extensión en construcciones de nueva planta.

Para rehabilitación, y teniendo en cuenta que las características de las cubiertas en estos casos son más restrictivas, el ajardinamiento extensivo se presenta como una mejor opción. Consiste en la plantación en la cubierta de un tipo de vegetación natural que requiere un mantenimiento mínimo para su desarrollo, empleándose plantas (de tipo Sedum, aromáticas y combinaciones de césped) que sean capaces de adaptarse de forma satisfactoria a emplazamientos extremos. El corazón del sistema es una membrana drenante, un panel sándwich con depósito de agua adicional que vacía rápidamente el excedente de agua de lluvia, protegiendo al mismo tiempo la impermeabilización de la cubierta y la capa de protección de las raíces del desgaste mecánico. El sistema de cubiertas ajardinadas extensivas presenta unas dimensiones reducidas, (altura mínima de unos 8 cm.) y un peso de 100 Kg./m² aproximadamente. En el caso que se sustituya el sustrato de la capa de soporte de la vegetación por una capa de sustrato en paneles, se reducirá la carga de superficie 50 Kg./m², que resulta muy idónea en cubierta de una cierta pendiente.



2.32. Sistema de capas para cubierta plana (arriba) y para cubierta inclinada (abajo)

Instalaciones y Domótica.-

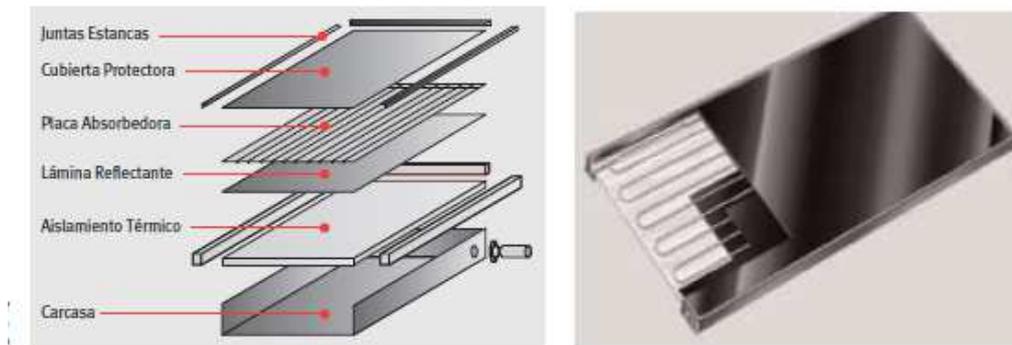
Para describir qué opciones nos plantea el campo de las instalaciones en materia de eficiencia energética, debemos de hacernos la siguiente pregunta: ¿Es eficiente por sí misma una instalación? Pues depende. Imaginemos que tenemos un solar vacío, exento, donde podemos aprovechar todos los conceptos y parámetros de diseño para aprovechar las condiciones del entorno, tal y como hemos visto, de la manera más eficiente posible. Entonces hablaremos que la vivienda es eficiente y no hemos aportado criterios de eficiencia en cuanto al dimensionamiento de las instalaciones, ni hemos aplicado ningún parámetro de regulación sobre estas. Pero, imaginemos el caso contrario, aquel en que nos encontramos con una vivienda ya condicionada por la tipología edificatoria y el entorno, donde podemos rehabilitar sus condicionantes constructivos en busca de ese confort y exigencia energética, pero que con eso no es suficiente, no porque no se consiga un mínimo de mejoría, sino por que con un redimensionado de las instalaciones se llegaría a ese máximo esperado. Pues este es nuestro caso: ya hemos visto que materiales aportan mejor eficiencia para el buen rendimiento energético, ahora veremos que instalaciones necesitamos, y que control ejercemos sobre ellas, para llegar a un aprovechamiento óptimo de los recursos presentes.

No se trata ahora de llegar y “levantar” las instalaciones que tenemos en la vivienda, sino de incorporar a ellas elementos que aumenten su eficacia y eficiencia. No se van a dimensionar diámetros de tuberías, ni a calcular pérdidas por rozamiento o altura en abastecimiento de agua, o ver si los ramales están bien dimensionados para una correcta evacuación de pluviales y residuales. A continuación, se va a analizar como son las características más técnicas de las instalaciones que se pretende incorporar a nuestra vivienda, vistas de manera muy genérica en apartados anteriores: sistema solar térmico, sistema solar fotovoltaico y sistema de climatización por suelo radiante.

El principio elemental en el que se fundamenta cualquier instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario. Así, la posibilidad de captar la energía del Sol desde el lugar que se necesita, junto con la capacidad de poder almacenarla durante el tiempo suficiente para disponer de ella cuando haga falta, hace del conjunto un mecanismo sencillo y al mismo tiempo eficaz. Los rayos solares calientan el fluido (agua con anticongelante) que circula por el interior de los captadores o colectores solares, convirtiéndose en energía en forma de agua caliente, donde se intercambia hasta otro circuito donde se acumula en un depósito, para poder ser utilizada, para sistemas hidráulicos de climatización o consumo de ACS.

Los captadores, distintos y variopintos en función del incremento de la cantidad de energía absorbida y la consiguiente disminución de pérdidas, suelen ser planos, que utilizan el agua como fluido, no sobrepasando los 100°C de temperatura en su funcionamiento, el cual se basa en una “trampa de calor” que conjuga el “efecto de cuerpo negro” con el “efecto invernadero”. Gracias a este sistema de captación se consigue absorber la mayor parte de la radiación solar que llega hasta la superficie y devolver la menos posible. Están recubiertos de una caja herméticamente cerrada. En la cara superior de esta caja se coloca una superficie

acristalada que deja pasar la radiación solar e impide que se pierda la ganancia térmica obtenida. Generalmente la carcasa que envuelve al equipo de captación es metálica, aunque en algunos casos puede ser de plástico especial o de algún otro material. En el interior del sistema captador se encuentra la placa absorbente, que es el lugar donde se realiza la captación de la radiación solar propiamente dicha, fabricada con materiales que conducen bien el calor (aluminio, cobre, planchas metálicas...), esta placa tiene un funcionamiento parecido al de un radiador: con una disposición de tubos de tipo serpentina o paralelo, que cuentan con una toma por donde entra el fluido a calentar y otra de salida.



2.33. Despiece de placa de captación solar térmica

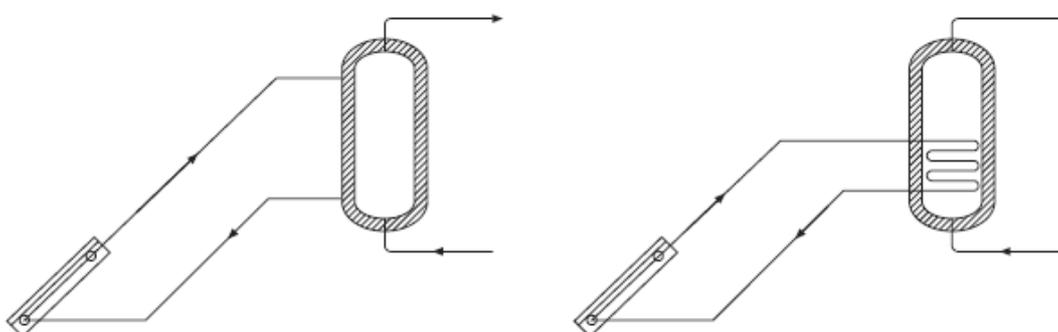
Los tubos de cobre, orientados en forma vertical con respecto al captador, están en contacto con una placa de color oscuro que transfiere el calor al fluido circulante. Las dimensiones de los captadores solares son muy diversas y van desde los 0,5 m² los más pequeños, hasta los 8 m² los más grandes, siendo la medida más habitual en torno a los 2 m². En cuanto al rendimiento de los captadores solares, en líneas generales, vendrá definido por su curva de rendimiento, que permite saber cuál es la cantidad de energía que podremos aprovechar en cada situación. Esta valoración se realiza sobre captadores nuevos, y de forma puntual, no siendo representativa del comportamiento del captador a lo largo de su vida útil, ya que su eficacia podrá evolucionar de diferente manera en función del paso del tiempo, o por su mantenimiento.

El sistema de distribución es el que se encarga de transportar el fluido caliente contenido en los captadores solares hasta el punto de consumo. Existen diferentes circuitos de distribución, dependiendo de las necesidades que pretendamos satisfacer o las condiciones climáticas del lugar, siendo los más utilizados para viviendas los sistemas de circuito cerrado, ya sean con termosifón o circulación forzada. Es decir, aquellos que cuentan con un sistema de doble circuito en el que el fluido que transita por el captador es diferente al que corre a través del tanque de almacenamiento, cuyo principal cometido es impedir que se pierda la energía térmica obtenida en los captadores solares:

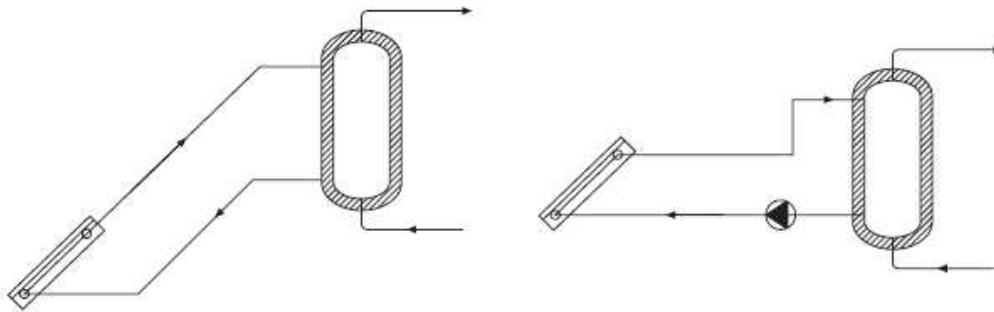
- Instalaciones de circuito abierto: transfieren directamente el agua caliente producida en el captador solar hacia el depósito de acumulación. Cuando el captador es calentado por el Sol, el agua aumenta de temperatura desplazándose hacia arriba. Una vez en el depósito de almacenamiento, éste se vacía con una cantidad equivalente de agua más fría que se dirige al captador. Son más

económicos, más sencillos de fabricar, de instalar e incluso obtienen mejores rendimientos energéticos, mientras que, por el contrario, el principal inconveniente de las instalaciones de circuito abierto es que al utilizar como único fluido de circulación el agua se corre el riesgo de rotura en periodos de heladas o la posibilidad de graves problemas de incrustaciones por la calidad de las aguas, debiendo utilizarse algún aditivo o dispositivo electrónico.

- Instalaciones de circuito cerrado: existen dos circuitos, el circuito primario del sistema captador y el circuito secundario donde se encuentra el sistema de almacenamiento. En el circuito primario se introduce un líquido especial que circula por dentro del captador y transmite calor al agua del tanque de almacenamiento por medio de un intercambiador de calor. Lo que se pretende con el sistema de doble circuito es evitar que el agua del depósito se pueda mezclar con el líquido del captador. Así, es posible colocar un componente anticongelante que permita su uso en zonas donde las temperaturas bajen de cero grados.
- Circulación forzada de agua: están basados en una bomba de impulsión movida por un aporte exterior de energía eléctrica; un gasto que deberemos tener en cuenta a la hora de optar por este tipo de mecanismos. La bomba de circulación colocada en el sistema de captación tiene como principal función transferir el fluido circulante más rápidamente, impidiendo así que se pueda perder parte de las calorías ganadas en el proceso de distribución. La utilización de esta bomba también permite interrumpir la transferencia de calor cuando el agua de los captadores no circule más caliente que la que se encuentra en el depósito, propios de climas fríos.
- Circulación natural o con termosifón: tienen la ventaja de no contar con bombas de impulsión, aprovechando la circulación natural del agua caliente, que por naturaleza tiende a ascender. Los sistemas con termosifón son muy utilizados en áreas geográficas con climas más cálidos. Estos sistemas de circulación sólo se utilizan para instalaciones solares pequeñas.



2.34. Esquemas de una instalación de circuito abierto (izquierda) y circuito cerrado (derecha)



Esquemas de una instalación de circulación natural (izquierda) y circulación forzada (derecha)

2.35. Esquemas de una instalación de circulación natural (izquierda) y circulación forzada (derecha)

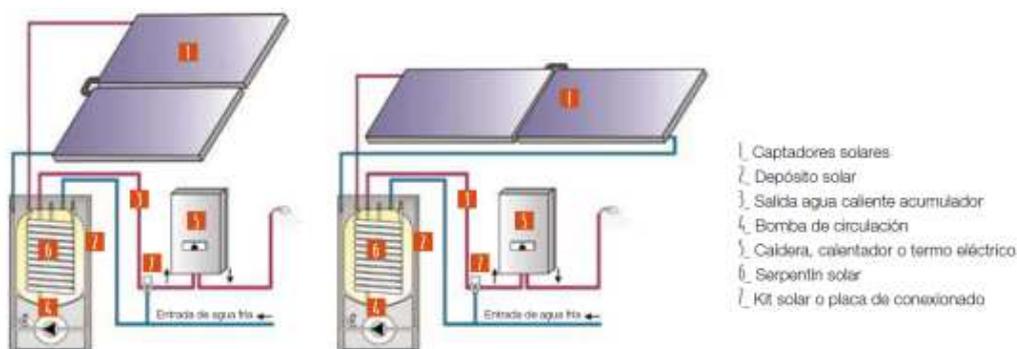
Sin duda, la energía que se recibe no siempre coincide con las épocas de mayor consumo, por lo que será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día que más radiación existe, para utilizarla posteriormente cuando se produzca la demanda. Lo habitual es almacenar la energía en forma de calor en depósitos especialmente diseñados para este fin. Según las características específicas del tanque de almacenamiento y los materiales con los que haya sido fabricado, podremos conseguir guardar las calorías ganadas durante más o menos tiempo; desde unas horas (ciclo de la noche al día), hasta dos días como máximo, dando mejores resultados aquellos depósitos que tienen forma cilíndrica, en proporciones de uno de ancho por dos de alto. Esto se debe al fenómeno de estratificación por el que el agua caliente disminuye su densidad y tiende a ascender por encima del agua fría, que pesa más. Cuanto mayor sea la altura del depósito, mayor será también la diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior del tanque de almacenamiento.

Del mismo modo, también será importante tener en cuenta la capacidad de acumulación del depósito a utilizar, que deberá mantener un equilibrio conforme a la superficie de captación solar. Si el depósito fuera demasiado pequeño se desperdiciaría parte de la energía obtenida, mientras que si fuera demasiado grande no conseguiríamos alcanzar las temperaturas adecuadas de funcionamiento. Por eso existe una proporción adecuada entre los metros cuadrados de la superficie de captación y las dimensiones del tanque de almacenamiento. El depósito de acumulación más apropiado para los niveles de radiación que se dan en España y para agua caliente sanitaria, es el de 60 litros por metro cuadrado en las regiones con menos horas de sol y de 100 litros por m^2 en las zonas con mayor intensidad de soleamiento.

Pueden encontrarse muchos tipos de depósitos para agua caliente en el mercado, siendo los materiales de construcción más adecuados el acero, el acero inoxidable, el aluminio y la fibra de vidrio reforzado. La adecuada elección del material de construcción tiene especial importancia porque uno de los problemas más importantes de las instalaciones solares es la calidad del agua, que puede producir corrosiones en el tanque de almacenamiento. En general no es aconsejable efectuar una instalación solar con dos materiales de distinta naturaleza, ya que se favorece la creación de pares galvánicos. La corrosión puede prevenirse también mediante sistemas electrónicos especificados en las características de diseño, o insertando el

denominado “ánodo de sacrificio” que debe ser cambiado periódicamente. Pero todos, con el fin de disminuir las pérdidas, estarán recubiertos de un material aislante.

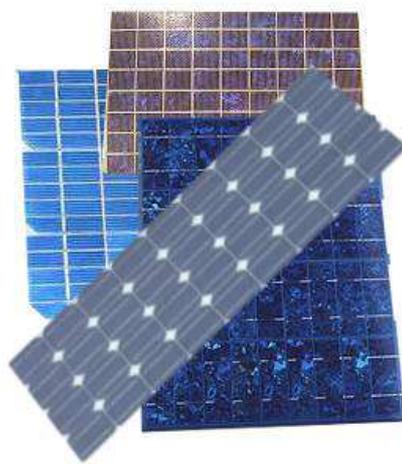
Por último, el sistema de energía auxiliar es un elemento imprescindible en toda instalación solar si no se quieren sufrir restricciones energéticas en aquellos periodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto. Para prevenir estas situaciones, casi la totalidad de los sistemas de energía solar térmica cuentan con un apoyo basado en energías "convencionales". La fuente de apoyo es muy variable, aunque en general es recomendable que se encuentre vinculada a un sistema de control, utilizándose los eléctricos para equipos pequeños, y las calderas de gas o gasóleo, bien por provenir de instalaciones preexistentes o bien por elegir este método para grandes demandas. En cualquier caso, siempre será necesario que exista un mecanismo de control adecuado que gestione correctamente la instalación, con el fin de reducir al máximo la entrada en funcionamiento del sistema de energía de apoyo. El sistema de control estará basado en un conjunto de sondas y/o válvulas automáticas, que en función de la temperatura del acumulador solar, de la temperatura del acumulador auxiliar si lo hubiera, y de la temperatura de uso activarán el sistema auxiliar o no y en diferente grado en el caso de los sistemas modulantes.



2.36. Sistemas de conexión instalación de captación en paralelo y en serie, respectivamente

Otra forma de aprovechamiento de la radiación solar consiste en su transformación directa en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico, pudiendo usarse directamente sobre diversas aplicaciones. En general, los sistemas fotovoltaicos pueden tener las mismas aplicaciones que cualquier sistema generador de electricidad. Sin embargo, las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la capacidad de generación y almacenamiento de los equipos instalados, especialmente de los módulos y la batería respectivamente, y por la disponibilidad del recurso solar. Existen fundamentalmente dos tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica: instalaciones aisladas de la red eléctrica y centrales de generación conectadas a la red. Los sistemas aislados de energía solar fotovoltaica, generan electricidad que se puede disponer en lugares alejados de la red de distribución eléctrica, compuestos principalmente de un núcleo de captación de energía solar mediante paneles solares fotovoltaicos y otro de almacenamiento de la energía eléctrica generada por los paneles en baterías. Por el contrario, los conectados a red, generaran electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos y la inyectaran directamente a la red de distribución eléctrica, obligándose desde los estamentos gubernamentales a la compra de esta por las compañías generadoras de energía eléctrica, mediante un precio fijado.

¿Y cómo funciona una célula solar fotovoltaica? Los módulos se componen de celdas solares de silicio, semiconductoras eléctricas debido a sus propiedades intermedias entre un conductor y un aislante, en combinación con otros elementos, mediante un proceso de dopado con fósforo o boro. Se crea una capa con carga negativa, de silicio tipo N, y una capa con carga positiva, de silicio tipo P, que al unirse generan un campo eléctrico, que cuando la luz incide, los fotones que la integran chocan con los electrones de esta estructura, dándoles energía. Mediante un conductor externo, se conecta la capa negativa a la positiva y se genera el flujo eléctrico buscado, que será continuo mientras siga incidiendo la luz, por lo que la intensidad de esta variará proporcionalmente a la intensidad de luz incidente. Cada celda fotovoltaica se conecta en serie con las demás de manera que el flujo llegue hasta el acumulador o batería en el extremo del módulo fotovoltaico. Por cada electrón que se “va” hacia el acumulador, otro electrón ingresa a la primera celda desde este mismo, siendo un ciclo inagotable.



2.37. Distintos paneles fotovoltaicos, en función del número de celdas y su disposición

En este estudio de rehabilitación se opta por el sistema conectado a red, ya que la vivienda tiene garantizado el aporte eléctrico por el método tradicional. Si observamos la curva de la demanda eléctrica, en el momento que más radiación o luz solar hay, es cuando más consumo energético demandamos, siendo esta la gran ventaja del sistema, ya que captura la mayor parte de energía cuando más la necesitamos. Al instalar un sistema fotovoltaico conectado a la red, se dispone de una fuente de generación verde para que se consuma donde se demande eliminando las grandes pérdidas desde las centrales de generación tradicionales hasta el punto de consumo. Para ello será imprescindible la existencia de una línea de distribución eléctrica cercana con capacidad para admitir la energía producida por la instalación, y determinar el punto de conexión. Para estos sistemas, el usuario sigue comprando la electricidad que consume, pero vende la que produce a un precio superior, con el redundante beneficio económico.

El elemento principal de un generador fotovoltaico es el módulo fotovoltaico, que ensamblados mecánicamente entre ellos forman el panel mientras que módulos o paneles conectados eléctricamente en serie, para obtener la tensión nominal de generación, forman la rama, que, a su vez conectadas en paralelo obtienen la potencia deseada, constituyendo el generador, el encargado de realizar la transformación energética. Además el conjunto cuenta

con otros elementos que hacen posible la adecuada protección del mismo y su sujeción y consolidación a los elementos estructurales, y permiten la conexión eléctrica. La inclinación óptima de los generadores oscila entre las condiciones normales, con inclinaciones mayores a 15º, y las condiciones adversas, con valores mayores a 45º. La cantidad de energía producida varía en función de los parámetros de insolación y latitud, condicionando la carga eléctrica, potencia de pico y características arquitectónicas de integración.

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales semiconductores y los métodos de fabricación que se empleen, de silicio puro monocristalino, policristalino o amorfo en función de su configuración y estructura química; de telurio de cadmio, arseniuro de galio (uno de los materiales más eficientes) o de diseleniuro de cobre en indio en función del material; en función de su forma, como los sistemas de concentración, los paneles en formato teja o baldosa y los bifaciales, capaz de transformar la energía en cualquiera de sus dos caras. En general el número de células dependerá del voltaje de salida que la placa utilice.

El inversor es el componente más importante de la instalación, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo fotovoltaico y optimiza el paso de energía entre el módulo y la carga, transformando la corriente continua en corriente alterna con el voltaje y la frecuencia para poder verter a la red eléctrica (220V, 50 Hz), y haciendo trabajar al campo fotovoltaico en su punto máximo de potencia (MPP). Este cuenta con un dispositivo que supervisa las posibles averías de red, cortando la conexión en presencia de fallos. Se debe escoger en función del tamaño de la instalación, la potencia instalada condicionará nuestra velocidad de vertido en relación a la de producción, y supone entre un 10 y un 15% del coste total. Existen diferentes tipos en función de las condiciones de potencia de la instalación: inversor central para potencias superiores a 10 kW, Multi-String, para potencias medias de entre 3 a 10 kW, e inversor con módulos integrados para instalaciones de muy baja potencia de 50 a 400 W. En todos los casos es conveniente incluir detrás del inversor un transformador para el aislamiento galvánico, un interruptor automático de desconexión que actúe como vigilante de la tensión si esta se dispara fuera de los límites.

Un generador fotovoltaico requiere de dos contadores ubicados entre el inversor y la red, uno para cuantificar la energía que se genera e inyecta a la red, para su valoración económica, y otro para cuantificar el consumo del inversor en ausencia de radiación solar, y los consumos que se haga desde la titularidad del equipo. La instalación queda completada con protecciones, cableado y toma de tierra: el cuadro eléctrico donde irán las protecciones, interruptores y contadores necesarios, y una toma de tierra y cableado que cumpla con la regulación del reglamento electrotécnico de baja tensión para ambos tramos, el de continua y alterna.

En los sistemas fotovoltaicos existe la posibilidad de emplear elementos seguidores del movimiento del Sol, que favorezcan y aumente la captación de la radiación solar. En general, las placas se instalan sobre soportes estáticos, sin movimiento, en función de la latitud de la instalación y de la aplicación que se quiera dar. Pero es posible hacer seguimientos de un eje o de dos, que cuenten con dispositivos de ajuste mecánico o automático con o sin motor. Los soportes de un eje, realizan un seguimiento solar basado en la rotación del soporte del eje

horizontal, vertical u oblicuo, resultando ser un movimiento incompleto ya que o se sigue la inclinación o el azimut del sol, siendo imposible ambas a la vez. Para lo que podemos utilizar un soporte de movimiento en los dos ejes, siguiendo el movimiento en cuanto a su posición en altitud y en azimut, consiguiéndose siempre una radiación solar perpendicularmente al panel, facilitándose la mayor captación posible. El ajuste mecánico se realizará por medio de un motor y un sistema de engranajes, pero la corrección será manual, en función de la periodicidad deseada, para adaptar el movimiento del soporte.

Si por el contrario, el ajuste lo instalamos automático, será a través de sensores dónde se detecte cuando la radiación no es perpendicular y se corregirá la posición. Existe además la posibilidad de corregir la posición sin necesidad de incorporar un motor de accionamiento, mediante la dilatación de determinados gases, su evaporación y el juego de equilibrios, que logran el seguimiento continuo del Sol. Se estima que con estos sistemas se puede lograr un aumento de entre el 30 y el 40% de la energía captada, aunque será necesario evaluar el sobrecoste del sistema en función de la ganancia derivada del aumento de esa energía captada.



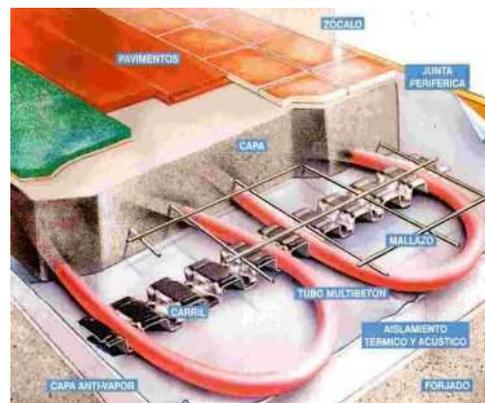
2.38. Esquema de instalación sistema fotovoltaico

Los sistemas de climatización son muy diferentes en función de los tipos de energía que consuma, y de como logren aportar la energía necesaria para climatización, tanto en calefacción como en refrigeración. En este proyecto se opta por analizar las características del suelo radiante como opción más completa, ya que nos permitirá calefactar y refrigerar según las necesidades de la vivienda. El suelo radiante es un sistema que puede ser eléctrico, por conducción de agua o por hilos de fibra de carbono, que emiten calor o frío, en este último caso, es imperioso la instalación del sistema por tuberías. Este sistema aprovecha el ascenso del aire caliente desde el suelo hacia el techo, para climatizar las piezas en el que este instalado, además, de que como el calor se transmiten por conducción y convección, es la manera más fácil de que el cuerpo humano lo absorba. Este sistema tiene la gran ventaja de que la emisión se hace por radiación por lo que se puede tener en los locales habitados una temperatura seca del aire menor que con otros sistemas de calefacción, lo que supone menores pérdidas de calor por los muros, techos o suelos en contacto con el exterior, suponiendo un ahorro entre un 15 y un 20% frente a los sistemas convencionales.

La calefacción por suelo radiante consiste básicamente en la emisión de calor por parte del agua que circula por tubos embebidos en la losa de hormigón que constituye el suelo. De esta forma conseguimos una gran superficie como elemento emisor de calor. En los meses fríos, a una temperatura en torno a los 35-40°C, el agua recorre los tubos que cubren el suelo y aporta el calor necesario para calefactar la vivienda. Existe asimismo la posibilidad de emplear este tipo de instalación para una climatización integral, proporcionando calefacción en invierno y refrescamiento en verano. De este modo en los meses cálidos haremos circular agua en torno a 15°C por la instalación, que absorberá el exceso de calor del local y proporcionará una agradable sensación de frescor.

