

UNIVERSIDAD JAUME I DE CASTELLÓ

**COMPARATIVA AMBIENTAL DE
AISLANTES TÉRMICOS
EN LA EDIFICACIÓN**

Autora: M^a Trinidad Martínez Chumillas

Tutor: Ángel Miguel Pitarch Roig

Noviembre 2013

MASTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD



INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1.-	NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO	5
2.2.-	SISTEMAS PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN EDIFICACIÓN	8
2.3.-	CTE DB HE 1.- LIMITACION DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	11
2.4.-	INSTRUMENTOS PARA INTRODUCIR LA COMPONENTE AMBIENTAL	15
2.5.-	EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV).....	20
2.5.1.-	CRONOLOGÍA DEL DESARROLLO DEL ACV	21
2.5.2.-	EXPERIENCIA Y SITUACION ACTUAL DEL ACV EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION	22
2.5.3.-	ACV, ASPECTOS METODOLÓGICOS	22
2.6.-	DECLARACION AMBIENTAL DE PRODUCTO (DAP)	28
2.7.-	PROGRAMA DE ECOETIQUETADO DAPc (ESPAÑA).....	32
2.8.-	REGLAS DE CATEGORIA DE PRODUCTO (RCP) DE DAPc PRODUCTOS AISLANTES TÉRMICOS ...	34
2.8.1.-	ETAPAS DEL CICLO DE VIDA A INCLUIR:.....	36
2.8.2.-	REGLAS DE CÁLCULO DEL ACV.....	37
2.8.3.-	LIMITES DEL SISTEMA	38
2.8.4.-	EVALUACIÓN DEL IMPACTO	39
2.8.5.-	INFORME DEL PROYECTO Y CONTENIDO DE LA DAPc.....	40
2.9.-	ESTUDIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA E IMPACTO AMBIENTAL EN LA EDIFICACIÓN	40
3.	OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	43
4.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	44
5.	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DE AISLANTES TÉRMICOS. DESDE LA PERSPECTIVA ACV. (BEDEC).	46
5.1.-	DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO DAPc - España.....	46
5.2.-	DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO FDEs - Francia	47
5.3.-	DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO BRE – Reino Unido.....	48
5.4.-	INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL BEDEC – España.....	49
5.5.-	COMPARACIÓN AMBIENTAL DE LOS AISLANTES EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE EMISIONES DE CO2 A LA ATMOSFERA (Fabricación y puesta en obra).....	68
6.	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DE AISLANTES EN FUNCIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DENTRO DEL EDIFICIO	72
6.1.-	DESCRIPCION DEL EDIFICIO.....	72



6.2.- CONSTITUCION DE LOS CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA.....	75
6.3.- DEFINICION DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA.....	76
6.4.- DETERMINACION DE LA ZONIFICACION CLIMATICA.....	77
6.5.- COMPARATIVA AMBIENTAL DE LOS AISLAMIENTOS EN FUNCIÓN DE SU CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	78
7. CONCLUSIONES.....	92
8. BIBLIOGRAFÍA.....	97



1. INTRODUCCIÓN

La construcción y su industria, desde una perspectiva sobretodo política, han ido tomando en las últimas décadas, conciencia de la importancia de que las acciones, negocios y métodos de fabricación, deberían hacerse teniendo en cuenta cómo afectarían al medioambiente.

Según (Arenas 2007) y otros autores, el sector de la construcción es responsable del empleo del 50% de los recursos naturales, del 40% de la energía consumida y del 50% del total de los recursos generados. Así mismo señalan, que sólo el 6% de la energía la producimos con energías renovables. A su vez, si consideramos que en la construcción de nuestros edificios empleamos grandes cantidades de materiales de diversos tipos y origen, que podemos estimar en al menos 750Kg por m² construido, cuya extracción, transformación y deposición en el medio ambiente al finalizar su vida útil, asume una parte significativa del impacto medioambiental global de nuestra sociedad. Además, según (Borsani 2011) un 60% de los materiales que se extraen del planeta los consumimos en la construcción. En un panorama como este el esfuerzo del sector deberá ser mucho más grande en el futuro para llegar a parámetros de impacto ambiental más sostenible.

Por ello, en el proceso de construcción de un edificio cobra especial importancia la elección de los materiales, pues de ello depende, en gran medida, el impacto que provoca el edificio sobre el medio ambiente.

Elementos constructivos y materiales tienen un peso trascendental dentro del impacto ambiental total de las obras arquitectónicas. La selección de los mismos se basa generalmente por factores técnicos o de coste, pero es necesaria la incorporación de elementos que tengan en cuenta además principios ambientales, adquiriendo así una visión global del comportamiento de los productos de construcción y teniendo en cuenta su completo ciclo de vida.

Si tenemos en cuenta únicamente el precio de los materiales podemos encontrar productos que nos ofrezcan prestaciones iguales o similares, pero en realidad estos pueden acarrear costos de producción en muchos casos muy diferentes, teniendo en cuenta los costos energéticos y la cantidad de contaminantes generados en la fase de producción. Es necesario considerar el impacto generado en la fase de uso de los edificios, pero también prestar atención a otras etapas: la extracción de materias primas provoca la disminución de los recursos, la producción y el transporte de los materiales consumen energía y provoca emisiones a la atmósfera, los residuos provocan, a su vez, problemas de contaminación de suelos y aguas. Todos los elementos constructivos a lo largo de su vida útil, provocan impactos ambientales de diferente magnitud que dependen de la naturaleza de los mismos y de la manera en que son utilizados.

Las recientes investigaciones y los expertos en materiales de construcción determinan un eje acción a la hora de seleccionar los productos edilicios, que ponen en relieve algunos de los siguientes principios

- Elección de materiales y productos que utilizan los recursos de manera eficiente.
- Elección de materiales y productos que minimizan la energía incorporada.
- Evitar materiales y productos que puedan dañar al ser humano o al medio ambiente en cualquiera de sus fases de ciclo de vida.
- Elección de materiales que permitan la actuación de estrategias de diseño sostenible.



La selección de los productos de construcción (materiales y forma de los mismos) junto con el diseño del edificio influye directamente en el rendimiento del edificio. Los efectos de esta elección repercuten en distintas medidas y en las diferentes etapas de la vida útil de la construcción y pueden medirse desde dos puntos de vista: en primer lugar, hay impactos que se deben a la fabricación, el procedimiento, el transporte, la construcción, el mantenimiento, la demolición y el reciclaje o la eliminación de los propios materiales; en segundo lugar, la selección de los materiales influye sobre el rendimiento medioambiental del edificio en su conjunto, considerado más que la simple suma de sus partes.

Así pues, dado el relevante papel que juega la industria de la construcción en el crecimiento y progreso de las sociedades actuales, el desarrollo de estrategias de sostenibilidad adquiere especial importancia.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1.- NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

Hasta finales de los años 60, el impacto ambiental de las industrias, era absorbido por medio de las administraciones públicas, con subvenciones para la reconversión tecnológica de las industrias, asumiendo la financiación de infraestructuras públicas (vertederos, plantas de tratamiento, etc.), pero a partir de 1969, la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), instaura el principio “*quien contamina, paga*”, por el cual los costes de la contaminación han de imputarse al agente contaminante, entendiendo por tal a la persona física o jurídica sometida a derecho privado o público, que directa o indirectamente deteriora el medio ambiente o crea condiciones para que se produzca dicho deterioro, evitando que la política de protección del medio ambiente se costee con cargos a fondo públicos y recaiga, en definitiva, sobre todos los contribuyentes. Esta iniciativa se concretó con la aprobación de la Directiva 2004/35/CE, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales.

Se aprueban entonces las directivas de clasificación, etiquetado y embalaje de sustancias peligrosas (1967), sobre niveles de ruido de los vehículos de motor (1970) y sobre emisiones de gases contaminantes procedentes de los vehículos de motor (1970). No obstante, estas directivas más que buscar la protección medioambiental, pretendían evitar que se levantaran “barreras verdes”, es decir, que los países miembros establecieran normas que obstaculizaran la libre circulación de bienes en el ámbito comunitario.

Siguiendo en esta línea de acción, EE.UU. promulga la NEPA (National Environmental Policy ACT), que funda la EPA (Environmental Protection Agency), la primera agencia ambiental del mundo, que consagra la Evaluación de Impacto Ambiental.

Alemania y Holanda aprueban los primeros planes de política ambiental nacional, y esto desemboca en que Europa, decida en julio de 1972, coincidiendo con la conferencia de Estocolmo, abrir un nuevo capítulo de la integración comunitaria estableciendo una nueva política ambiental. Sin embargo, y a pesar de los factores que favorecían la expansión de la acción comunitaria ambiental, no existía una competencia específica en materia medioambiental que permitiera potenciar la acción ambiental. Esta se establecería a mediados de los años 80, cuando ya se hizo evidente la necesidad de una acción aún más decidida.



Mediante el Acta Única Europea (1986-1987), que es una modificación del Tratado de Roma, se incorpora el medio ambiente como una de las competencias comunitarias, estableciéndose además una serie de objetivos, principios y condiciones de acción. En esta fecha se publica el informe Burtland, en el que se apunta el concepto “Desarrollo Sostenible”. Cabe decir en este punto, que esta época se produce el accidente nuclear más grave de la historia, Chernobyl.

En 1992, se firma el Tratado de la Unión Europea, en el que se reforzó la política ambiental, considerando la protección del medio ambiente como uno de los fines mismos del proceso de integración y la incorporación de su protección y promoción a partir de principios de desarrollo sostenible, principio que se estableció para la actuación ambiental internacional en el marco de la primera Cumbre de la Tierra o Cumbre de Río.

Estos dos tratados constituyen un punto de inflexión. A partir de entonces la protección del medio ambiente alcanza el estatus de “Política Comunitaria”: la protección del medio ambiente se convierte en un campo de actuación permanente en Europa, permite dotar la actuación, en este ámbito, de medios materiales y personales, y se toma conciencia de que no deberían predominar los objetivos económicos sobre la protección del medio ambiente, sino que debe existir un equilibrio entre ambos.

En 2002, fue adoptado el Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en materia de medio ambiente, “*Medio ambiente 2010: el futuro está en nuestras manos*”, recogido en la Decisión nº 1600/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de julio de 2002, que define las prioridades y objetivos de la política de medio ambiente europea hasta 2010 y con posterioridad a dicha fecha, y detalla las medidas que se deben adoptar para contribuir a la aplicación de su estrategia en materia de desarrollo sostenible, y además señala que es preciso superar el enfoque estrictamente legislativo y sustituirlo por otro estratégico y que dicho enfoque deberá utilizar instrumentos y medidas diferentes para influir en las decisiones adoptadas por las empresas, los consumidores, los actores políticos y los ciudadanos.

El objetivo que se fija en este tratado en cuanto a la explotación de recursos naturales y los residuos, es velar por que el consumo de los recursos renovables y no renovables no supere el umbral de lo soportable por el medio ambiente mediante la disociación de crecimiento económico y utilización de recursos, la mejora de la eficacia de la segunda y la reducción de la producción de residuos. Por lo que se refiere a los residuos, el objetivo específico es reducir su cantidad final en un 20 % de aquí a 2010 y en un 50 % para 2050. Las acciones que se deben emprender son las siguientes:

- elaboración de una estrategia para la gestión sostenible de los recursos mediante el establecimiento de prioridades y la reducción del consumo;
- fiscalización de la utilización de los recursos;
- eliminación de las subvenciones que fomentan la utilización excesiva de los recursos;
- integración del principio de utilización eficaz de los recursos en el marco de la política integrada de los productos, los sistemas de concesión de la etiqueta ecológica, los sistemas de evaluación medioambiental, etc.;
- diseño de una estrategia de reciclado de residuos;
- mejora de los sistemas existentes de gestión de residuos e inversión en la prevención cuantitativa y cualitativa;
- integración de la prevención de la producción de residuos en la política integrada de los productos y en la estrategia comunitaria relativa a las sustancias químicas.



Podríamos señalar actualmente, que según la Comisión Europea: “La evaluación final del Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente, arroja progresos en la política ambiental, pero deficiencias en su aplicación”.

Así pues, podemos decir que, desde la Unión Europea, con el reconocimiento del derecho a disfrutar del un medio ambiente adecuado, así como la obligación de la defensa del mismo por los poderes públicos, se lleva realizado un esfuerzo para el desarrollo de normativa y tratar de armonizar las existentes, todo ello con el fin de establecer un marco regulador común en el que se inscriban las acciones a llevar a cabo para garantizar un impacto mínimo y controlado sobre el medio ambiente, tanto en la fase de obtención de las materias primas y fabricación, como en las de su vida útil y su destino final.

Por un lado, la Directiva de Productos de la Construcción (CPD), Directiva 89/106/CE de 21 de diciembre de 1988, transpuesta por el Real Decreto 1630/1992 de 29 de diciembre, y modificado por el Real Decreto 1328/1995 el 28 de julio, por el que se dictan las disposiciones para la libre circulación de productos de la construcción, ha permitido establecer un marco operativo para estos productos en todas sus etapas de vida.

El cumplimiento de esta directiva se hace latente con el marcado CE, logotipo creado por la Comunidad Europea que se aplica sobre un producto dándole la conformidad de que el fabricante cumple las disposiciones de la legislación. El marcado CE es de obligado cumplimiento (el fabricante que no lo pone en sus productos asume un riesgo de responsabilidad penal en caso de accidente). No se trata ni de una marca de origen de la Unión Europea ni de una marca de calidad, estas son voluntarias y deben cumplir a su vez requisitos adicionales y específicos por parte de las Entidades Certificadoras.

España, al transponer esta directiva CPD en el reglamento Real Decreto 1630/1992, lo que hace es expresar que la responsabilidad del marcado CE así como su correcta tramitación y colocación, recaen exclusivamente sobre el fabricante.

En línea con lo anteriormente expuesto, en se aprueba la LOE (Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación) y más tarde, y con algo de retraso, el CTE, ya que nuestra normativa (NBE) tenía una deuda pendiente con el criterio de la sostenibilidad medioambiental: limitaciones de CO₂, rendimiento energético de los edificios (cumpliendo con la directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, en vigor desde 2003, relativa al rendimiento energético de los edificios, y que imponía que antes del 1 de enero de 2006 se fijasen las normas mínimas sobre exigencias constructivas respecto a este aspecto), reducción de consumo a límites sostenibles, que parte de ese consumo proceda de energías renovables.

Por otro lado se cuenta con la Directiva de Residuos, que concierne la etapa de tratamiento de residuos. Existen dos normativas que hacen referencia a la admisión y vertido de residuos.

Una es la Directiva 99/31/CE de Consejo de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos. Tiene objeto prevenir o reducir los efectos ambientales negativos del vertido de residuos, y particularmente, por lo que respecta a las aguas subterráneas, el suelo y la salud humana. Enumera las diferentes categorías de residuos (municipales, peligrosos, no peligrosos e inertes) y se aplica a todos los vertederos.



La otra es la Decisión 2003/33/CE del Consejo de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y anexo II de la Directiva 1999/31/CEE. Implanta los límites a los que se deben ajustar determinadas sustancias que deben ser analizadas tanto en el lixiviado como en los propios residuos, relevantes a efectos de la gestión en vertedero. Instaura procedimientos de operación: caracterización básica de residuos, pruebas de conformidad, inspección visual antes y después de la descarga, examen de documentación reglamentaria, etc.

Además, por lo que se refiere a la gestión, recuperación y correcta eliminación de residuos coexisten dos directivas.

La Directiva 91/689/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos. Estos se clasifican en anexos en varias listas según su categoría. Los Estados deben velar por que los residuos peligrosos sean identificados e inventariados y no se mezclen ni entre ellos ni con residuos no peligrosos, a menos que se hayan tomado las medidas necesarias para salvaguardar la salud pública y el medio ambiente.

Por otro la Directiva de Residuos 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008, que deroga a la Directiva 2006/12/CE, cuyos objetivos principales son promover el reciclaje y reducir la producción de residuos. Con ella se pretende implantar una política de prevención efectiva, fijando objetivos de reciclaje para el 2020: reciclado y reutilización del 50% en peso, en al menos todos los residuos domésticos y asimilables, papel, plástico, metal y vidrio, así como el 70% de los residuos no peligrosos de la construcción y la demolición. Para ello se establece una jerarquía: prevención, reutilización, reciclaje, recuperación y eliminación controlada.

2.2.- SISTEMAS PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN EDIFICACIÓN

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, la principal fuente de emisiones de CO₂, uno de los gases que más contribuye al cambio climático, es la producción de energía. Por otra parte, el uso excesivo de combustibles fósiles contribuye al efecto invernadero, al cambio climático y a la desertificación, y esto teniendo en cuenta que, las necesidades energéticas del mundo se satisfacen básicamente mediante la explotación de los mismos.

Para paliar la situación en el sector de la construcción, se aprobó el Decreto 21/2006 de Ecoeficiencia de los Edificios, modificado por el Decreto 111/2009, de 14 de Julio. El Decreto obliga a la realización de la doble red de saneamiento, que permita separar las aguas pluviales de las residuales, y la recepción e instalación de los grifos y otros mecanismos economizadores de agua. También debe velar por la correcta ejecución en la obra de las soluciones adoptadas para cumplir los nuevos requerimientos de aislamiento térmico y acústico, los tipos de calentadores para agua caliente sanitaria y la captación solar para su producción. Igualmente obliga a incorporar desde el proyecto ejecutivo un plan de residuos.

Referente al apartado de materiales y sistemas constructivos, el decreto contiene 18 soluciones constructivas valoradas por puntos. Es necesario adoptar un mínimo de dos de las soluciones para llegar a una puntuación de 10. Casi todos estos puntos deben incorporarse en la fase de diseño. Afectan a las fachadas y las cubiertas ventiladas o ajardinadas, el aprovechamiento de la luz natural, la incorporación de detectores de presencia de alumbrado comunitario, el incremento



del aislamiento térmico y acústico, la ventilación cruzada, y el reaprovechamiento de aguas pluviales. Otras soluciones de este listado van dirigidas a la tipología de materiales constructivos, como la reutilización de residuos pétreos generados en la obra, la adopción de soluciones con sistemas pre industrializados, y la utilización de productos obtenidos mediante reciclaje de residuos. Una nueva acción sobre materiales exigida por el Decreto es la de incorporar una familia de productos con distintivo de calidad ambiental.

Las medidas adoptadas para el cumplimiento de este decreto deben estar definidas desde el proyecto básico, y en el proyecto de inicio de obras, con la inclusión de un documento justificativo.

Por otro lado, se aprobó la Directiva 2002/91/CE, modificada más tarde por la Directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo cuyo objeto es fomentar la eficiencia energética de los edificios sitos en la Unión Europea, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como las exigencias ambientales interiores y la rentabilidad en términos coste-eficacia. Para ello establece requisitos en relación con:

- El marco común general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios o de unidades del edificio;
- La aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de:
 - Los edificios nuevos o de nuevas unidades del edificio.
 - Edificios y unidades y elementos de edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
 - Elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio.
 - Instalaciones técnicas de los edificios cuando se instalen, sustituyan o mejoren.
- Los planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo.
- La certificación energética de los edificios o de unidades del edificio;
- La inspección periódica de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado de edificios.
- Los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección.

El recién aprobado Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, que deroga al Real Decreto 47/2007, regula el “Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios”, tanto de nueva construcción, como existentes, y exige, para todos los contratos de compra-venta ó arrendamiento celebrados a partir de dicha fecha (1 de junio de 2013), a tener en su disposición el certificado de eficiencia energética del edificio o parte del mismo. En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asigna a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Para la aplicación de esta Directiva en España, se deben cumplir y seguir las disposiciones recogidas en el CTE, en su “Documento Básico Ahorro de Energía, DB HE:

HE 1 Limitación de demanda energética

HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas



- HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
- HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

El concepto de Ahorro de Energía se define como:

“El resultado final del correcto funcionamiento de una instalación o sistema de un edificio, donde la relación consumo/coste es menor que la unidad; y, en consecuencia, la emisión de gases nocivos es mínima.”

De esta definición se desprenden tres elementos interrelacionados:

- Consumo racional de energía.
- Demanda energética, solicitada por el propio edificio.
- Rendimiento de la instalación o sistema.

El consumo racional de energía en un edificio es el resultado de la relación existente entre dos variables, la demanda energética y el rendimiento de la instalación:

$$CE = DE/\mu$$

Donde:

- CE: Consumo de energía.
- DE: Demanda energética.
- μ : Rendimiento de la instalación.

Por tanto, disponemos de tres opciones para disminuir el consumo de energía, CE:

- Reducir la demanda energética, DE.
- Aumentar el rendimiento de la instalación.
- Actuar sobre las dos opciones al mismo tiempo.

La demanda energética de un edificio está en función de determinados factores, relativamente complejos, que son los que indican en la siguiente tabla:

FACTORES	DEFINICION	NORMA
Climatología	Zona climática	CTE DB-HE
Calidad de los cerramientos	Estudio higrotérmico	CTE DB-HE
Características funcionales	Proyecto	CTE
Sistemas energético	Proyecto	Según marca

Tabla 1: Factores que influyen en la demanda energética de un edificio

Si bien la elección del sistema energético no influye en el valor de la demanda de energía del edificio, de hecho se elige concluido el cálculo higrotérmico de los cerramientos, el acondicionamiento de los cerramientos exteriores, verticales y/u horizontales, sí nos garantiza un ahorro del consumo y de emisiones nocivas.

La capacidad térmica de los cerramientos exteriores de un edificio viene representada por “Transmitancia Térmica, U”, que es un valor inverso a la “Conductividad Térmica”, y en el cual cada cm más de espesor en el aislamiento se genera un aumento en el ahorro energético.



Conviene tener en cuenta la “Inercia Térmica” del propio cerramiento por la posición del material aislante, cuya finalidad es la obtención de la máxima resistencia térmica y la menor fuga de calorías.

Generalmente, el aislamiento ha de instalarse en la cara fría o caliente del espacio que se quiera proteger. Sin embargo, el aislamiento en cerramientos verticales puede colocarse en tres posiciones:

- *En la cara exterior del cerramiento:* el aislamiento absorbe toda la energía interior, generando un menor consumo; sin embargo la puesta en marcha de la instalación, por la elevada inercia térmica a superar, es más costosa.
- *Integrado en el propio cerramiento:* el aislamiento se comporta como una barrera térmica entre los flujos exterior e interior. El coste de la instalación se compensa entre el arranque y el régimen de la misma, obteniendo una sensación de confort casi instantánea.
- *En la cara interior del cerramiento:* el aislamiento produce una inercia térmica muy baja, los resultados son inmediatos, esto es, coste de arranque y régimen de la instalación es muy bajo y la sensación de confort instantánea.

Así pues, la demanda energética será tanto mayor cuanto menor sea la inercia térmica a superar: fugas térmicas, aislamiento incorrecto y humedades interiores en el cerramiento exterior.

Finalmente señalar que, el rendimiento de la instalación de climatización también depende de la demanda energética que tengamos para nuestro edificio.

2.3.- CTE DB HE 1.- LIMITACION DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Según la definición de la exigencia básica HE 1 que el CTE recoge en su artículo 15.1 de la Parte I, 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.
- Reduzca el riesgo de aparición de humedades de condensaciones superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características.
- Trate adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.



Exigencia Básica HE 1

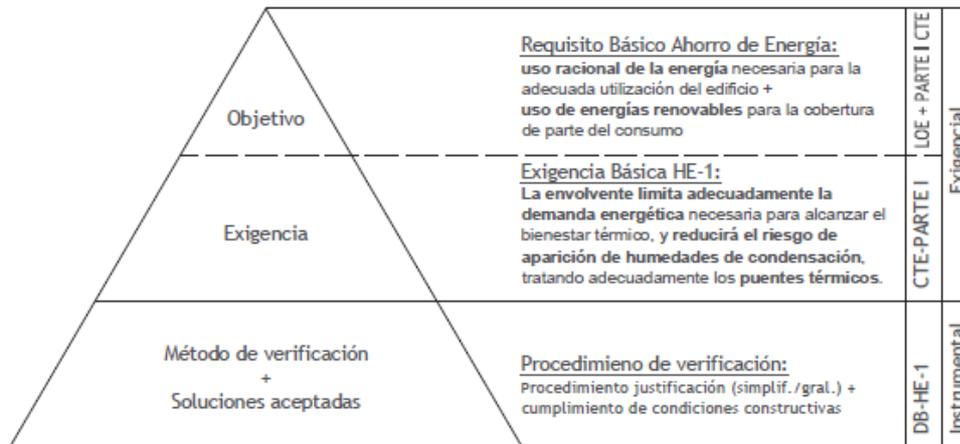


Fig. 1 Interpretación de la exigencia básica DB HE 1

Según su epígrafe 1.1, la Sección HE 1 se aplica a todos los edificios de nueva construcción y también a las reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1.000 m² donde se renueve más del 25% del total de sus cerramientos (tal y como los define el Apéndice A de terminología), con algunas excepciones:

Ámbito de aplicación de la Sección HE 1:

- Edificios de nueva construcción.
- Modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil > 1000m² donde se renueve > 25% de sus cerramientos.

Se excluyen:

- Edificaciones abiertas.
- Edificios y monumentos protegidos oficialmente, cuando el cumplimiento pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.
- Edificios de culto y actividades religiosas.
- Construcciones provisionales (plazo de utilización \leq 2 años).
- Instalaciones industriales, y edificios agrícolas no residenciales.
- Edificios aislados con superficie útil < a 50 m².

Las exigencias recogidas en esta sección del CTE son las siguientes:

Demanda energética

Se limitan los valores de aislamiento de los componentes constructivos que forman la envolvente térmica del edificio: en cada uno de los componentes, para evitar descompensaciones de la calidad térmica entre diferentes recintos, y para los valores medios de cada grupo de componentes (fachadas, cubiertas, suelos, etc.), con el fin de acotar la demanda energética.

El límite de la demanda energética, así pues, las características de la envolvente del edificio, van en función de:

- del clima de la localidad,



- del uso del edificio,
- del régimen de verano y de invierno,
- de las características de aislamiento e inercia,
- de la permeabilidad al aire,
- de la exposición a la radiación solar.

Permeabilidad al aire

De forma similar a la NBE CT-79, se limitan las infiltraciones de aire a través de la permeabilidad de las carpinterías exteriores de los recintos habitables (huecos de fachada y lucernarios).

Condensaciones

Se debe limitar la formación de condensaciones en la superficie interior de los componentes de la envolvente térmica pero sólo en las zonas que puedan absorber térmica, agua o sean susceptibles de degradarse. Esta comprobación también debe hacerse en los puentes térmicos.

También se debe limitar la formación de condensaciones intersticiales en el interior de los componentes de la envolvente térmica, para que no se reduzca su aislamiento térmico ni su vida útil.

Para la correcta aplicación del DB HE-1, deben realizarse las verificaciones mediante la “Opción Simplificada” o mediante la “Opción General”.

OPCIÓN SIMPLIFICADA:

Se basa en el control indirecto de la demanda energética marcando unos valores límite de los parámetros característicos de la envolvente térmica.

Se puede aplicar si se cumple simultáneamente que:

- El porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% (excepcionalmente se admiten porcentajes superiores en fachadas de áreas inferiores al 10% del total de las fachadas del edificio).
- El porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.
- No se incluyan soluciones constructivas no convencionales (muros Trombe, invernaderos adosados, etc.).

En las obras de rehabilitación debe adoptarse esta opción, aplicándola exclusivamente a los nuevos cerramientos.

Para emplear esta opción deben calcularse los parámetros característicos de los componentes de la envolvente térmica y sus puentes térmicos para luego comprobar las limitaciones prescritas, reflejándolo en las fichas justificativas de cálculo de parámetros y de conformidad del Apéndice H.

OPCIÓN GENERAL:

En ella se compara la demanda energética del edificio con un edificio de referencia. Los parámetros y cálculos a contemplar exigen emplear el programa informático LIDER (Limitación de Demanda Energética) de libre utilización u otro software alternativo que se registre como Documento Reconocido del CTE.

La limitación de esta opción es que se empleen soluciones constructivas innovadoras que no se puedan introducir en el programa.



Permite una mayor flexibilidad en el diseño y un cálculo más ajustado, pero el modelado 3D con el programa LIDER requiere un mayor esfuerzo y no resulta amable.

A la hora de seleccionar el procedimiento de verificación también hay que tener en cuenta la estrecha relación entre el DB HE 1 y la Certificación Energética de Edificios. La justificación por la opción general de la exigencia básica HE 1 a través del programa LIDER se conecta directamente con la opción general de la Certificación Energética, ya que el programa CALENER permite importar con gran facilidad el modelo del edificio generado en LIDER. Por otro lado, si se prefiere evitar el modelado informático del edificio se puede optar por la opción simplificada en la justificación de la exigencia HE 1 y de la Certificación Energética. Sin embargo, hay que tener en cuenta que se trata de un procedimiento más conservador y la clase de eficiencia obtenida será menor a la que obtendría empleando el programa CALENER (u otro procedimiento alternativo detallado). En concreto, los edificios que opten por este procedimiento sólo podrán obtener clases de eficiencia energética D o E como máximo.