Las tuberías de agua (generalmente de material plástico) se distribuyen sobre el forjado, interponiendo un aislante térmico para evitar que el calor se disipe hacia la planta inferior. Sobre las tuberías se pone una capa de mortero de cemento y arena y luego el solado, que se recomienda sea de un material poco aislante del calor (piedra, baldosa cerámica o hidráulica) y no de madera o moqueta. Los elementos que componen el sistema se dividen en los tubos de plástico o multicapa, es un tubo de polietileno de alta densidad, reticulado por radiación de electrones; placas de aislamiento térmico; aislamiento periférico, siendo necesario separar mecánica y fónicamente la placa base del suelo radiante de los tabiques; grapas de fijación para sujetar el tubo a las placas de aislamiento, se utilizan unas grapas autoperforantes que, clavadas sobre los tacos-guía en las zonas curvas del tubo, impiden que este se desplace de su posición; y unos conjuntos de distribución, ya que los diferentes circuitos formados por los tubos de polietileno reticulado van unidos a un colector de ida y otro de retorno. Todo el sistema se encuentra gobernado por un equipo de regulación que permite controla en todo momento la temperatura más adecuada a cada habitación.

2.39. Sección esquemática configuración suelo radiante



Aunque si algo hay común a todos los sistemas que utilizemos son los dispositivos de control y gestión automatizados, sin los cuáles el rendimiento de estas instalaciones sería muy inferior y el confort obtenido se vería sensiblemente disminuido, ya que no sólo necesitaríamos estar regulando manualmente el equipo, sino que no podríamos programar las ausencias de ocupación en relación con el consumo y el confort necesario. Al conjunto de sistemas autónomos reciben el nombre de domótica. La domótica se aplica a la ciencia y a los elementos desarrollados por ella que proporcionan algún nivel de automatización o

automatismo dentro de la casa, en materia de electricidad, electrónica, robótica, informática y telecomunicaciones, con el objetivo de asegurar al usuario un aumento del confort, seguridad, ahorro energético, de las facilidades de comunicaciones, y de las posibilidades de entretenimientos. En este contexto se suele utilizar también mucho el concepto de hogar inteligente, derivado del término “Smart homes”.

En realidad no existen acusadas diferencias entre una vivienda tradicional y otra con equipamiento domótico. La diferencia sólo estriba en la incorporación de una mínima tecnología que permita gestionar de forma más eficiente e integrar los distintos equipos e instalaciones domésticas que conforman la vivienda. La domótica ayuda al concepto de vivienda bioclimática, es decir, a aquella vivienda con un nuevo diseño arquitectónico que se adapta mejor al medioambiente, reduciendo el consumo energético y contribuyendo a mantener nuestra salud y la del planeta Tierra. La vivienda domótica también se suele asociar al hogar seguro (vivienda Bunker), ya que la mayor parte de los dispositivos que se utilizan para proteger una vivienda frente a intrusiones y a otros dispositivos de protección pasivos tiene mucho que ver con lo que la domótica implica, en cuanto se refiere a los aspectos de seguridad y comunicación.

La domótica, dicho en pocas palabras, es la instalación e integración de varias redes y dispositivos electrónicos en el hogar, que permiten la automatización de actividades cotidianas y el control local o remoto de la vivienda, o del edificio inteligente. Según lo expuesto, la domótica no son servicios ni productos aislados, sino simplemente la implementación e integración de todos los aparatos del hogar (eléctricos, electrónicos, informáticos, etc.). No obstante, la incorporación e integración de estas redes y dispositivos en la vivienda domótica posibilitan una cantidad ilimitada de nuevas aplicaciones y servicios en el hogar, consiguiendo así un mayor nivel de confort, se aumenta la seguridad, se reduce el consumo energético, se incrementan las posibilidades de ocio, etc. En definitiva, se produce un incremento de la calidad de vida de sus habitantes.

Para que todos estos dispositivos puedan trabajar de forma conjunta es necesario que estén conectados a través de una red interna, red que generalmente se suele conocer por HAN (Home Area Network). Esta red, cableada o inalámbrica, suele dividirse en tres tipos de redes, según el tipo de dispositivos que se vayan a interconectar y de las aplicaciones que se vayan a ofrecer: red de control, red de datos y red multimedia. Por otro lado, es necesario la conexión de la HAN con el exterior, lo cuál se realiza a través de las redes públicas de telecomunicación. De entre todos los dispositivos de la vivienda domótica destaca un elemento imprescindible, el conocido por pasarela residencial (residencial gateway). Este dispositivo es el que permite la convivencia de todas estas redes y dispositivos internos, interconectándolos entre sí y con el exterior. Esta pasarela debe garantizar la seguridad de las comunicaciones hacia/desde el hogar y debe ser gestionable de forma remota.

Para que la proliferación de edificios inteligentes sea una realidad son necesarios ciertos cambios en los agentes tradicionales de la construcción y equipamiento del hogar (promotor, inmobiliaria, arquitecto, constructora, instaladores, reformadores, operadores de telecomunicaciones, proveedores de servicios de contenido, fabricantes, y el propio usuario final), así como la incorporación de nuevos actores (consultoras de sistemas domóticos,

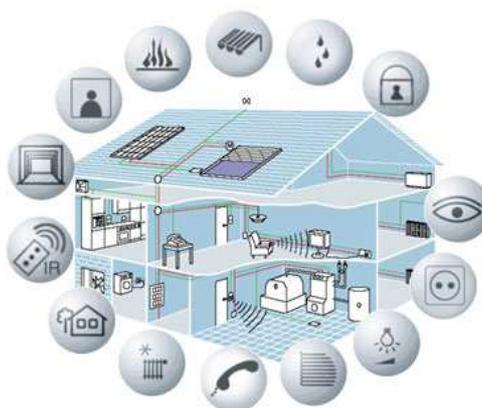
integrador de soluciones domóticas) que permitan la gestión integrada de ese hogar conectado. La única forma de que este mercado emergente termine de consolidarse es que todos los agentes que participan en la cadena de valor perciban un claro beneficio.

El usuario del edificio es el principal beneficiado por la incorporación de sistemas inteligentes y el que realmente impulsará su introducción. Si el usuario percibe una mejora de la calidad de vida por la utilización de dichos sistemas y puede acceder a ellos de forma sencilla y a un precio razonable, él pagará por ellos y éstos se acabarán instalando. La domótica proporciona un sinfín de beneficios para el usuario: climatización y consumo energético, programación del encendido y apagado de todo tipo de aparatos según las condiciones ambientales y contadores electrónicos que informan del consumo energético; control de los dispositivos eléctricos/electrónicos del hogar, desde un PC, por Internet, o desde un teléfono móvil; configuración de procedimientos de avisos en caso de intrusión o avería (alarma técnica); control de la iluminación de las zonas comunes, manejo de alarmas de seguridad y alarmas técnicas. No obstante, el usuario desconoce estos beneficios y piensa que la tecnología asociada para conseguirlos es muy cara y compleja.

La optimización del consumo de recursos naturales escasos, como la energía y el agua, mediante sistemas domóticos, redundará, además de en un mejor medioambiente para todos, en un considerable ahorro económico para los usuarios de la vivienda, de alrededor del 25%. Los sistemas de gestión de instalaciones energéticas permiten controlar más eficientemente la calefacción, climatización y ventilación, ajustando mejor los consumos a las necesidades y disminuyendo las pérdidas en este concepto. Los electrodomésticos de última generación incorporan diversos avances tecnológicos que mejoran la degradación sufrida al medioambiente. Permiten optimizar el consumo de agua y electricidad.

En una instalación domótica, el mando y la potencia están conceptualmente separados: los circuitos de alimentación de los equipos finales están gestionados por módulos de salida de varias vías; los órganos de mando están ligados a módulos de entrada de varias vías; y los elementos están conectados a un bus, físicamente o mediante algún sistema de transmisión inalámbrico que transmite informaciones y órdenes. Es un sistema de circulación y transmisión de algún elemento y que une distintos puntos, lugares geográficos o topográficos. Para que una red funcione son necesarios toda una serie de elementos, señales, reglamentos, normas, protocolos. La instalación interior eléctrica y la red de control domótico están reguladas por el REBT; en particular, la red de control domótico está regulada por la instrucción 51 en lo referente a seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.

2.40. Descripción equipamiento domótico



El elemento físico que representa el órgano de entrada al sistema y que realiza una función de conversión es el sensor, transformando una variable física medida (temperatura, presión...) en otra diferente que suele ser una señal eléctrica. Se le denomina también captador o detector. Existen dos tipos según la señal que transmiten: analógicos que transmiten señal continua, con valores dentro de un rango mínimo y máximo, como los sensores de temperatura, luminosidad o consumo eléctrico; y digitales que transmiten únicamente un conjunto finito de valores, con señales ON/OFF, como los sensores de presencia, movimiento y ruido, gas, fuga de agua o rotura de ventanas. Los detectores en general son elementos con duración limitada en tiempo, necesitando una limpieza más o menos frecuente, y comprobar su funcionamiento provocándolos cada cierto tiempo.

Además, es necesario un procesador y un actuador. Una unidad del sistema capaz de recibir, procesar o tratar la información, según un programa o algoritmo preestablecido, y comunicarlo, cuando proceda, a los actuadores correspondientes, es lo que llamamos procesador o controlador. Gracias a la evolución de la electrónica embarcada y embebida, algunos captadores y accionadores han llegado a ser autónomos al incorporar la función del procesador. Un actuador o accionador es el elemento que representa el órgano de salida del sistema y que recibe las órdenes del procesador, actuando sobre los equipos terminales (sirenas, válvulas, lámparas...). Existen tipos muy variados en función de la actuación, como por ejemplo: relés, motores, señalizadores..., necesitando continuos mantenimientos para garantizar su completo funcionamiento.

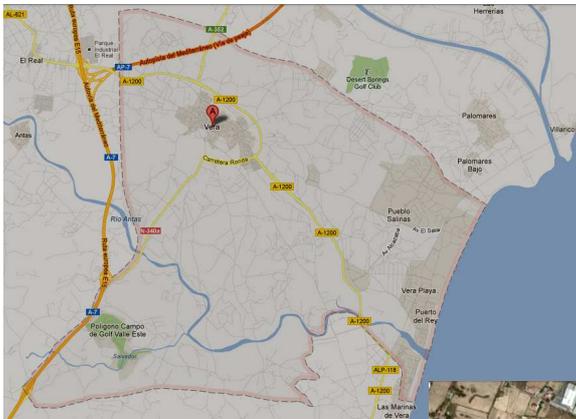
Es el momento de dejar la teórica a un lado para proceder a poner en marcha las soluciones y medidas que se crean oportunas para mejorar nuestra vivienda en favor de conseguir mejor calidad de vida, mejor confort y un ahorro considerable en el balance de pagos energético. Al tratarse de una rehabilitación, las propuestas realizadas irán encaminadas a mejorar los aislamientos de cerramientos y cubiertas, y a aportar un plus de eficiencia al conjunto mediante la adopción de nuevos sistemas y nuevas fórmulas de control y aprovechamiento energético. Se decidirá si se actúa por el exterior o el interior de la envolvente, en función del aprovechamiento de la superficie útil, evitando en la medida de lo posible su disminución; si se actúa con soluciones tradicionales, o algo menos convencional pero mucho más eficiente, no sólo en su aplicación sino también en su proceso de obtención; y sobre que equipos e instalaciones son necesarios reforzar.

A lo largo de todo el texto se ha hecho manifiesto hincapié en la eficiencia energética, pero posiblemente el elemento a resaltar para ello sea el papel preponderante del Sol. Esta rehabilitación se piensa de manera que englobe unas actuaciones más o menos genéricas para la vertiente mediterránea, en donde se da esta tipología constructiva de manera extendida. La localización y el entorno son perfectos para realizar aportes relacionados con el uso del recurso solar, mediante el aporte de equipos de obtención térmicos y fotovoltaicos, pero además, con soluciones ajardinadas, que requieran poco o nulo aporte de agua, y que potencien las características de la vivienda en consonancia con su entorno, aportándole ese elemento diferenciador.

Descripción de la edificación.-

La edificación propuesta para análisis y rehabilitación, queda emplazada en el sur de la Península Ibérica, más concretamente en la provincia de Almería, Andalucía. Vera es un municipio de aproximadamente 15.000 habitantes en una extensión de 58 km². Se encuentra situada 95 metros por encima del mar y es un eje importante de comunicación entre la capital almeriense y la homónima de la vecina Región de Murcia, distando 92 km y 136 km respectivamente. Limita con otros municipios de los que destacan Cuevas del Almanzora, por se un núcleo comercial más desarrollado, y Mojácar, importante destino turístico internacional.

Esta localidad ofrece siete kilómetros de playa, pero diferenciando el núcleo poblacional de la zona costera. Históricamente ha sido un importante crisol de culturas que abarcan dos milenios de historia: cartagineses, romanos y musulmanes, fueron sus pobladores, hasta la conquista católica de la península; modificando continuamente el asentamiento de la población de la playa hacia el interior, y viceversa. Como anécdota, con el reflejo inmediato de la ciudad de Lorca, en 1518 sufrió un terrible terremoto, que devastó el asentamiento primitivo y lo trasladó hacia el sitio actual. En cuanto a la planimetría, la ciudad es prácticamente en su totalidad de planta cuadrada, sin edificios excesivamente altos (prevalecen las viviendas unifamiliares), y la orientación de sus calles Noroeste-Sureste.

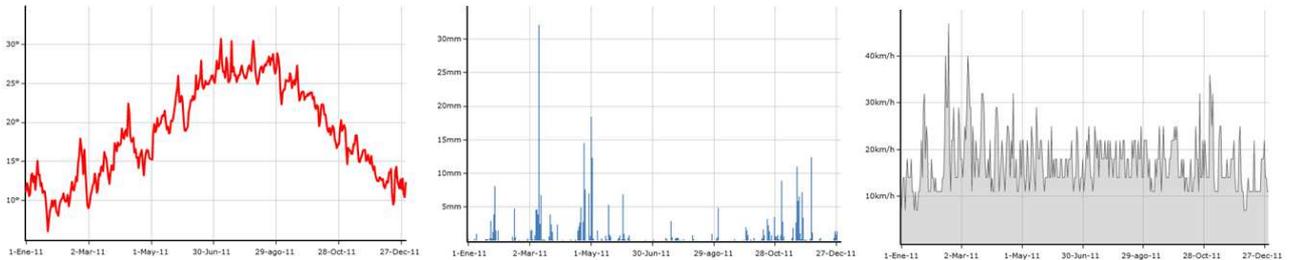


3.1. Término municipal de la localidad de Vera, Almería

3.2. Vista aérea del núcleo de la población y su planimetría

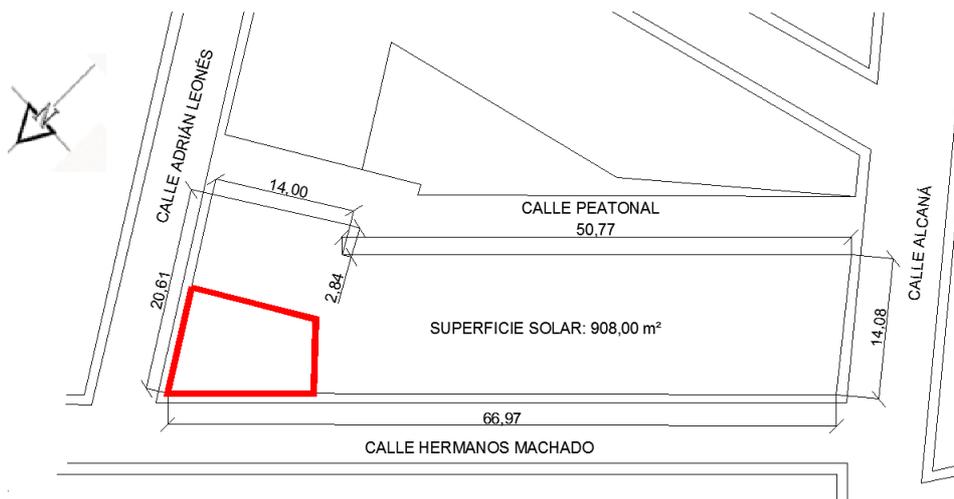


La condiciones climatológicas del municipio son las propias de un entorno mediterráneo, donde las temperaturas son cálidas, con medias máximas sobre los 25-30 grados en los meses de verano y medias mínimas de 10-15 grados los de invierno; y la pluviometría escasa, no superándose la media de los 15 mm anuales. En cuanto a la velocidad del viento, los valores oscilan entre los 20 km/h y los 30 km/h en líneas generales.



3.3. Gráficas de temperaturas, pluviometría y velocidad del viento, respectivamente, del año 2011 en Vera

La vivienda queda emplazada en la calle Hermanos Machado, número 14. Es una vivienda unifamiliar de planta baja más una alzada tipo dúplex adosado, de promoción libre, en esquina, con acceso principal a la calle mencionada, y que completa las nueve viviendas que hay en la manzana, cuyo proceso de ejecución finalizó en 2002. El solar en el que se sitúa cuenta con una superficie de 908 m², de forma poligonal, calificado como urbano, y definido dentro del plan correspondiente al Sector R-6, y cuenta con todos los servicios mínimos de agua potable, energía eléctrica, red de alcantarillado, pavimentación, encintado de aceras y alumbrado público. La orografía de la parcela es prácticamente plana. La parcela en la que se desarrolla nuestra vivienda ocupa 67,59 m² de suelo.

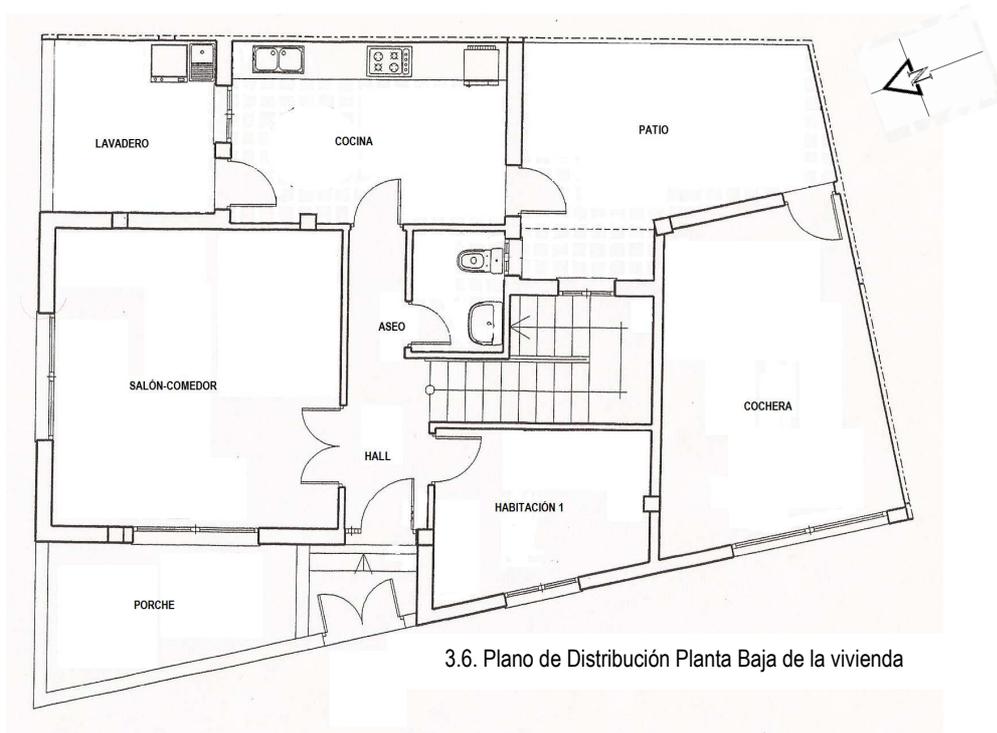


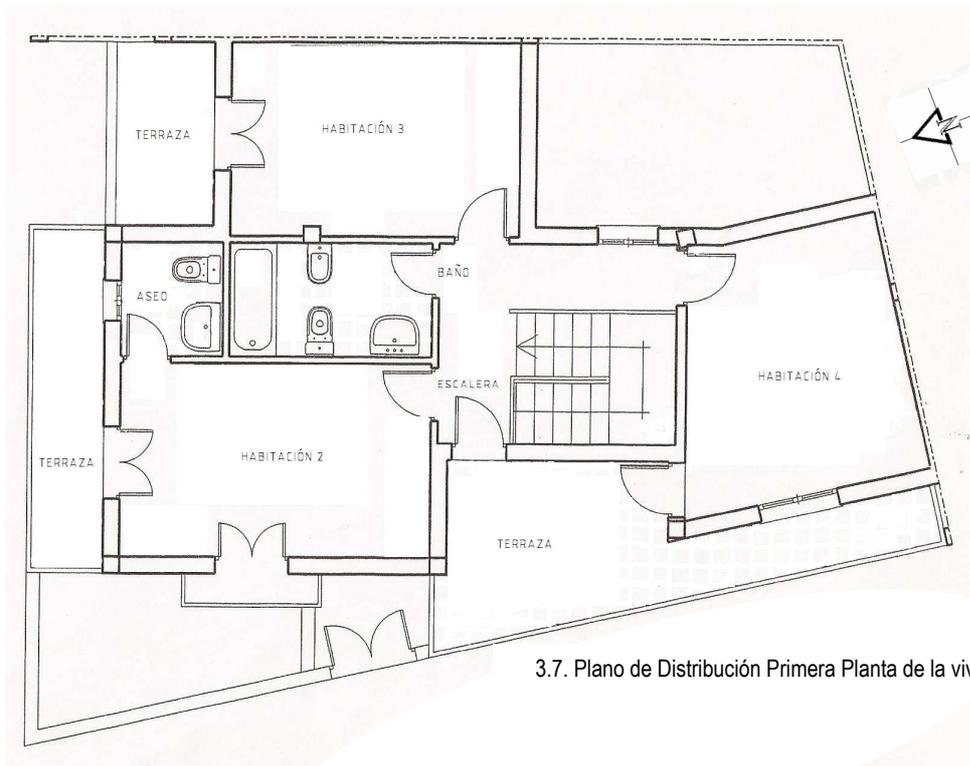
3.4. Plano de Emplazamiento de la vivienda objeto de estudio situada en C/Hermanos Machado

El programa de necesidades que se planteó fue el de hacer una vivienda que contendría tres dormitorios amplios con terrazas, un gran salón en el lugar más noble de la fachada, una cocina con lavadero, un cuarto de baño grande y un aseo, además de un dormitorio en planta baja. Todas las viviendas llevan cochera propia, de acceso individual. La solución adoptada consistió en distribuir las habitaciones de forma que se aprovecharan al máximo los metros disponibles, minimizándose las superficies de pasillo para aumentar las de las habitaciones. Las habitaciones principales, como el salón y el dormitorio principal, y si era posible, los demás dormitorios debían dar a la fachada.

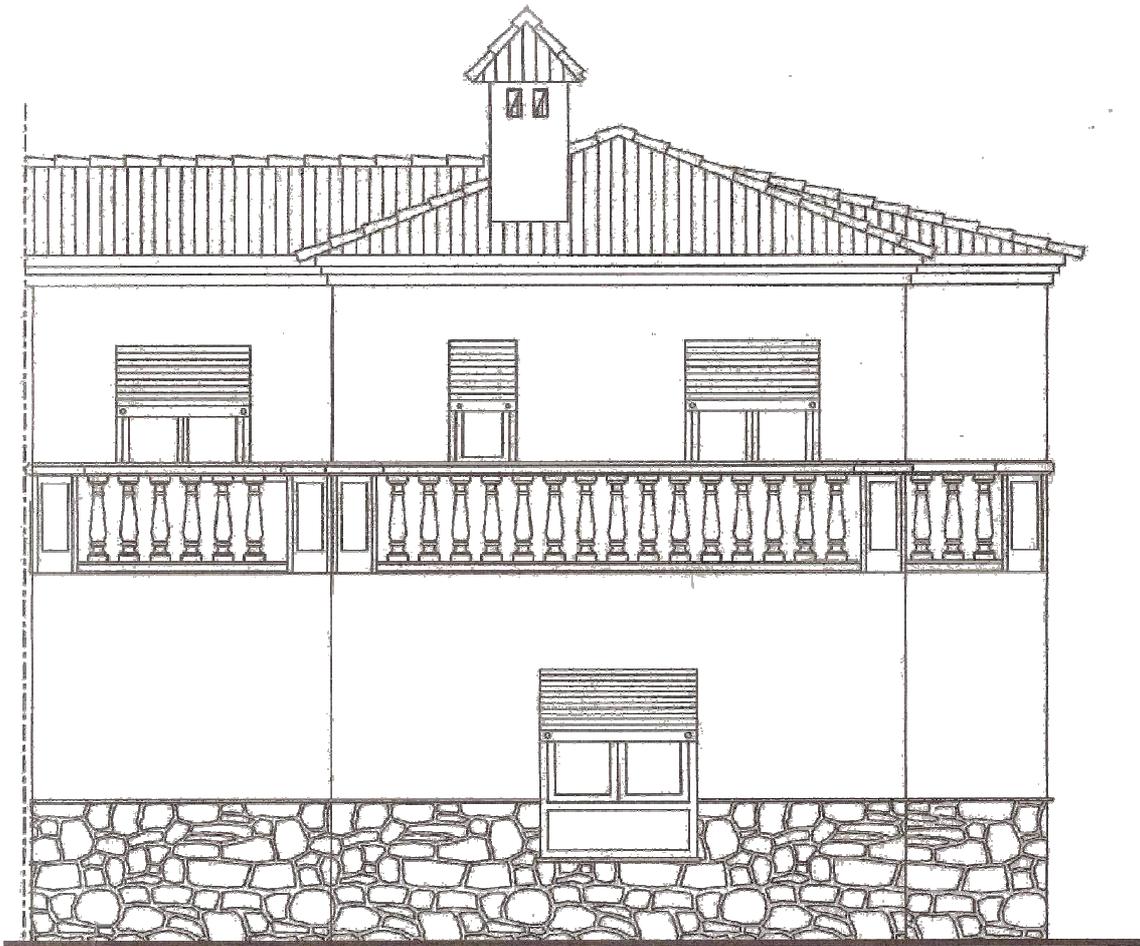
PIEZA		SUPERFICIE ÚTIL	PIEZA		SUPERFICIE ÚTIL
PLANTA BAJA	Hall	5.35 m ²	PLANTA PRIMERA	Escalera	10.80 m ²
	Salón-comedor	22.00 m ²		Dormitorio 2	13.75 m ²
	Cocina	12.50 m ²		Aseo	2.60 m ²
	Aseo	2.80 m ²		Baño	5.15 m ²
	Dormitorio 1	8.50 m ²		Dormitorio 3	12.53 m ²
	Cochera	17.25 m ²		Dormitorio 4	13.00 m ²
Total superficies útil: 126.23 m ²					
Total superficie construida: 133.70 m ²					

3.5. Tabla de Superficies de la vivienda

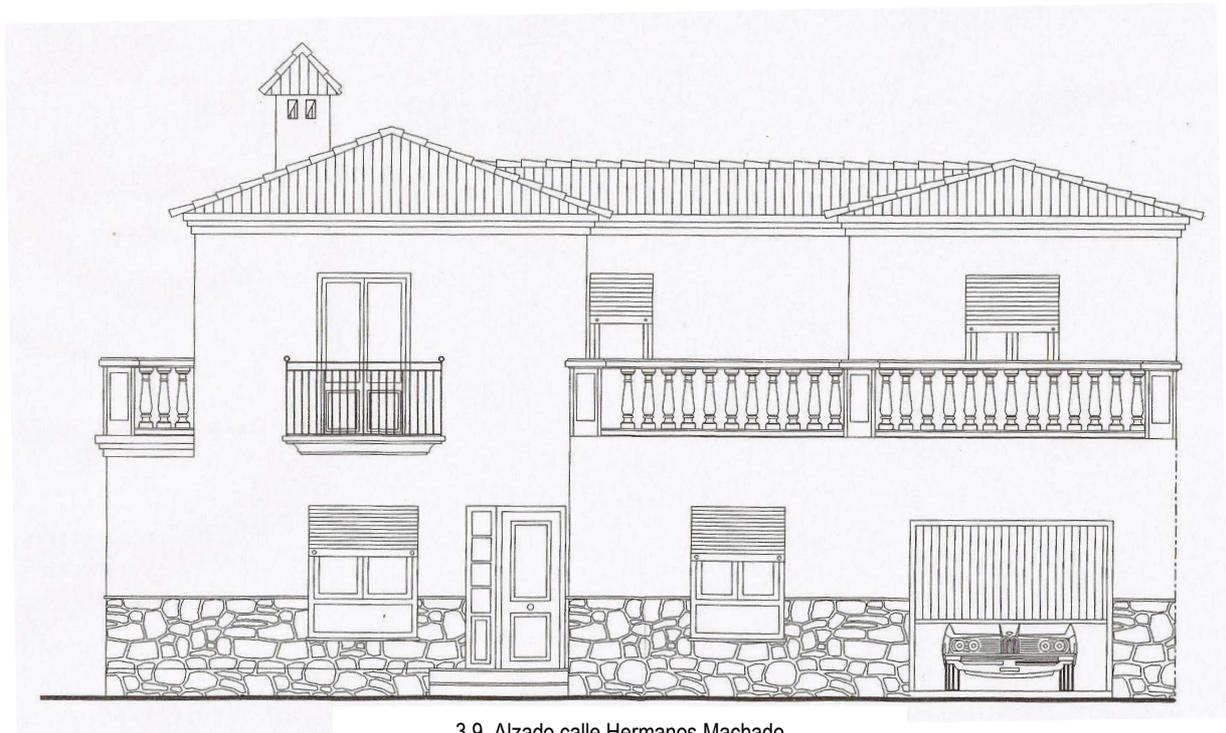




3.7. Plano de Distribución Primera Planta de la vivienda



3.8. Alzado calle Adrián Leonés



3.9. Alzado calle Hermanos Machado

En lo relativo a la ejecución de la vivienda, a continuación, se detallan las características básicas de las unidades de obra reflejadas en proyecto, mediante el análisis de su memoria constructiva, destacando los aspectos más importantes de las diferentes fases de la obra que en él se contempla: cimentación, saneamiento, estructura, albañilería, cubierta, instalaciones, revestimientos, carpintería y vidriería

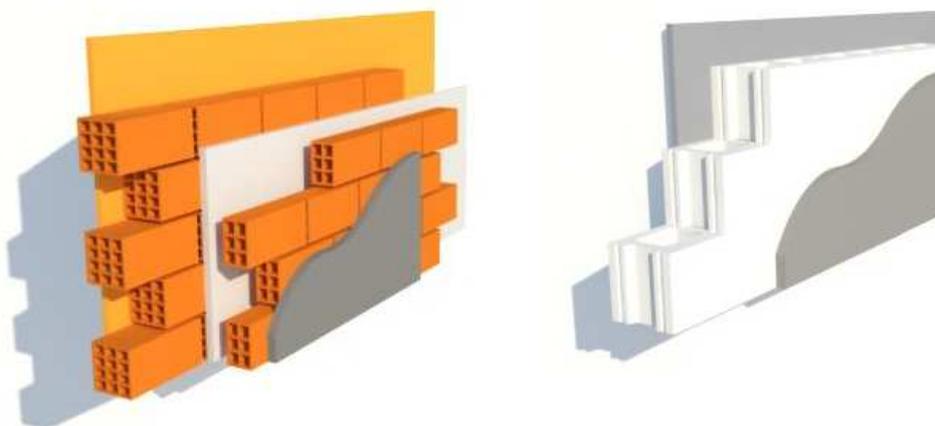
La cimentación se realizó mediante zapatas corridas de hormigón armado, conectadas rígidamente entre sí, considerándose las cargas más desfavorables de la estructura más el peso de la propia cimentación. El terreno es arcilloso semiduro, con una presión admisible de 2 kg/cm^2 , siendo la profundidad de asiento de las zapatas menor a 80 cm.