En la modificación del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE aprobada en septiembre de 2013 además de las limitaciones de demanda anteriores se incluye la limitación de consumo energético referido a energía primaria, quedando de este modo dos limitaciones:

DB HE 0.- Limitación de consumo energético

El consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite $C_{ep,lim}$ obtenido mediante la siguiente expresión:

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

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

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

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

Tabla 2: Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético según DB HE1

DB HE 1.- Limitación de la demanda energética

Tabla 2.1 Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
$D_{cal,base}$ [kW·h/m ² ·año]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

Tabla 3: Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción según DB HE 0

Así mismo, en el APÉNDICE E, se establecen unos valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica con los que teóricamente el edificio debería aproximarse al cumplimiento de las limitaciones anteriores de consumo y demanda energética.



Tabla E.1. Transmitancia del elemento [$W/m^2 K$]

Transmitancia del elemento [$W/m^2 K$]	Zona Climática					
	α	A	B	C	D	E
U_M	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
U_S	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
U_C	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

U_M : Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

U_S : Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)

U_C : Transmitancia térmica de cubiertas

Tabla 4: Transmitancia de elementos constructivos según DB HE 0 para aproximarse a demandas y consumos energéticos exigidos.

2.4.- INSTRUMENTOS PARA INTRODUCIR LA COMPONENTE AMBIENTAL

Entre las técnicas o instrumentos para la incorporación de la variable ambiental en las organizaciones, destacan los importados del mundo empresarial, los sistemas relacionados con la calidad y la seguridad. Los “sistemas de normalización y certificación” y el “sistema de la auditoría”, que tienen como objetivos el autocontrol, en relación al cumplimiento de normativa ambiental, y la mejora de los procesos.

Si bien actualmente estos sistemas no son de obligado cumplimiento, esperemos que en un futuro no muy lejano, la implantación de la ecogestión y ecoauditoria, sí lo sea.

La regulación, procedimientos y objetivos de estos sistemas (EMAS, Eco-Management and Audit Scheme) viene recogidos en el Reglamento 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009 (que derogó al Reglamento 761/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, y la Decisiones 2001/681/CE y 2006/193/CE de la Comisión).

El sistema EMAS, a través de su organismo de normalización CEN (Comité Europeo de Normalización), sigue los criterios, en materia de ecogestión y ecoauditoria, de la ISO. El resultado de los trabajos son el conjunto de normas que forman la serie ISO 14000. La ISO 14001 es la primera de la serie 14000 y especifica los requisitos que debe cumplir un Sistema de Gestión Medioambiental (desarrolla las pautas y requisitos que debe cumplir un SGMA). El objetivo general tanto de la ISO 14001 como de las demás normas de la serie 14000 es apoyar a la protección medioambiental y la prevención de la contaminación. La ISO 14001 no prescribe requisitos de actuación medioambiental, salvo el requisito de compromiso de continua mejora y la obligación de cumplir la legislación relevante y aplicable a cada empresa. La norma no declara la cantidad máxima permisible de vertido de materia orgánica de las aguas residuales (eso lo marca la ley).

Cabría decir, sin extendernos demasiado, que el certificado EMAS es más estricto que la Norma ISO 14001, la diferencia fundamental radica en que el EMAS, aparte de los requisitos exigidos por la ISO 14001 obliga a realizar una declaración medioambiental, por cada centro que participe en el sistema. El propósito de la declaración medioambiental es informar al público y a todas las partes interesadas acerca del comportamiento del centro en materia de medio ambiente. Además esta declaración debe validarse por un verificador medioambiental acreditado para ello.

Por lo que respecta a los SGMA y normas españolas de ecogestión y ecoauditorias, la AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) ha desarrollado el sistema AENOR-



GESTION AMBIENTAL, y elabora las normas UNE para la correspondientes a este tema, en concreto la UNE 77/801/94, Reglas generales para las auditorías ambientales.

Existen, además, otros instrumentos y técnicas, como los certificados y distinción de productos que acreditan el cumplimiento de determinadas características de calidad ambiental, como son las “ecoetiquetas”, cuya regulación se contiene en el Reglamento 66/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2009, relativo a la etiqueta ecológica de la UE, y que derogó al Reglamento 1980/2000. Los objetivos que se persiguen son los siguientes:

- Fomentar los productos con un impacto reducido en el medio ambiente antes que los demás productos de la misma categoría.
- Proporcionar a los consumidores orientación e información exacta y con base científica sobre los productos.

La mayoría de estos instrumentos o herramientas de gestión ambiental se encaminan, de alguna manera, al Análisis de Ciclo de Vida del Producto (ACV).

La ISO 1420:2000, Etiquetado Ecológico. Principios Básicos para todos los sistemas de ecoetiquetado define el etiquetado ambiental como: “un conjunto de herramientas que intentan estimular la demanda de productos y servicios con menores cargas ambientales ofreciendo información relevante sobre su ciclo de vida para satisfacer la demanda de información ambiental por parte de los compradores”. Hay tres tipos de etiqueta ambiental:

–ISO 14024:1999, Ecoetiquetas Tipo I: indica la preferencia ambiental del producto o servicio dentro de una categoría de productos, basado en múltiples criterios a lo largo de su ciclo de vida. La certificación asegura que el producto cumple tanto con criterios ambientales como con características funcionales.



RED MUNDIAL DE ETIQUETADO ECOLÓGICO (GEN)

Asociación internacional de sistemas multicriterio de etiquetado ecológico (ISO Tipo I/Programas nacionales de etiquetado ecológico). Fundada en 1994. Voluntario y sin ánimo de lucro. Miembros: 24 programas nacionales y de ámbito supranacional de los 5 continentes. Más de las tres cuartas partes de todos los sistemas de etiquetado ecológico a nivel mundial son miembros del GEN.



ETIQUETA ECOLÓGICA EUROPEA

El Reglamento CEE, 880/92 del Consejo, Real Decreto 598/1994 establece un sistema europeo de concesión de etiquetas ecológicas. Es el programa de ecoetiquetado más importante a nivel europeo. Dirigida a productos de consumo final y servicios. Excluidos productos alimenticios y medicamentos. Se está desarrollando la categoría “Buildings”.



AENOR MEDIO AMBIENTE

Marca de conformidad con normas UNE de criterios ecológicos. Su objetivo es distinguir productos que tengan una menor incidencia sobre el medio ambiente durante su ciclo de vida. Los productos que llevan este distintivo son sometidos a seguimiento periódico por parte de AENOR para verificar que se mantienen las condiciones que dieron lugar a su concesión. Productos de la construcción para los que AENOR tiene establecidos criterios ecológicos:

Pinturas y barnices (UNE 48300:1994)

Módulos fotovoltaicos (UNE 206001:1997)

Centros de eliminación y valoración de residuos inertes de derribo y demás residuos de la construcción (UNE 134002:1999).

DISTINTIU DE GARANTIA DE QUALITAT AMBIENTAL



Creado a través del Decreto 316/1994, de 4 de noviembre de la Generalitat de Catalunya. Inicialmente el alcance del distintivo se concretaba en garantizar la calidad ambiental de determinadas propiedades o características de producto. Mediante el Decreto 296/1998, se amplía el ámbito del distintivo a los servicios, de forma que se completa el sistema oficial de certificación ambiental.

Promueve el diseño de productos que supongan un ahorro de recursos, residuos, así como la recuperación y reutilización.

DOÑANA 21



La etiqueta Doñana 21 es un distintivo creado por la Fundación Doñana 21 para poner en alza valores diferenciales de las empresas y productos de la Comarca de Doñana. A través de ella, las empresas adheridas, incorporan a la gestión de sus empresas, evidencias de gestión responsable respecto a estándares de calidad y medio ambiente, así como respecto al entorno social y económico en el que desarrollan su actividad.



UMWELTZEICHEN "BLAUER ENGEL" (ANGEL AZUL)

Es una ecoetiqueta otorgada por un organismo alemán que se inició en 1978. Su objetivo es reducir la contaminación ambiental gracias a la innovación tecnológica, una mejor información de los consumidores e incentivos económicos para la fabricación de productos menos nocivos desde el punto de vista ambiental.



CISNE BLANCO

Tiene su origen en los países nórdicos (Suecia, Noruega, Finlandia e Islandia). Se estableció en 1989.



NF-ENVIRONMENT

Es una ecoetiqueta francesa establecida desde 1992. Está gestionada por AFNOR (Asociación Francesa de Normalización)



KOREA ECOLABELLING PROGRAM

Etiqueta ecológica fundada en Corea del Sur en 1991 y gestionada por KOEKO. Está reconocida oficialmente por otros programas de Japón, China, Nueva Zelanda y Australia.



AUSTRALIAN GOOD ENVIRONMENTAL CHOICE "GEGA"

Programa australiano que se inició en 2001. Está gestionado por una entidad sin ánimo de lucro empleando una red nacional de asesores registrados.



GREEN SEAL

Fue creada en EEUU en 1989 y certifica criterios tales como el consumo de recursos renovables, el control de la contaminación atmosférica y aguas y producción de residuos.



ECO-MARK

Creada en Japón en 1989 a través de Environment Association.



ENVIRONMENTAL CHOICE

Fundada en 1988 por el gobierno de Canadá, actualmente el más reconocido en América del Norte. El programa compara los productos/servicios con otros de la misma categoría, desarrollando criterios que reflejan el ciclo de vida completo del producto.



MILIEUKEUR

Sello de calidad ambiental holandés que entró en vigor en 1992, que incluye desde productos alimenticios, de consumo y servicio, hasta plantas de hormigón, extintores, lavado de automóviles, etc.



ECO-MARK INDIA



GREEN MARK TAIWAN



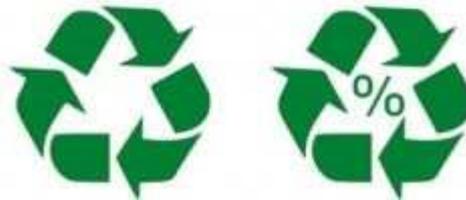
BRASIL



KOREA ENVIRONMENTAL
LABELLING ASSOCIATION (KELA)



–ISO 14021:1999, Ecoetiquetas Tipo II o Auto declaración de Producto: son los propios fabricantes o distribuidores quienes la desarrollan para transmitir información sobre aspectos ambientales de sus productos o servicios. No se exige una certificación por una tercera parte. La “espiral Mobius” usada para indicar los contenidos reciclados de productos es una etiqueta Tipo II.



–ISO 14025:2006, Ecoetiquetas Tipo III o Declaración Ambiental de Productos: muestra información estandarizada basada en el ACV de un producto o servicio y presenta un conjunto de indicadores ambientales pertinentes, acompañados de una interpretación de la información. A diferencia de las anteriores, la Tipo III, son verificadas por un tercer organismo independiente y además permiten proveer de información tanto al usuario dentro de la cadena de suministro como al consumidor final.



DAPc España



AUB Alemania



KEITE Korea



EcoLeaf Japón

DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO (EDP)

SISTEMA	OPERADOR	MAS INFORMACION
Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDEs)	AIMCC, Francia	www.inies.fr
Environmental Product Declaration	AUB, Alemania	www.bau-umwelt.com
Environmental Product Declaration	The Swedish Environmental Management Council, Suecia	www.environdec.com
Environmental Profiles of Construction Products	BRE, Reino Unido	www.bre.co.uk
Milieu Relevante Product Informatie	NVTB, Holanda	www.mrpi.nl
RT Environmetal Declaration	RT Finlandia	www.rts.fi
Norwegian Environmetal Product Declaration	NHO Noruega	www.epd-norge.no
Déclaration sur les caracteristiques écologiques de produits utilisés dans la construction	SIA Suiza	www.sia.ch
EcoLeaf Product Environmental Aspects Declaration	JEMAI, Japon	www.jemai.or.jp
Environmental Declaration of Products	Korea EcoProducts Institute (Corea)	www.koeco.or.kr

Tabla 5: Declaraciones ambientales de productos más conocidas internacionalmente



DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO (EDP) PARA MATERIALES CERÁMICOS

EDP® Suecia	Other non-metallic mineral products. Roofs
	Other non-metallic mineral products. Clay construction Products
DAPc España	Materiales de recubrimiento cerámico
AUB Alemania	Floor covering (no incluye revestimientos cerámicos)
BRE environmental profiles UK	LCA environmetal profiles
FDES Francia	Productos de la Construcción
MRPI Holanda	Productos de la Construcción
RT Finlandia	Eco-Profile of the product
EcoLeaf Japón	Bidet toilet seat/Porcelain Products/Toilets and urinals
NHO Noruega	Productos de la Construcción

Tabla 6: Declaraciones ambientales de productos específicas para materiales cerámicos

Cabe decir en este punto que se prevé que AENOR ponga en marcha su programa de verificación de Declaraciones Ambientales de Productos, “AENOR GlobalEPD” a lo largo del presente años. Se trata de una serie de documentos, definidos en la norma UNE-EN ISO 14025, que han cobrado vital importancia tras la sustitución de la Directiva Europea de productos de construcción por un nuevo Reglamento que recoge la aplicación de las DAP para evaluar el uso sostenible de los recursos y el impacto medioambiental de las obras.

2.5.- EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)

El ACV es uno de los métodos más reconocidos y aceptados internacionalmente para evaluar, disminuir y mejorar los impactos ambientales de un producto, proceso o actividad, teniendo en consideración su completo ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta el depósito final de los residuos generados.

El ACV es una herramienta de gestión que permite la toma de decisiones desde un punto de vista fundamentalmente medioambiental. Consiste en un conjunto de técnicas articuladas en un procedimiento objetivo y sistemático para identificar, clasificar y cuantificar los impactos ambientales, los recursos materiales y energéticos asociados a un producto, proceso o actividad, desde su inicio hasta su eliminación.

El ciclo de vida de un producto abarca desde la extracción y procesamiento de materias primas, pasando por la fabricación, transporte, distribución, utilización, reutilización, mantenimiento, reciclaje y el depósito de los residuos.

El ACV permite, tanto a los legisladores como a la industria, tomar decisiones acerca de qué producto, proceso o servicio es más compatible o respetuoso con el medioambiente. Los legisladores pueden elaborar instrumentos legislativos, económicos o voluntarios para por ejemplo reducir el uso de algunas sustancias, para modificar la relación coste-beneficio de las distintas soluciones técnicas que se ofrecen mediante la creación de impuestos medioambientales, para establecer el certificado de calidad ecológica, etc. La industria por su parte, le permite identificar y localizar los puntos críticos de su proceso productivo y así poder modificarlos en pro de una mejora tanto del producto en sí, como la utilización de recursos, o la reducción de residuos, etc.



2.5.1.- CRONOLOGÍA DEL DESARROLLO DEL ACV

- 1969 Harry E. Teasley, de Coca-Cola, visualizó un estudio que pudiera cuantificar la energía, materiales y consecuencias ambientales a lo largo del ciclo de vida completo del empaque, desde la extracción de la materia prima hasta su deposición final.
- 1970 El Midwest Research Institute (MRI) desarrolló un estudio – ancestro de los ACV– “Resources and Environmental Profile Analysis (REPA)”, donde se analizaron diferentes envases para Coca-Cola.
- 1971 El segundo REPA realizado por MRI fue para Mobil Chemical Company, se analizaron las bandejas de espuma de poliestireno y las de papel.
- 1972-1976 se publican bases de datos y se describe la metodología de los REPA.
En el Reino Unido, Ian Boustead calcula la energía total utilizada en la producción de contenedores de botellas de leche.
- 1974 La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos publica el reportaje “Resource and Environmental Profile Analysis of Nine Beverage Container Alternatives”, que marca la entrada de los REPA dentro del dominio público.
- 1975: El sector público pierde interés en los REPA pero se realizan muchos estudios confidenciales para compañías particulares.
- 1979 En Reino Unido Ian Boustead publica el “Handbook of Industrial Energy Analysis”
- 1980 Se publica un reportaje por el Solar Energy Research Institute en los Estados Unidos.
- 1984 El Laboratorio Federal Suizo para el Ensayo y la Investigación de Materiales (EMPA) publicó un estudio de materiales de envase y embalaje que introducía un método para agregar los distintos impactos ambientales en un solo índice, el llamado “método de los volúmenes críticos”.
- 1988 La crisis de los residuos sólidos en EEUU y la actividad ambiental en Europa, desencadenaron una explosión de actividad en REPA: al principio los residuos sólidos eran la clave, cómo reciclar, la sustitución de materiales y el residuo de productos para reducir la dependencia de los vertederos.
- 1990 Primer taller de la Sociedad de Toxicología Ambiental y química (SETAC) para abrir el debate sobre REPA, uno de los resultados fue la adopción del término “Life Cycle Assessment” (LCA).
- 1991 EPA inicia actividades en ACV con el interés primario de asistir en el desarrollo de guías y bases de datos para uso del sector público y privado.
- 1992 Franklin Associates publico un artículo donde se presentaba completa por primera vez la metodología del ACV.
Se crea SPOLD una asociación de 20 grandes compañías en Europa, con el objeto de promover el desarrollo y la aplicación de ACV.
- 1993 La EPA publica un documento guía para el inventario.
SETAC publica el “Code of Practice” y “LCA Sourcebook” y fomenta numerosos talleres y reuniones que tienen como objetivo alcanzar el consenso en los aspectos metodológicos del ACV.
- 1997 Se publica la serie de normas ISO 14040 referentes al ACV
- 2000 Se conducen estudios de ACV en todo el mundo, muchos de estos trabajos son a gran escala y se enfocan en los combustibles fosiles, la energía nuclear y las energías renovables para producir electricidad
- 2002 Se lleva a cabo la Reunión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo en Johannesburgo y se reconoce el ACV como una herramienta de apoyo para fomentar el cambio en los patrones de consumo y producción.



2002-2006: Se realizan ACV en todo el mundo. Se forman asociaciones de ACV por regiones y desarrollan investigación, aplicaciones, consultorías y reuniones. Se desarrollan modelos computacionales especializados y genéricos. Se forman grupos de trabajo por áreas que buscan el desarrollo metodológico.

2.5.2.- EXPERIENCIA Y SITUACION ACTUAL DEL ACV EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

La primera experiencia europea conocida del ACV en este sector se llevó a cabo en Holanda, en 1992, para comparar los aspectos medioambientales de dos soluciones alternativas, hormigón y acero, en la construcción de un puente de autopista. Se consideró el ciclo de vida completo de todos los materiales integrantes: hormigón, asfalto, acero, pintura y plásticos, desde la extracción hasta la finalización de un periodo de servicio del puente estimado en 75 años.

Otro estudio llevado a cabo en 1993, comparó dos soluciones alternativas para traviesas de ferrocarril: hormigón y madera. A priori, todos pensaríamos que la solución en madera sería la que mejor comportamiento ambiental tendría, pero el resultado fue el contrario, y ello debido a la utilización de creosota, extraída del alquitrán, para el tratamiento de las traviesas.

En 1995, en Finlandia, se realizaron una serie de análisis de ciclo de vida para comparar diferentes tipos de pavimentos, de hormigón y de asfalto, cuyos resultados no fueron concluyentes a favor de ninguno de ellos.

Posteriormente en España, en 1997, se realizaron otros estudios de ACV relacionados con los pavimentos de hormigón y asfalto, siguiendo la misma metodología y utilizando los datos del inventario del Ciclo de Vida (ICV) del estudio finlandés. Aunque los resultados demostraron que los pavimentos de hormigón se adaptaban medioambientalmente mejor que los de asfalto, los datos cuantitativos concretos variaban en función de las premisas adoptadas y las circunstancias locales de cada caso.

Cabe señalar, que en la mayoría de los casos el ACV se realiza como elemento de estrategia empresarial con el fin de demostrar que el producto o material es más respetuoso con el medioambiente que el de la competencia.

2.5.3.- ACV, ASPECTOS METODOLÓGICOS

El ACV, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 14040:2006, se define como: “Recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida.”

En ella se describen los principios y el marco de referencia para llevar a cabo el ACV, incluyendo las siguientes etapas:

- a) La definición del objetivo y el alcance del ACV.
- b) La fase de análisis del inventario del ACV (ICV).
- c) La evaluación del impacto del ACV (EICV).
- d) La fase de interpretación del ciclo de vida.
- e) El informe y la revisión crítica de ACV.
- f) Las limitaciones del ACV.
- g) La relación entre las fases del ACV.



h) Las condiciones de utilización de juicios de valor y de elementos opcionales.

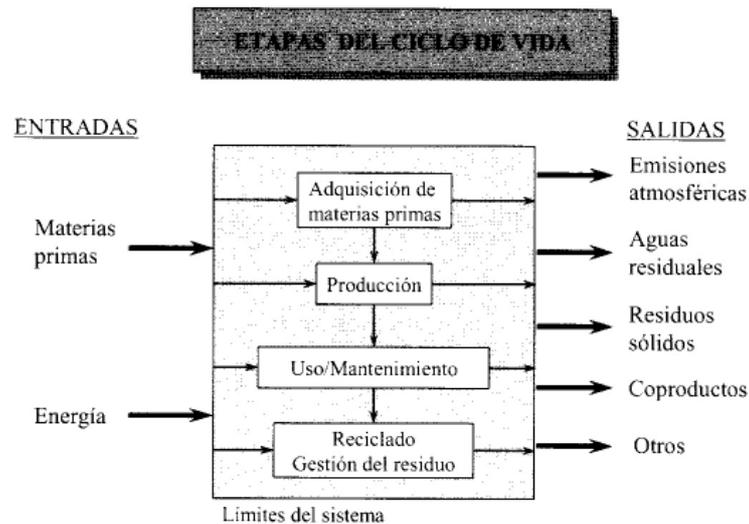


Fig 2: Definición de límites del sistema del ACV, extraída de "Análisis de Ciclo de vida. Aspectos metodológicos y casos prácticos"

DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE

Un ACV se puede realizar por diferentes motivos. Los hay que tienen el objetivo de comparar ambientalmente dos productos o servicios. Y otros estudios tienen por objeto determinar las etapas del ciclo de vida que contribuyen más a determinados impactos para poder proponer mejoras ambientales.

En esta primera fase del ACV se trata de dar dos tipos de información para establecer las metas del estudio: se trata por un lado de dar respuesta, estableciendo compromiso, para garantizar el correcto empleo de los resultados; en segundo lugar, se determina el alcance y los límites temporales y espaciales para el estudio.

Según la norma UNE-EN ISO 14040:2006, el objetivo del ACV establece:

- La aplicación prevista.
- Las razones para realizar el ACV
- El público previsto, personas a las que se comunicarán los resultados del estudio.
- Si se prevé utilizar los resultados en aseveraciones comparativas que se divulgarán al público.

Dentro del alcance, se definirá entre otros puntos, la "unidad funcional", que ha de definir según la norma, la cantidad de funciones idénticas del producto.

UNIDAD FUNCIONAL

La unidad funcional será la unidad a la que irán referidas todos los datos del sistema/producto (tanto de consumos como de emisiones). Esta unidad podrá ser de tipo físico (por ejemplo, en el caso de analizar una nevera, pues "una nevera de características x"), o bien, de tipo funcional (si se están comparando dos tipos de pintura, podría ser, "la cantidad de pintura necesaria para



pintar 1m² de pared durante 10años”. Si se quieren comparar productos o servicios, la unidad funcional debe ser tipo funcional, pues sólo se pueden comparar productos que cumplan la misma función.

Tabla 3. Ejemplos de unidades funcionales para diferentes tipos de productos.

Producto	Cuantificación	Duración	Requerimientos
Envase para huevos	Envases necesarios para el consumo medio de huevos por habitante en España	1 año	Máximo de huevos rotos por cada mil
Bomba hidráulica	Proporcionar un caudal de 5 m ³ de agua por hora con una presión de 1,5 bar	5000 horas durante 10 años	Estanqueidad, autocebado
Pintura	Protección de 1 m ² de superficie de madera en exterior, orientada al oeste y expuesta a sol y lluvia en un clima mediterráneo	10 años	Sin goteo
Refrigerador	200 litros de capacidad refrigerados a 5°C con una temperatura ambiente de 25°C	13 años	Precisión en el control de temperatura, reevaporación del agua generada por la escarcha

Tabla 7: Ejemplos de unidades funcionales, de Hauschild, 1998.

A la hora de hacer el ACV, se encuentran diversas barreras a la hora de definir la unidad funcional, como pueden ser, los hábitos de los usuarios del producto, la durabilidad del mismo, la multifuncionalidad (ya que hay procesos industriales que generan más de un producto o bien, productos que utilizan materias primas que son subproductos de otros procesos) o las funciones cualitativas (funciones de carácter subjetivo).

La definición de la unidad funcional es un punto crítico en la realización del ACV, ya que todos los flujos de entradas y salidas, y por tanto el impacto ambiental, están referidos a ella, por lo que plantearla de manera incorrecta puede conducir a conclusiones erróneas.

DETERMINACION DE LOS LÍMITES DEL SISTEMA

Los límites del sistema definen qué es lo que se incluye dentro del sistema y qué es lo que queda fuera. Normalmente, se excluyen del estudio aquellas etapas que se prevé que no serán significativas (hay que estar seguros que no habrá sustancias que, con pequeñas cantidades, contribuyan de manera importante).

REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS DATOS

Será necesario establecer una normas de filtrado de datos que conceda validez y fiabilidad a los mismos. Algunos de los parámetros a tener en cuenta son:

- Cobertura temporal.
- Cobertura geográfica.
- Cobertura tecnológica.
- Precisión, amplitud y representatividad de los datos.
- Consistencia y reproductividad de los métodos utilizados en el ACV.
- Fuentes de datos y su representatividad.
- Incertidumbre de la información.



REVISION CRÍTICA

Se ha de verificar si un estudio de ACV ha cumplido los requisitos de la norma (ISO) en cuanto a metodología, obtención y presentación de la información.

FASE DE ANÁLISIS DEL INVENTARIO (ICV)

En esta fase se llevará a cabo una recopilación de datos para cuantificar las entradas y las salidas de materia y energía del sistema. Es la fase más larga y la que se debe realizar con más cuidado para evitar errores que después puedan afectar a los resultados.

Para realizar el inventario se toman normalmente datos genéricos, de una base de datos, para las etapas secundarias y datos de campo para las etapas principales. Un ACV sería inviable si no se dispusiera de bases de datos para los aspectos generales (energía, transporte, gestión de residuos, etc).

Las bases de datos para ACV más conocidas y utilizadas a nivel internacional son:

- EcoInvent (Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2004, Suiza).
- IDEMAT (Holanda)
- GaBi (Alemania)
- PRé (Holanda)
- IVAM (Holanda)
- TEAM (Francia, Reino unido, Estados Unidos, Italia, Japón)
- Boustead (Reino Unido)
- PIRA (Reino Unido)
- Chalmers (Suecia)

Nombre BBDD	Formato	Nº de datos de ICV	Sector	Fuente
Ecoinvent	Ecospold	4000	Genérico	Ecoinvent Centre http://www.ecoinvent.org/
Boustead	Modelo propio	13000	Genérico	Boustead Consulting http://www.boustead-consulting.co.uk/
VAM LCA	Ecospold	1300	Genérico	IVAM UvA bv http://www.ivam.uva.nl
ProBas	Ecospold	7000	Genérico	Umbelbundesamt, Germany (German only). http://www.probas.umweltbundesamt.de
GaBi databases 2006	Ecospold	2300	Genérico	PE International GmbH, Germany. University of Stuttgart, Germany. http://www.gabi-software.com/
DEAM	Ecospold	1200	Genérico	Ecobilan - PriceWaterhouse Coopers, France. https://www.ecobilan.com/
ETH - ESU 96	Ecospold	1181	Genérico	ETH-ESU, Switzerland. http://www.esu-services.ch/
GEMIS 4.4.	Excel	1000	Genérico	Institute for applied Ecology, Darmstadt office, Germany. http://www.gemis.de/
Option data pack	Excel	967	Genérico	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan (Japanese only). http://www.jemai.or.jp/english/index.cfm
Umberto library 5.5.	Ecospold	600	Genérico	Institute for Environmental Informatics Hamburg GmbH, Germany. http://www.umberto.de/
IDEMAT 2001 Delft	Ecospold	507	Genérico	University of technology, Holland. http://www.idemat.nl/



CPM LCA Database	Spine	500	Genérico	Center for Environmental Assessment of Product and Material Systems-CPM, Sweden. http://www.cpm.chalmers.se/CPMDatabase/
Japanese Input Output Database	Tablas Input - Output	355	Genérico	Franklin Associates Ltd, USA. / National Renewable Energy Laboratory, USA. Sylvatica, USA / Athena Sustainable Materials Institute, Canadá. http://www.fal.com/
FRANKLIN US LCI	Ecospold	355	Genérico	Franklin Associates Ltd, USA. / National Renewable Energy Laboratory, USA. Sylvatica, USA / Athena Sustainable Materials Institute, Canadá. http://www.fal.com/
Data Archive	Ecospold	354	Genérico	Plastics Waste Management Institute (PWMI), Japan. Federal Office for the Environment, Switzerland Chalmers University of Technology, Sweden. http://www.plasticseurope.org/
BUWAL 250	Ecospold	286	Genérico	Federal Office for the Environment, Switzerland. http://www.bafu.admin.ch/
US Input Output Database sectores	Tablas Input - Output	163	Genérico	Toxic Releases Inventory 98 (TRI), Air Quality Planning and Standard (AIRS). EPA USA. Energy information administration (EIA). US dep. of energy. Bureau of economic analysis (BEA). Datos del US dep. of Commerce. National Center for Food and Agricultural Policy (NCFAP) and World Resource Institute (WRI). http://www.epa.gov/region6/6pd/tri/index.htm
Danish Input Output Database	Tablas Input - Output	130 sectores	Genérico	Danish statistical data (NAMEA). Danish Environmental Protection Agency. http://www.mst.dk/English/
LCA Food	Ecospold	80	Genérico	Danish environmental protection agency. http://www.mst.dk/English/
Industry Data	Ecospold	74	Genérico	Plastics europe, various. http://www.plasticseurope.org/Content/Default.asp?PageID=392
Salca 071	Ecospold	700	Producción agrícola	Agroscope Reckenholz - Tâkinon Research Station ART, Switzerland. http://www.art.admin.ch/
Eurofer data sets	No especifica do	14	Industria del acero	European Confederation of Iron and Steel Industries (EUROFER) http://www.eurofer.be/
Sabento library	Excel	450	Biotecnología	Ifu Hamburg GmbH, Germany. http://www.sabento.com/en/
KCL EcoData	Ecospold	300	Silvicultura	Oy keskuslaboratorio-Centrallaboratorium Ab, KCL, Finland. http://www.kcl.fi/page.php?page_id=75
sirAdos 1.2.	Ecospold	150	Construcción	LEGEP Software GmbH, Germany. Universität Karlsruhe, Germany. http://www.legep.de/
EIME 10.0	Ecospold	558	Eléctrico - electrónico	CODDE, France. http://www.codde.fr/
Waste technologies data centre	Ecospold	40	Residuos	Environment Agency, United Kingdom. http://www.environment-agency.gov.uk/wtd/

Tabla8 extraída de:

<http://www.eurespus.net/sites/default/files/resource/An%C3%A1lisis%20de%20Ciclo%20de%20Vida%20y%20Huella%20de%20Carbono.pdf>

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL ACV

En esta fase se trata de convertir la información obtenida en el inventario en datos interpretables: de los cientos de valores de intervenciones ambientales (emisiones, recursos consumidos, etc.) obtenidos hay que reducir el número de criterios a los efectos sobre un número concreto de impactos ambientales. Este proceso se desarrolla en cuatro pasos:

→ **Clasificación:** las diferentes intervenciones ambientales se agrupan según las categorías de impacto ambiental a las que afectan.



→ **Caracterización:** se evalúa el efecto total del sistema de producto sobre cada una de las categorías de impacto ambiental.

Las categorías de impacto que se suelen tener en cuenta en los ACV son:

- Efecto Invernadero.
- Disminución del ozono estratosférico.
- Lluvia acida.
- Eutrofización.
- Toxicidad.
- Agotamiento de recursos.
- Niebla fotoquímica.
- Energía consumida.
- Generación de residuos sólidos y líquidos.
- Emisiones de metales pesados.

→ **Normalización:** los resultados de la caracterización se contrastan respecto a un valor de referencia para ver su relevancia.

→ **Valoración:** se establece el valor relativo de cada categoría de impacto ambiental para poder priorizar las acciones que reduzcan los impactos ambientales más problemáticos en un momento y lugar determinados. A menudo acaba con un único valor o índice, resultado de hacer una suma ponderada entre las contribuciones a todos los impactos ambientales. Este elemento del ACV implica que se introduzcan valores subjetivos en la metodología, de manera que hay que vigilar mucho como se está haciendo. Esto implica que no se puede llegar a una solución 100% cierta, y por tanto hay que tener en cuenta que el resultado puede depender de los valores que pongamos a la hora de evaluar los impactos. Esto no hace que el análisis sea menos útil. Hay diferentes métodos para escoger los factores de valoración, los más conocidos son:

- Ecopuntos (Suiza).
- CML 2000(Holanda).
- Eco-indicador 95.
- Eco-indicador 99.
- EDIP (97 y 2003)
- IMPACT 2002+
- ReCiPe

Realmente de lo que se trata es de hacer entendible o interpretable los resultados del inventario y simplificar de entre los cientos de sustancias de la lista de entradas y salidas del sistema de manera que se obtenga la contribución del conjunto de sustancias sobre una serie de impactos ambientales más o menos conocidos. A menudo no basta con reducir a 10 valores, y entonces lo que se hace es una valoración que consiste en poner valores relativos a los diferentes impactos ambientales con el fin de realizar una suma ponderada y obtener así un único índice para cada uno de los productos o componentes analizados. Si bien es cierto, que estamos aumentando así la incertidumbre y la subjetividad. Según la norma UNE-EN-ISO 14042:2001 la clasificación y la caracterización son obligatorios, mientras que la normalización y la valoración son opcionales.



2.6.- DECLARACION AMBIENTAL DE PRODUCTO (DAP)

Como ya sea comentado en apartados anteriores, las prioridades de la política ambiental en los países industrializados ha seguido una evolución desde las medidas de control, cuando la conciencia ambiental se limitaba a la preocupación por la contaminación, centrando la atención en las emisiones atmosféricas, al suelo y al agua, y cuya respuesta se basaba en estrategias “en el último eslabón de la cadena” o “fin de tubo”, hasta las medidas de prevención de la contaminación, mediante el empleo de nuevos combustibles y de la mejora de las tecnologías y procesos productivos, buscando la eficiencia energética y la reducción de generación de residuos.

Esta ampliación de la perspectiva de las políticas ambientales ha hecho que se adopte un enfoque integrado del ciclo de vida, por el cual se sostiene que para reducir el impacto ambiental, tan necesario es el fomento de una producción limpia y respetuosa con el medio ambiente, como asegurar la aceptación, elección y uso correcto de los productos por parte de los consumidores.

En este contexto la Declaración Ambiental de Producto (DAP) ofrece información cuantitativa neutra, basada en la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), utilizado tanto por los fabricantes para mejorar sus productos y procesos, como por los consumidores, para poder llevar a cabo una compra más selectiva e informada.

El término Declaración Ambiental de Producto se definió por primera vez en un informe del Ministerio de Medio Ambiente de Suecia en 1990, por Thomas Lindhqvist. El concepto se basaba en el análisis de productos y esquemas de gestión de sus residuos, reciclaje exterior y el uso de diversos instrumentos de la política para promover una producción más limpia. Este concepto se introdujo en un momento en el que varios países europeos como Australia, Alemania, Los Países Bajos, Suiza y los Países Escandinavos, comenzaban a implantar diversos planes e instrumentos políticos para mejorar la gestión de productos al final de su vida útil, todo ello promovido por el cambio que se estaba produciendo en cuanto a que la responsabilidad ambiental no se debía asignar exclusivamente a los consumidores finales sino también a los productores.

Una definición de Declaración Ambiental de Producto que se publicó un año después fue la siguiente:

“EPR es una estrategia de protección del medio ambiente para llegar a una disminución del impacto ambiental de un producto, haciendo responsable al fabricante del producto durante todo su ciclo de vida y sobre todo para la recogida, reciclaje y disposición final del producto. La responsabilidad extendida del productor se implementa a través de instrumentos administrativos, económicos e informativos. La composición de estos instrumentos determina de forma precisa la responsabilidad extendida de los productores y de las EPR.”

En el último informe (Abril de 1992) se presentó un modelo de esquema en materia de ejecución de la EPR en el que se distinguían diferentes formas de responsabilidad:

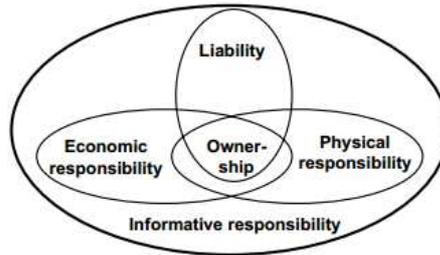


Figure 1-1. Models for Extended Producer Responsibility

Fig 3: Esquema modelo de ejecución de DAP atendiendo a tres formas de responsabilidad, según Thomas Lindhqvist.

- Responsabilidad física: donde el productor es responsable del manejo físico de los productos antes y después de ser usados o de los impactos ambientales que los productos tienen durante la provisión de servicios.
- Responsabilidad económica: donde el productor cubre todos o parte de los costos del manejo de desechos al final del ciclo de vida del producto (por ejemplo, procesamiento, tratamiento, disposición final). Estos gastos podrían ser cubiertos directamente por el productor o por medio de tarifas específicas.
- Responsabilidad legal: responsabilidad por daños ambientales por causas probadas creadas por el producto. El alcance de la responsabilidad se determina en la legislación y se tendrán en cuenta las diferentes partes del ciclo de vida del mismo, incluyendo uso y disposición final.
- Responsabilidad informativa: significa exigir a los productores suministrar información sobre las características ambientales de sus productos durante todas las etapas de ciclo de vida.

Desde los años 90, este potencial de la DAP para estimular la producción y consumo de productos ambientales más correctos, ha hecho que proliferen en todo el mundo programas para su desarrollo, en especial en el sector de la construcción, y que organizaciones como ISO y CEN continúen trabajando en su normalización.

Cronología de hechos relacionados con las DAP:

- 1993 Creación del subcomité ISO/TC207/SC3, normalización de etiquetas y declaraciones ambientales.
- 1994 Propuesta de la idea de DAP en el subcomité ISO/TC207/SC3.
- 1995 Inicio de los trabajos de estandarización sobre DAP certificadas.
- 1997 Creación de un programa voluntario de DAP certificadas por tercera parte en Suecia.
- 1999 Creación del programa BRE (Reino Unido).
- 1999 Publicación del informe técnico ISO/TR 14025.
- 2000 Creación del programa Umwelt-Deklaration (EPD) (Alemania).
- 2001 Creación del programa FDE&S (Francia).
- 2002 Creación del programa EPD-Norge (Noruega).
- 2004 Mandato de la CCE y CEN para el desarrollo de normas sobre DAP y evaluación de edificios.
- 2005 Creación del comité CEN/TC350
- 2006 Aprobación de la norma ISO 14025



- 2007 Aprobación de la norma ISO 21930
- 2008 Creación del programa Green Standard (EUA)
- 2010 Creación DAPc (España)

La norma ISO 14025:2006, “Etiquetas y Declaraciones Ambientales. Declaraciones ambientales Tipo III. Principios y Procedimientos”, define las DAP como:

“manifestación que proporciona datos ambientales cuantificados utilizando parámetros predeterminados y, cuando corresponda, información ambiental adicional”.

Así pues, los objetivos de las DAP son los mismos que el resto de ecoetiquetas, impulsar la producción de productos que causen un menor impacto medioambiental, así como su demanda, a través de la información verificada que estimule la mejora ambiental continua entre los agentes del mercado.

Las DAP se diferencian del resto de sistemas voluntarios por los siguientes motivos:

- No comunican un mejor comportamiento ambiental del producto, sino que ofrecen información neutra relativa a su ciclo de vida y ha sido calculada mediante el análisis de su ciclo de vida, siguiendo unas reglas predefinidas. Esta información puede ser utilizada para comparar productos o desarrollar estudios de ACV más complejos.
La comparación de productos mediante DAP debe cumplir una serie de condiciones que se especifican en la norma ISO 14025:2006 como la idéntica definición y descripción de la categoría del producto, la misma unidad funcional, límites de sistema equivalentes, así como reglas de cálculo.
- Las DAP van destinadas a compradores profesionales, públicos o privados y no al consumidor último.
- Han sido desarrolladas por iniciativas privadas, aunque algunos programas DAP cuentan con el apoyo de las administraciones públicas, ya sea en su creación o en su difusión y funcionamiento.

Para asegurar que la información contenida en distintas DAP no es engañosa se deben seguir todas las reglas y parámetros definidos en una serie de normas ISO 14040 sobre “Análisis de Ciclo de Vida” y “Reglas de Categoría de Producto” que hacen referencia a los datos del ACV relativos a los datos del Inventario, indicadores de categoría de impacto ambiental, etc.

Las RCP (Reglas de Categoría de Producto) concretan ciertas reglas y requisitos específicos para el desarrollo de una DAP y el estudio de ACV, puesto que si bien la metodología de ACV está normalizada, también es cierto que se tiene cierto grado de libertad a la hora de tomar decisiones que pueden afectar a los resultados del ACV de los distintos productos.

Las RCP determinan aspectos como el objetivo y alcance del ACV, las fases que se incluirán en el análisis, los parámetros a cubrir y la manera de calcularlos y las reglas para elaborar la información ambiental adicional que puede contener una DAP.

Al desarrollar una DAP, una vez se ha propuesto el programa de ecoetiquetado y se ha designado al administrador del mismo, el paso siguiente es la elaboración de las RCP para cada categoría de producto, donde se establecerán los pautas para el desarrollo del ACV y de la propia DAP,



asegurando la homogeneidad metodológica y la comparabilidad de la información que se declarará en el informe final. Para ello se debe asegurar que a la hora de asignar productos con funciones similares a la misma categoría de producto se pueda aplicar la misma unidad funcional en todos ellos.

Según la ISO 14025, los contenidos de un documento RCP son los siguientes:

- 1 Definición y descripción de la categoría del producto:
 - Función.
 - Comportamiento técnico.
 - Uso.

- 2 Definición de objetivos y alcance del ACV:
 - Unidad funcional.
 - Límites del sistema.
 - Descripción de los datos.
 - Criterios para la introducción de entradas y salidas.
 - Requisitos de la calidad de los datos.
 - Unidades.
 - Categorías de impacto ambiental y sustancias a inventariar.

- 3 Análisis del inventario:
 - Recopilación de datos
 - Procedimiento de cálculo.
 - Asignación de flujos y emisiones de materia y energía.

- 4 Otros contenidos:
 - Selección de categorías de impacto y reglas de calculo
 - Parámetros predeterminados para informar sobre los datos de ACV
 - Materiales y sustancias a declarar
 - Contenidos y formato de la DAP
 - Periodo de validez.
 - Otros aspectos.

El contenido de la DAP por parte del fabricante del producto, y aplicando las RCP correspondientes, según la norma ISO 14025 contendrá los siguientes puntos:

- 1 Contenidos generales:
 - Descripción del producto, el proceso productivo y el fabricante.
 - Fecha y nombre de la entidad que ha hecho la verificación.
 - Periodo de validez y RCP de referencia.
 - Cantidad de producto al cual se refiere la información (flujo de referencia).
 - Descripción de las fases del ciclo de vida incluidas en la declaración.
 - Otros aspectos.

- 2 Descripción del comportamiento ambiental del producto:
 - Datos del inventario de ciclo de vida (consumo de recursos, emisiones al aire, vertidos al agua y suelo)



–Resultados de las categorías de impacto ambiental consideradas.

3 Informe ambiental adicional.

Hay que saber que no será necesaria la verificación de los datos incluidos en la DAP por parte de una tercera persona, salvo que así lo exija el administrador del programa o en el caso de que la DAP esté dirigida al consumidor final, en cuyo caso la verificación independiente es obligatoria.

Existen numerosos programas DAP desarrollados bajo el marco de un programa de ecoetiquetado, de los cuales se habló en capítulos anteriores, y éstos se adaptan a los requisitos de los estándares de la norma ISO 14025-2006. Pero cada uno de ellos cuenta con unas reglas de funcionamiento diferentes y también diferentes cuotas para la verificación y registro de la DAP. La mayoría se aplican en un único país, aunque los hay que tienen un alcance internacional (International EPC System o Umwelt-Deklaration-EPD).

Dado que la publicación de la norma EN 15804 es reciente, aun no se han adaptado a la misma en lo referente a categorías de productos de construcción.

También encontramos el caso de algunas empresas que han optado por desarrollar su propia DAP, creando tanto el programa como las RCP.

En los últimos años, algunas asociaciones de fabricantes de materiales han desarrollado DAP de tipo sectorial, que muestran datos de productos promedio de un determinado sector productivo. Es el caso de la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER).

En cualquier caso, el problema que existe para el desarrollo de las DAP es la falta de armonización entre los múltiples programas, ya que éstos no son compatibles entre sí y las DAP desarrolladas bajo las reglas de un programa no son reconocidas ni aceptadas por otro.

2.7.- PROGRAMA DE ECOETIQUETADO DAPc (ESPAÑA)

En febrero de 2008, la Generalitat de Catalunya y el Col.legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers de l'Edificació de Barcelona (CAATEEB), como administrador del programa, firmaron un protocolo de colaboración para poner en marcha el primer programa de ecoetiquetado tipo III en el España y que se centraría en los productos de construcción. La motivación para desarrollar este programa fue la aprobación del Decreto 21/2006 de Ecoeficiencia de los Edificios, que establece que al menos una familia de productos de los utilizados en la construcción deberá disponer de una ecoetiqueta tipo I o III.

Basándose en la norma ISO 14025 y en los programas DAP ya existentes, la estructura de DAPc se define de la siguiente forma:

- El sistema cuenta con dos elementos para difundir y conectar a las partes interesadas en la participación o colaboración con el programa: por un lado un “consejo asesor” formado por representantes de entidades independientes vinculadas al sector de la construcción (centros tecnológicos, colegios profesionales, administraciones públicas, etc.) y expertos en DAP y ACV; y por otro los “paneles sectoriales”, integrados por



asociaciones y empresas fabricantes de productos de la construcción y afectados a la hora de la preparación de las RCP.

- Las DAP, para poder ser registradas y publicadas, deben ser verificadas obligatoriamente por una tercera entidad independiente y acreditada. En el caso del programa DAPc, la acreditación recae sobre el administrador del sistema, es decir, el CAATEEB.
- Todos los documentos RCP han sido coordinados por expertos en ACV y DAP, de esta manera se asegura que cumplan con las normativa de referencia (ISO 14040, ISO 14025, ISO 21930 y las reglas generales del sistema) y que se recojan los intereses de los integrantes del Panel Sectorial, siempre y cuando estos estuviesen dentro de la normativa.
- Disposición de una base de datos oficial con inventarios de ciclo de vida y procesos genéricos, así como el listado de todos aquellos productos que hayan obtenido una DAP.
- Las empresas con DAPc pueden realizar la declaración basándose en todo el ciclo de vida del producto, “de la cuna a la tumba”, o bien, “de la cuna a la puerta de la fabrica”, es decir, sólo teniendo en cuenta la etapa de producción, eliminándose la opción de poder hacer el análisis de la fase de producción añadiendo las etapas que la empresa elija.
- El desarrollo de las RCP se organiza en dos bloques: por un lado las RCP Generales, con contenidos comunes a cualquier tipología de producto (como los propuestos en la norma EN 15804 para el sector de la construcción como la división de etapas de ciclo de vida, requisitos de calidad de datos, metodología de evaluación de impactos, etc.); y por otro las RCP Específicas, con las especificaciones concretas para cada familia de productos (límites del sistema, unidad funcional, etc.)

Las Reglas Generales del programa DAPc, que definen sus características básicas y los procedimientos necesarios para la generación de la DAP cumplen con las normas internacionales vigente en el momento de su publicación y además tuvieron en cuenta los borradores que existían de las futuras normas que se estaban preparando en aquel momento y que ya hoy han sido también publicadas:

- ISO 21930:2007 Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products.
- ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations – Type II environmental declarations – Principles and procedures.
- ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.
- ISO 14044: 2006 Environmental management – Life cycles assessment – Requirements and guidelines.
- prEN 15804:2008 Sustainability of construction Works – Environmental product declaration – Core rules for the Product Category of Construction Products.



- Pr 15942:2009 Sustainability of construction Works – Environmental product declaration – Communication format – Business to Business.
- FprCEN/TR 15941:2009 Sustainability of construction Works – Environmental product declaration – Methodology for selection and use of generic data.

2.8.- REGLAS DE CATEGORIA DE PRODUCTO (RCP) DE DAPc PRODUCTOS AISLANTES TÉRMICOS

La estructura de las RCP específica para productos aislantes de la DAPc tiene la siguiente estructura:

- 1 Introducción
 - 2 Conceptos y definiciones
 - 3 Definición de la categoría de producto
 - 4 Etapas del ciclo de vida a incluir
 - 5 Reglas de cálculo del ACV
 - 6 Análisis de inventario
 - 7 Evaluación de impactos
 - 8 Informe del proyecto
 - 9 Contenido de la DAPc
 - 10 Bibliografía
- Anexo 1: Escenarios típicos
Anexo 2: Información técnica

La categoría “productos aislantes térmicos” incluye diferentes tipologías de producto destinados a reducir la transferencia de calor. Estos productos pueden presentar características funcionales adicionales que se recogen en la correspondiente normativa. En las RCP de DAPc, se especifica que sólo podrán obtener dicha declaración aquellos productos que cumplan con la normativa:

UNE-EN 13162:2009: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.

Productos manufacturados de **lana mineral (MW)**. Especificación.

UNE-EN 13163:2009: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.

Productos manufacturados de **poliestireno expandido (EPS)**. Especificación.

UNE-EN 13164:2009: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.

Productos manufacturados de **poliestireno extruido (XPS)**. Especificación.

UNE-EN 13165:2009: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.

Productos manufacturados de **espuma rígida de poliuretano (PUR)**. Especificación.

UNE-EN 13166:2002: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.

Productos manufacturados de **espuma fenólica (PF)**. Especificación.

UNE-EN 13167:2009: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.

Productos manufacturados de **vidrio celular (CG)**. Especificación.

UNE-EN 13168:2009: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.

Productos manufacturados de **lana de madera (WW)**. Especificación.

UNE-EN 13169:2009: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.

Productos manufacturados de **perlita expandida (EPB)**. Especificación.

UNE-EN 13170:2009: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación.

Productos manufacturados de **corcho expandido (ICB)**. Especificación.



UNE-EN 13171:2002: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de **fibra de madera (WF)**. Especificación.

UNE-EN 14509:2007/AC:2009: Paneles sándwich aislantes autoportantes de doble cara metálica. Productos hechos en fábrica. Especificaciones.

UNE 92120-1:1998: Productos de aislamiento térmico para construcción. **Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección**. Parte 1: Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación.

O bien productos, que aunque no estén cubiertos por dicha normativa, como pueden ser las espumas elastoméricas, la celulosa, el cáñamo y otros paneles de material aislante, hayan obtenido la siguiente documentación:

DITE: El Documento de Idoneidad Técnica Europeo - DITE - (*European Technical Approval - ETA*) constituye por definición una evaluación técnica favorable de la idoneidad de un producto para el uso asignado, fundamentado en el cumplimiento de los Requisitos Esenciales previstos para las obras en las que se utilice dicho producto. El DITE es la vía de obtención del **mercado CE** para los productos no normalizados de acuerdo con la DPC.

DIT: El Documento de Idoneidad Técnica - DIT - es un documento de carácter voluntario expedido por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja - IETcc-, que contiene una apreciación técnica favorable de la idoneidad de empleo en edificación y/u obra civil de materiales, sistemas o procedimientos constructivos no tradicionales o innovadores. El DIT de un material se otorga para un empleo determinado. Si el material se utiliza para distintos empleos será necesario un DIT diferente para cada uno de ellos.

DAU: El DAU, Documento de Adecuación al Uso, es la declaración de la opinión favorable de las prestaciones de un producto o sistema constructivo innovador en relación a los usos previstos y a las soluciones constructivas definidas, en el ámbito de la edificación y de la ingeniería civil. Un DAU evalúa la aptitud para el uso previsto de una solución constructiva, tomando como base los niveles objetivos o valores límite exigibles a las obras de construcción y las exigencias funcionales que se establecen en cada caso.

Cuando DAPc elaboró sus RCP, además de en la normativa existente, se apoyó en otros sistemas que ya estaban desarrollados, como, “Insulation materials” de Norwegian EPD Foundation” (2007), “Building products” de “The Swedish Environmental Management Council” (2006) y “Norma NF P 01-010 de AFNOR” (2004).

A destacar de estas RCP, cabe decir que en ellas se especifica que las DAPc deberán contener como **mínimo y obligatoriamente** datos agregados de la etapa de fabricación del producto y serán **opcionales**, el resto de etapas del ciclo de vida del producto (construcción, uso, mantenimiento y gestión de residuos de fin de vida), siempre y cuando se apliquen los escenarios descritos en los anexos que se incluyen al final del documento RCP para productos aislantes.

Eso sí, en caso de tratarse de **productos fabricados in situ**, se deberán incluir obligatoriamente las fases correspondientes a la aplicación, puesto que forman parte del proceso de producción del material.



Siempre, los resultados obtenidos en las diferentes etapas, deberán mostrarse por separado, sin agregar.

En este punto, cabría comentar que, puesto que los productos aislantes tienen la función principal de reducir la transferencia de calor y, en consecuencia, favorecer un menor consumo energético en la climatización de espacios interiores, la no consideración de las implicaciones ambientales de este potencial ahorro energético dejaría fuera de juego a muchos de los aislamientos más utilizados actualmente, desde el punto de vista del comportamiento ambiental, ya que a primera vista, el poliestireno o el poliuretano, tienen mucha mayor energía incorporada en el proceso de fabricación, así como emisiones de CO₂, pero sin embargo, otros materiales aislantes, como la lana de roca, que tienen un mejor comportamiento ambiental teniendo en cuenta su proceso de fabricación, requieren un mayor espesor para conseguir las mismas resistencias térmicas.

A la hora de estudiar el comportamiento ambiental de un material aislante, la energía incorporada en su producto de fabricación, tiene relativa importancia si se compara con la energía que ahorrará a lo largo de su vida útil.

Otra de las obligaciones que imponen las RCP a los fabricantes de productos, en este caso aislantes, es que, puesto que la DAPc tiene un periodo de validez de 5 años, si durante este periodo de tiempo el producto se viese sujeto a cambios de impacto ambiental, superiores o inferiores en más de un 10% a los mostrados en la declaración, estos deberán ser transmitidos al administrador del sistema, CAATEEB, para proceder a la revisión del sistema.

Las RCP especifican los requisitos y directrices que se deben seguir para el desarrollo de la DAPc y el ACV del producto aislante:

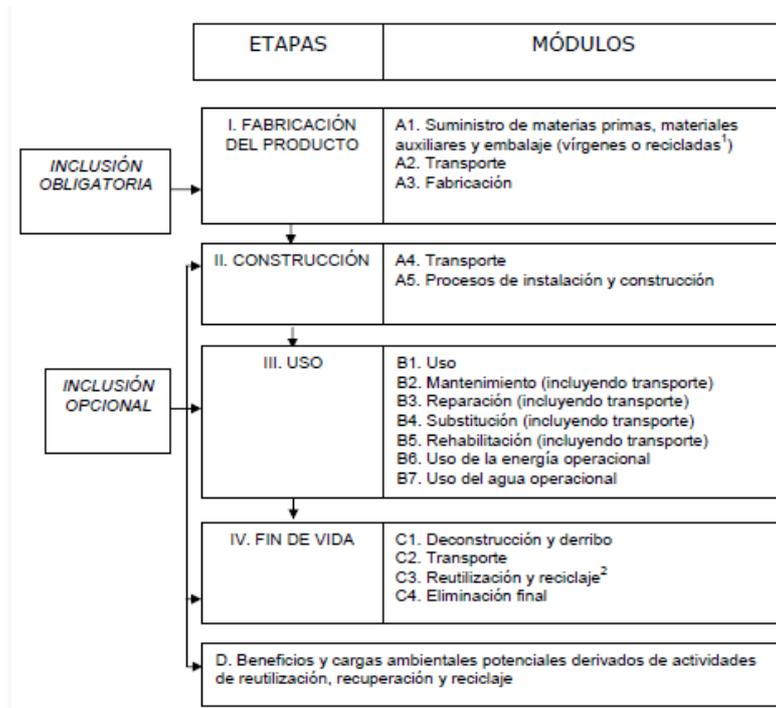
2.8.1.- ETAPAS DEL CICLO DE VIDA A INCLUIR:

Cuando un fabricante decida incluir en la DAPc todo el ciclo de vida del producto, éste se deberá subdividir en las siguientes etapas y módulos:

- Fabricación del producto: incluyendo además todos los procesos aguas arriba de la etapa de producción (fabricación de materias primas y/o recicladas, transporte, suministro de energía, etc.). Comprende los módulos A1, A2 y A3 de la prEN 15804.
- Construcción: procesos de transporte hasta la obra y colocación en la obra. Corresponde a los módulos A4 y A5 de la prEN 15804.
- Uso: corresponde a la aplicación del producto instalado, mantenimiento, reparación, sustitución y rehabilitación, incluyendo los transportes (módulos B1, B2, B3, B4 y B5, respectivamente, de la prEN 15804), así como al uso de la energía y del agua operacionales dentro del edificio durante el uso del producto (módulos B6 y B7, respectivamente, de la prEN 15804).
- Fin de vida: comprende todas las acciones y procesos debidos a deconstrucción, demolición, transporte, reutilización y reciclaje y eliminación. Corresponde a los módulos C1, C2, C3, C4 de la prEN 15804.