Para el saneamiento, se efectuó una red vertical unitaria que servirá para el desagüe de pluviales como de fecales, con bajantes de PVC, y cada una dispondrá de una arqueta a pie de bajante. La unión de todas ellas hasta la red general se realizó con colector de PVC y se dispuso de arquetas de paso en todos aquellos cambios de dirección o unión a esta red, con una pendiente máxima del 1,5% en cada uno de sus tramos. La conexión a la red general de alcantarillado fue mediante arqueta sifónica, y los bajantes superiormente tienen ventilación mediante red paralela, del mismo material.

La estructura se realiza de muro de carga de bloque cerámico, yendo rematada superiormente por zuncho de coronación. A ambos lados de los zunchos se macizó las cabezas de las viguetas unos 30 cm, para garantizar el empotramiento. Se dispuso vigas de atado uniendo los zunchos de los muros de carga, del mismo canto del forjado y 25 cm de ancho, para garantizar el monolitismo de la estructura. Los forjados son unidireccionales de 22+4 cm,

con bovedillas de hormigón y viguetas semirresistentes, de 0,7 m de distancia entre ejes, capa de compresión de 4 cm y con mallazo de reparto. En planta baja se dispone un forjado sanitario formado por viguetas autorresistentes y bovedillas de hormigón, a una distancia mínima del terreno de 30 cm, para formar la cámara de aire. Las escaleras son de hormigón armado apoyadas en la cimentación en zanja.

El cerramiento exterior es no portante, con un enfoscado de mortero de cemento de 3 cm, dosificación 1:6, tabique de ladrillo hueco doble, aislamiento tipo poliestireno expandido de 2 cm de espesor, cámara de aire de 4 cm, tabique de ladrillo hueco sencillo y enlucido de yeso de 1,5 cm de espesor. El espesor total es de 20 cm, con un coeficiente de transmisión térmica inferior a 1.5 Kcal/h°C y atenuación acústica superior a 50 dB, garantizándose su estanqueidad. Las mochetas se hacen de ladrillo perforado sin rotas que permitan el paso de humedades y trabas con el tabique de ladrillo hueco. Los dinteles fueron fabricados en obra quedando bajo el enfoscado. Los pretilos son de ½ pie de ladrillo perforado, enfoscado a ambas caras con mortero de cemento de dosificación 1:6. En puntos de anclaje al forjado, se garantizó la estanqueidad mediante impermeabilización asfáltica.



3.10. Sección constructiva cerramiento exterior, a la izquierda, y muro de carga, a la derecha

El muro de carga se realizó mediante fábrica de bloque cerámico tomado con mortero de cemento de espesor 1.5 cm, enfoscado a ambas caras hasta alcanzar un espesor total de 20 cm. El tabique a panderete se ejecutó con ladrillo hueco doble de 9 cm de espesor tomado con mortero 1:6; el tabicón para los paramentos que alojen las conducciones mayores a 2 cm, con ½ pie de ladrillo triple hueco tomado también con mortero de cemento; y los peldaños se formaron con ladrillo triple hueco tomado con mortero de dosificación 1:6.

La cubierta transitable es del tipo “catalana”: sobre el forjado se monta una capa de hormigón ligero para formar las pendientes, sobre este se pone una capa de mortero de regularización 1:6 que servirá de apoyo a la lámina asfáltica de 8 kg/m² y sobre esta otra capa de hormigón de regularización para después acoger la solería cerámica de 14x28 cogida con mortero 1:6. La cubierta de teja se monta sobre tabiquillo del 4 cm, siendo los tabiques maestros de 7 cm, sobre los que se disponen los rasillones cerámicos que acogen la tela asfáltica y sobre esta se ponen la teja cerámica cogida con mortero de cal, dejándose los

suficientes agujeros de ventilación. Se dispone en las juntas de dilatación de un doblado de la lámina asfáltica para su impermeabilización y se sella con un relleno de mastic asfáltico. Las cazoletas son de hierro fundido y cuenta con dos claraboyas o lucernarios de PVC practicables.

La vivienda cuenta con instalaciones de fontanería, saneamiento, electricidad, telefonía, antena de TV y FM y ventilación, como se detalla a continuación:

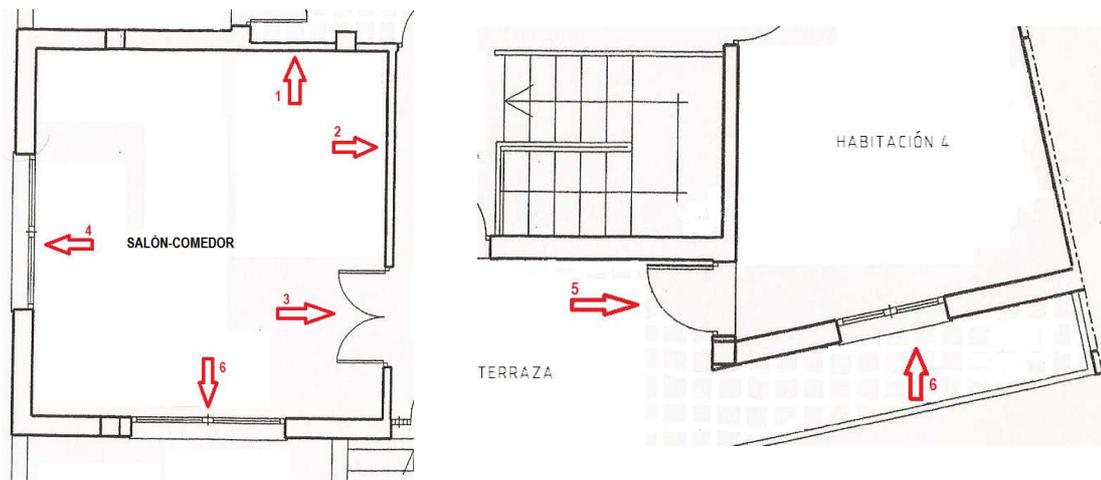
- Fontanería: se dimensiona para garantizar una continuidad del servicio con una presión entre 10-35 m.c.a., de cobre tanto para agua fría como ACS, con 4 cm mínimo de separación entre ambas; se instala una toma de agua y desagüe para la lavadora en el lavadero; el agua caliente se produce mediante calentador de paso a gas de butano de 10 l/min.
- Saneamiento: los desagües de los aparatos son de PVC, con sifón individual en cada aparato en lavadero, fregadero y equipos de bombeo; la conexión entre inodoro-bajante es directa o con un manguetón de 1 m como máximo; los sumideros tienen cierre hidráulico y rejilla desmontable; se dispuso de contratubo relleno con mastic asfáltico en paso de forjados y muros.
- Electricidad: las instalación eléctrica queda ejecutada bajo tubo semirrígido de PVC, registrable, con una tensión nominal de 220 V y un grado de electrificación medio; la toma de corriente será de 10 A para alumbrado, 16 A para uso domestico y 25 A para cocinas eléctricas, calor negro y similares, todas protegidas con toma de tierra; el circuito de tomas de tierra garantiza una tensión de contacto inferior a 24 V en cualquier masa y una resistencia inferior a 20 ohmios.
- La instalación de telefonía se separa 5 cm de las demás y se desarrolla bajo tubo flexible y cajas de registro; y las antenas de TV y FM se canalizan bajo tubo semirrígido con dos tomas por vivienda, quedando los mástiles fijos en la cubierta del edificio.
- En baños y aseos en que no haya ventilación directa, y en cocinas se dispone de conducto de ventilación forzada tipo shunt, con doblado de tabiquería a panderete en todo su contorno, excepto en cubierta que se hará con tabicón de ladrillo hueco enfoscado con mortero.

El acabado en paredes interiores secos se hace con enfoscado maestreado y fratasado de mortero de cemento; en los húmedos con enfoscado de mortero de cemento 1:6 de 1 cm de espesor sobre el que se colocan los azulejos esmaltados y vidriados con su correspondiente mortero de agarre (1:2:10), las juntas son a hueso, fraguadas con lechada de cemento blanco y con la adición de un hidrofugante; y en paredes exteriores se reviste con mortero de cemento mediante un enfoscado maestreado de 1,5 cm de espesor con mortero 1:6 y adición de hidrofugante. La solería son de plaquetas de gres color claro, mortero de agarre de cemento de 1:6 de 2 cm, arena de regularización, con un espesor de 3 cm, limpia de 5 mm de tamaño máximo de árido. Los techos están efectuados mediante guarnecido de yeso blanco y enlucido con un espesor mínimo de 15 mm. Por último, los peldaños están revestidos con huella de

mármol blanco de Macael de 3 cm de espesor, abrigantado en taller, tomado con mortero 1:6 y con tabica de las mismas características, pero de 2 cm de espesor.

En lo relativo a la carpintería, la exterior es de aluminio lacado en blanco enmasilladas con silicona, con atenuación acústica será superior a 10 dB y luna pulida flotante; mientras que la interior será de pino Flandes lisas o para acristalar, con cerco de pino gallego y el tapajuntas de pino Flandes, el espesor de las puertas es de 35 mm y de 40 mm en puertas de acceso, con herrajes de latón. Las balaustradas serán prefabricadas de hormigón, redondas y contorneadas, las barandillas son de acero laminado en frío y de tubos rectangulares, y las persianas de PVC en caja de aluminio. En cuanto a acabados superficiales, los paramentos exteriores e interiores están pintados en pintura plástica lisa de color blanco, la carpintería en esmalte sintético transparente y la cerrajería con esmalte sintético negro.

Una vez analizado las especificaciones de proyecto, se constata algunos cambios que pueden ser significativos de cara a reflejar un comportamiento energético determinado: se elimina tabiquería para anexionar piezas (1), se cambia un paramento ciego por una cristalera (2), o una puerta de doble hoja por una corredera (3), también se amplía el hueco de una ventana, pasando a ser simple de dos hojas a doble (4), se elimina un acceso a la terraza en planta alzada (5) o se cambian ventanas por puertas practicables exteriores (6).



3.11. Esquema en planta de los cambios efectuados en la vivienda

Análisis de la demanda energética.-

Para efectuar cambios en la vivienda, es necesario conocer antes los puntos y elementos que presentan un comportamiento poco eficiente en materia de energía, aquellos elementos que necesitamos reforzar para ganar en confort térmico y acústico, o para adaptarlas a las nuevas exigencias que la normativa contempla, y que no contemplaba con anterioridad. Se establecerá una base de datos, mediante el cálculo de diferentes parámetros, para elegir las soluciones constructivas más adecuadas, poder redimensionar las instalaciones

y equipos de producción necesarios, y valorar la adopción o no de equipos de generación de energías limpias de manera comunitaria. Para ello necesitamos documentos de referencia, contenidos en la normativa anteriormente vista, y otra que amplíe las necesidades establecidas, indicándose en cada caso la referencia oportuna. La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática y de la carga interna en sus espacios. Se analizarán las condiciones energéticas relativas al ACS, la calefacción y la refrigeración.

Para hacer un análisis de la demanda energética, utilizaremos el Documento Básico de Ahorro de Energía, HE, empezando por su primera exigencia básica, “limitación de la demanda energética”, siguiendo el siguiente esquema de procedimiento de cálculo:

- Datos previos: zonificación climática, clasificación de los espacios y definición de la envolvente térmica de nuestro edificio.
- Aplicación de la opción de cálculo elegida.
- Cumplimentación de las fichas justificativas necesarias.

En primer lugar determinaremos la zona climática a partir de valores tabulados del Apéndice D (tabla D.1), del mismo documento, que según la tabla de referencia, teniendo en cuenta que si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encuentra a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la que le corresponde a la capital de provincia. Vera se encuentra a 95 m de altura sobre el mar, por lo que le corresponde la misma zona climática que la provincia, Almería, que en este caso, pertenece a la zona A4, con lo que así podemos calcular las pérdidas por transmitancia de los elementos que componen nuestra edificación.

ZONA CLIMÁTICA A4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Silm}: 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lim}: 0,29$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Carga interna baja			Carga interna alta		
	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,40	0,55	0,42	0,30	0,42	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,87 $\text{W/m}^2\text{K}$ se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas A3 y A4.

3.12. Tabla D.1 CTE, zonificación climática de la península para establecer los valores límites de la transmitancia

A continuación clasificaremos los espacios que componen la edificación en espacios habitables o no, cuya delimitación corresponde con habitaciones u otras estancias de la vivienda. La clasificación de los espacios de nuestro edificio en función de su habitabilidad, de su carga interna y de su higrometría (estas dos últimas solo para espacios habitables) queda recogida en la siguiente tabla:

RECINTO		ESPACIOS			
		ESPACIOS HABITABLES			ESPACIOS NO HABITABLES
		CARGA INTERNA		HIGROMETRÍA (Clase)	
		BAJA	ALTA		
PLANTA BAJA	Hall	X		3	
	Salón-Comedor				
	Cocina				
	Aseo				
	Dormitorio 1				
	Cochera	-		-	X
PLANTA PRIMERA	Escalera	X	-	3	-
	Dormitorio 2				
	Aseo				
	Baño				
	Dormitorio 3				
	Dormitorio 4				
CUBIERTA (bajo-cubierta)		-		-	X

La envolvente térmica esta formada por todos los elementos que separan los espacios habitables del ambiente exterior (aire, terreno y otros edificios) y de los espacios no habitables. De esta forma el cerramiento exterior del garaje, espacio no habitable, no se considera parte de la envolvente térmica, ya que limita un espacio no habitable del exterior. A continuación se definen y clasifican todos los elementos que componen la envolvente térmica, tanto los cerramientos como las particiones interiores.

Además, necesitaremos conocer el porcentaje de huecos (puertas y ventanas) en cada fachada de nuestro edificio, para determinar que opción de cálculo aplicamos: simplificada o general. Para coger la opción simplificada debemos no excedernos de un 60% de huecos en relación a la superficie de la fachada, y que los lucernarios no excedan del 5% del total de la cubierta. En nuestra vivienda la fachada principal tiene un 24% de huecos en relación a su superficie, en la lateral de un 22%, y en la fachada del patio interior un 7%, por lo que cumplimos el primer requisito del 60% total; y en cuanto a los lucernarios, tenemos una superficie total de 4,5%, cumpliendo también el segundo requisito para obras de rehabilitación.

Es necesario estudiar los parámetros característicos que forman la envolvente térmica, en muros de fachada, cubiertas, suelos, cerramientos en contacto con el terreno, huecos y medianerías, para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de los diferentes espacios, imponiéndoles un valor de transmitancia (tabla 2.1 HE-1) y en función del sentido del

flujo de calor. El primer cálculo de demanda es en relación con los cerramientos en contacto con el aire exterior. Este cálculo es de aplicación en las partes opacas de todos los cerramientos en contacto con el exterior, y como consecuencia, sus puentes térmicos, cuya superficie sea superior a 0,5 m² y que estén integrados en las fachadas, tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana. Para todos estos espacios el sentido del flujo de calor viene reflejado en la tabla E.1 del HE-1 y la transmitancia térmica, U, viene expresada como:

$$U = 1/R_T$$

De dónde:

U: transmitancia térmica (W/m²K)

R_T: resistencia térmica total del componente constructivo (m²K/W)

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

De dónde:

R_{si} y R_{se}: resistencias térmicas superficiales del aire interior y exterior respectivamente (m²K/W)

R₁, R₂, ..., R_n: las resistencias térmicas de cada capa (m²K/W)

$$R = e/\lambda$$

De dónde:

e: espesor de la capa (m)

λ: conductividad térmica de diseño del material (W/mK)

FACHADA	COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
	Resistencia aire exterior			0,04
	Enfoscado mortero de cemento	0,03	1,2	0,03
	Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
	Cámara de aire	0,04		0,17
	Aislamiento Térmico EPS	0,02	0,032	0,63
	Ladrillo hueco doble 7	0,07	0,42	0,17
	Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
	Resistencia aire interior			0,13
	R: 1,49		U: 0,67	

MEDIANERA	COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
	Resistencia aire interior			0,13
	Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
	Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
	Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
	Resistencia aire interior			0,13
R: 0,65		U: 1,54		

AZOTEA A LA ANDALUZA	COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
	Resistencia aire exterior			0,04
	Enlucido de yeso	0,02	0,26	0,08
	Forjado de hormigón			0,19
	Hormigón aligerado	0,12	0,15	0,80
	Mortero de regularización	0,02	1,2	0,02
	Lamina asfáltica	0,004	0,16	0,03
	Mortero de protección	0,02	1,2	0,02
	Mortero de agarre	0,03	1,2	0,03
	Solería cerámica	0,02	0,42	0,05
	Resistencia aire interior			0,10
	R: 1,34	U: 0,75		

Para los cerramientos en contacto con el terreno nos encontramos con varios elementos: suelos, muros y cubiertas; en donde la normativa marca una serie de casuísticas y parámetros de cálculo. En nuestro caso, la vivienda unifamiliar no tiene ni cubiertas enterradas ni muros enterrados o semienterrados, ni suelos directamente en contacto con terreno, ya que se ejecutó un forjado sanitario, por lo que pasamos a analizar las particiones interiores con espacios no habitables, excepto suelos en contacto con cámaras sanitarias, del que posteriormente haremos el análisis correspondiente. La transmitancia térmica para las particiones interiores viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p \cdot b$$

De dónde:

U: transmitancia térmica (W/m²K)

U_p : transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, calculada como un cerramiento en contacto con el aire exterior (W/m²K)

b: coeficiente de reducción de temperatura (valores tabla E.7)

NOTA: Para los valores de las resistencias superficiales se toman los de la tabla E.6

CUBIERTA DE TEJA	COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	
	Resistencia aire exterior			0,17	
	Enlucido de yeso	0,02	0,26	0,08	
	Forjado de hormigón			0,19	
	Empalomado y cámara de aire			0,24	
	Tablero de rasilla	0,04	0,42	0,10	
	Mortero de regularización	0,02	1,2	0,02	
	Lamina asfáltica	0,004	0,16	0,03	
	Mortero de protección	0,02	1,2	0,02	
	Mortero de agarre	0,03	1,2	0,03	
	Teja curva	0,03	0,42	0,07	
	Resistencia aire interior			0,17	
	b = 0,56		R: 1,10		
	$A_{iu}/A_{ue}=1,34$	Caso 1	U_p: 0,91		
U = $U_p \cdot b$ = 0,51					

GARAJE	COMPONENTES		ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
	Resistencia aire interior				0,13
	Enlucido de yeso		0,015	0,26	0,06
	Ladrillo hueco doble 11		0,115	0,42	0,27
	Enlucido de yeso		0,015	0,26	0,06
	Resistencia aire interior				0,13
	b = 0,83		R: 0,65		
	$A_{iu}/A_{ue}=0,81$	Caso 2	U_p: 1,54		
U = U_p · b = 1,28					

Para calcular los valores del suelo en contacto con la cámara de aire del forjado sanitario, necesitamos verificar la altura de la cámara de aire, que es de 50 cm, y la profundidad respecto al nivel del terreno, que es de 0,8 metros. La primera de las condiciones la tenemos limitada a una altura inferior o igual a un metro, por lo que cumplimos, pero la segunda, limitada a una profundidad inferior o igual a 0,5 metros, no se cumple, por lo que el procedimiento de cálculo se ajustará al descrito anteriormente para particiones interiores en contacto con espacios no habitables, despreciándose en cualquier caso las resistencias térmicas superficiales.

SUELO PLANTA BAJA	COMPONENTES		ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
	Encachado de bolos		0,3	0,7	0,43
	Film de polietileno		0,001	0,03	0,03
	Solera de hormigón		0,15	1,4	0,11
	Mortero de agarre		0,03	1,2	0,03
	Solería		0,03	0,75	0,04
	Tabla E.9 (interpolación) B' = 18		R: 0,63		
			U: 0,67		

Para finalizar el cálculo de la transmitancia térmica de los diferentes elementos de la vivienda, se analizan los parámetros característicos a los huecos o aperturas existentes en la envolvente térmica, referidos según el caso, a su factor solar modificado. Recordemos que la carpintería es de aluminio sin rotura de puente térmico y con un acristalamiento de 6 mm de espesor sencillo. Para las puertas de acceso, las no acristaladas, el Documento Básico, no aclara bien la posición a tomar, interpretándose que sólo necesitamos calcular la U, sin el factor solar, y lo haremos igual que si fuera un cerramiento en contacto con el exterior (apdo. E.1.1) de una capa de 3-4 cm de madera maciza. Igual haremos con la puerta del garaje, pero considerando que es un cerramiento en contacto con un espacio no habitable (apdo. E.1.3.1). En las siguientes tablas de valores se refleja la transmitancia de ventanas y su factor de forma, de lucernarios y de puertas.

VENTANAS							
REF	m ² hueco	m ² vidrio	m ² marco	FM	PARTE SEMITRANSARENTE	$\lambda = 1,05$	$U_{H,v} = 5,52$
V1	7,14	4,5	2,64	0,37	Acristalamiento incoloro 6 mm	$R = 0,19$	
V2	1,44	0,76	0,68	0,47	PARTE OPACA	$U_{H,m} = 5,70$	
V3	1,68	0,95	0,73	0,43	Carpintería aluminio sin RPT		
V4	0,84	0,4275	0,4125	0,49	FM (mayor)	0,56	
V5	1,08	0,475	0,605	0,56	$U = (1-FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$ $U = 5,62$		
P6	2,31	1,47	0,84	0,36			
<p>De dónde:</p> <p>U: transmitancia térmica (W/m²K)</p> <p>$U_{H,v}$: transmitancia térmica de la parte semitransparente o vidrio (W/m²K)</p> <p>$U_{H,m}$: la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario o puerta (W/m²K)</p> <p>FM: la fracción del hueco ocupada por el marco</p> <p>NOTA: elegiremos al FM mayor ya que al ser la transmitancia de nuestro marco mayor que la del acristalamiento, estaremos del lado de la seguridad</p>							
FACTOR SOLAR				$F = F_s [(1-FM) \cdot g_s + FM \cdot 0.04 \cdot U_{H,m} \cdot \alpha]$			
F = 0,29				<p>De dónde:</p> <p>F_s: factor de sombra del hueco o lucernario (en general 1)</p> <p>FM: la fracción de hueco ocupada por el marco</p> <p>g_s: factor solar de la parte semitransparente = 0,61</p> <p>$U_{H,m}$: transmitancia térmica del marco de la ventana (W/m²K)</p> <p>α: absortividad del marco (tabla E.10) = 0,20</p>			

LUCERNARIOS	
PARTE SEMITRANSARENTE	$U_{H,v} = 5,8$
Lámina de plexiglás simple 3 mm	
PARTE OPACA	$U_{H,m} = 5,70$
Carpintería aluminio sin RPT	
FM	0,10
$U = (1-FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$ $U = 5,79$	
<p>De dónde:</p> <p>U: transmitancia térmica (W/m²K)</p> <p>$U_{H,v}$: transmitancia térmica de la parte semitransparente o vidrio (W/m²K)</p> <p>$U_{H,m}$: la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario o puerta (W/m²K)</p> <p>FM: la fracción del hueco ocupada por el marco</p>	
FACTOR SOLAR	$F = F_s [(1-FM) \cdot g_s + FM \cdot 0.04 \cdot U_{H,m} \cdot \alpha]$
F = 0,34	<p>De dónde:</p> <p>F_s: factor de sombra del hueco o lucernario (tabla E.15) = 0,75</p> <p>FM: la fracción de hueco ocupada por el marco</p> <p>g_s: factor solar de la parte semitransparente = 0,5</p> <p>$U_{H,m}$: transmitancia térmica del lucernario (W/m²K)</p> <p>α: absortividad del marco (tabla E.10) = 0,20</p>

PUERTA ENTRADA	COMPONENTES		ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
	Resistencia aire exterior				0,04
	Madera maciza		0,04	0,2	0,20
	Resistencia aire interior				0,13
	R: 0,33		U: 3,03		
PUERTA GARAJE	COMPONENTES		ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
	Resistencia aire exterior				0,13
	Plancha de metal		0,004	47	8,51x10 ⁻⁵
	Cámara de aire		0,03		0,17
	Resistencia aire interior				0,13
	b = 0,73		R: 0,13		
	A _{iu} /A _{ue} =1,53	Caso 2	U_p: 7,69		
U = U_p·b = 5,61					

Una vez calculados todos los valores de transmitancia de los elementos, podemos saber cuales se ajustan a los valores que marca la normativa y cuales no, para realizar correcciones más certeras y precisas que nos ayuden a conseguir una eficiencia energética en la vivienda.