Además, como información opcional, se podrán tener en cuenta los beneficios y cargas ambientales debidos a la expansión del sistema asociadas a actividades de reutilización de productos, reciclaje de materiales y/o aprovechamiento de energía contenida en materiales que salgan del sistema de producto (como, por ejemplo, materiales o combustibles secundarios). En caso de que se declare, esta información deberá incluirse en un módulo D separado del resto.



¹ En el caso de materiales reciclados, se incluye el proceso de reciclaje de residuos hasta la producción de materias primas recicladas así como el transporte desde la planta de reciclado hasta su nuevo uso (A2).

² No se imputarán las cargas ambientales de los procesos de reciclado al producto analizado puesto que forman parte de un nuevo sistema de producto pero sí la eventual recolección y transporte hasta el proceso de reciclado.

Fig 4 Límites del sistema- Reglas Categoría productos DAPc

2.8.2.- REGLAS DE CÁLCULO DEL ACV

Al tratarse de RCP para materiales aislantes, se especifica una clara diferencia a la hora de aplicar o definir la unidad funcional o declara:

- Para las DAPc que declaren información **hasta la puerta de la fábrica**, la unidad declarada que se deberá aplicar es “1m² de material aislante con una resistencia térmica igual a (a especificar en cada caso) m²K/W. Por ejemplo: 1,30 m²K/W.
- Para las DAPc que declaren información de **todo el ciclo de vida del producto**, a la hora de definir la unidad funcional, la empresa deberá especificar cuál es la resistencia térmica (expresada en m²K/W), el tipo de cerramiento a aislar (por ej: fachadas, cubiertas, suelos, soleras, muros enterrados, particiones interiores...), así como hacer referencia obligatoriamente a una superficie de 1 m² a un período temporal de 50 años y a un entorno geográfico y temporal determinado. Así, por ejemplo, una unidad funcional válida sería: “aislamiento térmico de 1m² de fachada durante 50 años utilizando un producto



aislante con una resistencia térmica de 1,30 m²K/W y considerando un entorno geográfico y tecnológico de España en el año 2010”.

2.8.3.- LIMITES DEL SISTEMA

Los límites del sistema especifican cuáles son los procesos que se incluyen en el sistema objeto de estudio para el desarrollo de la DAPc. Estos límites son los definidos en el esquema anterior, donde se mostraban las etapas y los módulos mínimos en los que deben estar divididas las mismas.

Dentro de las etapas analizadas, se deberán incluir todos los procesos relevantes. Para identificarlos, se deberán aplicar las reglas de inclusión de entradas y salidas que son las siguientes:

- 1.- Se podrán excluir aquellas entradas y salidas de masa y energía del proceso que representen menos del 1% del total de energía y masa utilizados en el mismo y siempre y cuando no provoquen impactos ambientales relevantes.
- 2.- La suma total de las entradas y salidas no incluidas en un proceso serán inferiores al 5% de la energía y masa totales utilizadas.
- 3.- Estas reglas de corte no se aplicarán en el caso de las sustancias o materiales tóxicos y peligrosos.

A la hora de recopilar y describir los datos de estas entradas y salidas de cada proceso unitario, las RCP recomiendan utilizar datos procedentes del sistema productivo, específicos y reales, facilitados por el propio fabricante, es decir, datos de campo. Ahora bien, como es bastante difícil que una planta de producción de un cierto tipo de aislante tenga medidos y calculados los consumos y emisiones, y también es bastante difícil justificar y comprobar que realmente son fiables, también se permite, y es lo que se hace generalmente, utilizar datos genéricos en procesos comunes (producción de electricidad y combustibles, transporte, producción de embalajes, vertidos, reciclado, valoración energética de los residuos, etc.). Para ello nos proponen una serie de fuentes o bases de datos: European Life Cycle Database (ELCD), la base de datos oficial del sistema DAPc y cualquier otra base de fuente de datos que sea coherente con las anteriores (formato, metodología de recopilación de datos, límites del sistema aplicados, etc.).

En general de debe aplicar la siguiente regla:

- 1.- Producción de materias primas: se utilizarán datos específicos y/o medias generales (de ámbito europeo o mundial).
- 2.- Fabricación del producto: se utilizarán datos específicos.
- 3.- Perfil eléctrico: se utilizará el oficial del Estado en el que se produzcan los procesos que consuman energía, siempre y cuando no se puedan obtener datos más específicos de la región. En el caso en que el consumo eléctrico sea relevante y siempre y cuando se disponga de los datos necesarios, se deberá evaluar la influencia en los resultados si se utilizan datos estatales o regionales.

En cualquier caso, siempre se debe documentar y comprobar la representatividad y verosimilitud de los mismos, informar la fuente de procedencia y especificar el grado de incertidumbre, la integridad, coherencia, etc. Todos estos conceptos quedan bien definidos en las RCP.

Además estos datos deben cumplir con los siguientes requisitos:



- Deberán ser representativos y justificarse adecuadamente; en la medida de lo posible deben ser lo más recientes posible y no tener una antigüedad superior a los 10 años para datos genéricos y 5 para datos específicos del fabricante, aquellos que se hayan recopilado deberán hacer referencia al período temporal de un año (se deberá justificar la consideración de otros períodos).
- Se deberán contabilizar las entradas y salidas del sistema durante los 100 años siguientes a la toma de datos representativos,
- La cobertura tecnológica deberá reflejar la realidad física del producto o de la categoría de producto declarada.
- La cobertura geográfica deberá representar los datos medios o generales de la región (Estado o comunidad autónoma con capacidad de decisión política sobre el mix energético a instalar) en la que se ubique el centro de producción.
- La precisión de los datos específicos no debería tener más de 10% de variancia.

Las unidades en las que deben estar expresadas las entradas y salidas de todas las fases del ACV son:

- Unidades del Sistema Internacional.
- Unidades para potencia, energía y temperatura también aceptadas:
 - kW (o MW) para potencia
 - kWh (o MJ) para energía
 - Grados Celsius para temperatura

2.8.4.- EVALUACIÓN DEL IMPACTO

A la hora de evaluar el impacto ambiental, será obligatorio utilizar los factores de caracterización contemplados en la norma EN 15804 o, en su defecto, del método CML 2001, que está basado en una lista provisional de potenciales de calentamiento global (Global Warming Potentials GWPs) construida por el Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC) y publicada en 1992. La sustancia de referencia es el CO₂. Como mínimo:

- Potencial de calentamiento global.
- Potencial de agotamiento del ozono estratosférico.
- Potencial de acidificación de recursos hídricos y del suelo.
- Potencial de eutrofización.
- Potencial de formación de ozono fotoquímico.
- Potencial de agotamiento de los recursos abióticos no renovables.

Además se deberán mostrar los parámetros relativos al uso de recursos indicados en la norma EN 15804:

- Utilización de energía primaria renovable, (MJ/por unidad declarada / funcional).
- Utilización de energía primaria no renovable, (MJ/por unidad declarada / funcional).
- Utilización de combustibles secundarios renovables, (MJ/por unidad declarada / funcional).
- Utilización de combustibles secundarios no renovables, (MJ/por unidad declarada / funcional).
- Utilización de agua dulce, (m³/por unidad declarada / funcional).

Igualmente se incluirán los parámetros sobre la producción de residuos y materiales de salida que indica la EN 15804:



- Cantidad de residuos peligrosos, no peligrosos y radioactivos a gestionar, (kg/por unidad declarada / funcional).
- Flujos materiales de salida en componentes para la reutilización, materiales para el reciclaje y materiales para la valorización energética, (kg/por unidad declarada / funcional).

2.8.5.- INFORME DEL PROYECTO Y CONTENIDO DE LA DAPc

Se debe presentar un informe al verificador del proyecto que consistirá en un resumen de la documentación del ACV para informar y facilitar la verificación de la DAPc, y en el cual quede demostrado que se han seguido las RCP del sistema.

Por otro lado, se describen los apartados con los que debe contar el informe para la obtención de la DAPc y se estipula el formato del mismo. La información con la que debe contar este informe es:

- 1.- Información general a declarar.
- 2.- Datos procedentes del ACV, el ICV o los módulos de información.
 - Parámetros relativos al uso de recursos (según EN 15804).
 - Indicadores resultantes de la evaluación de impactos.
 - Otros datos (como la cantidad y tipología de residuos producidos peligrosos/no peligrosos, codificados según la Lista Europea de Residuos).
- 3.- Información técnica y escenarios.

En este apartado, se detallan los datos a especificar que a su vez, han sido utilizados en la definición de los escenarios aplicados en el ACV. Así por ejemplo:

a) Transporte

Parámetro	Parámetro expresado por unidad funcional
Consumo de combustible o vehículo de transporte utilizado	l/km
Capacidad de utilización (incluyendo la vuelta llenas)	%
Densidad de carga del producto transportado	kg/m ³
Factor de cálculo de la capacidad del volumen utilizado.	Sin unidades

Tabla 9: Parámetros a incluir en fase transporte del informe de ACV, extraída de las RCP para materiales aislantes del sistema DAPc.

- 4.- Información ambiental adicional.

2.9.- ESTUDIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA E IMPACTO AMBIENTAL EN LA EDIFICACIÓN

Desde que en 2006 se aprobase la nueva legislación ambiental referente a los edificios, esto es, el CTE en su DB-HE1 Limitación de la Demanda Energética, se han llevado a cabo multitud de estudios y reflexiones acerca de lo que ello suponía: si bien, por un lado, algunos expertos reconocen que el CTE supuso un gran salto con respecto a la NBE-CTE 79, que llevaba 25 años inalterada, en el sector parece haber unanimidad acerca de la insuficiencia de las nuevas exigencias. Los cambios suponen una apreciable mejoría de las exigencias de aislamiento en cubierta y suelos, pero sin embargo, se ha quedado muy corto en las de fachadas -muros y



ventanas-. De hecho, esta exigencia en determinadas zonas climáticas y para algún material aislante supone aislar menos de lo que se venía haciendo.

A partir de esa fecha los esfuerzos se han basado en formar e informar tanto a los agentes implicados en el sector de la construcción como a los usuarios de la necesidad de cumplir y aplicar la normativa, no sólo por lo que respecta a la mejora del confort, sino también por el ahorro energético que ello supone y reducir las emisiones de CO₂ contribuyendo así con el medio ambiente.

En el artículo “Ejemplos de Rehabilitaciones Térmicas, Evaluación de los Ahorros de Energía”, publicado en diciembre de 2008 por Yago Massó Moreu en la revista Aislamiento e Impermeabilización, en colaboración con Andimat, se analizan diferentes comportamientos energéticos de un mismo edificio inicialmente sin aislamiento térmico y posteriormente rehabilitando térmicamente la envolvente del mismo. Para ello se tomó un edificio construido en 1975 y utilizando el programa de calificación energética CALENER_VYP se obtuvieron las demandas energéticas del edificio, en primer lugar, describiendo el mismo en la situación de partida y posteriormente teniendo en cuenta las diferentes actuaciones de rehabilitación energética, entre las que se encontraba la rehabilitación de la cubierta y la parte ciega de la fachada. Además, dichas simulaciones se ubicaron en cinco zonas climáticas diferentes para que el estudio resultase más representativo. Los ahorros energéticos alcanzados al aislar tanto la fachada como la cubierta oscilaban entre un 21 y un 28% del consumo total del edificio dependiendo de la zona climática.

El estudio, “Propuesta de revisión del Código Técnico de la Edificación: Sección HE 1 Limitación de demanda energética”, publicado en junio de 2009 por Andimat (Asociación nacional de fabricantes de materiales aislantes) realiza un análisis técnico y económico para identificar cual es el potencial de mejora energética de los edificios españoles pensando en el cumplimiento de los criterios 20-20-20 asumidos por España. El análisis, además de proponer, no unos límites mínimos, que es lo que se exige en el CTE, sino, una reducción de los consumos de energía en los edificios y por tanto, mejores índices de calificación energética en los mismos, expone y cuantifica, el sobrecoste, €/m² de superficie útil de vivienda, que supone la inversión en la mejora de la envolvente térmica y el peso que supone el sobrecoste por la mejora térmica del edificio respecto a su coste de construcción.

En la misma línea encontramos también el estudio encargado por WWF España a ETRES Consultores titulado “Potencial ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020” y publicado en marzo del 2011. WWF considera que el sector residencial español tiene capacidad para reducir el consumo de energía final en el parque de viviendas en más de un 30% respecto a 2008 para el año 2020. WWF sostiene que para alcanzar estos compromisos debe priorizarse la mejora del aislamiento térmico de los edificios, con criterios y normativas mucho más exigentes que los actuales.

Desde un punto de vista totalmente ambiental "Ego, la Revolución Invisible", creada por CiMA-Científicos por el Medio Ambiente con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, es una campaña de sensibilización contra el cambio climático desarrollada en noviembre de 2007, donde la problemática ambiental se aborda a partir de la constatación de que los individuos forman un conjunto indisoluble con el medio ambiente, con su entorno (natural y social), y toman conciencia de que sus propios intereses tienden a coincidir con los de aquello



que les rodea. Si el punto de vista es de los individuos, que es el predominante en nuestras sociedades, el protagonista es el medio en el que interactúa cada individuo (EGO) con los otros (ECO) y con el entorno (GEO).

Esta campaña, se publicó un dossier técnico de Análisis del Ciclo de Vida que incluía un análisis práctico de selección de materiales aislantes. Se trataba de proporcionar una descripción de la herramienta del ACV, explicando su metodología (objetivo y alcance, unidad funcional, reglas de asignación de cargas, etc.) y ejemplificar la aplicación esta metodología en la selección de los materiales aislantes, profundizando en su validez y sus limitaciones. Para ello, se fijó una unidad funcional, es decir, un flujo de referencia que permitiera comparar las entradas y salidas asociadas a cada material, esto fue, un coeficiente de transmisión de $U=0'575 \text{ W/m}^2\text{°C}$, para aislar una superficie de 1m^2 de cerramiento. Con esto, se realizó un análisis comparativo de la caracterización ambiental de cada uno de los aislamientos basada en la metodología del Eco-Indicador 99.

Para el análisis se tomaron cuatro tipos de aislamiento térmico: dos de tipo plástico (poliestireno expandido y poliuretano rígido) y dos de tipo natural (corcho y fibra de madera). Los resultados son que si tenemos en cuenta por separado las diferentes categorías de impacto, los materiales plásticos van a la cabeza en cuanto a las categorías de efectos respiratorios, orgánicos e inorgánicos, asociada a sus emisiones de CO_2 ; mientras que las operaciones necesarias para la explotación forestal, sitúan al corcho y la fibra de madera como elementos de mayor contribución en la categoría de Uso de Tierra. Así pues, la normalización de las categorías, estableciendo el peso o importancia relativa de cada una de ellas, permite establecer comparaciones y emitir análisis de mayor profundidad y de esta manera, y agrupando los resultados de la normalización conforme al daño ambiental producido, se aprecia una gran diferencia entre los materiales de origen plástico y los naturales, siendo el poliuretano el que peor comportamiento ambiental tiene.

Los fabricantes de productos aislantes también se han afanado durante estos últimos años en realizar estudios que además de promover la rehabilitación energética de los edificios pusieran de manifiesto que sus productos son la mejor inversión para llevar a cabo la mejora de nuestra vivienda.

Para la celebración del II CONGRESO DE INVESTIGACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (Madrid, 2010), IPUR, Asociación de la Industria del Poliuretano, cuya misión es fomentar el uso del poliuretano rígido como aislamiento térmico, preparó la ponencia "Investigación Ambiental del Aislamiento con Poliuretano", en la que se pretendía destacar que el uso este tipo de material supone un menor coste de ciclo de vida gracias a unos mayores ahorros energéticos a lo largo de la vida del un edificio de "baja energía". Del mismo modo, buscaba evidenciar que la fijación de criterios ambientales a nivel del producto o la comparación de los aislamientos sin conocer los requisitos exactos del diseño del edificio, no producen resultados significativos.

Así pues, además de la comparativa de los impactos ambientales de diferentes tipos de aislamientos por unidad de peso o por valor de R, el estudio se interesaba por los efectos en cadena de la elección de los materiales sobre el propio edificio (vigas adicionales, cimientos o cubiertas más grandes, requisitos adicionales de instalación, etc.). Para ello IPUR encargó a BRE la cuantificación de los costes ambientales y económicos del uso de poliuretano comparado con el uso de otros aislamientos (lana de roca y lana de vidrio) en el diseño de edificios de "baja energía", una primera parte basada en un edificio de nueva construcción y una segunda tomando un edificio existente. Se contemplaron pues, tanto el ACV de los materiales aislantes como el



cálculo de emisiones de CO₂ por calefacción y refrigeración y el coste de ciclo de vida del edificio (coste inicial, coste operativo y coste de eliminación, estimando un periodo útil del edificio de 50 años).

La metodología del estudio fue la siguiente: como ya hemos dicho, se tomó un modelo de edificio y se estudió desde las perspectivas de obra nueva y rehabilitación. Localizaron el edificio en tres zonas climáticas bien diferenciadas (Mediterráneo templado, Oceánico templado y Continental Frío) y se realizó un modelo de coste de vida (CCV) para representar el coste típico en que incurren los propietarios del edificio. A continuación, se evaluaron las prestaciones de cada diseño, utilizando diferentes soluciones de aislantes basadas en poliuretano, lana de roca y de vidrio. Debido a sus diferentes niveles de conductividad térmica, se utilizaron diferentes espesores para conseguir los mismos valores de U.

Las conclusiones del estudio fueron, en lo que atañe al análisis de ACV, que se podía demostrar que la contribución del material aislante a la carga global ambiental del edificio es muy limitada y que incluso en los edificios de baja energía, la energía consumida en la fase de uso constituye una contribución mayor al calentamiento global. Sin embargo, el potencial de acidificación, el potencial eutrofización y el potencial de creación de ozono, obtenido en los materiales, superaba los originados por el uso del edificio. En lo que se refiere al análisis de CCV, para todas las soluciones, el poliuretano mostraba el menor coste de ciclo de vida, justificado por los mayores costes de las soluciones de lana de vidrio y de roca dadas por la mayor cantidad de material necesarios para conseguir los valores de U requeridos, más muro exterior, mayores anclajes y cimientos (puesto que en todo momento se respetó la superficie útil del edificio), y correas más altas y mayor superficie en la fachada.

En este sentido Belando (2009) realiza una comparación de distintas cubiertas planas utilizando el Análisis de Ciclo de Vida, en las que se aprecian las mejoras medioambientales de unos sobre otras en función de los materiales y disposiciones constructivas utilizadas.

De otro modo, Fenollosa (2012) en su proyecto fin de máster en el que buscan las pautas de mejora de la calificación energética mediante el diseño de la envolvente y entre otras llega a la conclusión de que los programas de calificación energética penalizan más la demanda de calefacción que la de refrigeración, y que la orientación del edificio influye sustancialmente en los cálculos puesto que en unos casos conlleva ganancias térmicas para el edificio y en otros pérdidas térmicas y por tanto para cada orientación y zona climática será más adecuado porcentaje de huecos respecto de la superficie opaca.

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Una Declaración Ambiental de Producto (DAP) o un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) pueden tener en cuenta múltiples impactos ambientales para un producto o material. Pero para hacer comparaciones válidas los proyectistas necesitan información sobre un elemento constructivo completo del edificio, como una fachada, una cubierta o un suelo. Un elemento del edificio probablemente este hecho de varios productos y el eco-perfil tiene eso en cuenta, sumando la contribución de las partes que componen una construcción.

Seleccionando productos que tienen cada uno un pequeño impacto ambiental y juntándolos, no tiene que darnos necesariamente el resultado óptimo para el elemento constructivo en su conjunto.



Así pues, y aplicando esta idea a nuestro trabajo, trataremos de analizar si un material aislante con un bajo impacto medioambiental puede tener también bajo nivel de prestaciones, teniendo en cuenta las particulares de nuestro edificio, necesitando por ejemplo un mayor espesor para conseguir los mismos valores de U que un producto térmicamente superior que tenga un mayor impacto medioambiental. Entonces, el mayor espesor del producto con menos prestaciones puede originar un efecto en cadena sobre el tamaño de la construcción y la cantidad de otros materiales necesarios, aumentando tanto el impacto medioambiental como los costes de la construcción en su conjunto. Por el contrario, si un material con un buen comportamiento ambiental además ofrece unas buenas características técnicas, tendremos que también funciona bien dentro de los elementos constructivos o del edificio y que los hará más eficiente desde el punto de vista energético.

Por este motivo, en el presente trabajo se va a cuantificar la contribución de diferentes materiales aislantes a las prestaciones ambientales, funcionales y económicas, buscando evidenciar que la fijación de criterios ambientales a nivel de producto o la comparación ambiental de los aislantes, sin conocer los requisitos específicos de un edificio, no es suficiente para la correcta elección del material atendiendo a la sostenibilidad y la eficiencia energética de los edificios.

4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Para la consecución de estos objetivos, y poder establecer una comparación técnica y ambiental de los materiales de aislamiento térmico que ofrece el mercado se establecen las fases de estudio:

Primera fase: Recopilación de información ambiental de los aislantes.

Para el análisis comparativo de los aislantes térmicos, se tomarán los valores del indicador de contaminación global, emisiones de CO₂ (Kg), de la base de datos BEDEC del banco ITeC.

Dentro de una misma familia de aislantes, por ejemplo lana de vidrio, se analizará su comportamiento ambiental en función de los diferentes espesores comerciales, características técnicas (conductividad térmica, densidad, etc.), puesta en obra, tipos de revestimiento, etc.

Al comparar los aislamientos en función de su naturaleza, fijaremos sus características, ya que es necesario partir de la misma unidad funcional de los productos para que sean comparables.

Segunda fase: determinación del espesor de aislamiento necesario para un edificio objeto.

Se tomará un ejemplo de edificio modelo estándar y de bajo consumo de energía, así como sus componentes y elementos constructivos.

Se establecieron dos zonas climáticas bien diferenciadas (mediterráneo oceánico y continental): Cádiz y Soria.



Parámetros climáticos promedio de Cádiz													[ocultar]
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura diaria máxima (°C)	14.6	16.7	17.2	19.7	20.1	23.8	26.5	27.4	27.7	26.8	16.6	16.3	21.3
Temperatura diaria mínima (°C)	8.8	11.0	12.9	13.7	15.5	19.4	21.7	21.5	21.8	19.7	12.3	10.1	15.7
Precipitación total (mm)	83.0	73.0	60.0	61.0	31.0	9.0	2.0	4.0	14.0	67.0	77.0	118.0	603.0

Fuente: Observatorio de la Dársena de Cádiz,⁴⁴ acorde con la Agencia Estatal de Meteorología.⁴⁵ (1 de mayo de 2009).

Fig 5: Temperatura promedio Cádiz según AEMET

Parámetros climáticos promedio de Soria (1981-2010)													[ocultar]
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima registrada (°C)	18.6	21.2	24.0	27.0	32.4	36.4	37.8	37.0	36.4	29.6	24.8	19.8	37.6
Temperatura diaria máxima (°C)	7.7	9.6	13.2	14.6	18.7	24.6	28.7	28.3	23.6	17.4	11.5	8.4	17.2
Temperatura diaria promedio (°C)	3.2	4.3	7.1	8.7	12.5	17.2	20.5	20.3	16.4	11.6	6.7	4.0	11.0
Temperatura diaria mínima (°C)	-1.3	-1.0	1.0	2.8	6.2	9.9	12.4	12.2	9.3	5.8	1.9	-0.4	4.9
Temperatura mínima registrada (°C)	-13.4	-14.0	-12.8	-4.8	-2.0	0.0	4.4	3.2	-1.2	-3.8	-9.6	-12.8	-14.0
Precipitación total (mm)	37.1	35.5	30.2	54.6	67.4	40.1	29.9	30.1	32.9	55.3	49.5	49.5	512.1
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	7	6	6	9	10	6	4	4	5	8	8	8	79
Días de nevadas (≥)	5	5	3	3	0	0	0	0	0	0	2	4	21
Horas de sol	138	158	202	208	244	293	339	313	233	180	143	126	2571
Humedad (%)	77	71	63	64	63	66	50	52	60	70	75	78	65

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología⁴

Fig 6: Temperatura promedio Soria según AEMET

Se determinarán las soluciones de aislamiento térmico y la elección del mismo partiendo de las siguientes cuestiones:

Cálculo del espesor de las diferentes soluciones de aislamiento para cumplir los requisitos del DB HE-1 Ahorro de energía del CTE. De esta manera obtendremos diferentes valores de U para los cerramientos y se evaluarán las prestaciones de cada solución de aislamiento debido a la diferencia de conductividad térmica entre ellos, y por tanto, debido a los diferentes espesores necesarios para alcanzar los valores de la transmitancia según la zona climática. Se utilizará la tabla de cálculo del profesor/tutor D. Ángel M. Pitarch Roig, de verificación por método simplificado del DB-HE1.

Durante la ejecución del presente proyecto se ha aprobado una modificación el CTE DB HE (versión septiembre 2013) por lo que se han tomado como valores de referencia la limitación de la transmitancia máxima exigida por el antiguo CTE y la transmitancia característica definida por la nueva versión, aproximadamente un 40% inferior a la anterior, para estudiar de este modo la repercusión en la demandas energéticas establecidas recientemente.

Fase tercera: Determinación de la demanda energética para cada una de las soluciones.

En cada una de las soluciones, podremos calcular la energía necesaria para climatizar el edificio y de esta manera conocer las emisiones debidas al consumo de energía. Este cálculo se realizará con el programa de certificación energética de edificios del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, CEXv1.1., que calcula la demanda de nuestro edificio comparándolo con los valores de su base de datos.



Fase cuarta: comparación de los resultados obtenidos.

Con todos los datos obtenidos, ya podremos hacer una comparación bastante completa de las soluciones de aislamiento térmico y fijar criterios de selección atendiendo tanto al comportamiento ambiental como funcional y económico de cada uno de ellos.

5. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DE AISLANTES TÉRMICOS. DESDE LA PERSPECTIVA ACV. (BEDEC).

En este capítulo realizaremos un análisis comparativo del comportamiento ambiental de diferentes tipos de aislantes térmicos utilizados en edificación desde la perspectiva del ACV, es decir, tomando como referencia los valores de los indicadores ambientales resultante de la evaluación de impactos del ACV. Estos indicadores están reflejados en las Declaraciones Ambientales de los productos, que es de donde obtendríamos la información. Ahora bien, a la hora de seleccionar que productos que utilizaríamos para realizar los cálculo y cuál sería la fuente de la que extraerlos, nos encontramos las siguientes posibilidades.

5.1.- DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO DAPc - España

Bajo el sistema DAPc encontramos que son pocos los productos declarados y además todos ellos son o bien lana de roca o lana de vidrio, no tenemos ningún aislantes plástico declarado en España:

- **Panel ECO 50D de ISOVER (DAPc001.001):** El producto ECO 50 D es un panel compacto de *lana de vidrio* hidrofugada, sin revestimiento, de 50 mm de espesor, 1350 mm de longitud, 600 mm de ancho y 18 kg/m³ de densidad.
- **P0051 Panel fieltro de 50mm de URSA (DAPc001.002):** Panel semirrígido de *lana de vidrio*, sin revestimiento, de 50 mm de espesor, 1350 mm de largo, 600 mm de ancho y 13,5 kg/m³ de densidad
- **Confortpan 208 Roxul de ROCKWOOL (DAPc001.003):** El producto Confortpan 208 Roxul es un panel flexible y ligero de *lana de roca* volcánica, levemente impregnado con resina fenólica, sin ningún tipo de revestimiento, de 50 mm de espesor, 1350 mm de largo, 600 mm de ancho y 30 kg/m³ de densidad.
- **Panel sin revestir (TP 116) de 50 mm de KNAUF INSULATION (DAPc001.004):** Panel flexible de *Lana Mineral de Vidrio* no hidrófila, sin revestimiento, de 50 mm de espesor nominal, 1.350 mm de longitud y 600 mm de anchura.
- **Ultracoustic R de 70 mm de KNAUF INSULATION (DAPc001.005):** Panel compacto en rollo de *Lana Mineral de Vidrio* no hidrófila, sin revestimiento, de 70 mm de espesor nominal y 400/600 mm de anchura.



- Panel Plus (TP 138) de 100 mm KNAUF INSULATION (DAPc001.006): Panel semi-rígido de *Lana Mineral de Vidrio* no hidrófila, sin revestimiento, de 100 mm de espesor nominal, 1.350 mm de longitud y 600 mm de anchura.

Por lo tanto, utilizar los datos de los productos que tienen la declaración ambiental bajo el sistema DAPc no era viable, simplemente por falta de variedad de productos.

Así pues planteamos la posibilidad de extraer los datos ambientales de los productos utilizando las declaraciones ambientales de otros sistemas, aunque no fueran españoles. Por proximidad geográfica, pensamos en utilizar las declaraciones ambientales de los sistemas FDEs (Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire, de AIMCC, Francia) o BRE (Environmental Profiles of Construction Products, de Reino Unido).

Para ello, primero tendríamos que comprobar si los indicadores obtenidos de la evaluación de impactos en estos sistemas era cuanto menos parecido a los que teníamos en nuestro sistema DAPc, por ello, analizamos comparativamente las declaraciones ambientales de los productos en estos tres sistemas: DAPc, FDEs y BRE.

5.2.- DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO FDEs - Francia

El INIES es la base de datos nacional de Francia sobre los impactos ambientales y sanitarios de los productos, equipos y servicios para la evaluación del comportamiento de las estructuras.

La base INIES, ahora cuenta con 1153 hojas ambientales y declaración de salud (EPD), que abarca más de 18.418 productos de mercado.

La familia “Productos de Construcción” cuenta con 1153 productos dotados con declaración ambiental. Se agrupan según las siguientes aplicaciones:

- Particiones y techos suspendidos (236).
- Productos de preparación y aplicación (113).
- Productos de cobertura y sellado (27).
- Carpintería interior y exterior/Cierres (45).
- Estructuras/Albañilería/Mampostería/Carpintería (98).
- Fachadas (38).
- Revestimiento suelos y muros/ pinturas/ productos de decoración (135).
- Aislamientos (411).
- Carreteras, viales y redes, incluidas canalizaciones (29).
- Equipamientos sanitarios y salas de baño (11).
- Otros (10).

Dentro de la familia “Aislantes”, tenemos los siguientes familias y materiales:

- Varios (1)
- Aislantes térmicos y acústicos en rollo (73)
 - Lana de vidrio (72)
 - Lana de cañamo (1)
- Aislantes térmicos y acústicos en placas rígidas y tableros flexibles (242).
 - Lana de vidrio (115)



- Lana de roca (25)
- Fibra de algodón (1)
- Poliestireno expandido (76)
- Poliuretano (11)
- Lana de cañamo (1)
- Lana de fibra de madera (11)
- Vidrio celular (1)
- Poliestireno extruido (1)
- Aislantes térmicos y acústicos a granel (6)
 - Lana de vidrio (3)
 - Lana de escorias (3)
- Aislantes térmicos y acústicos para cubiertas (29)
 - Perlita expandida (7)
 - Poliuretano (5)
 - Poliestireno expandido (17)
- Aislantes térmicos y acústicos bajo solera(25)
 - Poliuretano (7)
 - Poliestireno expandido (18)
- Complejos de doblaje (41)
 - Placa de yeso + poliestireno (27)
 - Placa de yeso + Poliuretano (14)
- Entresuelos/losas aislantes (8)
 - Poliestireno expandido (8)
- Cajas de persiana y tableros para cubierta (1)
 - Poliestireno expandido (1)

Por tanto, tenemos que en la base de datos de INIES, con las declaraciones ambientales del sistema FDEs de Francia, tendríamos mayor variedad de aislantes.

5.3.- DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO BRE – Reino Unido

Los perfiles ambientales de los productos y sistemas que han sido evaluados y certificados bajo el sistema de certificación ambiental BRE Global (Environmental Profiles of Construction Products) se presentan en el “Libro Verde Vivir”.

En esta base de datos encontramos los siguientes productos agrupados por casas comerciales:

- *Celotex Ltd.*: Aislamiento de Poliisocianurato rígido (PIR)
- *Excel Industries Ltd*: Aislamiento de Fibra de celulosa
- *Kingspan Insulation Ltd*: Aislamiento fenólico y uretano.
- *Knauf Insulation*: Aislamientos Poliestireno expandido
- *Promat SAS*: Aislamientos de Lana mineral (para cubiertas de acero)
- *QUINN-therm Ltd*: Aislamiento de Poliisocianurato rígido (PIR)
- *Xtratherm UK Ltd*: Aislamientos de Poliisocianurato rígido (PIR)



5.4.- INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL BEDEC – España

Aunque esta base de datos tan sólo ofrece un indicador, el de Contaminación Global (Kg CO₂), nos ofrecía, variedad en cuanto a tipos de aislantes y también en cuanto a sus propiedades (espesores, conductividad térmica, densidad, tipos de revestimientos, etc.). Además, BEDEC, también da precios de productos, que sería otro dato que también utilizaríamos más tarde. Pero además, se planteaba otra cuestión, y era, que los espesores de estos productos no abarcaban todos los espesores existentes y que nos haría falta más tarde para el siguiente estudio.

FUENTE	EMPRESA	NOMBRE PRODUCTO	ESPESOR (mm)	RESIST TERM Km2/W)	DENSIDAD (kg/m3)	kg CO2
DAP	ISOVER	ECO 50 D	50	1,3	18	2,84
	URSA	P0051	50	1,25	13,5	1,66
	KNAUF INSULATION	TP 116	50	1,35	-	0,928
INIES		PANOLENE				
	ISOVER	FACADE ROULE	60	1,6	13,5	1,29
	ISOVER	CLOISOLENE LV	55	1,3	12	0,956
	ISOVER	PSI 713	50	1,4	1175Kg/m2	1,95
	ISOVER	ISOCONFORT 32	60	1,85	28	1,96
	ISOVER	ISOCONFORT 35	60	1,7	1104Kg/m2	1,34
	ISOVER	ISOBARDAGE 32	60	1,85	30	1,74
BRE	PROMAT	PROMASPRAY T		SIN INFORMACION		
BEDEC	GENÉRICO	E7C4K501	50	1,4	-	1,97
	GENÉRICO	E7C4K504	50	1,4	-	2,19
	GENÉRICO	E7C4R503	40	1,43	-	3,25

Tabla 10: comparativa de aislantes según distintas bases de datos de programas de DAP

Por ello se llegó a la conclusión de que la mejor opción sería extraer los datos ambientales del banco ITeC, de su base de datos BEDEC.

BEDEC contiene bancos del ITeC, bancos de entidades y bancos de empresas que sirven para facilitar la confección de presupuestos, pliegos de condiciones técnicas, estudios y planes de seguridad y salud, planes de control de calidad, estudios y planes de gestión de residuos y cálculos medioambientales en fase de proyecto.

Los datos sobre los vectores de impacto ambiental más característicos son:

- Coste energético y valor de las emisiones de CO₂ a la atmósfera de los materiales y de los procesos de ejecución utilizados en cada elemento unitario.
- Peso de los diferentes materiales que constituyen los elementos unitarios.
- Cantidades y características de los residuos de obra y residuos de embalaje que genera cada elemento unitario.

Los aislamientos térmicos que encontramos en el banco de datos BEDEC son los siguientes:

E7C1.- Aislamientos amorfos y espumas proyectadas.

E7C1_01.- Aislamientos amorfos y espumas proyectadas. (55)

E7C1_02.- Aislamientos con módulos de lana mineral. (8)

E7C2.- Aislamientos con placas de poliestireno.

E7C2_01.- Aislamientos con planchas de poliestireno expandido. (1076)



- E7C2_02.- Aislamientos con planchas de poliestireno extruido. (1048)
- E7C2_03.- Aislamientos con planchas de poliestireno expandido elastificado. (7)
- E7C2_04.- Aislamientos con planchas de poliestireno expandido moldeado para suelo radiante. (28)
- E7C2_05.- Aislamiento térmico para cajas de persianas. (1)
- E7C2_06.- Aislamientos con planchas de poliestireno expandido con protección para suelo radiante colocado. (7)
- E7C2_07.- Aislamientos con bandas de poliestireno expandido elastificado. (6)
- E7C3.- Aislamientos con placas de poliuretano y poliisocianurato.
 - E7C3_01.- Aislamientos con placas de poliuretano. (200)
 - E7C3_02.- Aislamientos con placas poliisocianurato. (122)
- E7C4.- Aislamientos con fieltros y placas de Lana de Vidrio.
 - E7C4_01.- Aislamientos con fieltros de Lana de Vidrio. (318)
 - E7C4_02.- Aislamientos con placas semirrígidas de Lana de Vidrio. (262)
 - E7C4_03.- Aislamientos con placas rígidas de Lana de Vidrio. (442)
 - E7C4_05.- Aislamientos con placas multicapa de Lana de Vidrio y membrana acústica. (10)
 - E7C4_06.- Aislamientos con fieltros de Lana de Vidrio para pavimento flotante. (2)
- E7C5.- Aislamientos con placas de corcho aglomerado. (33)
- E7C6.- Aislamientos con placas de vidrio celular. (15)
- E7C7.- Aislamientos con placas y láminas de polietileno epdm.
 - E7C7_01.- Aislamientos con láminas de polietileno. (35)
 - E7C7_02.- Aislamientos con placas de polietileno expandido. (28)
 - E7C7_03.- Aislamientos bandas de polietileno expandido. (1)
 - E7C7_04.- Aislamientos con láminas de polipropileno reticulado y lámina epdm. (6)
 - E7C7_05.- Aislamientos con láminas de polietileno epdm. (26)
- E7C9.- Aislamientos con fieltros y placas de lana de roca.
 - E7C9_01.- Aislamientos con fieltros de lana de roca. (139)
 - E7C9_02.- Aislamientos con placas de lana de roca. (1279).
- E7CA.- Aislamientos con placas de perlita expandida y fibras. (2)
- E7CD.- Aislamiento exterior con placas de poliestireno expandido preparado para soporte de revestimiento continuo amorfo. (1)
- E7CE.- Aislamientos con placas y fieltros de poliéster.
 - E7CE_01.- Aislamientos con placas de poliéster. (14)
 - E7CE_02.- Aislamientos con fieltros de poliéster. (9)

No estudiaremos todas las familias de aislantes térmicos y acústicos citados, sino que, analizaremos aquellos cuya aplicación esté relacionada con nuestro trabajo.

Una vez elegida una de las familias de materiales, lo que encontramos son una serie de pestañas que hemos de ir seleccionando para definir el tipo de aislantes que queremos utilizar, esto son por ejemplo, su situación (solera, cámara, revestimiento, etc.), forma de aplicación, densidad, resistencia a compresión, conductividad térmica, etc. De esta manera vamos reduciendo el número de aislantes de la lista inicial.

En la mayoría de los diferentes tipos de aislantes encontramos pestañas en la que podemos seleccionar una marca comercial, ya sea para el propio material aislante o bien, para los componentes auxiliares para su colocación.



Tras el análisis completo de todos los aislamientos se comprobó que el hecho de seleccionar un aislamiento genérico o un aislamiento concreto de una marca comercial, en lo único que encontrábamos diferencia era en el precio del elemento, pero no influía en la carga ambiental o emisiones de CO2 asociados.

Para llevar a cabo el estudio, la forma de proceder ha sido, fijar uno o dos parámetros y a continuación ir variando otros para observar cual era la diferencia de precio y de cantidad de emisiones de CO2 dentro de una misma familia.

Los aislantes de a base de placa multicapa de lana de vidrio y membrana acústica, no serán analizados, puesto que su función es la de aislamiento acústico; lo mismo sucede con los fieltros de lana de roca para pavimentos flotantes.

E7C1_01 AISLAMIENTOS AMORFOS Y ESPUMAS PROYECTADAS

El descubrimiento del poliuretano se remonta al año 1937, gracias a las investigaciones desarrolladas por Otto Bayer. Se empezó a utilizar en la década de los 50, ya que hasta entonces no existieron máquinas capaces de procesarlo.

Las materias primas proceden de dos productos: el petróleo y el azúcar, para obtener, después de un proceso químico de transformación, dos componentes básicos, llamados genéricamente isocianato y polioliol. La mezcla en las condiciones adecuadas de estos dos componentes nos proporcionará, según el tipo de cada uno de ellos y los aditivos que se incorporen, un material macizo o poroso, rígido o flexible, de celdas abiertas o cerradas, etc.

La mezcla de los dos componentes polioliol e isocianato, que son líquidos a temperatura ambiente, produce una reacción química exotérmica. Esta reacción química se caracteriza por la formación de enlaces entre el polioliol y el isocianato, consiguiendo una estructura sólida, uniforme y muy resistente.



Fig 7 Imagen extraída del Libro Blanco del Poliuretano

Existen dos sistemas de fabricación que conducen a dos productos diferenciados:

- Espuma rígida de poliuretano aplicada in situ por proyección, o poliuretano proyectado, que se obtiene mediante pulverización simultánea de los dos componentes sobre una superficie denominada sustrato.
- Espuma rígida de poliuretano aplicada in situ por colada, o poliuretano inyectado, en el que los dos componentes se mezclan físicamente por batido y se introducen en una cavidad



La selección de los aislamientos amorfos y espumas proyectadas está basada en los siguientes parámetros:

- Situación: Solera, relleno de cámaras, revestimiento de paramentos, solera y formación de maestras o valor no determinado.
- Espesor: de 1 a 20cm.
- Colocación: acabado enlucido, remolineado, condensado seco, inyectado o proyectado.
- Densidad: 450-550Kg/m³, 500-600Kg/m³ o no interviene.
- Componentes adicionales: vermiculita expandida, espuma de poliuretano, formación celular, perlita expandida, mortero 2º componente, mortero aislante.

Cabe destacar, la ausencia de información en lo que respecta a la conductividad térmica de estos materiales.

Las emisiones de CO₂ y el precio del aislamiento aumentan proporcionalmente con el espesor si no tenemos en cuenta la situación del aislamiento.

Espesor	Colocación	Densidad	€/m ²	Kg de CO ₂
1	proyect	n/inter	1,8	3,72
6	proyect	n/inter	10,82	22,35

Tabla 11: comparación aislamiento espumas proyectadas según su espesor

Puesto que nuestro trabajo se centra en el aislamiento de la fachada, se ha tomado la situación del aislamiento en revestimiento de paramentos y relleno de cámaras. Lo que sucede en la base de datos, es que una vez has seleccionado una de las características del aislamiento, inmediatamente hay otras que se seleccionan por defecto. Por ejemplo, si seleccionamos la opción de revestimiento de paramentos, evidentemente el método de colocación del aislante va a ser proyectado, pero además, como segundo componente tenemos obligatoriamente la lana de roca, y lo que sucede es que el precio aumenta un 90% aproximadamente y la cantidad de emisiones de CO₂ sufren un incremento prácticamente del 99%.

Situación	Espesor	Colocación	Densidad	Vermiculita expandida	Arlita expandida	Perlita expandida	Mortero aislamiento 2º componente	€/m ²	Kg de CO ₂
relleno camaras	3	inyect	n/inter	interv				2,74	0,38
revest param	3	proyect	n/inter				lana roca	25,56	26,14
relleno camaras	3	inyect	n/inter			interv		2,79	1,26

Tabla 12: comparación aislamiento espumas proyectada según su situación en obra

E7C1_02 AISLAMIENTOS CON MÓDULOS DE LANA MINERAL

Las lanas minerales son productos aislantes constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil.

Están reconocidas internacionalmente como aislantes acústicos -por su estructura flexible- y térmicos -por el



Fig 8 Lana Roca Rockwool



entrelazado que mantiene el aire inmóvil-, siendo, además, incombustibles, dado su origen inorgánico.

La lana de roca es un producto natural descubierto por primera vez en Hawái a principios del siglo XX, fruto de la acción natural de los volcanes. En el año 1937 la empresa Rockwool comienza su producción en Hedehusene, Dinamarca.

Las principales materias primas usadas en la fabricación de la lana de roca son basalto, ofita y escoria, usándose el carbón de coque como fuente de energía. Estos materiales se introducen en un horno tipo cubilote y son fundidos hasta convertirse en el vidrio que se transformará posteriormente en lana de roca.

Por la propia naturaleza de los materiales usados en el proceso, la lana de roca tiene más porcentaje de componentes martensíticos que la lana de vidrio por lo que su punto de fusión es mucho más alto. Por esta razón los materiales fabricados a partir de lana de roca soportan más temperatura que los fabricados con lana de vidrio sin deteriorarse y son utilizados para algunos usos especiales en soluciones constructivas donde la resistencia al fuego es crítica, como por ejemplo en la fabricación de puertas cortafuego.

Las lanas de vidrio son un producto de origen natural, mineral, inorgánico, compuesto por un entrelazado de filamentos de vidrio aglutinados mediante una resina ignífuga. Los paneles de lana de vidrio están compuestos principalmente por arena de sílice y carbonato de calcio y de magnesio que le confiere resistencia a la humedad.

Se obtiene por un proceso similar a la lana de roca (altas temperaturas, movimiento para fibrarla y aceites y resinas para estabilizarla).

os productos de lana de vidrio no retienen el agua, poseen una estructura de fibras cruzadas desordenadamente y gracias a la porosidad abierta, la lana mineral de vidrio permite que el aire quede ocluido en el interior de sus poros, ofreciendo una escasa conductividad, con la consiguiente capacidad como aislamiento térmico y acústico. Aportando además una total garantía de seguridad frente al fuego.

Se suministra en forma de mantas y paneles, con diferentes recubrimientos o sin ellos, lo que permite todo tipo de usos específicos en edificación residencial e industrial.

En los aislamientos con módulos de lana mineral no interviene la conductividad térmica en la valoración de este tipo de de aislantes. Además la base de datos ITec sólo nos ofrece una opción, paramentos verticales, lo cual no deja posibilidad de comparativo. Ya sean productos genéricos como de marcas registradas las emisiones son idénticas y sin posibilidad de comparar.



Fig 9 Lana Vidrio Isover

Densidad	Situación	Aplicación	Modulo Aislante	Isover	Roockwool	€/m2	Kg de CO2
35	paramento vertical	a maquina	lana vidr	genérico	no interv	141,68	52,48
35	paramento vertical	a maquina	lana vidr	ISOVER	no interv	166,67	52,48

Tabla 13: comparación aislamientos lanas minerales en función de marca comercial.



El Poliestireno Expandido (EPS), también es conocido como corcho blanco, se define técnicamente como un material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire.

En 1831 un líquido incoloro, el estireno, fue aislado por primera vez de una corteza de árbol. Hoy día se obtiene mayormente a partir del petróleo. Fue el alemán Hermann Staudinger el primero en sintetizar deliberadamente poliestireno en su laboratorio y en explicar el fenómeno mediante una "teoría de la polimerización" (1920).



Fig 10 <http://www.knaufinsulation.es/caracteristicas-generales-poliestireno-extruido-polyfoam>

Hacia fines de la década del 50, la firma BASF (Alemania) por iniciativa del Dr. F. Stastny, desarrolla e inicia la producción de un nuevo producto: poliestireno expandible, bajo la marca Styropor. Ese mismo año fue utilizado como aislante en una construcción dentro de la misma planta de BASF donde se realizó el descubrimiento. Al cabo de 45 años, se levantó parte de ese material, y se lo sometió a todas las pruebas y verificaciones posibles. La conclusión fue que el material después de 45 años de utilizado mantenía todas y cada una de sus propiedades intactas.

El Poliestireno se designa con las siglas PS, estructuralmente, es una cadena larga de carbono e hidrógeno, con un grupo fenilo unido cada dos átomos de carbono. Es producido por una polimerización vinílica de radicales libres a partir del monómero de estireno (vinilbenceno). A temperatura ambiente, el poliestireno es un sólido termoplástico que puede ser derretido a altas temperaturas para moldearlo y después solidificarlo.

El proceso de transformación de la materia prima transcurre fundamentalmente en tres etapas:

Preexpansión: La materia prima se calienta con vapor de agua a temperaturas aproximadas a 80 y 110°C. En función de la temperatura y del tiempo de exposición la densidad aparente del material disminuye de unos 630 kg/m³ a densidades que oscilan entre los 10-30 kg/m³. Las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior.

Reposo intermedio y estabilización: Al enfriarse las partículas recién expandidas se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. Al mismo tiempo se secan las perlas.

Expansión y moldeo final: las perlas preexpandidas y estabilizadas se transportan a unos moldes donde nuevamente se les comunica vapor de agua y las perlas se sueldan entre sí. De esta forma se pueden obtener grandes bloques (que posteriormente se mecanizan en las formas deseadas como planchas, bovedillas, cilindros, etc

Las características que encontramos para seleccionar nuestro poliestireno expandido son:

- Colocación: mediante adhesivo de formulación específica, fijaciones mecánicas, mortero adhesivo convencional, volanderas de plástico o bien, no adherida.



- Espesor: de 10 a 120mm.
- Resistencia térmica: de 0'2 a 3'45m2K/W.
- Tensión a compresión: de 30 a 250KPa.
- Forma de la cara: lisa, nervada, ondulada o ranurada.
- Forma del canto: liso o preparado para encajar.

De entre los distintos tipos de colocación de las planchas de poliestireno expandido, la puesta en obra mediante adhesivo con emulsión específica, es el más contaminante, mientras que si nos fijamos en los sistemas con fijación mecánica y no adherida no existe gran diferencia entre ellos, lo cual no parece muy lógico.

Aun así las emisiones aumentan en un 50%, para los mismos espesores, si se aumenta la resistencia térmica y un aumento de la resistencia térmica conlleva también un aumento de la tensión a compresión.

Pero si cambiamos los espesores, por ejemplo tomando un valor de 0,5mm, y mantenemos la resistencia térmica y la tensión a compresión, el aumento de las emisiones asciende a un 118%, indicándonos que el espesor es la variable que aumenta la emisión de CO2 por encima de todas.

El tipo de canto y la formación de caras del material son características que no influyen prácticamente en el comportamiento ambiental.

Colocación	Espesor	Resist Térm	Tens Compr	Forma cara	Forma canto	Adhesivo	€/m2	Kg de CO2
volander plast	40	1,05	60	lisa	prep encaj	gen	7,02	10,86
adh form especific	10	0,2	30	por defecto			4,97	3,81
adh form especific	10	0,3	150				5,81	6,53
adh form especific	120	3,45	150				25,25	56,39
adh form especific	25	0,65	60				lisa	liso
adh form especific	25	0,65	60	lisa	prep encaj	gen	6,82	8,79
adh form especific	30	0,65	60	por defecto			8,24	7,43
adh form especific	30	0,65	60				6,69	7,43
n/ adher	10	0,2	30				2,87	1,81
n/ adher	120	3,45	150				23,15	54,4
fijaciones mecan	10	0,2	30				3,54	1,81
fijaciones mecan	120	3,45	150				29,8	54,77
mort adhesivo	10	0,2	30				3,73	3,1
mort adhesivo	120	3,45	150				24,13	55,68

Tabla 14: comparación de aislamiento de poliestireno expandido en función de su revestimiento

E7C2_02

AISLAMIENTOS CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO

El poliestireno extruido parte de la misma materia prima que el poliestireno expandido pero se diferencian en el proceso de conformación, lo cual hace que se trate de productos diferentes, ya que el extrusionado produce una estructura de burbuja cerrada y proporcionando diferentes propiedades al material: mayor densidad, resistencia al agua y la humedad y mejores propiedades mecánicas y térmicas.



Fig 11 Poliestireno extruido <http://www.texsa.com>



En el moldeo por extrusión se utiliza un transportador de tornillo helicoidal. El polímero es transportado desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, hasta la boca de descarga, en una corriente continua. A partir de gránulos sólidos, el polímero emerge de la matriz de extrusión en un estado blando. Como la abertura de la boca de la matriz tiene la forma del producto que se desea obtener, el proceso es continuo. Posteriormente se corta en la medida adecuada.

Las características que los definen son:

- Colocación: adhesivo de formulación específica, emulsión bituminosa, fijaciones mecánicas, mortero adhesivo convencional o sin adherir.
- Espesor: de 30 a 120mm.
- Acabado superficial: acanalada, lisa, relieve o rugosa.
- Canto: machihembrado, machihembrado y liso, media muesca, recto.
- Conductividad térmica: 0'028 a 0'037W/m2K.
- Otras: podemos elegir entre algunas marcas comerciales que ofrecen series concretas de tipos de planchas y también, en caso de que la colocación fuese mediante emulsión bituminosa, podemos elegir entre dos marcas comerciales. Pero seleccionar entre una marca comercial u otra, o un producto genérico, no influye en el comportamiento ambiental.

En primer lugar, considerando la forma de colocación de los aislamientos con placas de poliestireno extruido como parámetro fijo y los analizaremos de manera independiente, variando el resto de características.

En el caso de colocarlas con adhesión de formulación específica, las emisiones aumentan casi el doble. Dentro de este tipo de colocación, al aumentar el espesor, aumentan tanto la resistencia térmica como la tensión a compresión, todo ello, irá sumando en la cantidad de emisiones de CO₂.

Mediante emulsión bituminosa, únicamente tenemos una tensión a compresión de 300KPa y espesores entre 40 y 60mm. Comparando ambos espesores y fijando el resto de características, las emisiones aumentan hasta en un 30%, mientras que si lo que se aumenta es la conductividad térmica esta no llega a un 20%, con lo que el aumento del espesor es la variable que influye directamente en el aumento de emisiones.

Con fijación mecánica manteniendo el espesor mínimo de 30 mm y variando la conductividad térmica, la variación de las emisiones es muy baja. Mientras que con el mayor espesor, 120mm que aumenta la conductividad térmica de forma obligatoria, obtenemos por tanto, un incremento de emisiones de CO₂ de hasta un 75% aproximadamente.

En la colocación de las placas con morteros adhesivos, tras comparar los espesores mínimo y máximo, con distintas conductividades térmicas, se observa que los resultados no varían entre espesores iguales, pero si entre espesores distintos, por lo que el incremento de su resistencia térmica no es un parámetro influyente en el impacto ambiental.

Cuando las placas se colocan sin adherir, tomando el espesor mínimo (30mm) y el máximo (100mm), nos aumenta obligatoriamente la conductividad térmica, pero el aumento de emisiones de CO₂, aumenta de forma proporcional con el espesor. Esto, vuelve a corroborar que,



la característica principal a la hora de elegir el poliestireno extruido teniendo en cuenta su comportamiento ambiental, es el espesor.

Colocación	Espesor	Tens Compr	Acabado superf	Canto	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
adh form especif	50	>=100	lisa	recto	0,028-0,031	9,46	29,29
	100	>=300	lisa	machihembra	3,571-3,226	17,49	56,49
emulsion bitum	40	>=300	lisa	machihembra	0,031-0,034	10,52	26,86
	60	>=300	lisa	machihembra	0,031-0,034	13,07	37,74
	40	>=300	lisa	machihembra	0,034-0,037	9,48	22,54
	60	>=300	lisa	machihembra	0,034-0,037	11,84	37,74
fijaciones mecan	30	>=200	lisa	machihembra	0,96774- 0,88235	7,42	16,49
	30	>=200	lisa	machihembra	0,88235- 0,81081	7,39	16,49
	120	>=300	lisa	machihembra	3,529-3,243	20,09	65,65
mort adhesivo	30	>=200	lisa	machihembra	0,031-0,034	7	17,67
	30	>=200	lisa	machihembra	0,034-0,037	6,57	17,67
	100	>=200	lisa	machihembra	0,031-0,034	15,79	55,75
	100	>=500	lisa	machihembra	0,034-0,037	16,01	55,75
sin adherir	30	>=200	lisa	machihembra	0,031-0,034	6,14	16,32
	100	>=500	lisa	machihembra	0,034-0,037	16,01	54,4

Tabla 15: comparación de poliestireno extruido en función de su puesta en obra, espesor y conductividad térmica

E7C3_01 AISLAMIENTOS CON PLACAS DE POLIURETANO

Como ya se comentó anteriormente el poliuretano se obtiene por la reacción de polioli e isocianato. Si el calor que desprende la reacción se utiliza para evaporar un agente hinchante, se obtiene un producto rígido que posee una estructura celular, con un volumen muy superior al que ocupaban los productos líquidos. Es lo que denominamos espuma rígida de poliuretano, o PUR.



Fig 12 Imagen extraída del Libro Blanco del Poliuretano

La espuma rígida de poliuretano es un material sintético termoplástico, altamente reticulado espacialmente y no fusible. En las densidades habituales, para aislamiento térmico, la espuma contiene solamente una pequeña parte del volumen de materia sólida (con una densidad de 35 kg/m³, sólo el 3% del volumen es materia sólida).

Podemos elegir:

- Colocación: mediante fijaciones mecánicas, oxiasfalto o sin adherir.
- Espesor: de 20 a 80mm.
- Densidad: de 35 a 100Kg/m³.
- Reacción al fuego: auto extingible o no auto extingible.
- Revestimiento: papel embreado a 2 caras.



- Forma del canto: liso o preparado para encajar.

Colocación	Espesor	Densidad	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	20	35	6,67	7,71
	20	100	9,78	21,81
	80	35	19,05	30,64
	80	100	29,95	87,06
oxiasfalto	30	35	10	17,8
	40	35	12,02	21,6
sin adherir	20	35	5,88	7,59
	20	100	8,6	21,7
	80	100	28,35	86,79

Tabla 16: comparación de espuma rígida de poliuretano en función de su puesta en obra y espesor

Como podemos observar, en el caso de las placas de poliuretano, no es el espesor la propiedad que marca su grado de contaminación, sino, su densidad.

E7C4_02 AISLAMIENTOS CON PLACAS SEMIRRÍGIDAS DE LANA DE VIDRIO

Encontramos las siguientes características para seleccionar nuestra placa lana de vidrio semirrígida:

- Colocación: mediante fijaciones mecánicas o sin adherir.
- Espesores: de 20 a 120mm.
- Conductividad térmica: $\leq 0,032$ a $\leq 0,040$ W/mK.
- Revestimiento: papel kraft, aluminio reforzado, papel kraft impreso, papel kraft y polietileno, velo negro.