	ELEMENTO	U	F	U (W/m ² K)		LIMITACIÓN ZONA	
				CALCULADA	MÁXIMA	Tabla 2.1	
Cubierta	Azotea a la andaluza (C1)	20,95	0,75	-	0,72	0,5	0,65
	Cubierta de teja (C2)	71,56	0,51				
	Lucernarios (L)	2,88	5,79				
				0,34	0,34	0,29	
Fachada	Cerramiento Fachada (M1)	158,27	0,67	-	0,85	0,94	1,22
	Medianera (MD)	33,99	1,54				
	Garaje (M2)	13,96	1,28				
	Puerta de Entrada (HPE)	2,42	3,03				
	Puerta de Garaje (HPG)	6,48	7,69				
	Ventana (HV)	30,96	5,62				
				0,29	0,29	SIN LÍMITE	
Suelo con cámara aire (S2)		76,82	0,67		0,67	0,53	0,69

Procedamos ahora a evaluar las necesidades de calefacción de la vivienda, para lo que es preciso conocer la cantidad de energía necesaria para calentar y mantener la vivienda a una temperatura óptima, según las condiciones ambientales, y además, determinar las pérdidas que se producen en el transporte. Lo primero será determinar la masa de aire que necesitamos calentar. Para el cálculo se coge la temperatura media mensual según la Agencia Estatal de Meteorología para la estación meteorológica más cercana de Almería, durante el periodo de 1971 a 2000.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
CELSIUS	12,5	13,2	14,7	16,4	19,1	22,7	25,7	26,4	24	20	16,2	13,7	18,7
KELVIN	286,65	287,35	288,85	290,55	293,25	296,85	299,85	300,55	298,15	294,15	290,35	287,85	292,85

Recordemos que la superficie de la vivienda se dividía en 61,15 m² en planta baja y 57,83 m² en la primera y última planta, lo que supone un total de 118,98 m². Si la altura libre de la vivienda es de 2,70 metros, tenemos un volumen a calefactar de 321,25 m³ de aire. Además, debemos tener en cuenta la cantidad de infiltraciones e interferencias en el sistema, considerando que en total se tiene en torno un 50% de la renovación de aire. Así tendremos una masa total de aire que calentar de 196,94 m³ de media mensual. Si lo que queremos alcanzar un óptimo confort, consideraremos una temperatura de 20°C, según marcan las recomendaciones del Gobierno, como situación ideal para estar con comodidad en cualquiera de las estancias.

Analizando lo dicho, y vistas las temperaturas que ofrece la AEMET, en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, no sería necesario un aporte de calefacción a las condiciones de la vivienda, ya que con las propias condiciones meteorológicas ambientales se cubre la exigencia del ambiente interior a 20°C. También es cierto que las condiciones anteriores son “artificiales”, porque sólo se han tenido en cuenta los supuestos ideales, y en cualquier instalación de calefacción se experimentan pérdidas de energía en función de los materiales y características de la edificación. Para calcular esto, es necesario calcular la masa de aire a calentar y la cantidad de calor necesaria para ello, tal y cómo se muestra a continuación.

$m = P \cdot V \cdot P_m / R \cdot T$	$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta t$
De dónde: m: masa de aire a calentar (kg) P: presión atmosférica (1 atm) V: volumen de aire a calentar (m ³) P _m : peso molecular del aire (28,96 kg/mol) R: constante universal de los gases ideales (0,082 atm·m ³ /K·mol) T: temperatura del aire a calentar (° Kelvin)	De dónde: Q: cantidad de calor necesaria m: masa total de aire a calentar (kg) C _e : calor específico del aire (0,24 kcal/kg°K) Δt: salto térmico (°K)

MASA DE AIRE A CALENTAR												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
S/RENOVACIÓN	395,53	394,57	392,52	390,22	386,63	381,94	378,12	377,24	380,27	385,44	390,49	393,88
C/RENOVACIÓN	197,76	197,28	196,26	195,11	193,31	190,97	189,06	188,62	190,14	192,72	195,24	196,94
CANTIDAD DE ENERGÍA NECESARIA PARA CALEFACCIÓN												
Kcal/día	308,99	275,09	203,01	122,22	-4,18	-169,12	-303,55	-334,53	-227,71	-45,79	131,67	250,98
KJ/día	1.294,66	1.152,63	850,61	512,09	-17,50	-708,62	-1.271,88	-1.401,69	-954,09	-191,86	551,71	1.051,61
MJ/mes	40,13	32,27	26,37	15,36	-0,54	-21,26	-39,43	-43,45	-28,62	-5,95	16,55	32,60
MJ	163,29											

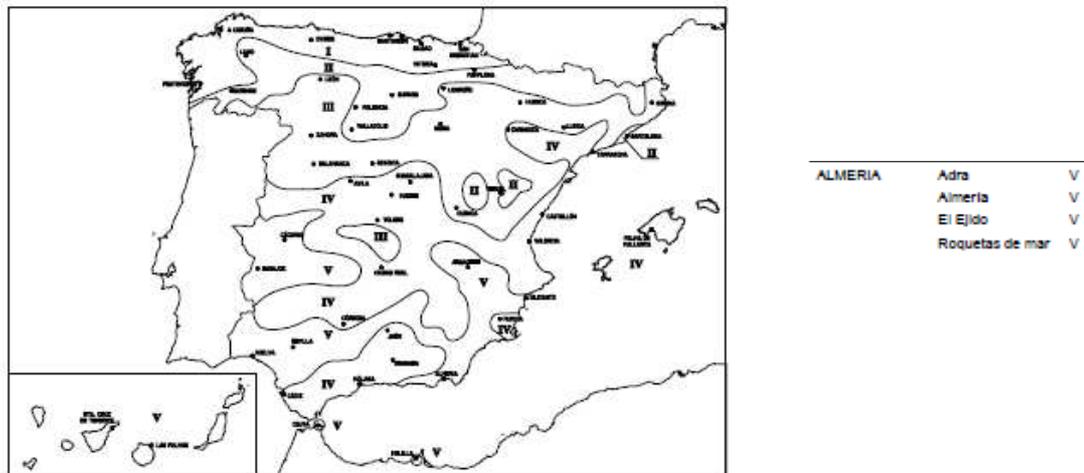
Para calcular esas pérdidas de energía utilizaremos los coeficientes globales de transmisión de la envolvente térmica por la superficie de la envolvente a la que afecte, para obtener una transmitancia total de 470,88 W/K. El flujo de calor perdido mensualmente se obtiene a partir de los valores de temperatura de la localidad. Como no contamos con datos exactos de la localidad por la inexistencia de estación meteorológica propia, usaremos la tabla de grados que nos ofrece el IDAE, a través de su guía técnica “Condiciones climáticas exteriores de proyecto”, donde además se precisa que elegiremos la ciudad más cercana a la nuestra, Águilas en este caso, a 40 km, tomando los datos en base 20/20 necesarios para calefacción. En la siguiente tabla vienen recogidos ese espectro de temperaturas (Grados Días Calefacción) y el cálculo de pérdidas mensual.

MESES	PÉRDIDAS				DEMANDA	
	GDC ₂₀ (K)	U _T (W/K)	Q (KW)	Q (MJ)	Q s/PÉRDIDAS (MJ)	Q c/PÉRDIDAS (MJ)
ENE	267	470,88	125,72	10863,43	40,13	10.903,56
FEB	225		105,95	9154,57	32,27	9.186,84
MAR	183		86,17	7445,72	26,37	7.472,09
ABR	117		55,09	4760,38	15,36	4.775,74
MAY	49		23,07	1993,66	-0,54	1.993,12
JUN	0		0,00	0	-21,26	-21,26
JUL	0		0,00	0	-39,43	-39,43
AGO	0		0,00	0	-43,45	-43,45
SEP	0		0,00	0	-28,62	-28,62
OCT	40		18,84	1627,48	-5,95	1.621,53
NOV	151		71,10	6143,74	16,55	6.160,29
DIC	237		111,60	9642,82	32,6	9.675,42
TOTALES			597,55	51.631,80	24,03	51.655,83

En definitiva, para climatizar la vivienda, en este caso con el aporte de calefacción, necesitamos cubrir una demanda de 51.656 MJ aproximadamente, con un equipo de producción de calor. Para los meses en negativo, la demanda no es de calor, sino de frío, por lo que procedemos a calcular, de igual manera la demanda de aire frío a la vivienda durante esos meses. Para ello estableceremos una temperatura de confort ideal de 23 grados Celsius, según aconseja el ministerio. Además, al igual que con la calefacción, la vivienda esta sometida a pérdidas y ganancias calóricas, lo cual se traduce en un aumento de la energía demandada. Estas pérdidas las calcularemos según los datos Grados Días para Refrigeración en base 20/20 para las condiciones de verano de la estación meteorológica de Águilas, la más cercana. La energía de refrigeración ideal sería de 61 MJ aproximadamente, y la real de unos 23.000 MJ, tal y como se demuestra a continuación.

MESES		JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
SITUACIÓN IDEAL	m (kg)	190,97	189,06	188,62	190,14
	Ce (Kcal/KgºK)	0,24	0,24	0,24	0,24
	Tª media (K)	296,85	299,85	300,55	298,15
	Tª calculo (K)	296,16	296,16	296,16	296,16
	Q (Kcal/día)	31,62	167,43	198,73	90,81
	Q (KJ/día)	132,42	701,07	832,12	380,24
	Q (MJ/mes)	3,97	21,03	24,96	11,41
PERDIDAS	GDR_20 (K)	109	170	189	117
	UT (W/K)	470,88	470,88	470,88	470,88
	Q (KW)	51,33	80,05	89,00	55,09
	Q (MJ)	4.280,91	6.676,64	7.422,85	4.595,10
SITUACION REAL (MJ)		4.284,88	6.697,67	7.447,82	4.606,51
23.036,88					

La última demanda energética es referida a la producción de agua caliente sanitaria (ACS), donde de nuevo volvemos a tener que catalogar nuestra vivienda según los datos que marca el CTE. Esta se encuentra emplazada en el municipio de Vera, provincia de Almería, a 96 metros aproximadamente sobre el nivel del mar. Aplicando estos datos a lo dispuesto en el DB-HE 4 del CTE, esta se encuentra en la zonificación climática IV, con uso de ocupación de 6 personas relativo a los 4 dormitorios que tiene, según los datos del Código, no de la ocupación real. La demanda de agua caliente sanitaria que esta vivienda haría, de referencia a 60ºC, es de 30 litros diarios por persona y día, que al tratarse de primera residencia, se encontrará ocupada durante todo el año, por lo que hablamos de 180 litros de ACS diarios por persona. La temperatura media óptima en el interior queda establecida entre los 21-23 grados en invierno y los 22-25 grados en verano.



3.13. Zonificación en función de la Radiación Solar Global media diaria anual del CTE-DB HE

Sí el consumo diario es de 180 litros/día de ACS, mensualmente hablamos de un consumo de 5.400 litros, que se reflejan en 64.800 litros anuales de media. Además necesitamos saber la energía necesaria para aportar a la red de agua para elevar la temperatura a los 60 grados exigidos de servicio. Para ello calcularemos el salto térmico entre el agua de la red pública y el agua de servicio, que estimamos entre la provincia de Almería y la de Murcia, por ser las más cercanas al municipio.

TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA DEL AGUA DE LA RED GENERAL EN ° C												
Fuente: Censolar												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ALMERÍA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
	12,3											
MURCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
	12,3											
SALTO TÉRMICO DE TEMPERATURA DEL AGUA												
Δt	52	51	49	47	46	45	44	45	46	47	49	52
	47,7											

ENERGÍA NECESARIA PARA ACS													
UNIDADES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
Kcal/día	6240	6120	5880	5640	5520	5400	5280	5400	5520	5640	5880	6240	5724
kWh/día	7,24	7,10	6,82	6,54	6,40	6,26	6,12	6,26	6,40	6,54	6,82	7,24	6,64
kWh/mes	224,39	198,78	211,44	196,27	198,50	187,92	189,87	194,18	192,10	202,81	204,62	224,39	202,11
kWh	2425,48												
$Q = V \cdot \delta \cdot C_e \cdot \Delta t$							De dónde: Q: cantidad de calor necesaria (kcal) V: volumen total de ACS de la vivienda (litros) δ : densidad del agua (1 kg/l) Ce: calor específico del agua (1 kcal/kg°C) Δt : salto térmico = $t_{servicio} - t_{red}$ (°C)						

Según los cálculos anteriores necesitaremos aproximadamente 2.425 kWh anuales para abastecer el consumo de agua caliente de la vivienda. Ahora bien, contactada con la empresa suministradora y una vez tenido acceso a los datos reales de consumo de la misma, mediante la facturación mensual, nos encontramos con variaciones con respecto a el cálculo estimado: la familia que ocupa la vivienda con 5 miembros y usando la vivienda anualmente, consume de media 492 litros diarios, que suponen unos 30.000 litros al año, para agua fría y agua caliente.

CONSUMO REAL VIVIENDA SEGÚN FACTURACIÓN							
2011							
BIMESTRE	1	2	3	4	5	6	ANUAL
Litros	33.000	31.000	30.000	35.000	21.000	35.000	30.833
Litros/día	559	508	492	565	344	574	507
2010							
Litros	27.000	32.000	35.000	32.000	26.000	24.000	29.333
Litros/día	458	525	574	516	426	393	482
2009							
Litros	32.000	30.000	28.000	30.000	28.000	30.000	29.667
Litros/día	542	492	459	484	459	492	488
MEDIA DEL PERIODO							
29.944			Litros		492		Litros/día

Si tomamos por bueno las estimaciones que marcan que el 25% del total de agua consumida por una vivienda es referida a ACS, y los datos que da Codeur, la empresa suministradora de agua de Vera, sobre la temperatura media de suministro del agua que son 22 °C, la energía necesaria para calentar el agua a 60°C será de aproximadamente 2.000 kWh anuales.

ENERGÍA NECESARIA PARA ACS			
V	δ	C_e	Δt
123 litros	1 kg/l	1 kcal/kg°C	38 °C
$Q = V \cdot \delta \cdot C_e \cdot \Delta t$			
4.674,00 kcal/día			
5,42 kWh/día		165,37 kWh/mes	
1.984,39 kWh			

Propuesta de rehabilitación de la envolvente.-

Una vez vistos los datos de consumo y la demanda de energía que presenta la vivienda, veremos sobre que elementos constructivos se cree necesario actuar para que mejoren las circunstancias actuales de eficiencia. Estas actuaciones, además, deben responder a un grado concreto de intervención, ya que podemos reforzar los elementos construidos, mediante su modificación total o parcial, o proponer otro sistema distinto que se crea que reúna mejor características energéticas. Todo bajo dos grandes condicionantes: debemos pensar en la facilidad de ejecución de cada solución para cuantificar su esfuerzo económico, y poder valorar la rentabilidad de la inversión. Es probable que nos encontremos con que determinados cambios constructivos, a los propietarios, no les sea rentable a corto o medio plazo, la inversión que realizan.

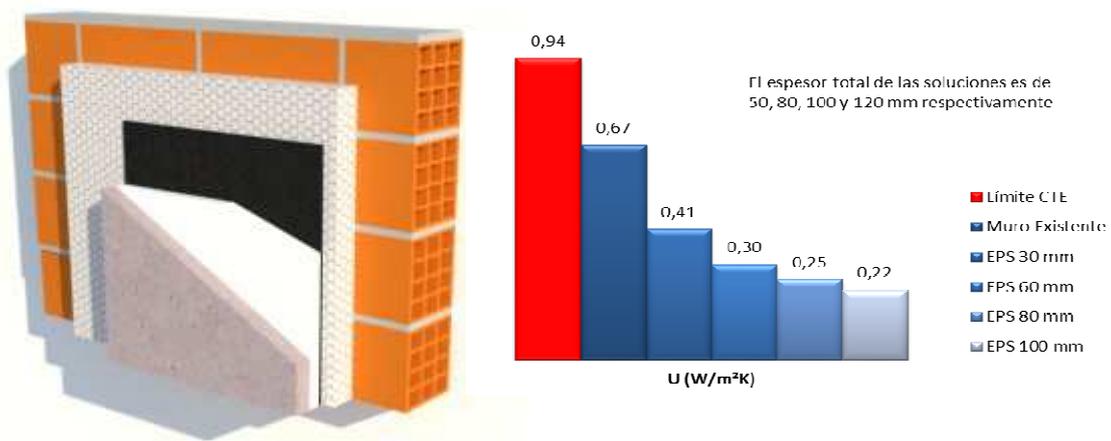
Como la envolvente comprende toda la piel del edificio en contacto con el exterior, empezaremos realizando las propuestas relativas a cerramientos, y posteriormente las concernientes a las cubiertas. La transmitancia térmica es el factor determinante para realizar mejoras en la envolvente, de tal forma que, un elemento con alta conductividad térmica conllevará una alta transmitancia térmica, y viceversa, un elemento que mantenga un bajo nivel de conductividad térmica, también mantendrá baja transmitancia térmica. Como al cerramiento de una edificación le pedimos una buena capacidad aislante además de una buena inercia térmica, las soluciones constituidas por dos capas parece la mejor solución, una interior de suficiente inercia térmica y, otra exterior de mejor capacidad aislante. Resultan interesantes composiciones de materiales de baja difusividad en la capa exterior y de elevada difusividad en la interior, entendiendo por difusividad térmica la velocidad de respuesta ante los trastornos térmicos.

Se opta por intervenir las fachadas para mejorar su aislamiento térmico por el exterior, por el interior, mediante la proyección en las cámaras existentes entre hoja y hoja, y la demolición total del paramento existente y su sustitución por otro de mejores prestaciones. Intervenir por el exterior del cerramiento soporte existente presenta una serie de particularidades y la posibilidad de implementar casi cualquier tipo de aislante compatible con el conjunto existente, pero quizá la más importante es su mínima interferencia para los usuarios de la vivienda, aunque hay algunas más:

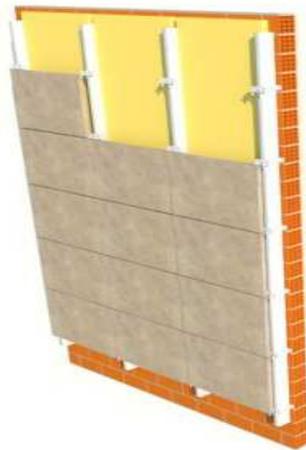
- ✓ Instalado el aislamiento sobre las fachadas, no se reduce la superficie útil de la vivienda en ningún momento.
- ✓ Se corrigen con total seguridad todos los puentes térmicos, recordemos que en la fachada es dónde se producen casi la totalidad de estos, de modo que se evitan las paredes frías, y la falta de confort asociada a ellas, sobre todo por el riesgo de formación de condensaciones superficiales, y moho.
- ✓ Al aislar por el exterior, el muro soporte se encuentra relativamente caliente, puesto que esta protegido por el aislamiento, y si por circunstancias, se interrumpe el aislamiento térmico en alguna zona, siempre mostrará una temperatura superficial superior al punto de rocío del ambiente interior, que se prevé suficiente para evitar las condensaciones.
- ✓ Se aprovecha toda la inercia térmica del soporte, garante de la estabilización térmica del interior para viviendas ocupadas permanentemente, como es nuestro caso, reduciendo las necesidades de aporte extra de climatización.

Para la rehabilitación por el exterior utilizaremos un sistema de aislamiento térmico de poliestireno expandido, un sistema compuesto de fachada ventilada y un aislamiento de lana de vidrio o de roca o una solución con poliuretano expandido, y un sistema con poliestireno extruido, de los que se definen sus características. El primer sistema esta formado por el EPS, un mortero adhesivo y fijaciones mecánicas (espigas), para la unión del sistema al muro soporte, perfiles metálicos para la resolución de los encuentros con los huecos existentes y los remates superiores e inferiores, un revestimiento base o imprimación impermeabilizante, mallas de refuerzo y un revestimiento de acabado como el que teníamos originariamente a base de mortero monocapa de dos colores. Con esta intervención no sólo hemos contribuido a reforzar la eficiencia del muro que teníamos, sino que además hemos corregido las posibles patologías en forma de grietas y fisuras que pudiésemos tener por el paso de los años, evitando las filtraciones en el paramento. En términos técnicos, al ser un sistema de construcción en seco, es muy rápido y sin tiempos de espera para secado de morteros o yesos, siendo compatible con muros con una deficiente planimetría, y prácticamente de cualquier tipología. En la gráfica adjunta se observa la evolución de la transmitancia térmica del muro en función del espesor del aislante en el nuevo conjunto constructivo.

3.13. Sección constructiva de la solución de EPS por el exterior y gráfica comparativa de transmitancia y espesores



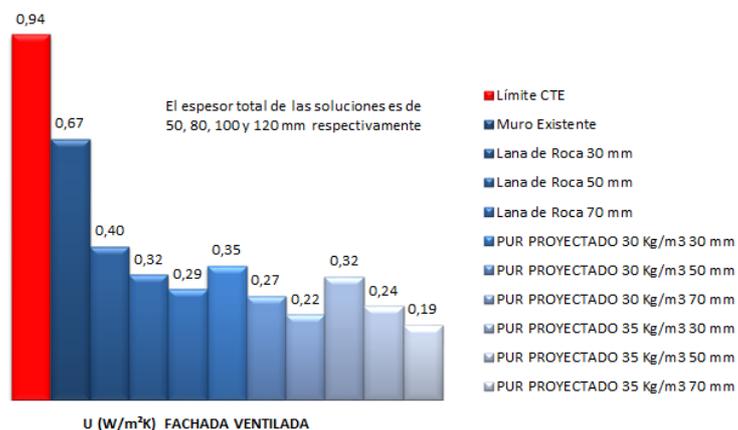
El segundo sistema consiste en la aplicación de aislamiento mediante lana mineral, de vidrio o de roca, por la parte externa del paramento existente, y de una protección, mediante lámina ligera externa, que separará ambos materiales con una cámara de aire. El aislamiento quedará fijado al muro soporte, y una hoja de protección separada del mismo, formará una cámara de aire donde el aire circulará por simple convección, creando una fachada ventilada. Esta solución al ser desmontable puede ser susceptible de cambios en diversas ocasiones, contribuyendo a la eliminación de los posibles problemas de salubridad interior, presentes en humedades y condensaciones. Además se pueden utilizar materiales reciclables desmontables, y permite, mediante la cámara de aire ventilada exterior, proteger al aislante y el muro soporte de las inclemencias exteriores. La gran limitación de este sistema es el incremento de espesor, hacia el exterior, entre 10 y 20 cm en los acabados ligeros normalmente utilizados, pudiendo llegar a 30 cm en el caso de los revestimientos pétreos naturales.



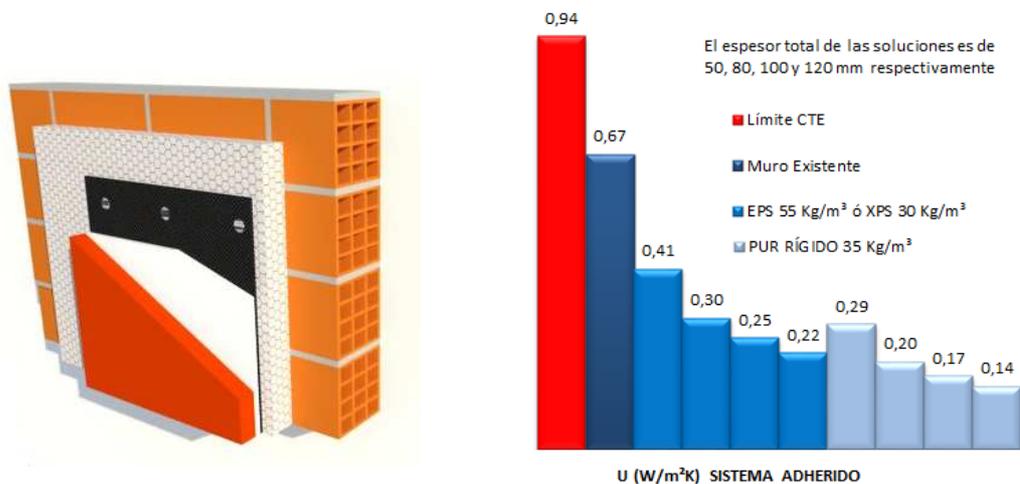
3.14. Sección constructiva fachada ventilada con revestimiento cerámico y aislamiento de EPS

Una posible solución a este problema de espesores, será realizar el aislamiento con película de PUR proyectado, procediéndose a una primera limpieza y acondicionamiento previo de la fachada existente, y una vez fijado el entramado metálico, proyectar la espuma, para finalizar colocando las piezas que forman el revestimiento. Será suficiente con una capa de 30 mm de espesor de espuma de poliuretano de densidad mínima de 35 kg/m³. Además de aislamiento térmico, aporta estanqueidad y un tratamiento más que óptimo para los puentes térmicos, aportándose en la gráfica los datos de las transmitancias térmicas obtenidas para las diferentes configuraciones estudiadas.

3.15. Gráfica comparativa de transmitancia y espesores entre diferente tipos de aislamientos



El tercer sistema estudiado para fortalecer las prestaciones energéticas de la envolvente, es la rehabilitación de la fachada adhiriendo una plancha de XPS por el exterior directamente, que posteriormente revestiremos con mortero monocapa, para dar el acabado final visto. Este tipo de sistema se conoce por las siglas ETICS, “*External Thermal Insulation Composite System*”, o sistema de aislamiento térmico por el exterior, en su traducción al castellano. Se puede emplear cualquier tipo de aislamiento, XPS o EPS, no debiendo quedar expuestas en la aplicación final de uso, es decir, en todos los casos deberán disponerse tras un acabado visto dado por otros productos, tales como morteros específicos, que en este caso coinciden con el revestimiento actual de nuestra vivienda, los morteros monocapa. Sobre la superficie exterior de la fachada existente, aplicaremos las planchas de XPS sin piel de extrusión para un mayor agarre al revestimiento, que irán revestidas de una capa protectora y de acabado asegurándose la compatibilidad entre todos ellos. En el detalle gráfico que se muestra a continuación, se puede observar el comportamiento de esta solución.



3.16. Gráfica comparativa de transmitancia y espesores entre diferentes tipos de aislamientos adheridos

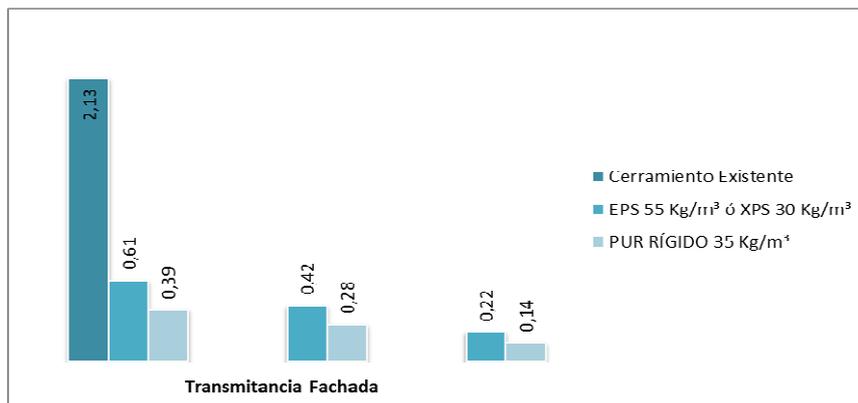
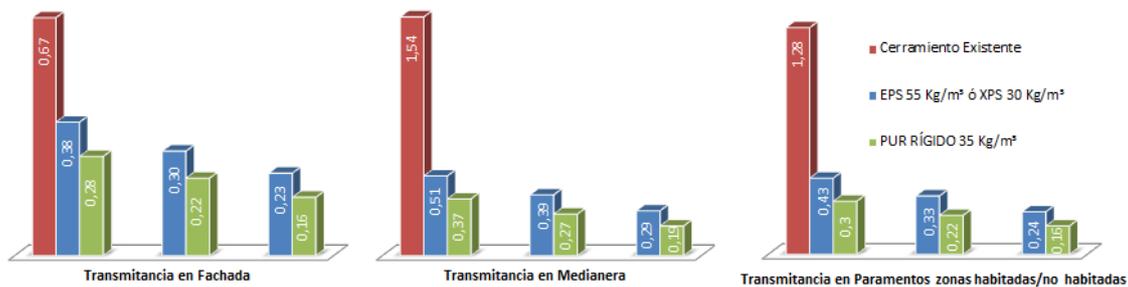
Otra de las posibilidades es la intervención con aislamiento térmico por el interior de la vivienda, estrechamente ligada a la compensación de la pérdida de espacio útil con los ahorros energéticos y beneficios en cuanto a confort para sus ocupantes que supone la intervención. Además las complicaciones técnicas son algo mayores, debiéndose prestar especial atención a los encuentros con otros cerramientos y huecos, así como a la resolución, de los puentes térmicos existentes. Estos sistemas no solo incrementan el aislamiento del muro soporte, sino que permite sanear los muros de fábrica existentes cuando estos presenten defectos de planimetría o desplomes, y, aunque se reduzcan la superficie útil de la vivienda, podemos disminuir este impacto aprovechando la cámara interna entre hoja y hoja con una demolición parcial, y el relleno con aislamiento. El gran inconveniente reside en el elevado riesgo de formación de condensación superficial, ya que al aislar por el interior, el muro se encuentra relativamente frío, y por tanto, cualquier área que quede interrumpida por el aislamiento, estará fría, por debajo del punto de rocío del ambiente interior, y sudará, debiéndose prestar especial atención a la resolución de estos puntos singulares.