Colocar las placas sin adherir o mediante fijaciones mecánicas, supone un incremento aproximado de un 14% de las emisiones de CO2.

Aumentar la resistencia térmica del aislamiento, supone un incremento de las emisiones de CO2 de un 60%. Y tener un espesor 6 veces mayor, hace que aumentemos de forma proporcional la cantidad de emisiones de CO2. Por tanto, el espesor vuelve a ser la característica principal a tener en cuenta si tenemos en consideración la componente ambiental en la elección de nuestro aislamiento a base de lana de vidrio semirrígida.



Colocación	Espesor	Conduc Term	Revestim	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	20	$\leq 0,035$	n/ det	6,08	0,9
	120	$\leq 0,035$	n/ det	11,28	5,09
	120	$\leq 0,039$	n/ det	9,37	3,33
s/ adherir	20	$\leq 0,035$	n/ det	4,9	0,79
	120	$\leq 0,035$	n/ det	9,38	4,72
	120	$\leq 0,039$	n/ det	7,47	2,96

Tabla 17: comparación de aislamiento lana de vidrio semirrígida en función de su puesta en obra, espesor y conductividad térmica.

A la hora de estudiar cómo influye el tipo de revestimiento de la placa, la dificultad es que cada tipo de revestimiento lleva asociados unos espesores y unas conductividades térmicas que impiden la comparación.

Podemos arriesgarnos y decir, que aunque no parezca no lógico, una lana de vidrio semirrígida revestida con papel kraft o velo negro, contamina lo mismo que de no llevar ningún tipo de revestimiento; si este papel kraft está reforzado con aluminio, el incremento de emisiones es tan sólo de 17% y si en lugar de aluminio lleva una lámina de polietileno, para hacer que nuestro aislante térmico también sea aislante acústico, entonces las emisiones llegan a aumentar en un 43%.

Colocación	Espesor	Conduc Term	Revestim	€/m2	Kg de CO2
s/ adherir	75	0,04	n/ det	5,72	1,85
s/ adherir	75	0,04	papel Kraft+poliet	5,96	2,65
s/ adherir	50	$\leq 0,035$	n/ det	2,68	1,97
s/ adherir	50	$\leq 0,035$	Kraft+alum refor	5,89	2,31
s/ adherir	50	$\leq 0,036$	kraft impres	4,76	1,97
s/ adherir	60	$\leq 0,039$	velo negro	7,05	1,48

Tabla 18: comparación aislamiento lana de vidrio semirrígida en función de su revestimiento.

E7C4_03 AISLAMIENTOS CON PLACAS RÍGIDAS DE LANA DE VIDRIO

Las características para seleccionar nuestra placa lana de vidrio rígida son:

- Colocación: mediante fijaciones mecánicas, sin adherir, adhesivo de formulación específica o convencional y oxiasfalto.
- Espesores: de 13 a 90mm.
- Conductividad térmica: $\leq 0,032$ a $\leq 0,039$ W/mK.
- Revestimiento: aluminio gofrado, lamina multicapa de aluminio+malla de vidrio+papel kraft, lamina plástica blanca adherida con cola ignifuga, papel kraft con lamina de polietileno, papel kraft con tela de vidrio y oxiasfalto, placa de yeso laminado, yeso laminado y fim de aluminio, protección elástica y por último, velo negro.

En este tipo de aislamiento, si tenemos en cuenta las distintas formas de aplicación del material, observamos que las emisiones de CO2 aumentan entre un 55% y un 40% si comparamos la colocación no adherida con la colocación a base de mortero de formulación específica y mortero convencional, respectivamente.



Colocación	Espesor	Conduc Term	Revestim	€/m2	Kg de CO2
adh form especif	15	<=0,032	n/ det	6,86	3,6
fijaciones mecan	15	<=0,032	n/ det	6,06	1,72
mort adhesivo	15	<=0,032	n/ det	5,73	2,9
s/ adherir	15	<=0,032	n/ det	4,88	1,61

Tabla 19: comparación de aislamiento de lana vidrio rígida en función de su puesta en obra

Cuando el parámetro que variamos es la conductividad térmica, resulta sorprendente comprobar que una lana de vidrio de menor conductividad térmica tenga un precio similar a la de mayor conductividad, y tan sólo cuando la diferencia de conductividad térmica es importante se aplique un incremento en las emisiones de CO2.

Colocación	Espesor	Conduc Term	Revestim	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	50	<=0,034	n/ det	9,51	3,46
	50	<=0,038	n/ det	5,45	1,45
	50	<=0,039	n/ det	8,35	1,45

Tabla 20: comparación aislamiento lana vidrio rígida en función de su conductividad térmica

Cuando lo que comparamos son los tipos de revestimiento que pueden llevar las placas aislantes, observamos que el tipo de revestimiento más contaminante es el oxiasfalto seguido, aunque con bastante menor carga, el yeso laminado.

Colocación	Espesor	Conduc Term	Revestim	€/m2	Kg de CO2
s/adherir	50	<=0,034	alum gofrado	8,74	3,44
	50	<=0,034	kraft alum+poliet	8,45	3,98
	50	<=0,034	kraft+velo neg+oxiasf	14,85	8,2
	50	<=0,034	velo negro	10,07	3,24
	50	<=0,033	yeso lam	15,01	5,68
	50	<=0,033	yeso lam+fim alum	15,53	5,88
	50	<=0,033	prot elást	12,28	5,76

Tabla 21: comparación aislamiento lana vidrio rígida en función de su revestimiento

E7C5_01 AISLAMIENTOS CON PLACAS CORCHO AGLOMERADO

Se obtiene de la corteza exterior del alcornoque y por tanto es un recurso natural renovable. Los aglomerados de corcho para aislamiento están constituidos por granulado de corcho, aglutinado entre sí por la propia resina natural del corcho, mediante proceso de cocción que determina una alteración sensible al tejido suberoso.



Fig 13 Corcho aglomerado

El aglomerado expandido puro térmico se presenta para su uso en placas y en cilindros. La peculiar estructura de la celdilla del corcho le confiere gran parte de sus propiedades. Las



paredes de cada celdilla son muy gruesas y están impregnadas con una sustancia grasa que le da su carácter de impermeabilidad al aire y al agua.

Podemos elegir:

- Colocación: adherido con mortero de formulación específica o convencional, fijaciones mecánicas, oxiasfalto o no adherido.
- Densidad: de 110 a 130Kg/m³.
- Espesor: de 20 a 100mm.

En los aislamientos con placas de corcho aglomerado, no interviene la conductividad térmica como propiedad a la hora de seleccionar el material, y por tanto no podemos comparar si una placa es más contaminante por el hecho de tener mayor o menor conductividad térmica.

Comparándolas en función de su método de colocación, manteniendo constantes espesor y densidad, lo que observamos es que existe una gran diferencia en cuanto a emisiones de CO₂ sobre todo en las colocadas con oxiasfalto, y que al igual que en el resto de aislantes, es peor, desde el punto de vista ambiental, la colocación a base de morteros, que si lo colocamos sin adherir o con fijaciones mecánicas.

Los precios del material oscilan entre 12 y 14€, por lo que la diferencia no es tan excesiva en comparación con su grado de contaminación.

Colocación	Densidad	Espesor	€/m ²	Kg de CO ₂
adh form especif	110	60	13,7	3,66
fijaciones mecan	110	60	13,15	1,88
mort adhesivo	110	60	12,49	2,31
n/ adher	110	60	11,86	1,66
oxiasfalto	110	60	14,21	7,86

Tabla 22: comparación aislamiento corcho aglomerado en función de su colocación

Si tenemos en cuenta el incremento de espesores de las placas, observamos que el aumento de los Kg de CO₂ es proporcional al aumento de espesor; mientras que el precio, aun siendo considerablemente mayor cuanto más gruesa es la placa, el aumento se produce no de una manera constante, sino, que los espesores intermedios 40, 80 son en proporción más caros que el de 100. Esto puede darse por la demanda del mercado.

Colocación	Densidad	Espesor	€/m ²	Kg de CO ₂
n/ adherida	110	20	5,42	0,55
	110	60	11,86	1,66
	110	100	19,74	2,77

Tabla 23: comparación aislamiento corcho aglomerado en función de su espesor

Si lo que tenemos en cuenta es el incremento de la densidad, observamos que el aumento de emisiones de CO₂ es pequeño, aproximadamente un 18%; y el precio aun sufre un aumento menor.



Colocación	Densidad	Espesor	€/m2	Kg de CO2
n/ adherida	110	60	11,86	1,66
	130	60	12,7	1,97

Tabla 24: comparació aislamiento corcho aglomerado en función de su densidad

E7C6_01 AISLAMIENTOS CON PLACAS VIDRIO CELULAR

El material se obtiene mezclando feldespatos y reciclado de vidrio. Esta mezcla se enfría y se muele hasta obtener un finísimo polvo de vidrio. Posteriormente se añade carbono y se introduce en un horno a altas temperaturas. En el proceso de cocción el carbono se oxida y crea burbujas gaseosas provocando un proceso de expansión de la masa.

El polvo de vidrio se esponja, creando burbujas en vacío parcial por lo que se obtiene un material de muy baja conductividad térmica. La pasta resultante tras el proceso de cocido se corta en piezas comerciales.

El material es similar en aspecto y peso a la piedra pómez volcánica, pero con una textura más porosa. Las placas de vidrio celular son rígidas y muy ligeras.



Fig 14 Vidrio celular

<http://www.foamlime.com>

Debido a que las burbujas o células que encierra el material no están comunicadas entre sí, el material es impermeable al agua y al vapor de agua. También es incombustible y ofrece gran resistencia al fuego. Otra característica del vidrio celular es que, al ser un material compuesto exclusivamente por vidrio, es aséptico e imputrescible;1 motivo por el cual se utiliza en falsos techos de laboratorios, hospitales o centros de salud.

El vidrio celular común es de color negro, aunque se puede colorear, comercializándose en una limitada gama de colores.

Las placas de vidrio celular, como todos los compuestos de vidrio, necesitan prestar atención a la presencia de álcalis, usualmente presentes en cementos y algunos tipos de yeso, por lo que su compatibilidad con algunos materiales (especialmente morteros) debe estudiarse con detenimiento.

Características para definir el tipo de placa de vidrio celular:

- Colocación: fijaciones mecánicas, mortero adhesivo, pasta de yeso o no adherido.
- Espesor: de 20 a 40mm.

En este tipo de aislamiento térmico, la base de datos Itec tampoco ofrece datos sobre la conductividad térmica de las placas.

Todas las placas cuentan con una densidad de 157Kg/m³.

Comparando la cantidad de emisiones de CO₂ en función del método de colocación del aislamiento, encontramos que la colocación con mortero adhesivo es la peor, sufriendo un incremento de un 62% respecto a la colocación sin adherir.

En cuanto al precio, la diferencia de colocar este tipo de aislamiento empleando un sistema u otro, no supone una gran inversión, puesto que la colocación más cara es la colocación mediante fijaciones mecánicas y es un 15% más con respecto al método más económico, sin adherir.



Al aumentar el espesor, observamos que el aumento de emisiones de CO₂ es aproximadamente proporcional, pero hay que apuntar o señalar, que si nos fijamos en las placas colocadas mediante mortero adhesivo, este incremento deja de ser proporcional y tan sólo hay un aumento del 60%.

El incremento de precio debido al aumento de espesor de la placa, supone una inversión de un 60% más para nuestro aislamiento, en todos los casos, excepto si lo colocamos con mortero, en cuyo caso el doblar el espesor de nuestra placa supondría un incremento del precio de un 65%, con respecto a si la colocamos no adherida.

Colocación	Espesor	€/m ²	Kg de CO ₂
fijaciones mecan	20	14,91	3,73
	40	24,24	7,3
mort adhesivo	20	13,86	5,57
	40	22,87	9
n/ adher	20	12,88	3,43
	40	21,88	6,86
pasta yeso	20	13,85	3,91
	40	22,86	7,34

Tabla 25: comparació aislamiento vidrio celular en función de su colocación y espesor

E7C9_02

AISLAMIENTOS CON PLACAS DE LANA DE ROCA

Los aislamientos de lana de roca son la familia de aislamientos del banco Bedec que mayor número de elementos tiene.

- Colocación: adhesivo de formulación específica, fijaciones mecánicas, mortero, mortero adhesivo o sin adherir.
- Consistencia: rígida o semirrígida.
- Densidad: de 26 a 200Kg/m³.
- Espesores: de 15 a 105mm.
- Conductividad térmica: de 0'034 a 0'042W/mK.

Revestimiento: film de polietileno, yeso laminado, lamina de aluminio, lamina asfáltica, papel kraft o papel kraft mas aluminio por la cara exterior y tela natural por el interior y por último, velo negro.

Dentro de las características que encontramos, podemos elegir entre una placa de lana de roca rígida o semirrígida. Al seleccionar un tipo de placa de entre estas dos tipologías, automáticamente se nos limita la densidad de las mismas (las semirrígidas tienen unas densidades entre 26 y 55Kg/m³), la conductividad térmica, modo de colocación y espesor.

Por tanto, a la hora de comparar el comportamiento ambiental de este tipo de aislante teniendo en cuenta sus diferentes propiedades o características, cuando hemos querido saber si una placa de lana de roca es más o menos contaminante dependiendo de si es rígida o semirrígida, nos hemos encontrado con el problema de que contaban con diferentes características técnicas. En cualquier caso, hemos encontrado dos elementos muy parecidos que servirán para ver que no existe diferencia en cuanto a emisiones de CO₂ entre una placa rígida y una semirrígida:



Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	rígida	36-40	50	n/determ	<=0,034	7,05	3,04
fijaciones mecan	semirrígida	36-40	50	n/determ	<=0,035	6,67	3,04

Tabla 26: comparació aislamiento lana de roca en función de su densidad

En cuanto al precio vemos que es más cara la placa rígida que la semirrígida pero una diferencia de 0'38€/m2.

A continuación el mecanismo ha sido, fijar unas características e ir variando otra, esto es:

Teniendo en cuenta la forma de colocación, la aplicación con mortero convencional es la más contaminante, existiendo gran diferencia con el resto de tipos de colocación. Puesto que antes hemos comprobado que las emisiones de CO2 no varían de ser una plancha rígida a ser semirrígida, esta diferencia no se debe a la diferente consistencia del material, sino que corresponde únicamente a los diversos componentes de los materiales.

Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
adh form especific	rígida	36-40	50	n/determ	<=0,034	7,61	4,82
fijaciones mecan	rígida	36-40	50	n/determ	<=0,034	7,05	3,04
mortero adhesi	rígida	36-40	50	n/determ	<=0,034	6,49	4,11
s/ adherir	rígida	36-40	50	n/determ	<=0,034	5,63	2,82
mortero conv	semirrígida	26-35	40	n/determ	<=0,037	21,52	30,07
	semirrígida	26-35	50	n/determ	<=0,037	21,75	30,52
	semirrígida	26-35	75	n/determ	<=0,037	22,89	31,66

Tabla 27: comparació aislamiento lana de roca en función de su densidad, colocación y conductividad térmica

Al tratar de aumentar el espesor de la placa para ver que ocurría con sus emisiones de CO2, obteníamos placas que además también crecían o disminuían en el resto de características, si aumento espesor, aumento conductividad térmica, por ejemplo.

Tan sólo en las placas semirrígidas colocadas mediante mortero convencional y en las placas rígidas colocadas sin adherir se ha podido comprobar.

Lo que observamos en este caso es que, muy llamativo:

Así como en la mayoría de casos las emisiones de CO2 aumentaban de forma proporcional con el espesor, es lo que ocurre en el caso de las placas rígidas de lana de roca colocadas sin adherir. Pero en el caso de las placas semirrígidas colocadas mediante mortero convencional no es así, siendo el aumento de Kg de CO2 muy pequeño con respecto al crecimiento de espesor de la placa (aumento un 25% el espesor de la placa y tan sólo aumentan un 1'4% las emisiones de CO2).



Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
mortero conv	semirrígida	26-35	40	n/determ	<=0,037	21,52	30,07
	semirrígida	26-35	50	n/determ	<=0,037	21,75	30,52
	semirrígida	26-35	75	n/determ	<=0,037	22,89	31,66
s/ adherir	rígida	86-95	20	n/determ	<=0,041	4,69	2,69
	rígida	86-95	30	n/determ	<=0,041	9,23	4,03
	rígida	86-95	40	n/determ	<=0,041	7,72	5,37

Tabla 28: comparación aislamiento lana de roca en función de su espesor y forma de colocación

Al comparar placas con diferente conductividad térmica, observamos que esta propiedad no influye en el comportamiento ambiental del material aislante:

Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	semirrígida	46-55	50	n/determ	<=0,036	6,18	3,97
	semirrígida	46-55	50	n/determ	<=0,037	5,64	3,97
	semirrígida	46-55	50	n/determ	<=0,039	5,24	3,97
fijaciones mecan	rígida	66-85	50	n/determ	<=0,034	8,17	5,82
	rígida	66-85	50	n/determ	<=0,038	8,51	5,82

Tabla 29: comparación aislamiento lana de roca en función de su conductividad térmica

Lo que obtenemos conforme va aumentando la densidad del material es que, las emisiones de CO2 se ven más afectada de las densidades más bajas a las siguientes, y que esta evolución no es igual al pasar de densidades medias a las más altas.

Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	rígida	36-40	50	n/determ	<=0,034	7,05	3,04
	rígida	66-85	50	n/determ	<=0,034	8,17	5,82
	rígida	86-95	50	n/determ	<=0,034	15,02	6,94
fijaciones mecan	semirrígida	26-35	50	n/determ	<=0,037	5,56	2,48
	semirrígida	46-55	50	n/determ	<=0,037	5,64	3,97

Tabla 30: comparación aislamiento lana de roca en función de su densidad

Por último, para comprobar la influencia del tipo de revestimiento de las placas de lana de roca en la cantidad de emisiones de CO2 se ha procedido tratando de encontrar aquellas placas que tuvieran características técnicas iguales y en lo único que variasen fuese en el tipo de revestimiento.

En el caso del aislamiento del film de polietileno, el problema ha sido que al elegir este tipo de revestimiento, sólo teníamos una opción. Entonces se buscó una opción lo más similar en cuanto al resto de características. Finalmente, se compararon las siguientes placas:



Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	rígida	126-160	22	film polietile	<=0,039	7,85	4,84
fijaciones mecan	rígida	126-160	30	n/determ	<=0,039	8,54	6,54
fijaciones mecan	rígida	126-160	30	lám asphalt	<=0,039	8,79	6,55

Tabla 31: comparación aislamiento lana de roca en función de su revestimiento

Como se puede observar, los revestimientos a base de film de polietileno y lámina asfáltica tienen la misma cantidad de emisiones de CO2 que en el caso de no tener un revestimiento determinando, ya que la diferencia de emisiones que se ve en la tabla en las placas revestidas con film de polietileno, se deben exclusivamente al aumento de espesor.

En el caso del revestimiento a base de yeso laminado, el aumento de emisiones de CO2 con respecto a una placa igual pero sin revestimiento es de un 70%.

Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
s/ adherir	rígida	66-85	50	n/determ	<=0,034	7,80	5,82
s/ adherir	rígida	66-85	50	yeso lamin	<=0,034	16,28	9,93

Tabla 32: comparación aislamiento lana de roca revestida con yeso laminado

En el caso del revestimiento ser a base de lámina de aluminio, el aumento de Kg de CO2 es de un 5%, ya que como hemos visto anteriormente, la conductividad térmica no interviene en el comportamiento ambiental.

Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	rígida	66-85	30	lám alumin	<=0,042	12,49	3,72
fijaciones mecan	rígida	66-86	30	n/determ	<=0,038	5,9	3,53

Tabla 33: comparación aislamiento lana de roca revestida con lámina de aluminio

El revestimiento a base de lámina asfáltica, no supone un incremento de emisiones de CO2:

Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	rígida	126-160	30	lám asphalt	<=0,039	8,79	6,55
fijaciones mecan	rígida	126-160	30	n/determ	<=0,039	8,71	6,54

Tabla 34: comparación aislamiento lana de roca revestida con lámina asfáltica

El aislamiento de lana de roca revestido con papel kraft es tan sólo un 2% más contaminante que la que no está revestido.

Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	rígida	46-55	50	n/determ	<=0,035	7,65	3,97
fijaciones mecan	rígida	46-55	50	papel kraft	<=0,035	7,91	4,06

Tabla 35: comparación aislamiento lana de roca revestida con papel Kraft

El revestimiento a base de velo negro tampoco supone un incremento de emisiones de CO2.



Colocación	Consistencia	Densidad	Espesor	Revestimiento	Conduct Térmica	€/m2	Kg de CO2
fijaciones mecan	rígida	66-85	50	velo negro	<= 0,036	9,64	5,82
fijaciones mecan	rígida	66-85	50	n/determ	<= 0,038	8,14	5,82

Tabla 36: comparación aislamiento lana de roca revestida con velo negro

E7CA_01 AISLAMIENTOS CON PLACAS DE PERLITA EXPANDIDA Y FIBRAS

Material que se obtiene a partir de un mineral silicato complejo de tipo ígneo llamado perlita, cuya forma granular se expande por la explosión que produce la humedad contenida en la molécula al exponerse a una alta temperatura repentina. El producto expandido de la perlita crea una estructura celular de celdas de aire rodeadas de material vitrificado. Se refuerza con fibras inorgánicas para dar lugar a placas, medias cañas y segmentos curvos. Es repelente al agua, otorga facilidad de corte, no corroe al acero inoxidable sujeto a esfuerzos. Es dimensionalmente estable e incombustible. Se protege con enchaquetado de aluminio.

En esta familia tenemos sólo dos opciones: que la placa tenga un espesor de 20mm o de 40mm. Tan sólo en las descripciones encontramos que la densidad del mismo es de 135 a 165Kg/m³.



Fig 15 Perlita expandida

Podemos decir que el aumento de emisiones de CO₂ es casi proporcional al aumento de espesor, mientras que el precio sufre un incremento de un espesor a otro de un 30%.

Espesor	Densidad	€/m2	Kg de CO2
20	135-165	9,07	0,56
40	135-165	12,16	1,05

Tabla 37: comparación aislamiento perlita expandida

E7CD_01 AISLAMIENTOS EXTERIOR CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO PREPARADO PARA SOPORTE DE REVESTIMIENTO CONTINUO AMORFO

Tan sólo tenemos:

Aislamiento exterior para soporte de revestimiento delgado, con plancha de poliestireno expandido EPS, de 60 kPa de tensión a la compresión, de 40 mm de espesor, fijadas con adhesivo acrílico mezclado con cemento pórtland, malla de fibra de vidrio revestida de PVC, de 4x4 mm y peso mínimo de 180 g/m², embebida con adhesivo acrílico mezclado con cemento pórtland y fijación mecánica del conjunto.

Tiene un precio de 43'57€/m² y emite 88'01Kg/CO₂.

E7CE_01 AISLAMIENTOS CON PLACAS DE POLIESTER

Tenemos tan solo tres espesores y tres densidades, pero no tenemos su conductividad térmica.



Lo resulta llamativo en este caso es que, al contrario que ha sucedido en el resto de aislantes, cuando la placa se coloca mediante fijaciones mecánicas, resulta más económica y menos contaminantes.

Por otro lado, tan el grado de contaminación como el precio, aumentan más al aumentar el espesor de la placa que al aumentar la densidad de la misma manteniendo el espesor.

En este caso, el revestimiento de la placa tampoco parece a priori que signifique un incremento añadido en Kg de CO₂.

Colocación	Densidad	Espesor	Revestim	€/m ²	Kg de CO ₂
adherida	20	25	sin revest	6,23	6,08
	30	25	velo negro	8,17	8,12
	50	25	sin revest	9,2	12,2
	20	40	sin revest	7,86	8,53
	30	40	sin revest	9,56	11,79
	20	50	sin revest	8,15	10,16
	30	50	sin revest	14,41	22,41
fijaciones mecan	20	25	sin revest	5,56	4,25
	30	25	velo negro	7,49	6,29
	50	25	sin revest	8,52	10,38
	20	40	sin revest	7,19	6,7
	30	40	sin revest	8,88	9,97
	20	50	sin revest	7,59	8,38
	50	50	sin revest	13,86	20,63

Tabla 38: comparación aislamiento poliéster

5.5.- COMPARACIÓN AMBIENTAL DE LOS AISLANTES EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE EMISIONES DE CO₂ A LA ATMOSFERA (Fabricación y puesta en obra)

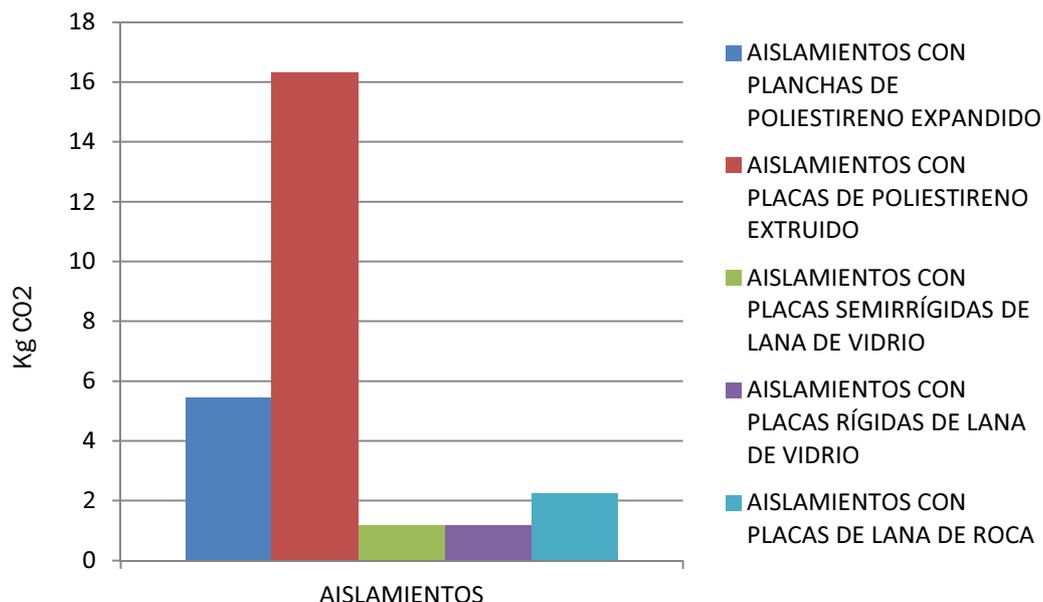
Después del análisis de todos estos elementos, aislantes, de la base de datos BEDEC, y para tener una visión global del comportamiento ambiental de los diferentes aislantes, hemos seleccionado uno de cada familia que tuviese las mismas características técnicas, o lo más parecidas posibles, y los hemos comparado entre ellos.

En esta primera comparación hemos dejado fuera aquellas familias de materiales aislantes de las cuales no nos daban la conductividad o resistencia térmica de los materiales.