En términos generales colocar un aislamiento por el interior del cerramiento existente supone la colocación de un sistema de revestimiento final distinto al del aislante, pudiendo finalizar con un guarnecido y enlucido de yeso maestreado, o con una placa de yeso laminado, adherida al aislante o fijada mediante una subestructura metálica. Las opciones son muy diversas, y nos las condicionará la cantidad de superficie útil que estemos dispuestos a perder en función de las ganancias energéticas, como ya se ha comentado. Optemos por el sistema que optemos, el aislamiento quedará fijado al elemento soporte mediante un adhesivo o con fijaciones mecánicas sobre la cara interior de la fachada, si no optamos por demoler parcialmente la fábrica, o sobre la cara interior de la hoja externa de la fabrica, si optamos por demoler la hoja interior.



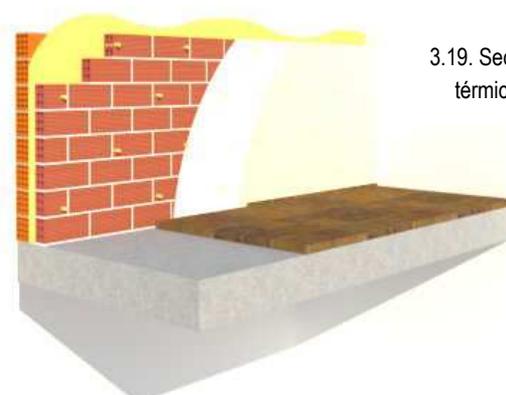
3.17. Sección constructiva colocación aislamiento por el interior acabado en placa de yeso laminado

La gran ventaja de estos sistemas es que consiguen las máximas prestaciones con el mínimo espesor, ya que podemos combinar el tipo de placa de yeso laminado de baja conductividad con aislamientos de tipo EPS, XPS o PUR. Debemos prestar especial atención a la fijación del aislamiento, para sistemas adheridos, ya que es la parte más crítica del sistema: el muro portante no debe de tener patología alguna de humedades por filtraciones o condensaciones superficiales, para evitar un posible despegue del adhesivo. Además se pondrá especial atención en el cálculo de condensaciones intersticiales, siendo posible la incorporación de una barrera de control de vapor en el lado caliente del aislamiento. Si optamos por un trasdosado autoportante de placas de yeso laminado, esta irá sobre perfiles, anclados mecánicamente al muro portante, siendo independientes ambos, por lo que este último, no necesitará un requerimiento especial, además de que al aislarse el espacio entre la fábrica y la placa de revestimiento, se gana en prestaciones acústicas. Los datos que se han obtenido de las diferentes soluciones adoptadas permiten realizar una evaluación de las prestaciones térmicas obtenidas.



3.18. Valores de transmitancia para soluciones de aislamiento por el interior, si demolición de elementos, arriba, y con demolición de una hoja, abajo

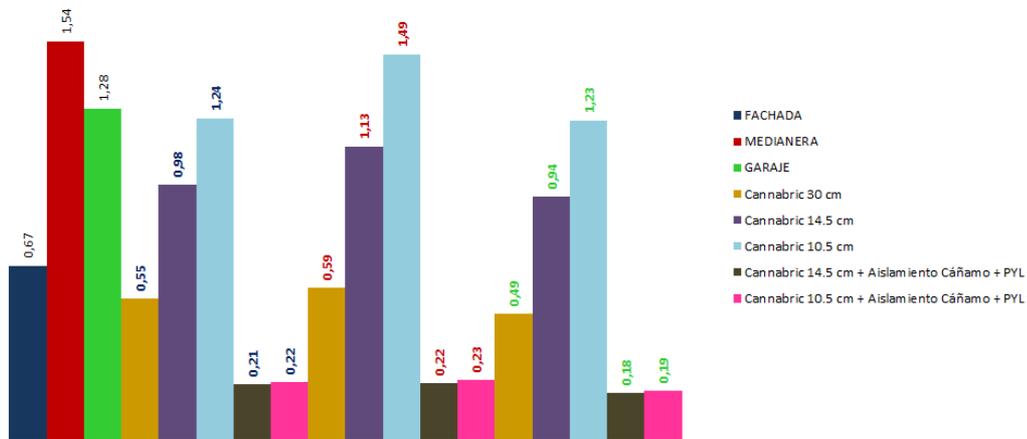
La última opción que tenemos si no queremos realizar una demolición de la fábrica, es realizar un aislamiento térmico por inyección en cámara, mediante la inyección de espuma de poliuretano. Esta intervención viene recomendada cuando se han descartado las soluciones por el exterior y no se desea perder espacio por el interior, pero se tiene que valorar también la accesibilidad a la cámara, y se facilite una intervención segura. La espuma que se va a usar es de 12 kg/m³ inicial, ya que esta una vez aplicada llegará a los 25 kg/m³, con un relleno mínimo de 40 mm de espesor, aportando rigidez extra a la fachada. Si se opta por ella, las inyecciones se realizaran a través de taladros espaciados como máximo 50 cm entre sí, sin que se sitúen sobre la misma línea, comenzándose por la parte inferior, llenando la cámara de abajo arriba, lentamente, ya que el material es de baja densidad en expansión libre y con un periodo de espumación lento, debe saturar el volumen de la cámara sin crear tensiones excesivas en las fábricas colaterales, pudiendo fisurar en caso contrario. Cabe destacar que el llenado del volumen de la cámara puede verse entorpecido por elementos distorsionantes internos, o por una mala conducción en las instalaciones. Este sistema no puede garantizar la impermeabilización del cerramiento.



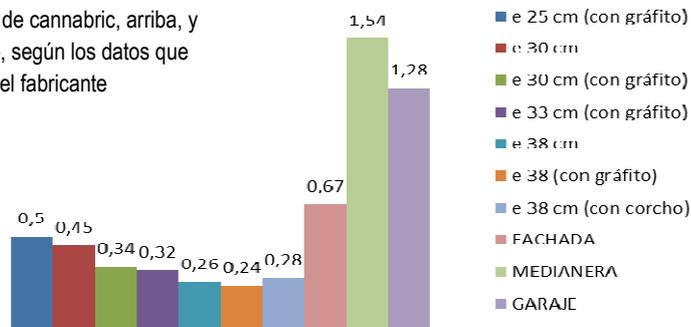
3.19. Sección constructiva aislamiento térmico por inyección en cámara

COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Enfoscado mortero de cemento	0,03	1,2	0,03
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Aislamiento inyectado	0,07	0,028	2,50
Ladrillo hueco doble 7	0,07	0,42	0,17
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior			0,13
FACHADA	R		3,19
	U		0,31

También se plantea la opción de eliminar por completo el conjunto constructivo existente y modificarlo por un cerramiento de hoja simple, utilizando materiales más eficientes, como las soluciones con Climablock y Cannabric, definidas en apartados anteriores, lo que nos otorga una gran facilidad técnica en su ejecución, ya que sólo necesitaremos ejecutar una hoja y el revestimiento deseado en ambas caras de la misma. En la siguiente comparativa podemos observar la evolución en la transmitancia térmica en relación con la ganancia o pérdida de espacio con el muro existente que vamos a eliminar.

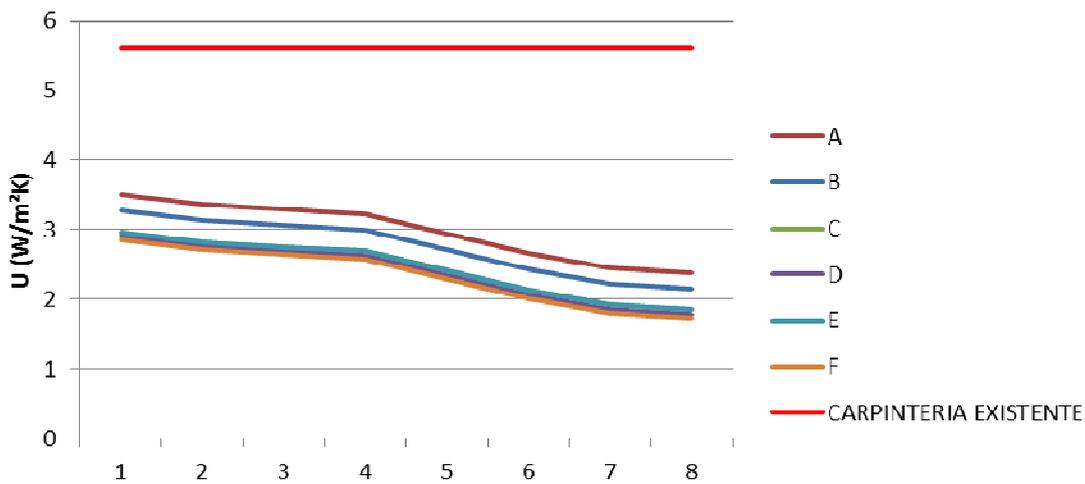


3.19. Comparativa térmica de los distintos bloques de cannabric, arriba, y climabloc, abajo, según los datos que ofrece el fabricante



Para cerrar las posibles soluciones propuestas en relación a las intervenciones en fachada, modificaremos la composición de los huecos exteriores, las carpinterías y los vidrios. La carpintería que se había ejecutado en la vivienda que estamos analizando era una carpintería de aluminio sin rotura de puente térmico y con un acristalamiento simple de 6 mm de espesor, cuya transmitancia era de 5,62 W/m²K. Para comprender mejor los valores obtenidos, cabe reseñar que la nomenclatura 4/6/4 indica los espesores del vidrio/cámara/vidrio expresado en milímetros, comenzando por el vidrio exterior, que los espesores del vidrio no afectan al valor de la transmitancia térmica, que es obligatorio ensamblar un vidrio bajo emisivo en doble acristalamiento, por lo que siempre irá con uno normal, y que la posición del vidrio de baja emisividad como vidrio exterior o interior, no influye en el valor de la transmitancia. Para poder hacer una valoración generalizada de todos los huecos, los cálculos realizados serán para una participación de un 30% de superficie de marco en relación a un 70% de acristalamiento.

U = (1-FM)·U _{H,v} + FM·U _{H,m}						
MARCO	REF	U _{H,v}	VIDRIO		REF	U _{H,m}
Metálico RPT d < 12 mm	A	4	UVA	4/6/4	1	3,3
Metálico RPT d > 12 mm	B	3,2		4/8/4	2	3,1
Madera Dura	C	2,2		4/10/4	3	3
Madera Blanda	D	2		4/12/6	4	2,9
PVC 2 Cámaras	E	2,2	BAJO EMISIVO	4/6/4	5	2,5
PVC 3 Cámaras	F	1,8		4/8/4	6	2,1
FM		0,3		4/10/4	7	1,8
				4/12/6	8	1,7



3.20. Comparativa tipología de vidrios, según la tabla anterior

Otra parte importante de la piel de nuestra edificación, un elemento que nos protege de las inclemencias y agresiones exteriores, es la cubierta de nuestra vivienda. La cubierta es el elemento más sensible y expuesto a los agentes externos, tanto climatológicos como del propio uso, por lo que requiere de un cuidado especial, así como de un mantenimiento

progresivo, que en viviendas no colectivas, en la mayoría de los casos, no se lleva a cabo a no ser que haya ya una patología evidente. No es habitual que en la concepción de estas se apliquen criterios térmicos o de ahorro de energía, cuyos beneficios son notorios en el balance global de la edificación. Las actuaciones en la cubierta, en el exterior de la misma, son operaciones algo más complejas, ya que en la mayoría de los casos requieren el desmontaje de algunas piezas o capas. En general, antes de proceder a intervenir sobre la cubierta debemos hacer un estudio detallado de las características de la misma, tipología y elementos de formación, y de las patologías presentes o no a simple vista. Recordemos que evitan un gran volumen de agua por filtración a los espacios subyacentes.

Las propuestas estudiadas responden a intervenciones por el exterior o por el interior de la cubierta, mediante modificaciones en la capacidad aislante de la misma. Intervenir por encima de la azotea, sea transitable o no, conlleva una mínima interferencia para los usuarios, sin reducir la altura libre de las estancias del piso inmediatamente por debajo, aprovechándose toda la inercia térmica del soporte, del forjado, ya que este está relativamente caliente, protegido por el aislamiento, mostrando una temperatura superficial superior al punto de rocío del ambiente interior, evitando los fenómenos de condensación, siendo, además especialmente conveniente cuando la vivienda es de ocupación permanente. En las cubiertas existentes, tanto la de teja, como la "catalana", no se observa la presencia de aislamiento térmico, por lo que se desmontarán ambas hasta la capa impermeabilizadora, para proceder a ejecutar las nuevas soluciones, y si esta lámina impermeabilizante, estuviese afectada, se cambiará por otra nueva.

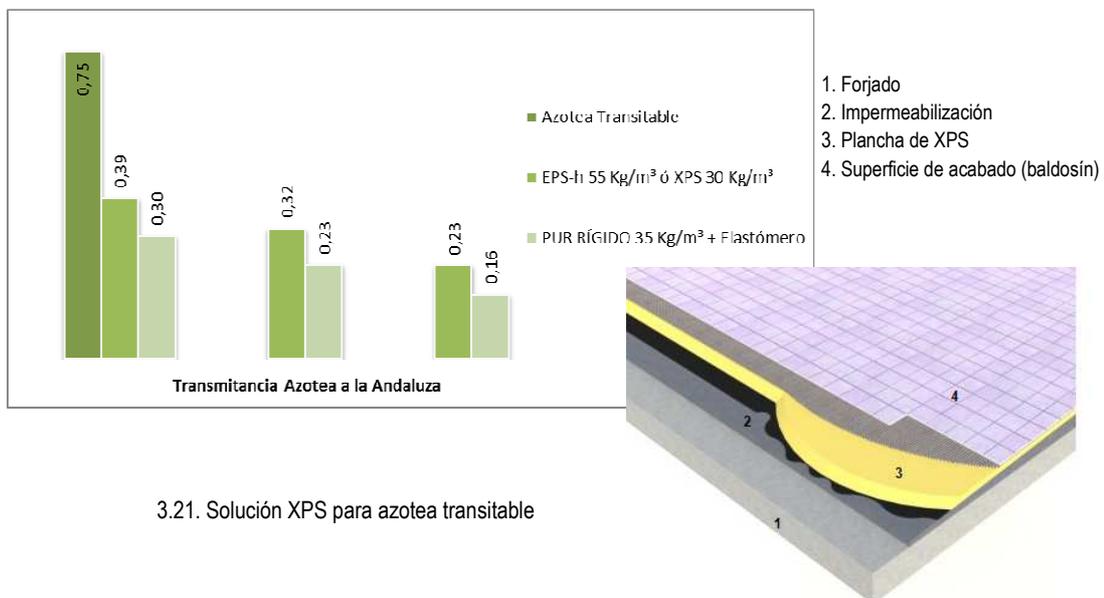
Para decidir la posición del aislamiento, debemos clasificar nuestra cubierta en fría o caliente, con respecto al sistema de impermeabilización. La cubierta caliente es propia de climas lluviosos y fríos, en los que la impermeabilización se coloca sobre el aislamiento para protegerlo y para mantener sus propiedades térmicas en esas condiciones climáticas. La cubierta fría o invertida es propia de climas cálidos y secos. En este caso, el aislamiento es el que protege la impermeabilización al colocarse encima, reduciendo las sollicitaciones térmicas y, por tanto, su desgaste. Se coloca una protección sobre el aislamiento según el uso que se vaya a dar a la cubierta. En este caso, nos encontramos en un clima preferentemente cálido por lo que será más correcta una ejecución de cubierta invertida.

La primera propuesta que se realiza, para nuestra cubierta plana transitable, es la intervención por el exterior con poliestireno expandido de tipo hidrófobo, ya que este es un material de baja absorción de agua, específico para las tipologías invertidas. Al llevar el aislamiento por encima, la lámina de impermeabilización no sufre cambios por la temperatura, el clima o el uso y mantenimiento de la cubierta. Este tipo de aislamiento, además de su baja absorción de agua, debe mantener su estabilidad dimensional ante las variaciones de temperatura y humedad, y una resistencia mecánica en función de su uso.

La siguiente propuesta es la incorporación de una película de espuma poliuretano mediante proyección y un elastómero, siendo una solución rígida, estanca y que aporta continuidad entre aislamiento e impermeabilización, eliminando las juntas. La espuma de PUR será de 30 mm mínimo de espesor, con una densidad mínima aplicada de 45 kg/m³, mientras que para el elastómero, que protegerá al aislamiento de la radiación UV,

incrementando su impermeabilización, necesitaremos espesores entre 1,5 y 3 mm, con una densidad de 1000 kg/m^3 con coloración. Es muy importante cerciorarse de que la capa impermeabilizante y todos los elementos de la cubierta están perfectamente saneados, ya que un posible desprendimiento de la tela asfáltica, significará un mala adherencia del poliuretano, aconsejándose poner una barrera de vapor entre ambas. Generalmente en las cubiertas con baldosín tipo catalán, suelen presentar deterioros de la superficie embaldosada, necesitándose levantar toda la superficie, realizar una capa de nivelación para que una vez seca sirva de sustrato para la proyección, y luego rematar con el solado previsto.

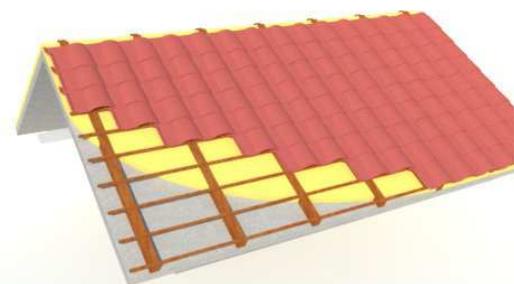
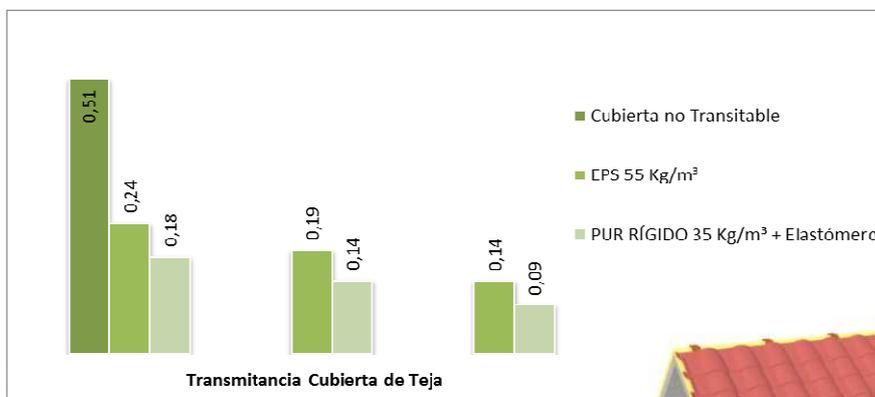
Otra posible solución es la colocación de un aislamiento de poliestireno extruido, ya que al tener un soporte de hormigón y una capa de pendientes, que da rigidez al sistema, el aislamiento queda entre la impermeabilización y el acabado, sin sufrir los excesos de los usos que se le den a la cubierta. Como no podemos dejar las planchas de XPS expuestas en la aplicación final de uso, es decir, necesitamos un acabado visto dado por otros productos, existen baldosas con base aislante incorporada de fábrica, consiguiéndose el doble efecto, el de aislamiento y el de acabado superficial. Las planchas aislantes de XPS se colocan directamente encima de la impermeabilización, sueltas, con total independencia, sin adherirlas (eventualmente, cuando haya riesgo de flotación por inundación de la cubierta, podrán fijarse por puntos situados en la zona central de las planchas), a tope entre ellas y con juntas al tresbolillo. Posteriormente se dispondrá un pavimento formado o bien por baldosas hidráulicas apoyadas sobre distanciadores apoyados, a su vez, sobre las planchas de XPS, o bien por una capa continua de embaldosado (baldosín) tomado con mortero, siendo necesaria armar la capa de mortero con un mallazo mínimo, e interponiendo una capa de difusión, que favorezca la transpirabilidad del sistema.



3.21. Solución XPS para azotea transitable

Para la cubierta inclinada de teja, podemos actuar bajo la teja, levantando esta y realizando la intervención, o sobre ella, sin necesidad de alterar el sistema que hay, porque el bajo cubierta es inaccesible. Si optamos por levantar la teja, una vez retirada esta, sobre

el soporte del faldón existente se realizará una regularización para nivelarlo y se colocará una barrera de vapor para evitar condensaciones intersticiales. El aislamiento de EPS se realizará por fijación mecánica, el cual llevará un rasurado para facilitar la adherencia del mortero de fijación de la teja. Una vez levantada la teja podemos optar por hacer la cubierta ventilada o no, ya que evitaría la formación de condensaciones y podemos aumentar el espesor del aislamiento considerablemente, siendo en el primer caso, necesario la colocación de una estructura de madera que garantice dicha cámara. Al cambiar la dimensión de la cubierta, aumentando su espesor, deberemos adaptar los remates del faldón donde se requieran. Si optamos por no levantar el material de cobertura, el soporte de teja será el que reciba una proyección de espuma de poliuretano, y posteriormente otra con el elastómero que protegerá al aislamiento de las radiaciones UV, incrementando la impermeabilización, como ya se había comentado anteriormente. Esta solución es sin duda, la más sencilla, económica y eficaz, porque apenas requiere tratamientos previos del soporte ni de medios auxiliares especiales.

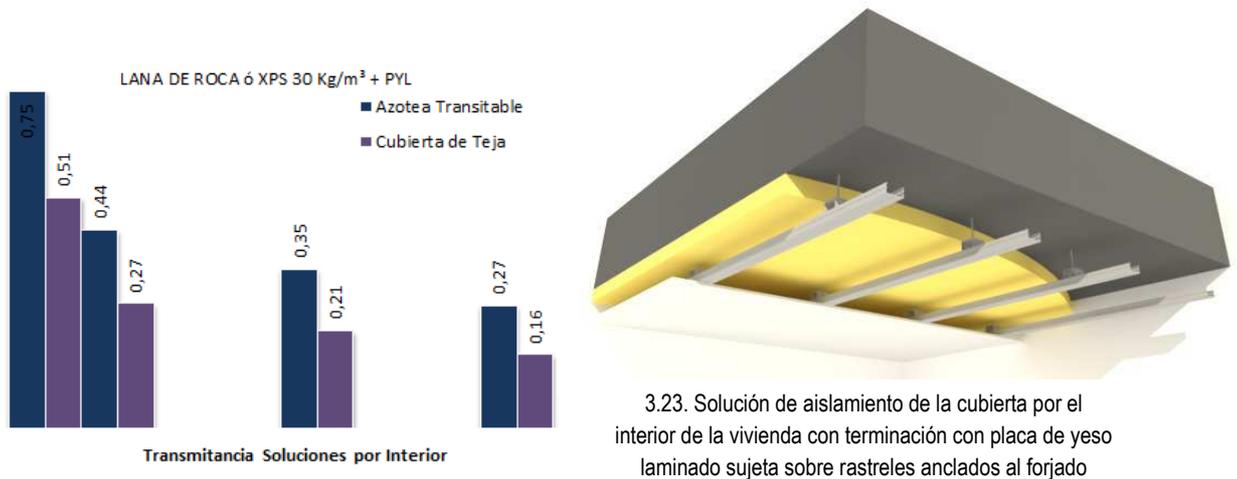


3.22. Solución de aislamiento bajo teja para cubierta inclinada

El último conjunto de soluciones relativas a mejorar las prestaciones energéticas de la cubierta, responden a intervenciones por el interior, con aislamientos de lana mineral, de vidrio o de roca, o XPS, con un revestimiento de acabado de yeso in situ o mediante un trasdosado de placas de yeso laminado. Intervenir por el interior del conjunto, se evita el levantamiento de la cubrición exterior de la cubierta, posibilitando la rehabilitación interior de la vivienda desde un punto de vista estético, conformando una superficie plana y lisa, con nuevas configuraciones de pintura e instalaciones, en función de la altura disponible, y además, no es necesario hacerlo en toda la superficie de la cubierta, sino solo en las zonas afectadas, en función de la ocupación de las mismas.

Para soluciones con aislamiento de lana mineral en forma de paneles semirrígidos o rígidos, fijados o apoyados, se trata de un sistema de aislamiento por el interior mediante un revestimiento autoportante de placas de yeso laminado, para la mejor de aislamiento térmico y acústico de la cubierta. Estas se fijarán sobre maestras metálicas y estas, a su vez, suspendidas del forjado de la cubierta, instalando la lana mineral en la cavidad o cámara intermedia, siendo necesaria la incorporación de una barrera de vapor en el aislante o en la

placa de yeso laminado. Este sistema sirve para cubiertas inclinadas como planas, ya que no interfiere la pendiente del conjunto en las nuevas condiciones del aislamiento, con un espesor mínimo de 10 cm para facilitar el montaje. Sí la solución fuese instalar un aislamiento de poliestireno extruido, podemos trasdosarla con un revestimiento in situ de yeso más un acabado final, o un acabado con placas de yeso laminado. Para esta última opción, las planchas de XPS irán adheridas al soporte mediante un adhesivo de tipo cemento cola o por fijaciones mecánicas, para posteriormente revestirlas. Para ambas, tendremos mejoras en aislamiento térmico, acústico aéreo y acústico de impacto.



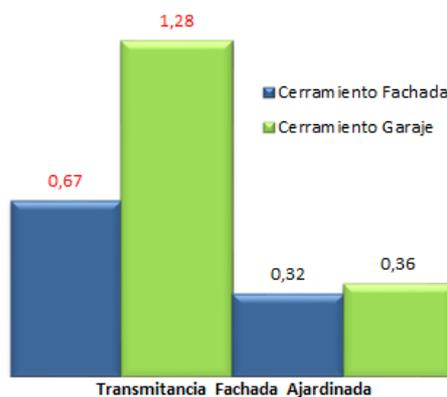
Pero de todas estas propuestas ninguna ha solucionado el posible aprovechamiento útil de nuestra envolvente, si bien es cierto que es un aprovechamiento relativo, ya que por mucho que queramos no viviremos a la intemperie, pero si podemos garantizar un uso, una utilidad extra a estos elementos vinculados únicamente con la protección y garantías del confort interior. El espacio libre de las cubiertas y los cerramientos ofrece una magnífica oportunidad para conseguir una superficie útil adicional, mediante la inclusión de sistemas ajardinados en ambos, en función del perfil de suelo de la zona, consiguiendo así una perfecta adecuación al entorno. No sólo es una cuestión estética el “revestir” nuestros edificios con algo más que no sea teja, grava o ladrillo, sino además resulta beneficioso desde lo económico hasta lo medioambiental. Desde el punto de vista económico una solución ajardinada protege la superficie de la cubierta y los muros, mejora la calidad de vida de los usuarios, reduce los costes energéticos de la edificación y recupera la superficie de verde en el entorno, arrasada por el proceso edificatorio. Además mejora el ambiente en zonas urbanas de alta densidad, mejorando el aire y reduciendo los niveles de polvo, los ruidos, y aportando una solución natural y eficaz a problemas de deshielos, fuertes lluvias y tormentas.