Codigo	Descripción	€/m2	Kg de CO2
E7C2D301	AISLAMIENTOS CON PLANCHAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO		
	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS S, de 30 mm de espesor, de 0,85 m2.K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas. (Conductividad térmica 0,035W/mK)	5,92	5,44
E7C28351	AISLAMIENTOS CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO		
	Aislamiento de plancha de poliestireno extruido (XPS) UNE-EN 13164 de 30 mm de espesor y resistencia a compresión ≥ 200 kPa, resistencia térmica entre 0,96774 y 0,88235 m2.K/W, con la superficie lisa y con canto recto, colocada sin adherir. (Conductividad térmica 0,031-0,034W/mK)	5,51	16,32
E7C4H301	AISLAMIENTOS CON PLACAS SEMIRRÍGIDAS DE LANA DE VIDRIO		
	Aislamiento con placa semirígida de lana de vidrio para aislamientos (MW) lana de vidrio, de espesor 30 mm con una conductividad térmica $\leq 0,035$ W/mK, resistencia térmica $\geq 0,85714$ m2.K/W, colocado sin adherir	4,76	1,18
E7C4R301	AISLAMIENTOS CON PLACAS RÍGIDAS DE LANA DE VIDRIO		
	Aislamiento con placa rígida de lana de vidrio para aislamientos (MW) UNE-EN 13162 de espesor 30 mm, con una conductividad térmica $\leq 0,035$ W/mK, resistencia térmica $\geq 0,85714$ m2.K/W, colocado sin adherir	4,15	1,18
E7C9R4K1	AISLAMIENTOS CON PLACAS DE LANA DE ROCA		
	Aislamiento con placa rígida de lana de roca UNE-EN 13162, de densidad 46 a 55 kg/m3 de 30 mm de espesor, con una conductividad térmica $\leq 0,035$ W/mK, resistencia térmica $\geq 0,85714$ m2.K/W, colocada sin adherir	4,22	2,25

Tabla 39: Comparación ambiental aislamientos Bedec con mismo espesor, conductividad térmica y colocación en obra



Grafica 1: Comparación ambiental aislamientos Bedec con mismo espesor, conductividad térmica y colocación en obra

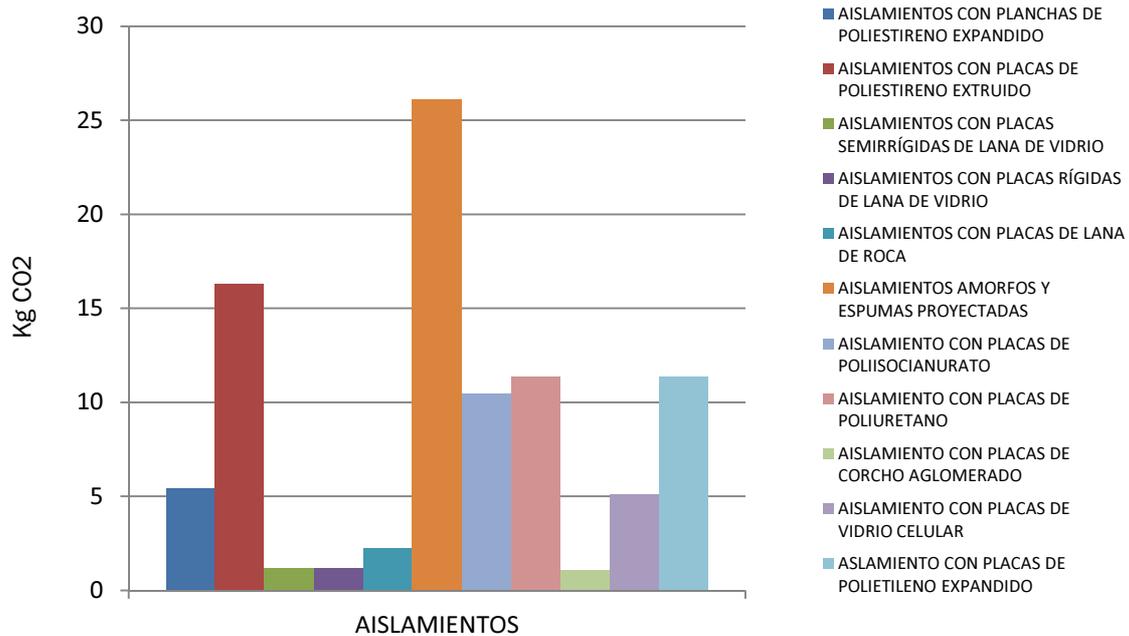
En la grafica se puede observar claramente la gran diferencia que existe entre el comportamiento ambiental de los aislantes de origen plásticos y los de origen natural.

La siguiente tabla recoge también aquellos aislantes de los que no sabemos su conductividad térmica y que los hemos elegido basándonos en el espesor por ser la característica que más inflúa en el incremento de emisiones de CO2.



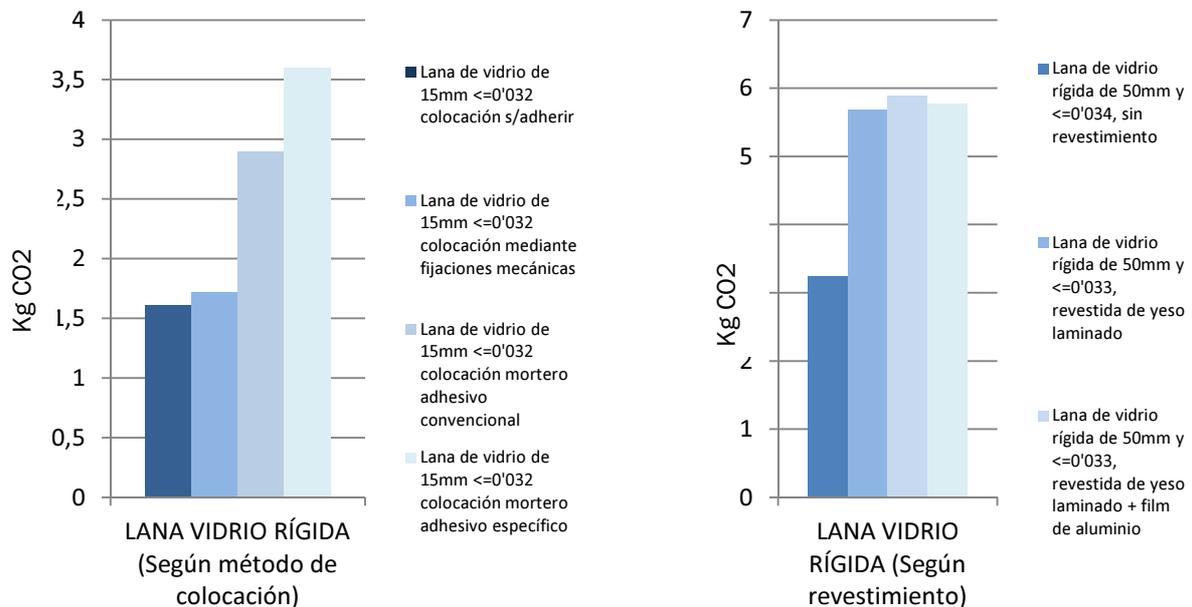
Código	Descripción	€/m ²	Kg de CO ₂
E7C2D301	AISLAMIENTOS CON PLANCHAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO		
	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS S, de 30 mm de espesor, de 0,85 m ² .K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas. (Conductividad térmica 0,035W/mK)	5,92	5,44
E7C28351	AISLAMIENTOS CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO		
	Aislamiento de plancha de poliestireno extruido (XPS) UNE-EN 13164 de 30 mm de espesor y resistencia a compresión >= 200 kPa, resistencia térmica entre 0,96774 y 0,88235 m ² .K/W, con la superficie lisa y con canto recto, colocada sin adherir. (Conductividad térmica 0,031-0,034W/mK)	5,51	16,32
E7C4H301	AISLAMIENTOS CON PLACAS SEMIRRÍGIDAS DE LANA DE VIDRIO		
	Aislamiento con placa semirígida de lana de vidrio para aislamientos (MW) lana de vidrio, de espesor 30 mm con una conductividad térmica <= 0,035 W/mK, resistencia térmica >= 0,85714 m ² .K/W, colocado sin adherir	4,76	1,18
E7C4R301	AISLAMIENTOS CON PLACAS RÍGIDAS DE LANA DE VIDRIO		
	Aislamiento con placa rígida de lana de vidrio para aislamientos (MW) UNE-EN 13162 de espesor 30 mm, con una conductividad térmica <= 0,035 W/mK, resistencia térmica >= 0,85714 m ² .K/W, colocado sin adherir	4,15	1,18
E7C9R4K1	AISLAMIENTOS CON PLACAS DE LANA DE ROCA		
	Aislamiento con placa rígida de lana de roca UNE-EN 13162, de densidad 46 a 55 kg/m ³ de 30 mm de espesor, con una conductividad térmica <= 0,035 W/mK, resistencia térmica >= 0,85714 m ² .K/W, colocada sin adherir	4,22	2,25
E7C143R0	AISLAMIENTOS AMORFOS Y ESPUMAS PROYECTADAS		
	Aislamiento amorfo en revestimiento de paramentos de espesor 3 cm, con mortero para aislamientos de lana de roca y cemento de densidad 150 a 200 kg/m ³ , proyectado	25,56	26,14
E7C3F3V2	AISLAMIENTO CON PLACAS DE POLIISOCIANURATO		
	Aislamiento térmico con placa rígida de espuma de poliisocianurato, de 32 kg/m ³ de densidad, de 30 mm de espesor y 0,029 W/mK de conductividad térmica, con recubrimiento de velo de vidrio en las dos caras, colocada con fijaciones mecánicas	11,35	10,49
E7C3B301	AISLAMIENTO CON PLACAS DE POLIURETANO		
	Aislamiento con placas de espuma de poliuretano, de densidad 35 kg/m ³ , de 30 mm de espesor, colocadas no adheridas	7,03	11,39
E7C51401	AISLAMIENTO CON PLACAS DE CORCHO AGLOMERADO		
	Placa de corcho aglomerado (ICB), según norma UNE-EN 13170, de densidad 110 kg/m ³ , de 40 mm de espesor, colocadas no adheridas	8,6	1,11
E7C6A301	AISLAMIENTO CON PLACAS DE VIDRIO CELULAR		
	Aislamiento con placas de vidrio celular de densidad 157 kg/m ³ de 30 mm de espesor, colocadas no adheridas	16,86	5,14
E7C7T2A0	ASLAMIENTO CON PLACAS DE POLIETILENO EXPANDIDO		
	Aislamiento acústico con placa de polietileno reticulado, espesor 30 mm, colocada no adherida	18,4	11,38

Tabla 40: Comparación ambiental aislamientos Bedec con similares características y propiedades



Grafica 2: Comparación ambiental aislamientos Bedec con similares características y propiedades

A la hora de elegir un aislamiento, si queremos tener en cuenta su influencia sobre el medio ambiente, además de conocer su espesor y conductividad térmica, cabría tener en cuenta que el método de colocación y si este aislamiento cuenta con algún tipo de revestimiento, en caso de que queramos que el aislante cuente con propiedades específicas adicionales (aislamiento acústico, resistencia al fuego, etc.), son factores que influyen de manera determinante en su grado de contaminación.



Grafica3 y 4: Comparación ambiental aislamientos lana de roca en función de su colocación en obra y tipo de revestimiento



6. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DE AISLANTES EN FUNCIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DENTRO DEL EDIFICIO

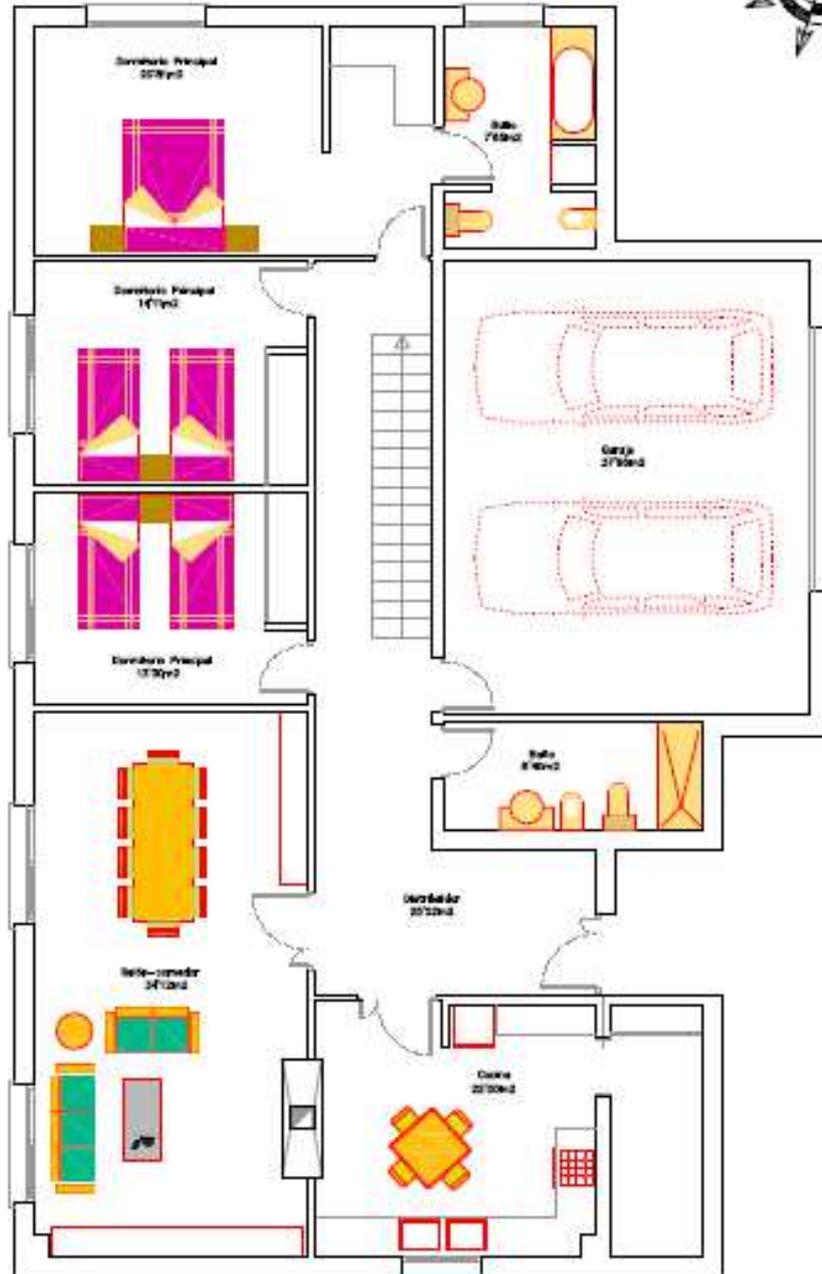
6.1.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio sobre el cual se va a llevar a cabo el estudio del presente proyecto, es una vivienda unifamiliar aislada formada por planta baja (PB) y planta primera (P1).

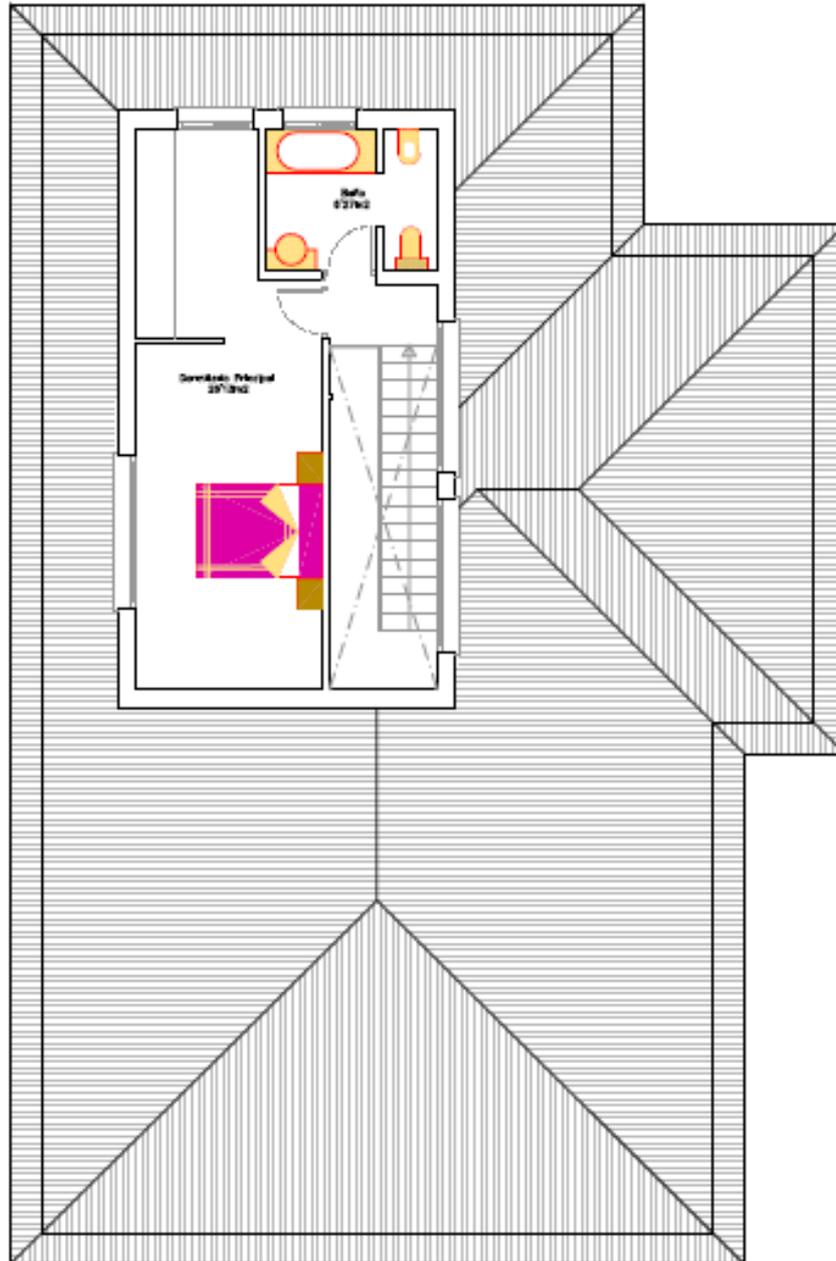
El programa funcional de la vivienda está distribuido en:

PLANTA BAJA	Cocina-office	22'00m ²
	Salón-Comedor	34'12m ²
	Dormitorio principal	20'81m ²
	Dormitorio 1	14,11m ²
	Dormitorio 2	13,30m ²
	Baño 1	7'65 m ²
	Baño 2	6,40m ²
	Distribuidor/Pasillo	25,22m ²
	Garaje	37'95 m ²
PLANTA PRIMERA	Dormitorio principal	26'13m ²
	Baño	6'27m ²
	Escalera	9'52m ²

Tabla 41: Superficies del edificio objeto de estudio



PLANTA BAJA



PLANTA PRIMERA



6.2.- CONSTITUCION DE LOS CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

La envolvente térmica del edificio, como muestra la figura anexa, está compuesta por todos los cerramientos que limitan los espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez están en contacto con el ambiente exterior.

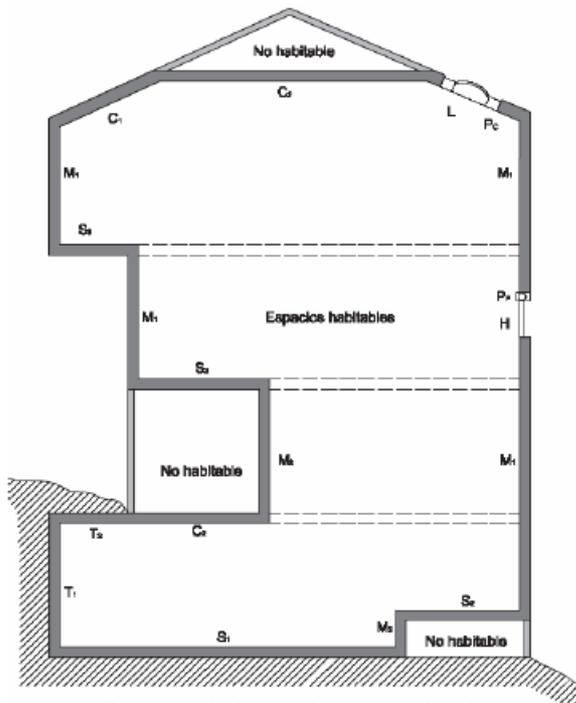


Fig 16 Esquema de la envolvente térmica de un edificio (CTE, DB-HE 1)

Esquema de la envolvente térmica de un edificio (CTE, DB-HE)

- 1.- Fachadas (M1).
- 2.- Carpintería exterior (H).
- 3.- Cubiertas en contacto con aire exterior (C1).
- 4.- Cubiertas en contacto con espacios no habitables (C2).
- 5.- Cubiertas enterradas (T2).
- 6.- Lucernario (L).
- 7.- Suelos apoyados sobre terreno (S1).
- 8.- Suelos en contacto con espacios no habitables (S2).
- 9.- Suelos en contacto con aire exterior (S3).
- 10.- Suelos a una profundidad mayor que 0.5 m (T2).
- 11.- Medianeras.
- 12.- Muros en contacto con el terreno (T1).
- 13.- Muros/paramentos en contacto con espacios no habitables (M2).
- 14.- Espacios exteriores a la edificación.

La envolvente del edificio tiene las siguientes características según proyecto:

CUBIERTAS, (CUBIERTAS EN CONTACTO CON AIRE EXTERIOR, C1): En nuestro edificio tenemos: Tejado ventilado sobre forjado horizontal realizado con tabicón de ladrillo hueco de 9 cm de espesor con el 25% de huecos, tablero de bardos cerámicos machihembrados de 50x30x3 cm, capa de regularización de 40 mm de espesor de hormigón H-15 y un tamaño máximo de árido de 20 mm y acabado fratasado, teja cerámica curva de 40x19 cm, con solape frontal y separación mínima entre cabezas de cobrija de 40 mm recibidas con mortero bastardo de cemento y cal hidráulica, aislamiento térmico a base de paneles de poliestireno extruido XPS-III de 60 mm de espesor y $K= 0,040 \text{ W/m}^\circ$ dispuesto sobre forjado entre los apoyos de la cámara de ventilación, en la planta primera y cubierta.

FACHADA (M1): Cerramiento compuesto por hoja exterior para revestir de 14 cm de espesor, realizada con ladrillos cerámicos huecos de 33x19x14 cm, tipo super 14, aislamiento a base de paneles de poliestireno extruido (Tipo XPS-II 0,034, según norma UNE 92115:1997) de 50 mm de espesor, hoja interior de 7 cm de espesor, realizada con ladrillo cerámico hueco de 24x11,5x7cm, sentados con mortero de cemento M-40a, con juntas de 1 cm de espesor, aparejados, enfoscado de una hoja interior con mortero de cemento M-40a de 1,5 cm de espesor, sin incluir guarnecido-enlucido de la hoja exterior, en planta baja y primera.



SUELOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES (S2): El suelo de planta baja está compuesto por superficie de acabado a base de baldosa cerámica tomada con mortero de cemento M-40a (1:6), colocadas sobre capa de regularización de 2,40cm de espesor de hormigón H-15, forjado unidireccional de hormigón armado (HA-25/B/20/IIa), canto 26+4cm y bovedillas de hormigón, y aislamiento térmico en suelos, a base de planchas de poliestireno extrusionado de 25 Kg/m³ de densidad y superficie lisa, conductividad térmica de 0.034 w/m°C apoyado sobre capa de enfoscado de mortero de 1,5 cm. de espesor.

CARPINTERIA EXTERIOR (H): con copialzado sistema monoblock, guías de persiana y lamas de aluminio incorporados, realizada con perfiles con rotura de puente térmico de aluminio lacado de 60 micras con sello de calidad Qualicoat con canal europeo y junta de estanqueidad interior. La mayoría de las ventanas son de hojas correderas que van desde 2 a 4 hojas. También las encontramos de una hoja con sistema abatible y de una hoja oscilo batiente. Las puertas de entrada a la vivienda son vidriera para acristalar en un 40%, formada por dos hojas abatibles de 203x107x3,5cm, de medida total entre las dos puertas, maciza de pino de suecia y canteada. Puerta vidriera para acristalar en un 40%, formada por una hoja abatible de 203x72,5x3,5 cm, maciza de pino de suecia y canteada. Y puerta vidriera para acristalar en un 40%, formada por dos hojas abatibles de 203x82,5x3,5 cm, maciza de pino de suecia y canteada.

En cuanto a las instalaciones de climatización de la vivienda, para llevar a cabo los cálculos se definieron:

CÁDIZ: Caldera estándar de calefacción y refrigeración de gas natural.

SORIA: Caldera estándar de calefacción de gas natural.

6.3.- DEFINICION DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

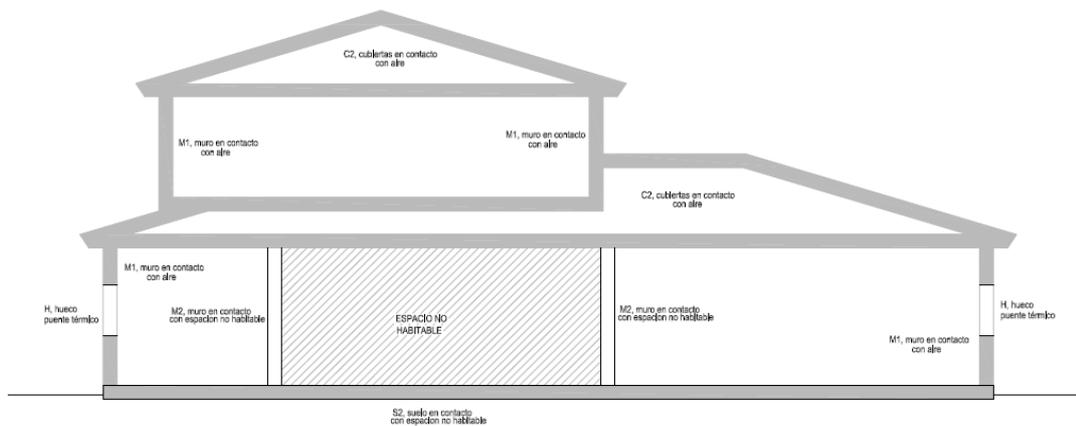


Fig 16 Esquema de la envolvente térmica del edificio objeto de estudio

FACHADAS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA			
Orientación	Superficie (m2)	Superficie huecos (m2)	% huecos
Norte	56'65	2'64	4'66
Sur	56'65	1'32	2'33
Este	90'79	5'56	6'12
Oeste	90'79	10'60	11'67

Tabla 42: Superficies superficie de la envolvente y huecos del edificio objeto de estudio



Según CTE los valores máximo de transmitancia térmica serán:

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

Tabla 43: Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U (W/m²K), CTE DB HE 1

6.4.- DETERMINACION DE LA ZONIFICACION CLIMATICA

Determinaremos la zonificación climática para cada localidad en función de:

Apéndice D.1: Determinación de la zona climática a partir de valores tabulados.

Tabla D.1.- Zonas climáticas

- Cádiz: A3 (Altura referencia 0m).
- Soria: E1 (Altura referencia: 984m).

Por tanto para cada una de las localidades donde van a estar situados nuestros edificios de estudio tendremos los que los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la Tabla 2.1: Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K.

ZONA CLIMÁTICA A3

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 $U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 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} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					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	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

Tabla 44: Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U (W/m²K), para la zona climática A3 (CÁDIZ), CTE DB HE 1



ZONA CLIMÁTICA E1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim} = 0,57 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim} = 0,48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim} = 0,35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Llim} = 0,36$

% 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}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,6 (2,9)	3,0 (3,1)	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,0 (2,2)	2,4 (2,6)	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,0)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,54	0,43

⁽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 0,43 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ se podrá tomar el valor de U_{Mm} indicado entre paréntesis para la zona climática E1.

Tabla 45: Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U ($\text{W/m}^2 \text{ K}$), para la zona climática E1 (SORIA), CTE DB HE 1

6.5.- COMPARATIVA AMBIENTAL DE LOS AISLAMIENTOS EN FUNCIÓN DE SU CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

En este capítulo estudiaremos las prestaciones ambientales de los aislantes térmicos atendiendo a su empleo dentro del edificio, considerando la unidad funcional del sistema en este caso, como la fachada de la vivienda. Aunque sabemos que en el impacto ambiental de un edificio, o de uno de sus componente, la fachada, la parte correspondiente al aislamiento es pequeña, también es cierto, que el objetivo de aislar los espacios habitables es hacer que sean energéticamente más eficientes, esto es, buscar soluciones que garanticen la conductividad térmica más baja de la envolvente, minimizar el uso de energía y minimizar las emisiones de CO2.

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Los datos empleados en los cálculos están extraídos de la base BEDEC, y utilizaremos los aislantes de los cuales tengamos tanto la cantidad de emisiones de CO2 resultantes de su fabricación y puesta en obra, como su conductividad térmica. Estos son:

- Lana de roca.
- Poliestireno expandido.
- Poliestireno extruido.
- Lana de vidrio semirrígida.
- Lana de vidrio rígida.
- Poliuretano.

CÁLCULO DE ESPESORES SEGÚN TIPO DE AISLAMIENTO

En primer lugar, se fijarán por un lado, los valores máximos de transmitancia térmica para los cerramientos de la envolvente marcados por el CTE en función de cada zona climática, y estimando que la fachada no cuenta con aislamiento térmico.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los reciente cambios del CTE en su apartado Limitación de la Demanda Energética, fijaremos un valor máximo de U de $0'50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y $0'30 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, para Cádiz y Soria respectivamente, para obtener espesores que se ajusten a la nueva normativa.



CÁDIZ				
TIPO DE AISLANTE	e (m)	λ (W/mK)	UCTE2009 (W/m ² K) U<=1'22	UCTE2013 (W/m ² K) U<=0'50
Poliestireno expandido	0,01	0,050	1,03	
	0,06	0,045		0,47
Poliestireno extruido	0,03	0,037	0,63	
	0,04	0,033		0,50
Poliuretano	0,02	0,030	0,69	
	0,04	0,030		0,47
Lana vidrio Rígida	0,013	0,033	0,86	
	0,05	0,034		0,45
Lana vidrio Semirrigida	0,02	0,035	0,74	
	0,05	0,035		0,45
Lana de roca	0,015	0,042	0,88	
	0,05	0,038		0,48

Tabla 47 cálculo de espesores de diferentes tipos de aislantes en función de una λ dada y para unos valores de U máximos, en zona climática A3.

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.

SORIA				
TIPO DE AISLAMIENTO	e (m)	λ (W/mK)	UCTE 2009(W/m ² K) U<=0'74	UCTE2013(W/m ² K) U<=0'30
Poliestireno expandido	0,030	0,046	0,70	
	0,120	0,046		0,30
Poliestireno extruido	0,030	0,037	0,63	
	0,100	0,033		0,26
Poliuretano	0,020	0,030	0,69	
	0,080	0,030		0,29
Lana vidrio Rígida	0,020	0,033	0,73	
	0,090	0,038		0,30
Lana vidrio Semirrigida	0,020	0,035	0,74	
	0,090	0,035		0,30
Lana roca	0,030	0,041	0,66	
	0,100	0,038		0,29

Tabla 48 Cálculo de espesores de diferentes tipos de aislantes en función de una λ dada y para unos valores de U máximos, en zona climática E1

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.