El sistema de jardín vertical f+p para fachadas está compuesto por una estructura metálica portante dimensionada según solicitaciones de carga a viento y estado del soporte, módulos rectangulares de estructura impermeable, sustrato mineral y plantación de especies vegetales de variedades idóneas para el clima de la zona a razón de 40 plantas/m², más un trasdosado de paneles impermeables de PVC espumado de 10 mm de espesor, anclados a los perfiles, y un sistema de doble cámara de aire que garantiza la estanqueidad del soporte base. Sobre los paneles se ancla una doble capa sintética de

material no tejido tipo polifiltro (polipropileno, polietileno y un 10% de algodón biodegradable que luego será sustituido por raíces en el futuro) de 3 mm de espesor, por donde discurre una solución hidropónica. Esta capa otorgará solidez al conjunto de arraigamiento y mejor reparto de nutrientes, evitará la mezcla de partículas de substratos distintos, impidiendo el contacto entre materiales no compatibles y actuando como barrera permeable entre substratos de distinta estructura; además, funcionará como drenaje ya que conduce en el plano tanto agua y líquidos como gases gracias a la transmisividad (permeabilidad en el plano) con la consiguiente eliminación de exceso de agua en substratos.

El espesor total del conjunto es de 20 milímetros, y su peso, con una cantidad de agua almacenada de 5 litros/m², de 30-35 kg/m² saturado. Para la instalación de riego, utilizaremos un sistema de tuberías de goteo autocompensante, con cada 5 cm de goteo 0,2l/h de agua, y una separación de 3 m entre las líneas. Las líneas están conectadas a los 2 tubos principales para garantizar una presión igual en todos los goteos. Los goteos están divididos en sectores y programados por control externo. Necesitaremos una toma de agua cercana con suficiente presión para suministrar agua al sistema, al igual que una toma de corriente. Todo el conjunto se encontrará monitorizado y controlado desde un sistema central de riego, pudiendo controlar y adaptar automáticamente el funcionamiento y los tiempos de riego según las condiciones ambientales. En términos energéticos el PVC espumado trabajará como aislante térmico y el polifiltro como capa separadora y barrera de vapor al mismo tiempo que como capa de arraigo de la cobertura vegetal. Como la zona a instalar el sistema ajardinado consta de dos cerramientos diferentes, se detallan como sería las transmitancias en los gráficos y datos a continuación mostrados.

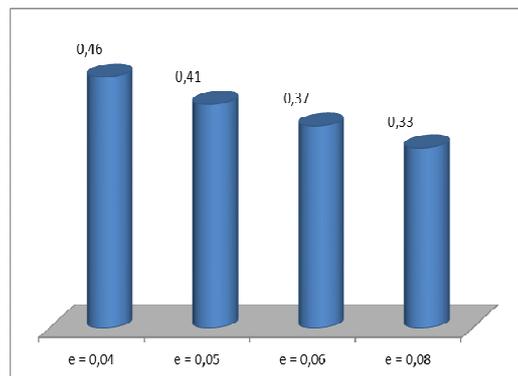
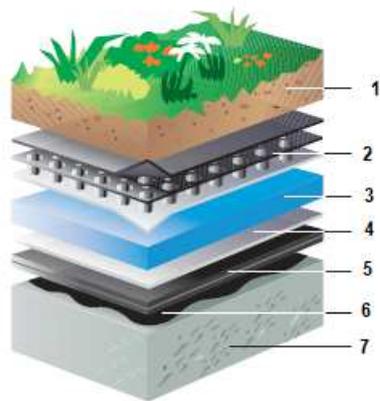
3.24. Solución de aislamiento mediante compuesto ajardinado, comparando las transmitancias resultantes



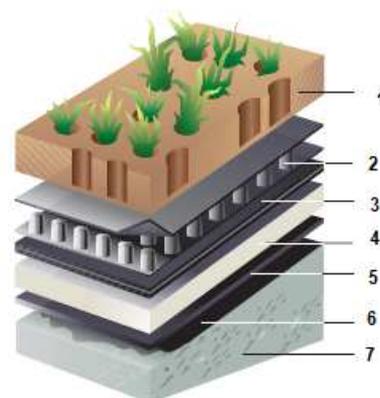
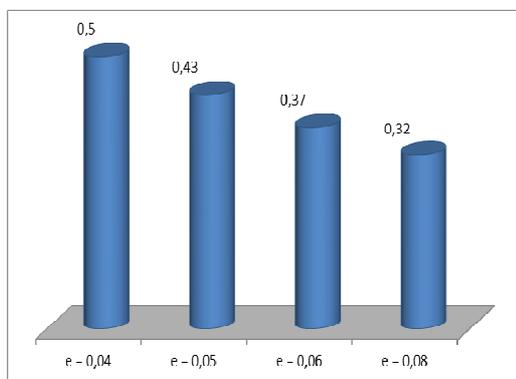
El ajardinamiento de cubierta, tanto en la plana como en la de teja, se propone como extensivo mediante la plantación de un tipo de vegetación, de similares características al de la solución vertical, que requiere un mantenimiento mínimo para su desarrollo. Existen dos sistemas constructivos en función de las capas que empleemos para su ejecución, de varias capas y única o ligera. La primera se fundamenta en la superposición de varias capas funcionales separadas entre ellas: la capa de soporte de la vegetación estará separada de la capa drenante mediante una capa de fieltro. Como la capa de sustrato no tiene una función filtrante horizontal, el sustrato se puede mezclar con sustancias orgánicas, lo que

contribuye a crear un soporte mejor para el agua y los nutrientes. La capa de fieltro se ocupa de que no se colmate la lámina nodular, para garantizar así una evacuación horizontal y duradera del agua, siendo esta característica, la que permita que se pueda instalar en cualquier cubierta, desde las que tienen pendiente 0° hasta las inclinadas.

En el caso que se quiera sustituir la capa de soporte de la vegetación, la capa de fieltro y la lámina filtrante por una capa única de sustrato mineral capaz de filtrar de forma estable, el desnivel mínimo de la cubierta deberá ser como mínimo del 2%. En este caso de la construcción de capa única, el espesor de la capa será el resultante de la suma de la lámina filtrante (material a granel) y de la capa de soporte de la vegetación (material a granel), pero sin fieltro filtrante, de 8 cm mínimo. Como el sustrato es un producto natural, es difícil calcular la capacidad de drenaje horizontal, sobre todo si el drenaje pierde eficacia debido a la proliferación de raíces en el sustrato, y la capa inferior se obstruye debido a que la lluvia arrastra las partículas finas del sustrato. Ese mal drenaje horizontal, puede hacer que la cubierta supere el esfuerzo máximo para el que esta calculada, aumentando el peligro de saturación y un alto grado de humedad, requiriendo según las especies plantadas un mayor mantenimiento. Para rectificar esto es posible colocar franjas de drenaje paralelas a la capa de protección, encima de ésta, y a una distancia de unos 2 m, conectándose a la arqueta de registro.



3.25. Solución de cubierta ajardinada y su correspondiente grafica de evolución de transmitancia, según marca comercial TEXA. Leyenda: 7.Soporte resistente, 6. Imprimación, 5.Barrera de vapor, 4. Capa separadora, 3. Aislamiento térmico, 2. Impermeabilización, 1. Sustrato Vegetal



3.26. Solución de cubierta ajardinada y su correspondiente grafica de evolución de transmitancia, según marca comercial TEXA. Leyenda: 1.Sustrato vegetal y plantas, 2.Membrana antipunzonamiento, 3.Impermeabilización, 4.Aislamiento térmico, 5.Barrera de Vapor, 6.Imprimación, 7.Soporte

Propuesta de redimensionado de las instalaciones.-

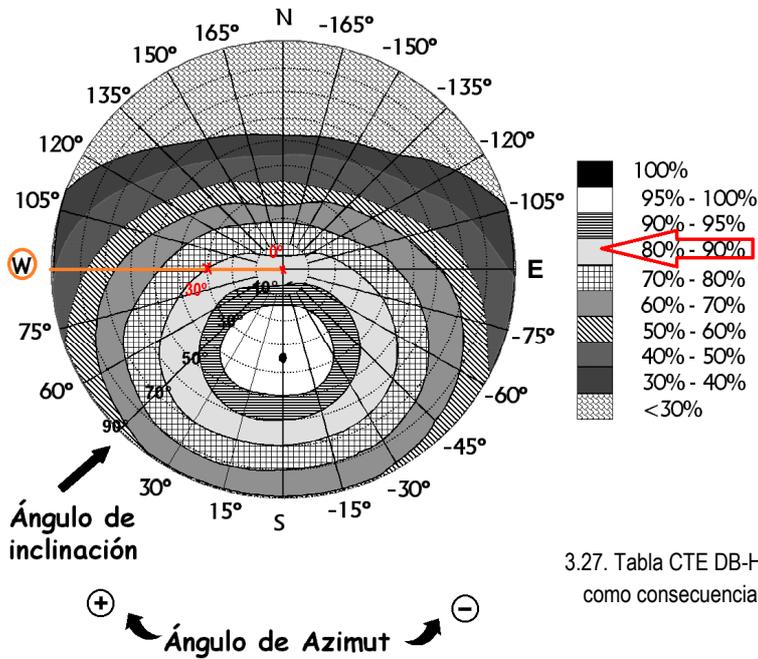
Atendiendo a los criterios de análisis de la demanda energética que nuestra vivienda tiene, es necesario plantear el nuevo papel que las instalaciones de la misma van a desempeñar para conseguir las condiciones que estamos exigiendo. Necesitaremos redimensionar las instalaciones en función de las condiciones de uso, en función de la demanda existente asociada a los diferentes consumos en aplicaciones de ACS y para aplicaciones de climatización en relación con las piezas a calefactar y refrigerar. Además hay que tener presente las condiciones climáticas, en función de la radiación global total en el área de captación, la temperatura ambiente y la temperatura de la red de abastecimiento.

En primer lugar buscamos una aportación solar a nuestra vivienda que nos beneficie en la reducción de consumo eléctrico para las operaciones de climatización y uso de ACS, por lo que necesitamos dimensionar los sistemas de captación solar térmica. El CTE en su Documento Básico de Ahorro Energético, es el reglamento que regula las características mínimas de estos equipos y los procedimientos de cálculo, dimensionado, comprobación y mantenimiento, a través de su Sección 4ª *“Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”*. El primer requisito restrictivo de este documento es en cuanto al dimensionado de la instalación, limitado por el cumplimiento de que en ningún caso el volumen de acumulación solar térmico supere el 110% de la demanda existente de consumo y no más de tres meses el 100%, siendo en caso contrario, por incumplimiento de alguna de las dos anteriores, necesario dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes, tapar o vaciar parcialmente el campo de captación, o desviar los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.

Otro de los procedimientos marcados por la norma es el cálculo de las posibles pérdidas, mediante su posición en relación a la orientación y la inclinación del sistema generador, y las posibles sombras que sobre el mismo se produzcan. Para ello el CTE diferencia entre caso general, caso por superposición de módulos y caso por integración arquitectónica. Se considerará que existe una integración arquitectónica cuando los módulos cumplen la doble función de aporte energético y elemento arquitectónico, sustituyendo a otros elementos convencionales; mientras que, existirá una superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realice paralela a la envolvente del edificio, no entendiéndose como tal una disposición horizontal que favorezca la autolimpieza de los módulos, permitiéndose una alineación con los ejes principales de la edificación. El CTE, además, considera como orientación óptima el sur y la inclinación óptima dependiente de si la consideramos una demanda constante anual, siendo la latitud geográfica, o si consideremos una demanda preferente en invierno, latitud geográfica +10º, o preferente en verano, latitud geográfica -10º.

Para determinar la posición de nuestros captadores solares, recordemos las características de nuestra cubierta, compuesta de varias capas acabada en teja, con una pendiente del 30%, que corresponde a 17º de inclinación respecto a la horizontal, y con una orientación, la de la vivienda en sí, eminentemente al oeste, sin obstáculos que perjudiquen

creando sombras. Como resultará imposible orientar el sistema hacia el sur, por no tener garantizado un correcto anclaje del mismo a la cubierta, se elije el faldón oeste, con un ángulo de inclinación de esos 17 grados correspondientes a la inclinación propia de la cubierta. La latitud de la localidad en la que estamos, Vera es de 37°, por lo que, según el CTE, tenemos que evaluar las pérdidas por orientación e inclinación, según el gráfico que se adjunta para una latitud de 41° y efectuar las correcciones necesarias.



Datos de Partida	
Latitud	37°
Azimut	90°
Inclinación	17°
Datos según Tabla	
Inclinación Max	30°
Inclinación Min	0°
Corrección según Latitud zona	
Inclinación Max	26°
30 - (41 - 37)	
Inclinación Min	0°
0 - (41 - 37) = -4	

3.27. Tabla CTE DB-HE.4 porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación

Como vemos en el gráfico anterior, la instalación pretendida a 17° de inclinación y orientación oeste, cumple con los requisitos fijados por la norma en cuanto a pérdidas por inclinación y orientación, que se mueven en un rango del 10-20%, siendo la eficacia de la instalación entre un 90-80%. Sabiendo que cumple los rangos fijados, vamos a sacar el factor de corrección K para superficies inclinadas, que representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre la una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, según lo fijado en las tablas del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, de la agencia IDAE, para una latitud de 37° y una inclinación de 17°, como se observa en la tabla siguiente.

LATITUD = 37°												
Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,01	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,1	1,08	1,05	1,02	1,01	1,02	1,05	1,09	1,13	1,16	1,15
15	1,18	1,15	1,1	1,06	1,02	1,01	1,02	1,06	1,12	1,19	1,23	1,22
20	1,23	1,18	1,12	1,06	1,02	1	1,02	1,07	1,15	1,23	1,29	1,28
25	1,27	1,21	1,14	1,06	1	0,98	1	1,07	1,16	1,27	1,34	1,33
30	1,3	1,23	1,14	1,05	0,98	0,96	0,98	1,06	1,17	1,3	1,38	1,37

3.28. Tabla factor de corrección para una latitud de 37°, Pliego condiciones técnicas instalaciones baja temperatura, IDAE

Para calcular la energía que obtenemos por la radiación solar, y que será captada por nuestros paneles solares, es necesario conocer la radiación global mensual para nuestra localidad, a través, de la base de datos de la Agencia Andaluza de Energía, para Vera, mediante las mediciones realizadas en la estación de Cuevas del Almanzora, municipio a 7 km de distancia. En la siguiente tabla se muestran los resultados de la energía producida en función de los factores de corrección y la radiación obtenida.

MES	Radiación Global (MJ/m ²) mes	Factor Corrección K	Energía Útil (MJ/m ²) mes
1 (Enero)	394	1,23	484,62
2 (Febrero)	439	1,18	518,02
3 (Marzo)	565,8	1,12	633,70
4 (Abril)	661,9	1,06	701,61
5 (Mayo)	724,6	1,02	739,09
6 (Junio)	766,9	1	766,90
7 (Julio)	789,7	1,02	805,49
8 (Agosto)	710	1,07	759,70
9 (Septiembre)	598,5	1,15	688,28
10 (Octubre)	466,9	1,23	574,29
11 (Noviembre)	342,6	1,29	441,95
12 (Diciembre)	309,8	1,28	396,54
Total Anual			7.510,20

Pero esta situación sería en un entorno ideal, y esto en realidad pocas veces pasa y más cuando hablamos de energía. La energía producida por los colectores será aquella resultante de aplicarle el factor de corrección en función del rendimiento que tenga la placa de captación según el modelo escogido dentro del amplio abanico comercial, y las especificaciones que marque el fabricante. En este caso se opta por el modelo "SOLARIA 2.1 G S8" de Fagor, del que ya se han definido sus características técnicas, captador solar de alto rendimiento, en el que debemos ajustar las pérdidas debidas al rendimiento del equipo y en función del rendimiento de la instalación, con un valor global de rendimiento entre el 85-90%, según los siguientes datos:

Rto (η) = $\eta_o - K_1 \cdot (T_m - T_a/l)$											
T _a (Temperatura media °C)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
15	15	16	18	34	24	27	28	26	22	18	16
Horas de Sol al día											
9,74	10,65	11,8	12,96	13,98	14,39	14,24	13,31	12,17	11,02	10,01	9,41
Eu (Energía Útil Producida kW/m ² día)											
4,38	5,18	5,72	6,55	6,68	7,16	7,28	6,86	6,42	5,19	4,12	3,58
Rendimiento η											
0,41	0,44	0,45	0,48	0,59	0,52	0,55	0,56	0,55	0,49	0,41	0,35

MES	Energía Útil (MJ/m ²) mes	η Placas	Perdidas del sistema	Energía Útil Sistema (MJ/m ²) mes
1 (Enero)	484,62	0,41	0,85	168,89
2 (Febrero)	518,02	0,44	0,85	193,74
3 (Marzo)	633,70	0,45	0,85	242,39
4 (Abril)	701,61	0,48	0,85	286,26
5 (Mayo)	739,09	0,59	0,85	370,65
6 (Junio)	766,90	0,52	0,85	338,97
7 (Julio)	805,49	0,55	0,85	376,57
8 (Agosto)	759,70	0,56	0,85	361,62
9 (Septiembre)	688,28	0,55	0,85	321,77
10 (Octubre)	574,29	0,49	0,85	239,19
11 (Noviembre)	441,95	0,41	0,85	154,02
12 (Diciembre)	396,54	0,35	0,85	117,97

Para el dimensionado de ACS se debe pensar que el conjunto solar se diseñará y calculará en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del captador solar, por lo que se debe de prever una acumulación según la demanda y el aporte, ya que no caminan paralelas a la generación energética. Con este criterio se pasa a diseñar el área de los captadores y la capacidad de los acumuladores. Otra vez será el CTE DB-HE a través de su Sección 4ª, en el apartado 3.3.3, el que nos marque los parámetros a seguir en cuanto al sistema de acumulación solar: *“para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición $50 < V/A < 180$ en m²/litro”*. Y en su apartado 2.1, se marcan los parámetros mínimos de contribución solar anual en función de la demanda de la vivienda y la zona climática en la que estemos, que para nuestro caso, corresponde a la Zona V, obteniendo un valor del 70% de la demanda total como mínimo para sistemas con fuentes energéticas a base de gasóleo, propano, butano y otros.

MES	Energía Útil Sistema (MJ/m ²) mes	Demanda ACS MJ/mes	Sup Captador m ²	Captador 1
1 (Enero)	186,09	641,6473	1,77	51,33
2 (Febrero)	207,21	579,5524	1,77	63,28
3 (Marzo)	253,48	626,82	1,77	71,58
4 (Abril)	291,87	606,6	1,77	85,17
5 (Mayo)	348,85	626,82	1,77	98,51
6 (Junio)	337,44	606,6	1,77	98,46
7 (Julio)	367,31	646,66	1,77	100,54
8 (Agosto)	346,42	646,66	1,77	94,82
9 (Septiembre)	313,85	487,2	1,77	109,51
10 (Octubre)	243,50	503,44	1,77	85,61
11 (Noviembre)	166,17	582,6	1,77	50,49
12 (Diciembre)	139,58	602,02	1,77	41,04

Analizando todos los datos podemos concluir que la demanda de ACS presente en nuestra vivienda queda satisfecha con la incorporación de un captador solar del tipo anteriormente reseñado, ya que no se supera ninguna de las condiciones marcadas como máximo en el CTE. Este sistema va asociado a diferentes sistemas de acumulación, necesiéndose un acumulador de 130 litros diarios, con lo que montaremos un interacumulador de forma redonda, también de Fagor, de 150 litros de capacidad mínima, el correspondiente a la serie AFE-150 N1. Así cumplimos también con la segunda condición marcada:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

$$\frac{V}{A} = \frac{150}{1.77} = 84.75 < 180$$

Para el dimensionado del aporte energético mediante captadores térmicos para la demanda de ACS y climatización, no será necesario dimensionar el captador, pues será el mismo, pero si el acumulador, según lo especificado en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones a Baja Temperatura de IDAE para las instalaciones de climatización, en el que se marcan las especificación mínimas de volumen de acumulación para cubrir la demanda energética durante al menos una hora, con una relación de $25 < V/A < 50$ litros/m². Necesitaremos conocer, no obstante, el número de captadores necesarios para cubrir dicha demanda mediante el procedimiento anterior.

Climatización+ ACS								
MES	Energía Útil Sistema	Demanda	Sup Captador					
	(MJ/m ²) mes	MJ/mes	m ²	%C1	%C5	%C9	%C10	%C11
1 (Enero)	186,09	11.545,21	1,77	2,85	14,27	25,68	28,53	31,38
2 (Febrero)	207,21	9.766,40	1,77	3,76	18,78	33,80	37,55	41,31
3 (Marzo)	253,48	8.098,91	1,77	5,54	27,70	49,86	55,40	60,94
4 (Abril)	291,87	5.382,34	1,77	9,60	47,99	86,38	95,98	105,58
5 (Mayo)	348,85	2.619,94	1,77	23,57	117,84	212,11	235,68	259,25
6 (Junio)	337,44	4.891,48	1,77	12,21	61,05	109,89	122,10	134,31
7 (Julio)	367,31	7.344,33	1,77	8,85	44,26	79,67	88,52	97,37
8 (Agosto)	346,42	8.094,48	1,77	7,58	37,88	68,18	75,75	83,33
9 (Septiembre)	313,85	5.093,71	1,77	10,91	54,53	98,15	109,06	119,97
10 (Octubre)	243,50	2.124,97	1,77	20,28	101,41	182,54	202,82	223,10
11 (Noviembre)	166,17	6.742,89	1,77	4,36	21,81	39,26	43,62	47,98
12 (Diciembre)	139,58	10.277,44	1,77	2,40	12,02	21,64	24,04	26,44

Observando los datos de cálculo, para la demanda general de agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración, necesitaremos la instalación de 11 captadores solares para garantizar cubrir un 77,86% de la demanda energética total, ya que la energía por encima de 110% se disipara mediante un aerodisipador en los meses necesarios, ya que no tenemos otros elementos para emplearla. Para elegir el acumulador más eficiente, tendremos en cuenta que debe tener una mayor capacidad, ya que tiene que aportar el ACS más el agua necesaria para calefacción en invierno y refrigeración en verano, cumpliendo con los datos marcados, instalando un acumulador de la misma marca, con una capacidad de 800 litros.

$$25 < \frac{V}{A} < 50$$

$$\frac{V}{A} = \frac{800}{(1.77 \cdot 11)} = 41.09 < 50$$

Esta refrigeración solar será posible mediante el uso de la misma instalación de suelo radiante con que se calienta en invierno: para calefactar se hace pasar agua caliente y para refrigerar agua fría, aunque será necesario deshumidificar el ambiente y se tendrán que instalar deshumidificadores Fan-Coils. Es un excelente aprovechamiento de la energía, porque en verano es cuando más radiación solar recibimos, por tanto captamos mayor energía y con ella refrigeramos las piezas que lo necesiten, tal y como se explica en el apartado correspondiente.

Para dimensionar el equipo de producción de energía eléctrica, mediante el uso de placas fotovoltaicas, para el vuelco a la red eléctrica, único uso permitido hasta el momento, y su consiguiente beneficio económico en la factura energética, será requisito imprescindible que el planeamiento o las normas urbanísticas de Vera acepten dicha instalación, y posteriormente habrá que realizar un cálculo de la producción de energía eléctrica en función de las dimensiones del captador fotovoltaico, para que cubra las necesidades de energía, aunque esta no sea consumida por la edificación. Para ello colocaremos los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta inclinada de la vivienda, ya que no tenemos ningún otro espacio útil aprovechable.

Para dimensionar los parámetros y factores de cálculo en función de la orientación, inclinación, sombras sobre los paneles, pérdidas eléctricas y ventilación de los módulos, debemos de acogernos a lo marcado por el CTE DB HE Sección 5, donde se regulan las exigencias básicas de la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. Recordemos que la vivienda tiene una orientación mayoritariamente hacia el oeste, la inclinación de la cubierta es de 17º respecto a la horizontal y la zona climática V, por lo que la placa compartirá estos parámetros. Como en la instalación térmica, la potencia de la radiación variara según el momento del día, en función de las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Para buenas condiciones, atmósfera normal, las condiciones de irradiación es de aproximadamente de 1000 W/m² en la superficie terrestre, lo que queda reflejado en las horas solares pico, tal y como refleja la siguiente tabla.

RADIACIÓN HSP (kWh/m ² día) PARA ALMERÍA											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2,92	3,9	5,01	5,77	6,55	6,9	7,17	6,63	5,76	4,6	3,42	2,71

Para elegir el tipo de módulo fotovoltaico, lo haremos en función del rendimiento que queramos obtener que sea suficiente como mínimo para abastecer la vivienda en su totalidad, es decir, que la potencia nominal del conjunto sea mayor a la demanda, que coincide con la potencia nominal contratada, en este caso de 5 kW, la actual, según los datos de facturación. En la selección del módulo fotovoltaico se opta por el modelo SCHOTT PERFORM POLY, con una potencia nominal pico mayor a 250 W. Con un cuenta sencilla, para cubrir la demanda de los 5000 W nominales necesitaríamos 20 módulos, de 1,64 m² de área, y que, dada las características de la vivienda, resulta prácticamente imposible por la falta de espacio para colocarlas. Aun así, realizaremos la propuesta con esta demanda y luego valoraremos la incorporación del equipo en función de sus restricciones. Las conexiones entre estos, serán en serie y paralelo, por la configuración de la cubierta, teniendo una mayor longitud que anchura, por lo que se dispondrán en 2 series de 10 módulos paralelos, dimensionada cada rama para una intensidad de 8,66 A.

Para dimensionar los inversores, podemos optar por dos maneras: una considerando los vatios de potencia eléctrica que el inversor puede suministrar durante su funcionamiento normal de forma continua, ya que sino, son menos eficientes cuando se utilizan a un porcentaje bajo de su capacidad, debiendo ser elegidos con una potencia lo más cercana posible a la de la carga de consumo; y otra, mediante la potencia de arranque, ya que algunos inversores pueden suministrar más de su capacidad nominal durante períodos cortos de tiempo, capacidad importante cuando se utilizan motores u otras cargas que requieren de 2 a 7 veces más potencia para arrancar que para permanecer en marcha una vez que han arrancado (motores de inducción, lámparas de gran potencia). Para nuestra vivienda hemos elegido el modelo UniLynx 3000 Indoor de DANFOSS, con una potencia nominal de 3 kW, por lo que necesitaremos dos para abastecer con holgura la carga de consumo. En lo relativo a la estructura de apoyo, al hacerse una configuración estándar integrada en la cubierta, no es necesario dimensionar ningún parámetro más allá de los específicos marcados por el fabricante.

Los datos aportados son en condiciones estándar de referencia marcadas solo por los condicionantes de diseño de los fabricantes, por lo que tenemos que valorar las pérdidas que se engloban en función del rendimiento del equipo, según la inclinación, la orientación, por la conducción al volcado de red, etc. Como ya paso anteriormente, no hay elementos que repercutan en la captación solar, considerándose las pérdidas por sombra nulas, al igual ocurre con la polución, los efectos generados por la actividad humana. Se considera una pérdida en el cableado a causa de la conductividad de los materiales en corriente continua y alterna, por disipación de calor, de un 2%. La potencia de los módulos no siempre será la misma, influyendo en su intensidad y su tensión máxima de potencia, influenciada por la colocación en serie, ya que disminuye al paso por una cadena de paneles, y regulada por el fabricante en torno a 4%. El inversor también tendrá pérdidas, a causa de su rendimiento, marcadas también por el fabricante en un 6,30%. El último factor

corrector será el relativo a las pérdidas por temperatura, ya que el rendimiento disminuye con el incremento de temperatura de trabajo, siendo necesaria una buena ventilación en la superficie expuesta como en la parte posterior.

Cálculo del factor de corrección en función de la eficiencia del equipo												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pérdidas CC	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Pérdidas CA	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Pérdidas Disipación	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Pérdidas del Inversor	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Pérdidas por Temperatura	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,91	0,90	0,90	0,91	0,92	0,94	-0,94
Pérdidas Globales	0,83	0,83	0,82	0,82	0,81	0,80	0,79	0,79	0,79	0,81	0,82	-0,82

De dónde:

$$L_{tem} = g \cdot (T_c - 25)$$

$$T_c = T_{amb} + (T_{onc} - 20) \cdot \frac{E}{800}$$

Ltem: pérdidas por temperatura
g: coeficiente de temperatura de la potencia (0.0035°C)
Tc: temperatura de trabajo
Tamb: temperatura ambiente media mensual
Tonc: temperatura de operación nominal del módulo
E: radiación media en un día soleado

Con las pérdidas calculadas podemos pasar a observar la energía estimada para cada mes, y su estimación anual, para ver cual es la potencia de nuestra instalación de generar energía y así poder realizar una valoración económica, para ver la rentabilidad de la inversión.

Energía producida por los módulos fotovoltaicos				
Mes	Radiación HSP (kWh/m ² día)	Perdidas Globales	Energía Producida	
			Diaría kWh/m ²	Mensual kWh/m ²
1 (Enero)	2,92	0,83	12,12	375,66
2 (Febrero)	3,9	0,83	16,19	453,18
3 (Marzo)	5,01	0,82	20,54	636,77
4 (Abril)	5,77	0,82	23,66	709,71
5 (Mayo)	6,55	0,81	26,53	822,35
6 (Junio)	6,9	0,8	27,60	828,00
7 (Julio)	7,17	0,79	28,32	877,97
8 (Agosto)	6,63	0,79	26,19	811,84
9 (Septiembre)	5,76	0,79	22,75	682,56
10 (Octubre)	4,6	0,81	18,63	577,53
11 (Noviembre)	3,42	0,82	14,02	420,66
12 (Diciembre)	2,71	0,82	11,11	344,44
Total				7540,67

Propuesta de adopción de equipos de obtención de energías limpias.-

El objeto de este apartado no es trazar un proyecto de instalación de equipos de obtención de energías renovables, como puede ser una instalación de un parque eólico o un parque solar, cercano a la situación de la vivienda, sino simplemente esbozar, en términos económicos, cuál sería la repercusión monetaria por molino y vivienda, o por placa y vivienda, para que un usuario doméstico se plantee la opción de ser copropietario en régimen cooperativista del parque o de uno de sus elementos, un molino o una placa. Para calcular la contribución eólica, nos fijaremos en modelos de cálculo orientativos, ya que para valorar con precisión la inversión a realizar es necesario un proyecto concreto de instalación, al que no se ha tenido acceso; utilizándose datos realizados por la Universidad de Zaragoza, para energía eólica. Para solar fotovoltaica, como ya el proyecto de rehabilitación cuenta con captadores fotovoltaicos en la envolvente del edificio, no se procederá a valorar la incorporación de otros equipos más complejos.

Para valorar la instalación de un parque eólico debemos tener claro que los costes de implantación serán relativos a la promoción, a la ingeniería y construcción del mismo, y en función de la cantidad de generadores a instalar. En la fase de promoción serán precisos informes previos en materia ambiental y urbanística, definir los convenios con los propietarios, estudiar el recurso eólico presente, publicaciones oficiales y de promoción, tasas y estudios económicos, contratos y licencias, y seguros y gestión financiera y económica. En resumen, los costes aproximados en términos de promoción del parque eólico, son alrededor del 5% de la inversión. En la siguiente tabla se desglosan los costes relativos a la evaluación del recurso eólico.

Presupuesto Evaluación del Recurso Eólico	
Licencia de Obra	600 €
Estaciones Medición Fijas 50 m	24.000 €
Estaciones Medición Fijas 100 m	90.000 €
Estaciones Medición Temporales	10.818 €
Tratamientos datos + Auditorias	20.000 €
TOTAL	145.418 €

Sea cual sea el proyecto, es necesario contar con estudios de topografía, impacto ambiental, arqueológicos, geotécnico, seguridad y salud, económico y viabilidad, eléctrico, y obra civil, además de realizar el correspondiente proyecto, delineación del mismo, copias y visados, con una relación económica de 91.232 €, tal y como se desglosa en la siguiente tabla.

Presupuesto Proyecto y Anteproyectos	
Estudio Topográfico	9.000 €
Estudio de Impacto Ambiental	12.000 €
Estudio Arqueológico	3.606 €
Estudio Geotécnico	3.606 €
Estudio de Seguridad	6.000 €
Estudio de Viabilidad	12.000 €
Estudio Eléctrico	7.500 €
Estudio de Obra Civil	7.500 €
Delineación	6.010 €
Proyecto	18.000 €
Copias y Visados	6.011 €
TOTAL	91.232 €

Además de estos trámites previos, es necesario la realización de un proyecto de la línea eléctrica que cubrirá la distancia entre los diferentes aerogeneradores y la subestación de transformación más cercana en el caso de que no contemos con una, más un proyecto de viales para las zonas de acceso para operaciones de mantenimiento, y las direcciones de obra correspondientes. Hablamos de un desembolso de 79.729 € para el proyecto de la línea eléctrica, 55.225 € para el proyecto relativo a configuración de accesos, y, 87.000 €, 73.997 € y 63.000 €, para las direcciones de obra del parque, de la línea eléctrica y de las obras de accesos, respectivamente. También, como sucede en cualquier proyecto, sea de la envergadura que sea, es necesario hacer un desembolso en concepto de tasas y licencias de obra, de la magnitud que se refleja en la siguiente tabla.

Presupuesto Tasas y Licencias de Obra	
Tasas de inscripción régimen especial	1.352 €
Tasas de tramitación expediente	21.035 €
Registro industrial	21.035 €
Tasas M.U.P.	15 % de los pagos por terreno de un año
Licencia de Obras	Entre un 2,4 y un 4% del presupuesto
Impuesto actividades económicas	Aproximadamente 1,15 €/año por kW instalado
Licencia apertura	65 % del IAE de un año en función del Ayto.

Una vez definidos los gastos fijos de proyectos y licencias, se pasa a definir las unidades de obra relativas a los accesos, caminos de servicio, zapatas y plataformas de apoyo, y la subestación y canalizaciones necesarias. Para los accesos y caminos de servicio se han tomado como base un ancho de 6 m de pista, con una dificultad sencilla, para estimar así la unidad de obra en metros, con una cuantía de 92,80 €/m y 56,42 €/m respectivamente. Para las zapatas, y condicionados por el estudio geotécnico, tomamos

como base una geometría de 12,5 metros de largo por 12,5 m de ancho y 3,4 metros de fondo, para obtener un coste de 65.269 €/ud. Las plataformas se dimensionarán con una longitud de 25 metros por 30 metros de ancho, ascendiendo el coste por unidad de plataforma a 3.584 €/ud. El ejecutar el edificio de control de la subestación y la propia subestación en si a la intemperie, ascenderá a un coste de 156.263 €. Para las canalizaciones, se realizarán unas zanjas de 80 cm de ancho por 120 cm de fondo, con un coste de 24,93 €/m. El resto de instalaciones eléctricas vienen definidas en la siguiente tabla.

Presupuesto Instalaciones Eléctricas	
Instalación Centro Transformación	21.156 €/ud
Líneas de interconexión	40,4 €/m
Instalación Subestación	582.982 €
Línea eléctrica	306.517 €/km
Elementos de Conexión	
Posición 66 kV	132.223 €/ud
Posición 220 kV	390.658 €/ud
Set transformación 66/220 kV, 90 MVA	3.167.334 €/ud
Línea 220 kV DC LA-380 Dx	225.806 €/km

Definidos todos los elementos base es necesario marcar las características de los aerogeneradores, los verdaderos protagonistas de nuestra instalación. A continuación se define una lista con la potencia del generador, el coste total y el coste por kW producido, siendo precios orientativos ya que cada fabricante tiene sus parámetros propios. Estos precios variaran en función de la base que se elija, el emplazamiento, la altura de la torre, y otros elementos opcionales. Cabe reseñar que las maquinas por debajo de los 850 kW no son comerciales en la mayoría de los fabricantes.

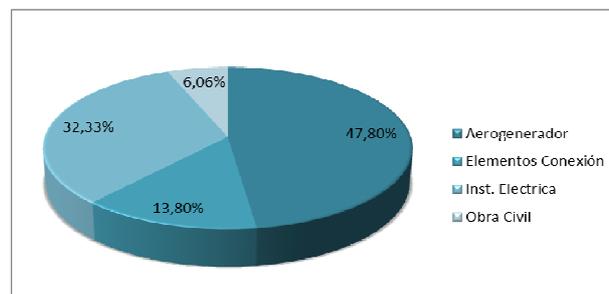
POTENCIA	COSTE	
	€	€/kW
660	468.789	710
750	504.850	673
850	750.000	882
1500	1.500.000	1.000
2000	2.200.000	1.100
2500	2.800.000	1.120
3000	3.300.000	1.100

Se tienen por tanto los datos necesarios para presupuestar el parque eólico a ejecutar, del cuál se sabe que se van a instalar 13 aerogeneradores Gamesa tipo G52 de 850 kW de potencia nominal, 55 metros de altura de torre y 52 metros de diámetro de rotor. La

potencia total a instalar será de 11.050 kW, lo que equivale a 812,5 horas equivalentes brutas. Las pérdidas por transporte y transformación del equipo serán entorno al 3%, el coeficiente de disponibilidad de 97% y el de eficiencia de 0,95 expresado en tanto por uno. La tensión de set del parque es de 66 kV, y la longitud de la línea eléctrica de 18 km con una tensión de conexión de 220 kV. A continuación, se describen los costes relativos a obra civil y la instalación eléctrica.

Presupuesto Obra Civil			
Accesos	3,5	92,80 €/m	324,80 €
Caminos de Servicio	10	56,42 €/m	564,20 €
Zapatas	13	65.269 €/ud	848.497 €
Plataformas	13	3.584 €/ud	46.592 €
Subestación	1	156.263 €	156.263 €
Zanjas Canalizaciones	5.420	24,93 €/m	135.120,60 €
Protección Ambiental	1	49.305,53 €	49.305,53 €
TOTAL			1.236.667,13 €
Presupuesto Instalación Eléctrica			
Instalación centro Transformación	13	21.156 €/ud	275.028 €
Líneas de interconexión	5.420	40,40 €/m	218.968 €
Instalación subestación	1	582.982 €	582.982 €
Línea eléctrica	18	306.517 €/km	5.517.306 €
TOTAL			6.594.284 €
Presupuesto Elementos de Conexión			
Posición 66 kV	1	132.223 €/ud	132.223 €
Posición 220 kV	0,5	390.658 €/ud	195.329 €
Set transformación 66/220 kV, 90 MVA	0,5	3.167.334 €/ud	1.583.667 €
Línea 220 kV DC LA-380 Dx	4	225.806 €/km	903.224 €
TOTAL			2.814.443 €

Si un aerogenerador tiene un coste de 750.000 €, instalar 13 aerogeneradores ascenderá a 9.750.000 €, por lo que tenemos un montante total de 20.395.394,13 € sin tener en cuenta los gastos fijos de promoción, proyectos y licencias, según marca porcentualmente la siguiente gráfica:



3.29. Distribución porcentual de costes para la instalación de aerogeneradores eólicos

Cada generador costará 1.568.876,47 €, con una potencia de generación de electricidad para una carga de trabajo de 24 horas durante los 365 días del año de 6.861,489 MW, tenidos en cuenta los rendimientos de los equipos y las pérdidas por transporte, lo que aun precio de venta marcado por el B.O.E. de 73 €/MWh, dan unos ingresos de 500.888,70 € anuales por generador, recuperando la inversión en aproximadamente 3 años. Pero no resulta fácil que una sola persona asuma una inversión tan alta, por lo que es necesario que se compartan las cargas y por tanto, los posteriores beneficios entre más inversores-propietario. Las características del entorno dónde se va a construir el parque eólico, lleno de urbanizaciones, hacen muy atractivo que éstas sean participes de los beneficios de este, es decir, en el caso de nuestra vivienda, son nueve las que completan la manzana, por lo que se disipa la inversión inicial a 174.319,61 €, con un ingreso por la venta de lo producido de 55.654,30 €, por cada propietario.

Valoración económica de las propuestas.-

Teniendo en consideración la demanda de energía que tiene la vivienda objeto de rehabilitación, nos encontramos que ésta requiere 1.984,39 kWh para ACS, 6.399,13 kWh para refrigeración y 14.348,84 kWh en relación a la calefacción. En total se demandan 20.747,97 kWh, que a un precio de 0.143798 €/kWh, en función de la tarifa que ofrece la compañía suministradora Sevillana Endesa, hacen un gasto total anual de 2.983,52 €, sólo en materia eléctrica. Como el producir esa energía eléctrica tiene un coste medioambiental, medible en función de las emisiones de CO₂ producidas, la vivienda estaría emitiendo, o ayudando a emitir, mediante su consumo, un equivalente a 10,08 t de CO₂ al año, aplicando un valor de conversión de 0.486 kg de CO₂/kWh. En cuanto al consumo de butano, combustible que usa la vivienda para producir agua caliente sanitaria el procedimiento es algo menos directo, ya que necesitamos transformar la energía calórica en número de bombonas.

Primero calculamos la cantidad de energía que debemos calentar diariamente

$$Q = C_e \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q_b = 4.18 \cdot 123 \cdot (60 - 22) \Rightarrow \Rightarrow Q_b = 19.537,32 KJ$$

De dónde:

Q: energía de combustión del butano

C_e: calor específico de la sustancia a calentar (agua) = 4.18 KJ/KgK

m: masa a calentar (123 litros = 123 kg de agua)

ΔT: variación de temperatura del proceso (T_f-T_i)

NOTA: la temperatura de abastecimiento es la que nos marca la empresa suministradora, 22°C, y la de suministro 60°C

Luego necesitamos conocer la cantidad de butano que se requiere para obtener esa energía

1 Mol de Butano ----- 2642 KJ

X = 7,39 Mol de Butano

X mol ----- 19.537,32 KJ

$$n = \frac{m}{(MM)} \Rightarrow \Rightarrow m = 7,39 \cdot 58 \Rightarrow \Rightarrow m = 428,90g = 0.428kg$$

De dónde:

n: número de moles

m: masa

MM: masa molar del butano (58 g/mol)

1 botella de butano ----- 12.5 kg

X = 0.034 bombonas de butano al día

X botellas ----- 0.428 kg

Según el anterior cálculo, si necesitamos aproximadamente 0.03 botellas diarias, al cabo del año supondrá la necesidad de compra de 11 botellas, sin incluir las pérdidas de gas sufridas, lo que diversas fuentes consultadas valoran en torno a un 30%, por lo que es necesario la compra de 18 botellas, lo que a un precio actual de 15.53 € la bombona, ascenderá a 279.54 € anuales. Además el butano también emite CO₂ a la atmósfera, una promedio de 0.26 kg, por lo que nuestra vivienda estará consumiendo un equivalente de 58.5 kg de CO₂ al año. En el siguiente estudio se pretende valorar el impacto económico, tanto monetario como de reducción de emisiones de CO₂, en consonancia con las propuestas realizadas y su coste, y en detrimento del espacio útil modificado.

Si recordamos las características energéticas de la envolvente de la vivienda, el elemento más débil de esta, era la carpintería, ya que el cerramiento nos marcaba una transmitancia de 0,67 W/m²K, siendo el límite marcado por el CTE para la zona en la que nos encontramos de 0,94 W/m²K; por lo que nuestra primera actuación será la valoración de incorporar otro tipo de carpintería que nos mejore las prestaciones sin necesidad de cambiar ningún elemento extra del cerramiento. Según el análisis echo la carpintería que mejores prestaciones térmicas nos dará será la de PVC monobloc con un vidrio Climalit estándar exterior de 4 mm e interior de 6 mm, con cámara de aire de 8 mm de espesor. Con esta nueva solución bajamos de una transmitancia inicial en carpinterías de 5,62 W/m²K, a 2,16 W/m²K, tal y como se refleja en los cálculos efectuados en la tabla 1 del anexo de cálculo.

Con esta solución se haría una inversión de 5.579,30 € lo que redundaría en un ahorro de aproximadamente un 23% en la factura energética, tanto en calefacción como refrigeración, y en la emisión de CO₂ a la atmósfera, con una recuperación de la inversión a los 8 años, siendo este un tiempo razonable. Sólo con esta medida ya estamos ahorrando una cuarta parte de lo que consumíamos antes, tal y como vemos en las tablas siguientes.

Presupuesto m ² Carpintería (según base de datos CYPE para la provincia de Almería)				
Ud	Ventana Oscilobatiente PVC V1	1	554,78	554,78
Ud	Ventana Oscilobatiente PVC V2	1	418,23	418,23
Ud	Ventana Oscilobatiente PVC V4	2	414,71	829,42
Ud	Ventana Oscilobatiente PVC V5	2	425,41	850,82
Ud	Puerta Oscilobatiente PVC P6	5	585,21	2.926,05
TOTAL				5.579,30 €

Análisis Energético		
Carpintería PVC+Climalit 4/8/6		
Demanda Calefacción (kWh)		11.086,16
Demanda Refrigeración (kWh)		4.947,28
Análisis Económico		
Coste de la solución adoptada (€)		5.579,30
Gasto Eléctrico (€)	Calefacción	1.594,17
	Refrigeración	711,41
Beneficio Emisiones CO2 (t)	Calefacción	5,39
	Refrigeración	2,40
Ahorro	Calefacción	22,93%
	Refrigeración	22,76%
Análisis de Rentabilidad		
Tiempo de retorno de la inversión (años)		8

Pero como podemos aprovechar las obras que tenemos que realizar para cambiar las carpinterías para mejorar también los cerramientos existentes, se plantea una actuación por el exterior, y otra por el interior conservando el muro existente, siendo la sustitución completa del cerramiento por otro de nuevas características como ya vimos en el apartado correspondiente, descartado para no realizar obras de mayor envergadura. La facilidad de trabajo interviniendo por el exterior de la vivienda es la característica más relevante de este primer planteamiento, no sólo por la escasa interferencia sobre los usuarios, sino además por no ocupar un espacio útil interior. Anteriormente analizamos el comportamiento a priori de los diferentes aislamientos en nuestra vivienda, por lo que se descarta la solución de fachada ventilada por ser más compleja y costosa que las demás para una rehabilitación, inclusive aumenta el espesor de esta de manera considerable. Elegir entre una solución adherida o no de EPS o XPS no nos concreta nada, ya que ambas prestan las mismas transmitancias para los mismos espesores, por lo que la solución que aúna todo, es decir, facilidad de ejecución, poco aumento de espesor y alta prestación térmica, es optar por una proyección de PUR de densidad 35 kg/m³, con un espesor total de 50 mm.

Esta solución se aplicará en el cerramiento de la fachada de la vivienda y el cerramiento del patio interior en las zonas que afectan a los paños habitables, teniéndose en cuenta la mejoría ya notable del cambio con la carpintería. En la siguiente tabla podemos observar como aplicando una proyección de aislamiento tipo PUR conseguimos

beneficios en torno al 40% del gasto energético, siendo rentable la solución a partir del año 11, en donde la inversión ya habrá sido recuperada, según el presupuesto que se detalla a continuación.

Presupuesto m ² PUR Proyectado por el exterior (según base de datos CENTRO 2010)				
m ²	Aislamiento PUR Proyectado 40 mm	7.184,76 €		
	m2 Picado Revoco monocapa a mano	103,73	18,42	1.910,71
	m2 Aislamiento PUR 40 mm	103,73	11,08	1.448,49
	m2 Revestimiento mortero monocapa	103,73	36,88	3.825,56
m ²	Aislamiento PUR Proyectado 70 mm	8.004,85 €		
	m2 Picado Revoco monocapa a mano	103,73	18,42	1.910,71
	m2 Aislamiento PUR 70 mm	103,73	21,87	2.268,58
	m2 Revestimiento mortero monocapa	103,73	36,88	3.825,56

Análisis Energético			
	Aisl. PUR 35 kg/m ³ 40 mm	Aisl. PUR 35 kg/m ³ 70 mm	
Demanda Calefacción (kWh)	8.833,16	8.361,06	
Demanda Refrigeración (kWh)	3.944,73	3.734,64	
Análisis Económico			
Precio unitario de la solución constructiva (€/m ²)	69,26	77,17	
Superficie de fachada afectada (m ²)	103,73	103,73	
Coste de la solución adoptada (€)	7.184,76	8.004,85	
Coste del aislamiento (€/m ²)	13,96	31,430	
Gasto Eléctrico (€)	Calefacción	1.270,19	1.202,30
	Refrigeración	567,24	537,03
Beneficio Emisiones CO ₂ (t)	Calefacción	4,29	4,06
	Refrigeración	1,92	1,82
Ahorro	Calefacción	38,59%	41,88%
	Refrigeración	38,41%	41,69%
Carpintería PVC+Climalit 4/8/6	5.579,30 €	5.579,30 €	
Análisis de Rentabilidad			
Tiempo de retorno de la inversión (años)	11	11	

Continuando con las propuestas del capítulo anterior, es hora de ver que solución es la más favorable para la intervención en el cerramiento medianero, relativo a las zonas de descanso y estar, ya que el cerramiento de la cocina y el garaje no se considera necesario actuar en ellos, compuesto por un tabique de 11 cm de ladrillo hueco doble, y un guarnecido y enlucido de yeso por ambas caras. Como no tenemos más datos que los aportados por la deficiente memoria constructiva del proyecto de la vivienda, en principio debemos de entender que no hay cámara de aire entre ambas hojas de cerramiento, por lo

que nos resultará imposible aplicar una proyección de aislante en la cámara y así ahorrar la superficie que nos ocupará una solución por el interior del mismo. Además, teniendo posibilidad de no demoler ningún elemento, la solución de aislamiento con placa de yeso laminado se postula como la más acertada. Para ello aislaremos con plancha de EPS de 55 kg/m³ de densidad y 40 mm de espesor, más una plancha de yeso laminado para revestir, para alcanzar un transmitancia una tercera parte de la que teníamos, pasando de 1,54 W/m²K a 0,51 W/m²K, con el mínimo espesor. Se alcanza así un ahorro del 49% de la solución existente, con una recuperación de la inversión en 10 años.

Presupuesto m ² EPS + Placa de Yeso Laminado 15 mm (según base de datos CENTRO 2010)				
m ²	Aislamiento EPS 40 mm + PYL	768,28 €		
	m2 Aislamiento EPS 40 mm	22,53	14,92	336,15
	m2 Placa Yeso Laminado HISPALAM OMEGA	22,53	19,18	432,13

Análisis Energético		
Aisl. EPS 55 kg/m ³ 40 mm		
Demanda Calefacción (kWh)	7.294,72	
Demanda Refrigeración (kWh)	3.260,14	
Análisis Económico		
Precio unitario de la solución constructiva (€/m ²)	34,10	
Superficie de fachada afectada (m ²)	22,53	
Coste de la solución adoptada (€)	768,28	
Coste del aislamiento (€/m ²)	14,92	
Gasto Eléctrico (€)	Calefacción	1.048,97
	Refrigeración	468,80
Beneficio Emisiones CO ₂ (t)	Calefacción	3,55
	Refrigeración	1,58
Ahorro	Calefacción	49,29%
	Refrigeración	49,10%
Carpintería PVC+Climalit 4/8/6	5.579,30 €	
Aisl. PUR 35 kg/m ³ 40 mm	7.184,76 €	
Análisis de Rentabilidad		
Tiempo de retorno de la inversión (años)	9	

Antes de pasar a valorar la adopción de los nuevos equipos para las instalaciones de climatización, faltaría por definir la solución elegida para la cubierta, de todas las propuestas. Aprovechando que tenemos dos tipologías, plana e inclinada, optaremos por poner las placas solares en la inclinada, para aprovechar una mayor captación de la radiación solar, por lo que la plana, se rehabilitará con una solución ajardinada por el exterior, y la de teja, se reforzará también por el exterior pero con una proyección de espuma de PUR rígido de 35 kg/m³ de densidad más un elastómero, de manera que no tenemos que levantar toda la cobertura de teja, sino la que sea afectada por la colocación

de los captadores solares. Esta solución aportará estanqueidad al conjunto y al mismo tiempo aislamiento, sellando los posibles desperfectos que tenga la cubierta por el paso del tiempo. Para la cubierta ajardinada, se ejecutará una solución de cubierta invertida ajardinada como las que se definió en el capítulo anterior, de un espesor total de 80 mm y una transmitancia térmica de 0,33 W/m²K. Para la solución con espuma proyectada, por el contrario, se alcanza una transmitancia térmica de 0,18 W/m²K para un espesor de 40 mm de aislamiento. En términos de rentabilidad, aplicando las dos soluciones aumentamos nuestro ahorro en un 56% aproximadamente sobre el actual, con una inversión recuperable a los 10 años.

Presupuesto m ² PUR Proyectado sobre teja (según base de datos CENTRO 2010)				
m ²	Aislamiento PUR Proyectado 40 mm	1.408,03 €		
	m ² Aislamiento PUR Proyectado	71,51	11,08	792,33
	m ² Elastómero PUR 1000 kg/m ³	71,51	8,61	615,70
Presupuesto m ² Solución Ajardinada cubierta plana (según base de datos CENTRO 2010)				
m ²	Cubierta Invertida Transitable Ajardinada	2.309,36 €		
	m ² Retirado de solado a mano	16,57	11,51	190,72
	m ² Cubierta Invertida con plantas	16,57	127,86	2.118,64

Análisis Energético		
Demanda Calefacción (kWh)		6.307,26
Demanda Refrigeración (kWh)		2.820,73
Análisis Económico		
Coste Aislamiento Cubierta de Teja (€)		1.408,03
Coste Aislamiento Cubierta Ajardinada (€)		2.309,36
Gasto Eléctrico (€)	Calefacción	906,97
	Refrigeración	405,62
Beneficio Emisiones CO ₂ (t)	Calefacción	3,07
	Refrigeración	1,37
Ahorro	Calefacción	56,15%
	Refrigeración	55,96%
Carpintería PVC+Climalit 4/8/6		5.579,30 €
Aisl. PUR 35 kg/m ³ 40 mm		7.184,76 €
Aisl. EPS 55 kg/m ³ 40 mm		768,28 €
Análisis de Rentabilidad		
Tiempo de retorno de la inversión (años)		10

Las propuestas echas anteriormente para la adopción de equipos de aprovechamiento solar, eran el incorporar 11 captadores solares para la demanda de ACS y climatización, y 20 paneles solares para la demanda de electricidad. Estos cálculos se hicieron teniendo en cuenta únicamente las demandas de energía y no el espacio útil del que disponemos en la cubierta, con una superficie de 71,57 m², de los que solo 21,67 m² están en la orientación adecuada. Los 31 paneles supondrían una superficie de 52,69 m² útiles por lo que resulta

más que evidente la falta de espacio, debiendo redimensionar el aporte solar. Como lo que estamos valorando en la relación beneficio-ahorro-inversión, resulta al observar el precio al que pagamos el kW/h es más caro que la repercusión en kg de butano, combustible usado para el ACS. Además también es más caro el precio de venta al que pondremos nuestro kW/h producido por nuestra instalación fotovoltaica que al que lo compramos, con un beneficio positivo. En definitiva, se considera más rentable aumentar la potencia generada por aprovechamiento solar fotovoltaico, en detrimento de la potencia por aprovechamiento solar térmico.

Se instalarán 5 captadores solares para climatización y agua caliente sanitaria, con una superficie útil total de 8,85 m² y 7 paneles fotovoltaicos, con una superficie útil total de 11,48 m², por lo que estamos por debajo de la superficie total disponible de nuestra cubierta, con un total de 20,33 m². Con esto, se cubrirá un demanda como se describe a continuación, de 7.871,36 kWh para climatización, lo que supone un 54.72% del total anual que requiere la vivienda. En términos de rentabilidad la instalación tiene un coste de 6.135,69 €, sin contemplar el equipo de distribución por suelo radiante, estando completamente amortizada para el tercer año, con un ahorro del 45% en la factura energética.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
% Energía Demandada	14,27	18,78	27,70	47,99	117,84	61,05	44,26	37,88	54,53	101,41	21,81	12,02
Energía Demandada MJ	1.647,50	1.834,13	2.243,40	2.582,98	3.087,34	2.986,25	3.250,60	3.066,19	2.777,60	2.154,93	1.470,62	1.235,35
TOTAL kWh	7.871,36 (54,72%)											

Presupuesto Instalación Placa Solar Térmica (según catalogo fabricante y base CENTRO 2010)			
Placa SOLARIS 2.1-G S8		6.135,69 €	
Ud	Placa solar	5	2.810
Ud	Acumulador AFE-150 N1	1	765
Ud	Batería	1	978,96
Ud	Circuito Primario	1	1.206,71
Ud	Centralita Solar	1	335,26
Ud	Válvula de llenado automático	1	39,76

Análisis Energético	
Demanda Climatización (kWh)	7.871,36
Análisis Económico	
Coste Instalación Placas (€)	6.135,69
Gasto Eléctrico (€)	1.131,89
Beneficio Emisiones CO ₂ (t)	3,83
Ahorro	45,28%
Análisis de Rentabilidad	
Tiempo de retorno de la inversión (años)	3

En cuanto a fotovoltaica, la instalación tiene un coste de 16.827,98 €, generando una potencia de 86.566,89 kWh anuales, por los siete captadores. Para valorar el beneficio y retorno de la inversión, es necesario la consulta de la nueva Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial, más concretamente en su Anexo III. De ello se deduce que las compañías suministradoras pagan el kWh a 0,112404 € mas una prima de 0,047065 € para instalaciones de potencia inferior a los 10 MW. Así tenemos el siguiente balance, en el que amortizaremos los equipos al año de instalarlos:

Presupuesto Instalación Placa Solar Fotovoltaica (según catalogo fabricante y base CENTRO 2010)				
Placa SCHOTT PERFORM POLY 250Wp			16.827,98 €	
	Ud Placa fotovoltaica	7	1.508	10.556
	Ud Estructura cubierta inclinada	7	57,42	401,94
	Ud Inversor UNILYNX 3000 INDOOR	1	1.737,92	1.737,92
	Ud Caja de Conexión	1	468,35	468,35
	Ud CGP y Contador	1	1728,13	1728,13
	Ud Instalación y Cableado	1	1935,64	1935,64

Energía Total Anual kWh/m ²	7.540,67
m ² Instalados	11,48
Energía Generada kWh	86.566,89
Precio de Venta €/kWh	0,16
Beneficio Económico	13.804,74
Impacto ambiental (t CO ₂)	42,07
Rentabilidad (años)	1

CONCLUSIONES

El mundo de la edificación ha cambiado. La sociedad ha cambiado. Y las maneras de producir, también. Ya no es suficiente con redundar beneficios exclusivamente económicos sino también medioambientales, es necesario un desarrollo que potencie los recursos que tenemos disponibles para hacer de ellos un uso más que inteligente, evitando caer en imprecisiones por soluciones mal estudiadas o proyectos mal ejecutados. La premisa de nuestro proyecto era la de caminar hacia la eficiencia energética. A lo largo de estas páginas hemos visto que es necesario actuar con todo nuestro potencial desde la concepción de la vivienda, de decirles a los promotores las soluciones que van a permitir que sus promociones se distinguen de las demás con un punto más, distinto al que le puede dar un diseño o un acabado.

Ya no hay la excusa que la normativa no acompaña, de hecho se han realizado esfuerzos para que el mundo político cambie la mentalidad, y aunque hayan llegado tarde son de valorar. Hemos analizado los parámetros que marcarán los futuros diseños de edificación, con un papel más predominante del entorno y del recurso natural. Pero también hemos podido constatar que hacer con la vivienda existente, con ese parque inmobiliario cada vez más grande y que envejece cada vez más a un ritmo más agigantado. Nuevas soluciones constructivas, nuevos usos de los materiales tradicionales, implementaciones tecnológicas en instalaciones e incorporación de sistemas de gestión y control automatizados, elementos cada vez más presentes y que valoran lo que da de sí una vivienda, y no el arcaico modelo, y fracasado por que no decirlo, de valorar únicamente el espacio dónde se sitúa, el suelo.

Con este ejemplo, se han mejorado las condiciones energéticas de una vivienda cuya tipología esta muy extendida en toda la vertiente mediterránea: conjuntos unifamiliares, de baja altura, con gran volumen de espacios al exterior, y con una deficiente incorporación de elementos que si se usan en edificación colectiva, como buenos cerramientos, solventes conjuntos constructivos que aíslen térmica y acústicamente, o elementos diferenciadores, como cubiertas o fachadas con elementos vegetales. Se ha estudiado con detenimiento como funcionan térmicamente diferentes soluciones para mejorar la envolvente térmica, mediante su aplicación por el interior o el exterior de la vivienda, o incluso mediante su aplicación entre varias capas del conjunto constructivo.

De todo ello se deduce que siempre que afrontemos una rehabilitación, como ésta en la que la edad de la vivienda no es excesiva, alrededor de 20 años, es preferible actuar directamente por el exterior de los cerramientos verticales, mejorando la carpintería. Recordemos que solamente con esta última se habían reducido los consumos energéticos en un 23%, siendo una opción accesible en la mayoría de los casos por no resultar muy costosa ni muy dificultosa desde el punto de vista técnico de ejecución. De esta manera, no sólo

conseguimos mínimas interferencias con el usuario, no teniendo este que abandonar la vivienda, sino también no consumir un espacio útil que necesitamos.

En la mayoría de los casos bastará con resolver los elementos de separación entre espacios habitables y no habitables, o entre espacios vecinos, o de locales calefactados y no, con un cierto grado de aislamiento, mediante la adherencia de una plancha o el proyectado de una espuma rígida. En este caso hemos conseguido mejorías en un intervalo del 39 al 49% del consumo energético final de la vivienda, sin entrar a redimensionar otros parámetros como aporte extra de energía, o regulación de equipos de calefacción o climatización, y sin intervenir en la cubierta. No es necesario realizar todas las medidas de golpe, incluso no es efectivo gastarse mucho dinero respecto una solución con otra, si este redundante de manera muy limitada en el consiguiente beneficio energético.

Otra de las grandes ventajas del panorama tecnológico, es la incorporación de equipos de obtención de energías limpias. Se ha tenido la posibilidad de estudiar sistemas incorporados a nuestra vivienda, dónde el beneficio es directo e individualizado, sin grandes costes de inversión, asumiendo pocos riesgos, y beneficiándonos, en cualquier caso, del bien máspreciado de la Península Ibérica, el Sol. Estos sistemas, incorporados a nuestra vivienda nos han supuestos ahorros energéticos en torno al 45% del gasto referido a agua caliente sanitaria, evitando la emisión de 42 toneladas de CO₂ a la atmósfera, en la generación eléctrica por placas fotovoltaicas, y en periodos de amortización a muy corto plazo.

Se ha aprovechado la intervención para darle un carácter vivo al conjunto constructivo, mediante la incorporación de soluciones ajardinadas, en este caso en cubierta plana, para las terrazas a las que se tienen acceso por los dormitorios, mediante la plantación de especies autóctonas, que no requieren de la fuerte presencia de los recursos hídricos, debilitados históricamente en nuestra localización, y que le otorgan ese grado distintivo, de diferenciación, y por qué no, ese elemento diferenciador que marca en un momento dado la elección de una vivienda por otra.

El papel del ingeniero, o por generalizar de los técnicos, intervinientes en cada fase del proceso edificatorio, tiene que ser preminente, arrogante inclusive, abandonando radicalmente planteamientos inertes, que busquen la especulación a cualquier precio, y configuren paisajes que no construyan un modo de vida. Debemos estar más del lado del cliente, pero no solo en nuestra dimensión, sino en cualquier acto de venta de servicios o productos. Recordemos que para que un proyecto cobre vida es muy importante que alguien valore la idea, pero más aun si cabe, que alguien lo compre, y que a poder ser, este lo use. Ese es el gran reto, aportar nuestro conocimiento, para realizar proyectos ambiciosos, en consonancia con nuestro futuro desarrollo, que cada vez pidan menos y den más, y sobre todo, que haga a nuestros usuarios, valorar al alza el esfuerzo dedicado.

BLIBLIOGRAFÍA

- FERNÁNDEZ SALGADO, J.Mª: “Eficiencia Energética en los Edificios”, Ediciones AMV (2010)
- MACHADO, M; BRITO, C; NEILA, J: “La cubierta ecológica como material de construcción”, Dpto. de Construcciones y Tecnología E.T.S. Arquitectura de la UPM (1999)
- AAVV: “Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Ahorro de Energía”, BOE (2009)
- AAVV: “Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección Frente al Ruido”, BOE (2009)
- AAVV: “Código Técnico de la Edificación, Catálogo de Elementos Constructivos”, Instituto Eduardo Torroja (2010)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Soluciones de Acristalamiento y Cerramiento acristalado”, IDAE (2008)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Expandido EPS”, IDAE (2008)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Soluciones de Aislamiento con Poliuretano PUR”, IDAE (2008)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Extruido XPS”, IDAE (2008)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Biomasa: Climatización”, IDAE (2008)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Biomasa: Redes de distribución térmica”, IDAE (2008)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Boletín de Energías Renovables”, IDAE (2011)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Guía de rehabilitación energética en edificio de viviendas”, IDAE (2008)

- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto”, IDAE (2010)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Evolución de los consumos e intensidades energéticas”, IDAE (2011)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Consumos del sector residencial en España”, EUROSTAT-IDAE (2011)
- MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA; “Estrategia Española de Desarrollo Sostenible”, IDAE (2007)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Boletín IDAE: Eficiencia Energética y Energías Renovables nº8”, IDAE (2006)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Energía de la Biomasa”, IDAE (2007)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Manual de la Geotermia”, IDAE (2008)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Energía Eólica”, IDAE (2006)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Energía Solar Fotovoltaica”, IDAE (2008)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Energía Solar Térmica de baja temperatura”, IDAE (2007)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Energía Solar Térmica”, IDAE (2007)
- SECRETARIA GENERAL COMISION EUROPEA: “Guía para la Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible”, IDAE (2007)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Minicentrales Hidroeléctricas”, IDAE (2006)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Observatorio Energías Renovables”, IDAE (2011)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 E4, Plan de Acción 2008-2012”, IDAE (2007)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Proyecto SECH-SPAHOUSEC, Análisis del consumo energético del sector residencial en España”, EUROSTAT-IDAE (2011)

- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Comentarios al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios RITE-2007”, IDAE (2007)
- CONSEJERIA DE EMPLEO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO: “Integración de la energía solar en el urbanismo”, JUNTA DE ANDALUCIA (2000)
- CONSEJERIA DE EMPLEO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO: “Integración Arquitectónica de Instalaciones de energía solar térmica”, JUNTA DE ANDALUCIA (2001)
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO: “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura”, IDAE (2009)
- AAVV: “Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior”, ANFAPA (2008)
- AAVV: “Sistemas de Pladur, catálogo de detalles técnicos”, Uralita (2012)
- AAVV: “Guía Técnica ISOTEX”, CLIMABLOCK (2011)

- MARTIN MATEO, ANA: “Arquitectura bioclimática. Materiales y eficiencia Energética”, PFG-UPV (2008)
- TERUEL MICÓ, REBECA: “Arquitectura Sostenible. La eficiencia Energética en las viviendas desde un punto de vista bioclimático”, PFG-UPV (2010)
- MARTÍNEZ CANDELA, DARIO: “Eficiencia Energética en Edificación Unifamiliar”, PFG-UPV (2011)

- www.unarbolismo.com
- www.five.es
- www.cricyt.edu.ar/lahv/pruebas/conductancia/principal.htm

ANEXO DE CÁLCULO

Tabla de Valores figura 3.13:

COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Enfoscado mortero de cemento	0,03	1,2	0,03
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Cámara de aire	0,04		0,17
Aislamiento Térmico EPS	0,02	0,032	0,63
Ladrillo hueco doble 7	0,07	0,42	0,17
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior			0,13
R	1,49	U	0,67
Sistema No Adherido con EPS			
Mortero Adhesivo	0,005	0,52	0,01
EPS 55 Kg/m ³	0,03	0,033	0,91
Imprimación Mortero para Revoco	0,02	0,56	0,04
R	2,44	U	0,41
Mortero Adhesivo	0,005	0,52	0,01
EPS 55 Kg/m ³	0,06	0,033	1,82
Imprimación Mortero para Revoco	0,02	0,56	0,04
R	3,35	U	0,30
Mortero Adhesivo	0,005	0,52	0,01
EPS 55 Kg/m ³	0,08	0,033	2,42
Imprimación Mortero para Revoco	0,02	0,56	0,04
R	3,96	U	0,25
Mortero Adhesivo	0,005	0,52	0,01
EPS 55 Kg/m ³	0,1	0,033	3,03
Imprimación Mortero para Revoco	0,02	0,56	0,04
R	4,56	U	0,22

Tabla de Valores figura 3.15:

COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Cámara de aire	0,04		0,17
Aislamiento Térmico EPS	0,02	0,032	0,63
Ladrillo hueco doble 7	0,07	0,42	0,17
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior			0,13
R	1,46	U	0,68
Sistema Fachada Ventilada con Lana de Roca			
Lana de Roca	0,03	0,035	0,86
Cámara de Aire	0,02		0,18
Revestimiento Cerámico	0,028	1	0,028
R	2,53	U	0,40
Lana de Roca	0,05	0,035	1,43
Cámara de Aire	0,02		0,18
Revestimiento Cerámico	0,028	1	0,028
R	3,10	U	0,32
Lana de Roca	0,07	0,035	2,00
Cámara de Aire	0,02		0,02
Revestimiento Cerámico	0,028	1	0,03
R	3,51	U	0,29

COMPONENTES	ESPEJOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Cámara de aire	0,04		0,17
Aislamiento Térmico EPS	0,02	0,032	0,63
Ladrillo hueco doble 7	0,07	0,42	0,17
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior			0,13
R	1,46	U	0,68
Sistema Fachada Ventilada con PUR Proyectado			
PUR PROYECTADO 30 Kg/m ³	0,03	0,024	1,25
CAMARA DE AIRE	0,02		0,15
REVESTIMIENTO CERAMICO	0,028	1	0,03
R	2,89	U	0,35
PUR PROYECTADO 30 Kg/m ³	0,05	0,024	2,08
CAMARA DE AIRE	0,02		0,15
REVESTIMIENTO CERAMICO	0,028	1	0,03
R	3,72	U	0,27
PUR PROYECTADO 30 Kg/m ³	0,07	0,024	2,92
CAMARA DE AIRE	0,02		0,15
REVESTIMIENTO CERAMICO	0,028	1	0,03
R	4,56	U	0,22
PUR PROYECTADO 35 Kg/m ³	0,03	0,02	1,50
CAMARA DE AIRE	0,02		0,15
REVESTIMIENTO CERAMICO	0,028	1	0,03
R	3,14	U	0,32
PUR PROYECTADO 35 Kg/m ³	0,05	0,02	2,50
CAMARA DE AIRE	0,02		0,15
REVESTIMIENTO CERAMICO	0,028	1	0,03
R	4,14	U	0,24
PUR PROYECTADO 35 Kg/m ³	0,07	0,02	3,50
CAMARA DE AIRE	0,02		0,15
REVESTIMIENTO CERAMICO	0,028	1	0,03
R	5,14	U	0,19

Tabla de Valores figura 3.16:

COMPONENTES		ESPEJOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior				0,04
Ladrillo hueco doble 11		0,115	0,42	0,27
Cámara de aire		0,04		0,17
Aislamiento Térmico EPS		0,02	0,032	0,63
Ladrillo hueco doble 7		0,07	0,42	0,17
Enlucido de yeso		0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior				0,13
R	1,46	U		0,68
Mortero Adhesivo		0,01	0,52	0,02
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³		0,03	0,033	0,91
Imprimación Mortero para Revoco		0,01	0,56	0,02
R	2,43	U		0,41
Mortero Adhesivo		0,01	0,52	0,02
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³		0,06	0,033	1,82
Imprimación Mortero para Revoco		0,01	0,56	0,02
R	3,34	U		0,30
Mortero Adhesivo		0,01	0,52	0,02
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³		0,08	0,033	2,42
Imprimación Mortero para Revoco		0,01	0,56	0,02
R	3,95	U		0,25
Mortero Adhesivo		0,01	0,52	0,02
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³		0,1	0,033	3,03
Imprimación Mortero para Revoco		0,01	0,56	0,02
R	4,56	U		0,22

COMPONENTES	ESPEJOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Cámara de aire	0,04		0,17
Aislamiento Térmico EPS	0,02	0,032	0,63
Ladrillo hueco doble 7	0,07	0,42	0,17
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior			0,13
R	1,46	U	0,68
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,04	0,02	2,00
Imprimación Mortero para Revoco	0,01	0,56	0,02
R	3,51	U	0,29
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,07	0,02	3,50
Imprimación Mortero para Revoco	0,01	0,56	0,02
R	5,01	U	0,20
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,09	0,02	4,50
Imprimación Mortero para Revoco	0,01	0,56	0,02
R	6,01	U	0,17
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,11	0,02	5,50
Imprimación Mortero para Revoco	0,01	0,56	0,02
R	7,01	U	0,14

Tabla de Valores figura 3.18:

FACHADA (sin demolición)			
COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Cámara de aire	0,04		0,17
Aislamiento Térmico EPS	0,02	0,032	0,63
Ladrillo hueco doble 7	0,07	0,42	0,17
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior			0,13
R	1,46	U	0,68
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,04	0,033	1,21
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	2,65	U	0,38
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,06	0,033	1,82
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	3,39	U	0,30
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,09	0,033	2,73
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	4,30	U	0,23
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,04	0,02	2,00
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	3,57	U	0,28
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,06	0,02	3,00
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	4,57	U	0,22
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,09	0,02	4,50
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	6,07	U	0,16

MEDIANERA Y GARAJE (sin demolición)			
COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire interior			0,13
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior			0,13
R	0,65	U	1,54
$U_{\text{GARAJE}}: 1,28$			
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,04	0,033	1,21
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	1,94	U	0,51
$U_{\text{GARAJE}}: 0,43$			
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,06	0,033	1,82
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	2,55	U	0,39
$U_{\text{GARAJE}}: 0,33$			
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,09	0,033	2,73
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	3,46	U	0,29
$U_{\text{GARAJE}}: 0,24$			
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,04	0,02	2,00
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	2,73	U	0,37
$U_{\text{GARAJE}}: 0,30$			
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,06	0,02	3,00
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	3,73	U	0,27
$U_{\text{GARAJE}}: 0,22$			
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,09	0,02	4,50
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	5,23	U	0,19
$U_{\text{GARAJE}}: 0,16$			

CERRAMIENTO (con demolición)			
COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Enfoscado mortero de cemento	0,03	1,2	0,03
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Resistencia aire interior			0,13
R	0,47	U	2,13
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,04	0,033	1,21
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	1,63	U	0,61
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,06	0,033	1,82
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	2,37	U	0,42
EPS 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,13	0,033	3,94
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	4,49	U	0,22
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,04	0,02	2,00
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	2,55	U	0,39
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,06	0,02	3,00
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	3,55	U	0,28
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³	0,13	0,02	6,50
PLACA DE YESO LAMINADO	0,015	0,18	0,08
R	7,05	U	0,14

Tabla de Valores figura 3.21:

AZOTEA TRANSITABLE			
COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Enlucido de yeso	0,02	0,26	0,08
Forjado de hormigón			0,19
Hormigón aligerado	0,12	0,15	0,80
Mortero de regularización	0,02	1,2	0,02
Lamina asfáltica	0,004	0,16	0,03
Mortero de protección	0,02	1,2	0,02
Mortero de agarre	0,03	1,2	0,03
Solería cerámica	0,02	0,42	0,05
Resistencia aire interior			0,10
R	1,34	U	0,75
EPS-h 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,04	0,033	1,21
R	2,55	U	0,39
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³ + Elastómero	0,04	0,02	2
R	3,34	U	0,30
EPS-h 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,06	0,033	1,82
R	3,16	U	0,32
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³ + Elastómero	0,06	0,02	3
R	4,34	U	0,23
EPS-h 55 Kg/m ³ ó XPS 30 Kg/m ³	0,1	0,033	3,03
R	4,37	U	0,23
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³ + Elastómero	0,1	0,02	5
R	6,34	U	0,16

Tabla de Valores figura 3.22:

CUBIERTA DE TEJA			
COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,17
Enlucido de yeso	0,02	0,26	0,08
Forjado de hormigón			0,19
Empalomado y cámara de aire			0,24
Tablero de rasilla	0,04	0,42	0,10
Mortero de regularización	0,02	1,2	0,02
Lamina asfáltica	0,004	0,16	0,03
Mortero de protección	0,02	1,2	0,02
Mortero de agarre	0,03	1,2	0,03
Teja curva	0,03	0,42	0,07
Resistencia aire interior			0,17
b= 0,56	R		1,10
Aiu/Aue= 1,34	U _p		0,91
U = U _p ·b			0,51
EPS 55 Kg/m ³	0,04	0,033	1,21
R: 2,31	U _p : 0,43		U: 0,24
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³ + Elastómero	0,04	0,02	2
R: 3,10	U _p : 0,32		U: 0,18
EPS 55 Kg/m ³	0,06	0,033	1,82
R: 2,92	U _p : 0,34		U: 0,19
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³ + Elastómero	0,06	0,02	3
R: 4,10	U _p : 0,24		U: 0,14
EPS 55 Kg/m ³	0,1	0,033	3,03
R: 4,13	U _p : 0,24		U: 0,14
PUR RÍGIDO 35 Kg/m ³ + Elastómero	0,1	0,02	5
R: 6,10	U _p : 0,16		U: 0,09

Tabla de Valores figura 3.23:

AZOTEA TRANSITABLE			
COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Enlucido de yeso	0,02	0,26	0,08
Forjado de hormigón			0,19
Hormigón aligerado	0,12	0,15	0,80
Mortero de regularización	0,02	1,2	0,02
Lamina asfáltica	0,004	0,16	0,03
Mortero de protección	0,02	1,2	0,02
Mortero de agarre	0,03	1,2	0,03
Solería cerámica	0,02	0,42	0,05
Resistencia aire interior			0,10
R	1,34	U	0,75
LANA DE ROCA	0,03	0,035	0,86
PYL	0,015	0,18	0,08
R	2,28	U	0,44
LANA DE ROCA	0,05	0,035	1,43
PYL	0,015	0,18	0,08
R	2,85	U	0,35
LANA DE ROCA	0,08	0,035	2,29
PYL	0,015	0,18	0,08
R	3,71	U	0,26
XPS 30 Kg/m ³	0,03	0,033	0,91
PYL	0,015	0,18	0,08
R	2,33	U	0,43
XPS 30 Kg/m ³	0,05	0,033	1,52
PYL	0,015	0,18	0,08
R	2,94	U	0,34
XPS 30 Kg/m ³	0,08	0,033	2,42
PYL	0,015	0,18	0,08
R	3,85	U	0,26

CUBIERTA DE TEJA			
COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,17
Enlucido de yeso	0,02	0,26	0,08
Forjado de hormigón			0,19
Empalomado y cámara de aire			0,24
Tablero de rasilla	0,04	0,42	0,10
Mortero de regularización	0,02	1,2	0,02
Lamina asfáltica	0,004	0,16	0,03
Mortero de protección	0,02	1,2	0,02
Mortero de agarre	0,03	1,2	0,03
Teja curva	0,03	0,42	0,07
Resistencia aire interior			0,17
b= 0,56	R		1,10
Aiu/Aue= 1,34	U _p		0,91
U = U _p · b			0,51
LANA DE ROCA	0,03	0,035	0,86
PYL	0,015	0,18	0,08
R: 2,04		U _p : 0,49	U:0,27
LANA DE ROCA	0,05	0,035	1,43
PYL	0,015	0,18	0,08
R: 2,61		U _p : 0,38	U:0,27
LANA DE ROCA	0,08	0,035	2,29
PYL	0,015	0,18	0,08
R: 3,47		U _p : 0,29	U:0,16
XPS 30 Kg/m ³	0,03	0,033	0,91
PYL	0,015	0,18	0,08
R: 2,09		U _p : 0,4	U:0,27
XPS 30 Kg/m ³	0,05	0,033	1,52
PYL	0,015	0,18	0,08
R: 2,70		U _p : 0,37	U:0,21
XPS 30 Kg/m ³	0,08	0,033	2,42
PYL	0,015	0,18	0,08
R: 3,60		U _p : 0,28	U:0,16

Tabla de Valores figura 3.24:

FACHADA			
COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire exterior			0,04
Enfoscado mortero de cemento	0,03	1,2	0,03
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Cámara de aire	0,04		0,17
Aislamiento Térmico EPS	0,02	0,032	0,63
Ladrillo hueco doble 7	0,07	0,42	0,17
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior			0,13
R	1,49	U	0,67
PVC Espumado	0,01	0,085	0,12
Polipropileno	0,001	0,22	0,00
EPS	0,002	0,036	0,06
Sedum + sustratos de lodos compactados	0,18	0,12	1,50
R	3,17	U	0,32

CERRAMIENTO GARAJE			
COMPONENTES	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
Resistencia aire interior			0,13
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Ladrillo hueco doble 11	0,115	0,42	0,27
Enlucido de yeso	0,015	0,26	0,06
Resistencia aire interior			0,13
R: 0,65	U _p : 1,54		U:1,28
PVC Espumado	0,01	0,085	0,12
Polipropileno	0,001	0,22	0,00
EPS	0,002	0,036	0,06
Sedum + sustratos de lodos compactados	0,18	0,12	1,50
R: 2,33	U _p : 0,43		U:0,36

Tabla 1:

VENTANAS							
REF	m ² hueco	m ² vidrio	m ² marco	FM	PARTE SEMITRANSARENTE	$\lambda = 1,05$	$U_{H,v} = 3,26$
V1	7,14	4,5	2,64	0,37	Acrilamiento Climalit 4/8/6	$R = 0,19$	
V2	1,44	0,76	0,68	0,47	PARTE OPACA	$U_{H,m} = 1,30$	
V3	1,68	0,95	0,73	0,43	Carpintería PVC		
V4	0,84	0,4275	0,4125	0,49	FM (mayor)	0,56	
V5	1,08	0,475	0,605	0,56	$U = (1-FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$		
P6	2,31	1,47	0,84	0,36	$U = 2,16$		
De dónde:							
U: transmitancia térmica (W/m ² K)							
$U_{H,v}$: transmitancia térmica de la parte semitransparente o vidrio (W/m ² K)							
$U_{H,m}$: la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario o puerta (W/m ² K)							
FM: la fracción del hueco ocupada por el marco							
NOTA: elegiremos al FM mayor ya que al ser la transmitancia de nuestro marco mayor que la del acristalamiento, estaremos del lado de la seguridad							
FACTOR SOLAR				$F = F_s [(1-FM) \cdot g_{\pm} + FM \cdot 0.04 \cdot U_{H,m} \cdot \alpha]$			
F = 0,29				De dónde:			
F_s : factor de sombra del hueco o lucernario (en general 1)							
FM: la fracción de hueco ocupada por el marco							
g_{\pm} : factor solar de la parte semitransparente = 0,61							
$U_{H,m}$: transmitancia térmica del marco de la ventana (W/m ² K)							
α : absortividad del marco (tabla E.10) = 0,20							