Para cumplir con el antiguo CTE, el espesor mínimo en Cádiz es de 1cm, pero tan sólo tenemos ese espesor en el poliestireno expandido. Para el resto de aislamientos se ha tenido que adoptar el inmediato superior para realizar los cálculos.

Debemos explicar que, una vez obtenidos los espesores para Cádiz, con sus respectivas conductividades térmicas, se eligieron estos mismos valores para realizar los cálculos en la zona climática de Soria. De esta manera, podríamos observar la diferencia de espesores necesaria entre una zona y otra, puesto que si aumentamos la conductividad térmica de los aislamientos para la zona más fría, estos espesores disminuirían al incrementar la resistencia térmica de la fachada.

De este cálculo ya se puede afirmar que los espesores mínimos necesarios para cumplir son menores en Cádiz que en Soria, pero la relación de aumento de espesor para cumplir con el nuevo CTE2013 es del mismo orden en las dos zonas climáticas.

CTE2009: $E_{\text{mín zona A1 (Cádiz)}} = 1\text{cm}$
 $E_{\text{mín zona E1 (Soria)}} = 2\text{-}3\text{cm}$

CTE20013: $E_{\text{mín zona A1 (Cádiz)}} = 4\text{-}6\text{cm}$
 $E_{\text{mín zona E1 (Soria)}} = 8\text{-}12\text{cm}$



COMPARACIÓN DE EMISIONES DE CO₂ ENTRE LAS DIFERENTES SOLUCIONES OBTENIDAS

Obtenidas las emisiones de CO₂, según BEDEC, calcularemos las emisiones de CO₂ en función de la superficie de la fachada, y, las emisiones de CO₂ totales del aislamiento en función de la superficie útil de la vivienda:

TOTAL kg CO₂: multiplicaremos estos valores por la superficie de la fachada para obtener el total de emisiones

Kg CO₂ edif: dividiendo por la superficie de la vivienda tendremos estos valores en función de la superficie:

CÁDIZ					
TIPO DE AISLANTE	e (m)	λ (W/mK)	Kg CO ₂	TOTAL Kg CO ₂	Kg CO ₂ /m ² edif
Poliestireno expandido	0,01	0,05	1,81	485,08	2,56
	0,06	0,045	9,07	2.430,76	12,83
Poliestireno extruido	0,03	0,037	16,32	4.373,76	23,08
	0,04	0,0325	21,76	5.831,68	30,78
Poliuretano	0,02	0,03	8,68	2.326,24	12,28
	0,04	0,03	17,36	4.652,48	24,55
Lana vidrio Rígida	0,013	0,033	1,39	372,52	1,97
	0,05	0,034	3,24	868,32	4,58
Lana vidrio Semirrigida	0,02	0,035	0,79	211,72	1,12
	0,05	0,035	1,58	423,44	2,23
Lana de roca	0,015	0,042	3,18	852,24	4,50
	0,05	0,038	5,60	1.500,80	7,92

Tabla 49 Cálculo de Kg de CO₂ de diferentes tipos de aislantes en función de superficie de fachada y superficie útil de vivienda, en zona climática A3.

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.

SORIA					
TIPO DE AISLAMIENTO	e (m)	λ (W/mK)	Kg CO ₂	TOTAL Kg CO ₂	Kg CO ₂ /m ² edif
Poliestireno expandido	0,030	0,046	5,44	1.457,92	7,69
	0,120	0,046	21,76	5.831,68	30,78
Poliestireno extruido	0,030	0,037	16,32	4.373,76	23,08
	0,100	0,033	54,40	14.579,20	76,94
Poliuretano	0,020	0,030	8,68	2.326,24	12,28
	0,080	0,030	34,72	9.304,96	49,11
Lana vidrio Rígida	0,020	0,033	2,15	576,20	3,04
	0,090	0,038	2,22	594,96	3,14
Lana vidrio Semirrigida	0,020	0,035	0,79	211,72	1,12
	0,090	0,035	3,54	948,72	5,01
Lana roca	0,030	0,041	4,03	1.080,04	5,70
	0,100	0,038	14,92	3.998,56	21,10

Tabla 50 Cálculo de Kg de CO₂ de diferentes tipos de aislantes en función de superficie de fachada y superficie útil de vivienda, en zona climática A3.

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.

Observando estos valores ya podemos afirmar que el poliestireno extruido y el poliuretano son los dos tipos de aislamientos con peor comportamiento ambiental demuestran.

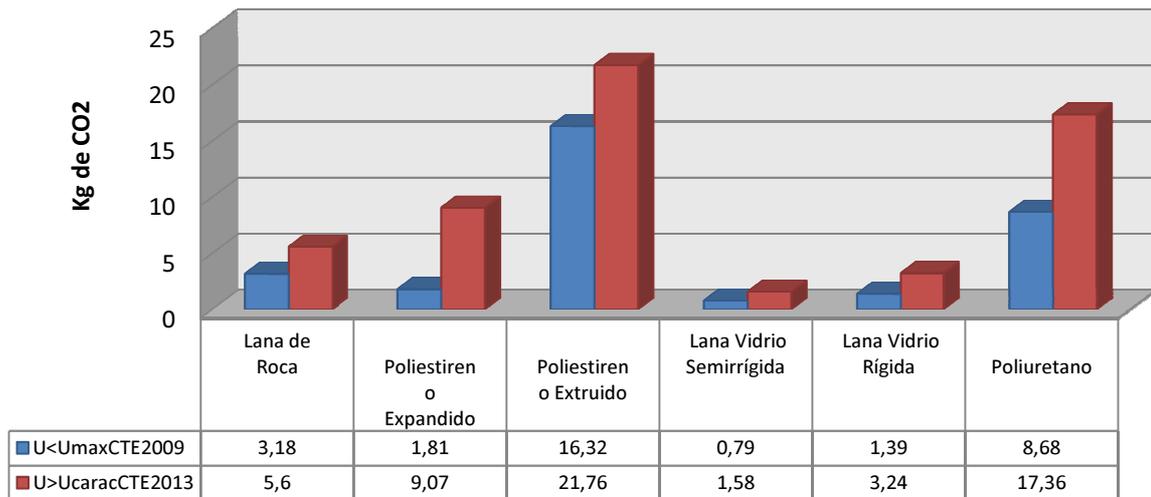
Por otro lado, cabría destacar el gran aumento de emisiones de CO₂ que produce el poliestireno expandido al doblar su espesor para conseguir alcanzar valores de transmitancia térmica de



0'50W/m2K en Cádiz. Y en el caso de Soria, para valores de U de 0'30 W/m2K, el incremento de emisiones al doblar el espesor de los aislantes, es igual de pronunciado en el caso del poliestireno extruido y del poliuretano, multiplicando por 4 los Kg de CO2 emitidos por dichos aislamientos.

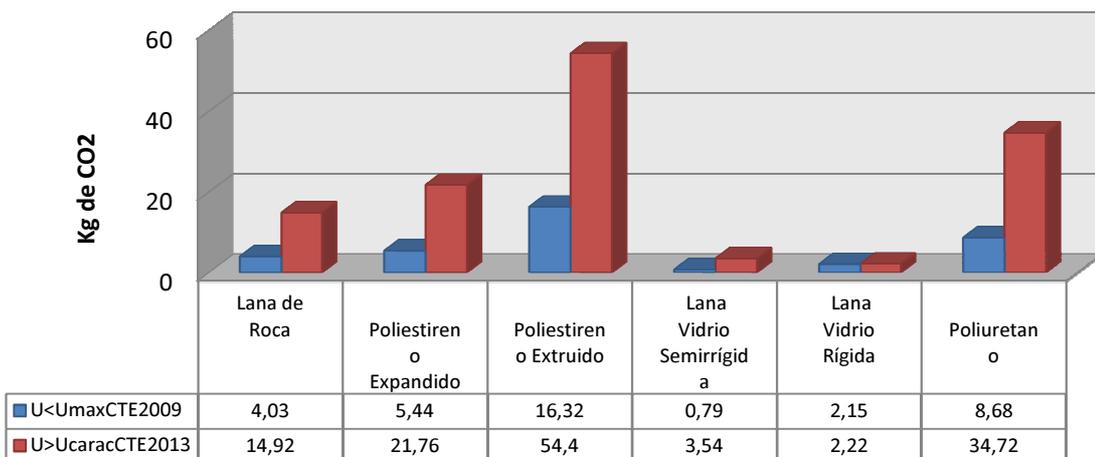
Destacar por el contrario, el comportamiento de las lanas de vidrio. Tanto rígida como semirrígida, la lana de vidrio tiene las más bajas emisiones de CO2, que además, no se ven excesivamente incrementadas al doblar sus espesores.

**Emisiones CO2 en función de U para 1m2 de aislamiento
CTE2009 vs CTE2012-CÁDIZ**



Grafica 5: Comparación ambiental aislamientos Kg CO2/m2 en función de su espesor y conductividad térmica - CÁDIZ, calculados para cumplimiento de CTE2009 y CTE 2013

**Emisiones CO2 en función de U para 1m2 de aislamiento
CTE2009 vs CTE2012-SORIA**



Grafica 6: Comparación ambiental aislamientos Kg CO2/m2 en función de su espesor y conductividad térmica - SORIA, calculados para cumplimiento de CTE2009 y CTE 2013



CÁLCULO DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS Y EMISIONES DE CO2 DEBIDAS AL CONSUMIO ENERGÉTICO PARA CADA SOLUCIÓN OBTENIDA

Conocido el comportamiento de los aislantes en función de la zona climática en la que se utilicen, y calculados de los espesores mínimos para cumplir las transmitancias térmicas exigidas por la normativa, U_{max}, en función de una conductividad térmica, pasaremos a estudiarlos desde la perspectiva del ahorro de energía que supone la utilización de uno u otro, es decir, calcularemos la Demanda Energética en cada uno de los casos planteados.

Para ello utilizaremos el programa CEXv1.1 del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Se trata de un programa dirigido a obtener la calificación energética de los edificios por comparación de los datos introducidos con la base de datos del mismo, obtenida a partir de simulaciones realizadas con CALENER VYP.

Explicar, que la definición de la envolvente térmica se ha realizado con los valores de U calculados para cada tipo de aislamiento, y que todas ellas se ajustaban al valor de la U_{max} del antiguo CTE2009 y a los valores estimados en cada localidad para el nuevo CTE2013. Es por ello que las demandas son muy parecidas en todos los casos.

Para un cálculo total de emisiones de CO2 debidas al uso de calefacción y refrigeración, a lo largo de la vida útil del edificio, se ha estimado un periodo de 10 años.

CÁDIZ									
TIPO DE AISLANTE	e (m)	λ (W/mK)	UCTE 2009	UCTE 2013	Demanda Calef(KWh/m2)	CO2 Calef	Demanda Refri(KWh/m2)	CO2 Refrig	CO2 total vida útil (10 años)
Poliestireno expandido	0,01	0,05	1,03		40,2	3,3	31,8	19,40	227
	0,06	0,045		0,47	33,2	2,7	27,1	16,50	192
Poliestireno extruido	0,03	0,037	0,63		34,4	2,8	28	17,10	199
	0,04	0,0325		0,50	32,8	2,7	26,8	16,30	190
Poliuretano	0,02	0,03	0,69		35,2	2,9	28,6	17,50	204
	0,04	0,03		0,47	32,4	2,7	26,5	16,20	189
Lana vidrio Rígida	0,013	0,033	0,86		37,7	3,1	30,2	18,40	215
	0,05	0,034		0,45	32,2	2,6	26,3	16,10	187
Lana vidrio Semirrígida	0,02	0,035	0,74		35,9	2,9	29,1	17,70	206
	0,05	0,035		0,45	32,2	2,6	26,3	16,10	187
Lana de roca	0,015	0,042	0,88		38	3,1	30,4	18,60	217
	0,05	0,038		0,48	32,6	2,7	26,6	16,20	189

Tabla 51 Cálculo de Demandas energética y Kg de CO2 asociados a esas demandas de diferentes tipos de aislantes, en zona climática A3.

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.

En el caso de Soria, no es necesaria la refrigeración:



SORIA					
TIPO DE AISLAMIENTO	e (m)	λ (W/mK)	Demanda Calef (KWh/m ²)	CO ₂ Calef	CO ₂ total vida útil(10 años)
Poliestireno expandido	0,030	0,046	222,4	12,6	126,00
	0,120	0,046	201	11,4	114,00
Poliestireno extruido	0,030	0,037	218,7	12,4	124,00
	0,100	0,033	198,9	11,2	112,00
Poliuretano	0,020	0,030	221,9	12,5	125,00
	0,080	0,030	200,5	11,3	113,00
Lana vidrio Rígida	0,020	0,033	224	12,7	127,00
	0,090	0,038	202,1	11,4	114,00
Lana vidrio Semirrigida	0,020	0,035	224,5	12,7	127,00
	0,090	0,035	201	11,4	114,00
Lana roca	0,030	0,041	220,3	12,4	124,00
	0,100	0,038	200,5	11,3	113,00

Tabla 52 Cálculo de Demandas energética y Kg de CO₂ asociados a esas demandas de diferentes tipos de aislantes, en zona climática E1.

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.

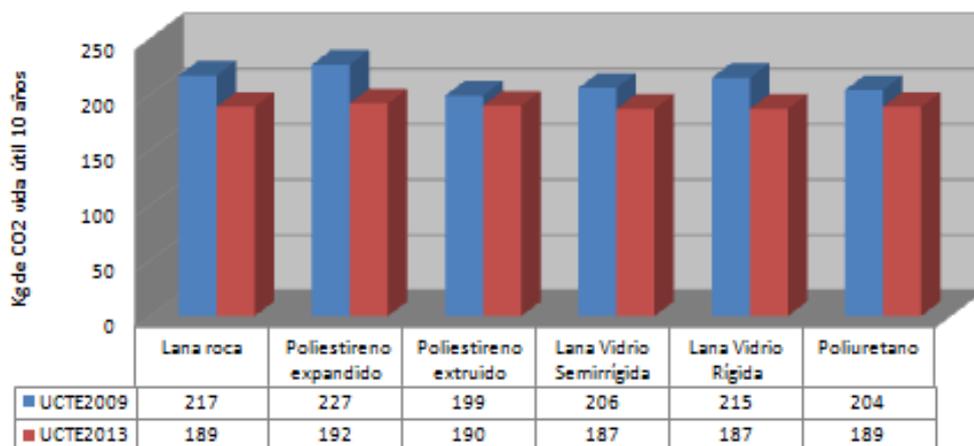
Para cumplir las exigencias de transmitancia térmica de la envolvente del antiguo CTE, vemos que en cada zona climática obtenemos resultados diferentes de aislamiento para disminuir la demanda de calefacción: en ambos casos, el poliestireno extruido ofrece un mayor ahorro de energía, pero las lanas minerales tienen menor capacidad de aislamiento en Soria que en Cádiz, donde la peor opción desde este punto de vista, sería aislar con poliestireno expandido.

Este orden no es el mismo en Cádiz cuando tratamos de alcanzar los valores del nuevo CTE2013. Ahora la mejor solución es aislar con lanas de vidrio.

Las emisiones de CO₂ son mayores en Cádiz debido al uso de la refrigeración.

En Cádiz, al disminuir la transmitancia para cumplir con CTE2013, y según el tipo de aislamiento empleado, disminuiríamos entre un 4 y 18% las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Emisiones de CO₂ durante una vida útil para el edificio de 10 años debidas al uso de energía CTE2009 vs CTE2012-CÁDIZ

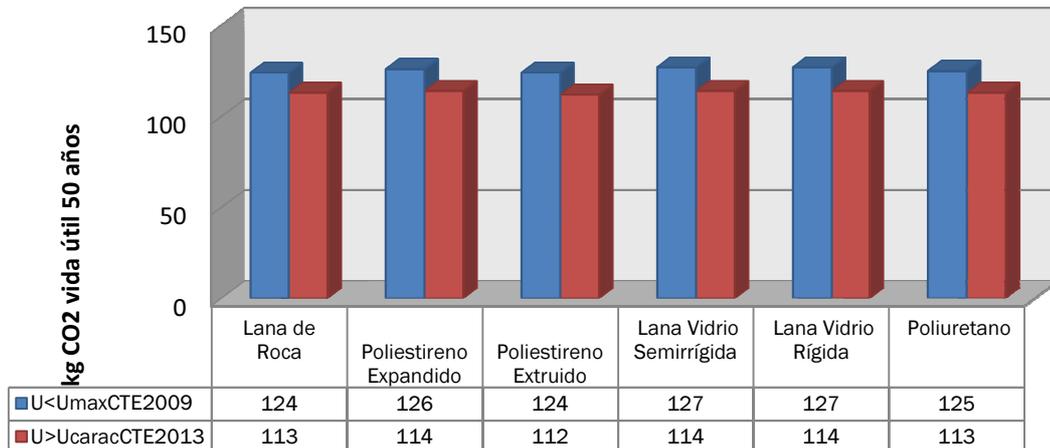


Grafica 7: Comparación ambiental aislamientos Kg CO₂/m² debidas al consumo energético para una vida útil del edificio de 10 años – CÁDIZ, calculados para cumplimiento de CTE2009 y CTE 2013



En Soria, cojamos el aislante que cojamos, al disminuir la transmitancia, las emisiones se reducen aproximadamente un 11%.

Emissiones CO2 durante una vida útil para del edificio de 10 años debidas al uso de energía CTE2009 vs CTE2012-SORIA



Grafica 8: Comparación ambiental aislamientos Kg CO2/m2 debidas al consumo energético para una vida útil del edificio de 10 años – SORIA, calculados para cumplimiento de CTE2009 y CTE 2013

Ahora bien, si a las emisiones que origina el consumo energético, le sumamos las producidas por cada uno de los aislamientos lo que obtenemos es bastante más significativo, ya que tienen muchísimo más peso las emisiones derivadas de la fabricación e instalación de los aislamientos, que las debidas a los consumos energéticos necesarios para climatizar el edificio.

CÁDIZ					
TIPO DE AISLAMIENTO	e (m)	λ (W/mK)	TOTAL Kg CO2/m2 const (aislamiento)	Kg CO2 total vida útil (consumo energía)	Kg CO2 total vida útil (consumo energ+aislam)
Poliestireno expandido	0,01	0,05	2,6	227,00	229,6
	0,06	0,045	12,8	192,00	204,8
Poliestireno extruido	0,03	0,037	23,1	199,00	222,1
	0,04	0,0325	30,8	190,00	220,8
Poliuretano	0,02	0,03	12,3	204,00	216,3
	0,04	0,03	24,6	189,00	213,6
Lana vidrio Rígida	0,013	0,033	2,0	215,00	217,0
	0,05	0,034	4,6	187,00	191,6
Lana vidrio Semirrígida	0,02	0,035	1,1	206,00	207,1
	0,05	0,035	2,2	187,00	189,2
Lana roca	0,015	0,042	4,5	217,00	221,5
	0,05	0,038	7,9	189,00	196,9

Tabla 53 Cálculo de Kg de CO2 asociados tanto a demandas energética como a la instalación del aislamiento del edificio, en zona climática A3.

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.

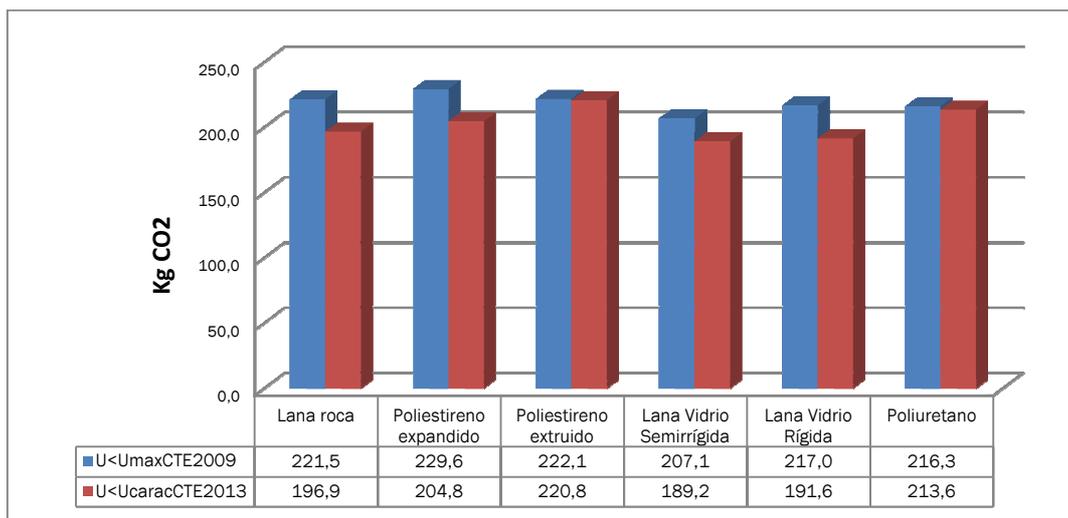


SORIA					
TIPO DE AISLAMIENTO	e (m)	λ (W/mK)	TOTAL Kg CO2 (aislamiento)	Kg CO2 total vida útil (consumo energía)	Kg CO2 total vida útil (consumo energ+aislam)
Poliestireno expandido	0,030	0,046	7,7	126,00	133,7
	0,120	0,046	30,8	114,00	144,8
Poliestireno extruido	0,030	0,037	23,1	124,00	147,1
	0,100	0,033	76,9	112,00	188,9
Poliuretano	0,020	0,030	12,3	125,00	137,3
	0,080	0,030	49,1	113,00	162,1
Lana vidrio Rígida	0,020	0,033	3,0	127,00	130,0
	0,090	0,038	3,1	114,00	117,1
Lana vidrio Semirrigida	0,020	0,035	1,1	127,00	128,1
	0,090	0,035	5,0	114,00	119,0
Lana roca	0,030	0,041	5,7	124,00	129,7
	0,100	0,038	21,1	113,00	134,1

Tabla 54 Cálculo de Kg de CO2 asociados tanto a demandas energética como a la instalación del aislamiento del edificio, en zona climática E1.

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.

Total emisiones CO2 durante vida útil edificio de 10años, consumo energ. + instal. aislam. CTE2009 vs CTE2013-CÁDIZ



Grafica 9: Comparación ambiental aislamientos Kg CO2/m2 debidas al consumo energético y la instalación de aislamiento en la fachada, para una vida útil del edificio de 10 años – CÁDIZ, calculados para cumplimiento de CTE2009 y CTE 2013



Lo que obtenemos al calcular la demanda del edificio es la Energía Primaria, que según el DB HE 0 se define:

Energía primaria: energía suministrada al edificio procedente de fuentes renovables y no renovables, que no ha sufrido ningún proceso previo de conversión o transformación, es la energía contenida en los combustibles y otras fuentes de energía e incluye la energía necesaria para generar la energía final consumida, incluyendo las pérdidas por su transporte hasta el edificio, almacenamiento, etc.

Por tanto, para obtener nuestra energía final, utilizaremos un coeficiente de paso:

$$2'461 \text{KWh } E_{\text{primaria}} / \text{KWh } E_{\text{final}}$$

Este coeficiente de paso se ha obtenido del documento "Coeficientes de paso de emisiones de CO2 y consumo de energía primaria para soluciones alternativas del Rite". versión 11/07/2013 (<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/>)

El precio del KW de gas se tomó: 0'0575€/KWh:

<http://www.preciogas.com/evolucion/2013/enero>

Con la energía final y el precio del KW, se obtuvo el coste de la energía para cada zona climática, como:

$$\text{Euros Total Consumo: } D_G \times S \times \text{Coef. de paso } \text{€}/\text{KWh}$$

Con ello, obtuvimos cual sería el ahorro en cada caso comparándolo con el gasto de la vivienda sin aislar (Diferencia euros).

Sabiendo el coste en energía y el precio de cada tipo de aislamiento, calculamos el tiempo de amortización de la inversión realizada en aislamiento.

CÁDIZ								
TIPO DE AISLANTE	e (m)	λ (W/mK)	TOTAL € (aislamiento)	Dg (KWh/m2)	Energía Final (Kwh)	Coste En. Final (€/ año)	Dif euros (año)	Tiempo Amortización (años)
Poliestireno expandido	0,01	0,05	891,02	62,46	6.801,82	358,80	23,04	38,68
	0,06	0,045	2.530,02	52,17	5.681,25	299,69	82,15	30,80
Poliestireno extruido	0,03	0,037	1.585,36	54	5.880,54	310,20	71,63	22,13
	0,04	0,0325	1.883,36	51,56	5.614,82	296,18	85,65	21,99
Poliuretano	0,02	0,03	1.636,02	55,22	6.013,39	317,21	64,62	25,32
	0,04	0,03	3.087,28	50,95	5.548,39	292,68	89,15	34,63
Lana vidrio Rígida	0,013	0,033	1.284,38	58,84	6.407,61	338,00	43,83	29,30
	0,05	0,034	2.449,56	50,61	5.511,37	290,72	91,11	26,89
Lana vidrio Semirrigida	0,02	0,035	1.343,98	56,27	6.127,74	323,24	58,59	22,94
	0,05	0,035	2.312,48	50,61	5.511,37	290,72	91,11	25,38
Lana de roca	0,015	0,042	1.513,84	59,28	6.455,52	340,53	41,30	36,65
	0,05	0,038	1.996,60	51,22	5.577,80	294,23	87,60	22,79

Tabla 55 Cálculo del tiempo de amortización de la instalación de cada tipo de aislamiento en función del ahorro económico asociado al consumo energético, en zona climática A3.

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.



SORIA								
TIPO DE AISLANTE	e (m)	λ (W/mK)	TOTAL €(aislamiento)	Dg (KWh/m ²)	Energía Final (Kwh)	Coste En. Final (€/ año)	Dif euros (año)	Tiempo Amortización (años)
Poliestireno expandido	0,030	0,046	1.713,50	222,4	17.123,26	903,25	128,34	13,35
	0,120	0,046	5.557,70	201	15.475,61	816,34	215,25	25,82
Poliestireno extruido	0,030	0,037	1.585,36	218,7	16.838,39	888,23	143,37	11,06
	0,100	0,033	3.951,48	198,9	15.313,93	807,81	223,78	17,66
Poliuretano	0,020	0,030	1.636,02	221,9	17.084,77	901,22	130,37	12,55
	0,080	0,030	5.101,76	200,5	15.437,11	814,31	217,28	23,48
Lana vidrio Rígida	0,020	0,033	1.752,24	224,5	17.246,45	909,75	121,84	14,38
	0,090	0,038	1.981,70	201	15.560,30	820,81	210,79	9,40
Lana vidrio Semirrígida	0,020	0,035	1.343,98	224	17.284,95	911,78	119,81	11,22
	0,090	0,035	2.401,88	202,1	15.475,61	816,34	215,25	11,16
Lana roca	0,030	0,041	2.750,54	220,3	16.961,58	894,72	136,87	20,10
	0,100	0,038	5.003,42	200,5	15.437,11	814,31	217,28	23,03

Tabla 56 Cálculo del tiempo de amortización de la instalación de cada tipo de aislamiento en función del ahorro económico asociado al consumo energético, en zona climática E1.

El valor de las celdas sombreadas en gris, son los necesarios para cumplir con el CTE2013.

En cuanto al precio del aislamiento se refiere, podemos destacar que para aislar nuestro edificio en Cádiz según las exigencias del antiguo CTE, todos los aislamientos tiene precios parecidos, únicamente el poliestireno expandido resulta más económico. Pero si nos fijamos, para alcanzar la transmitancia térmica del nuevo CTE 2013, es necesario pasar de 1 a 6cm, lo que conlleva un incremento de precio mayor que en el resto de aislantes.

En el caso de Soria, es más económico aislar con lana de vidrio rígida en cualquiera de los casos estudiados, pasando a ser el poliestireno expandido y el poliuretano mucho más caros para espesores de 12 y 8cm respectivamente.

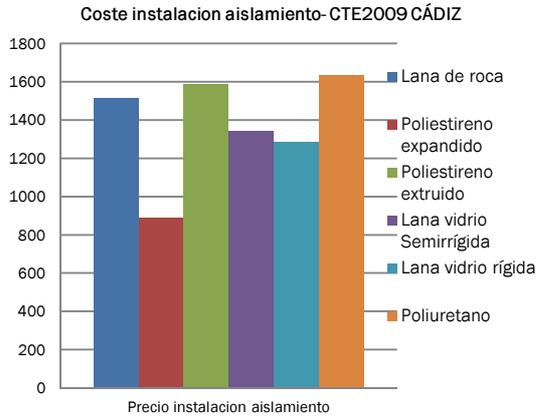
Pero si además del precio de la instalación del aislamiento, tenemos en cuenta el ahorro económico que cada tipo de aislamiento nos va a proporcionar a razón de la energía que no vamos a consumir tenemos que, en Cádiz la amortización del aislamiento de poliestireno extruido es muy parecida a la de la lana de vidrio se semirrígida, y ambos están por delante del poliestireno extruido en cuanto a ahorro económico de consumo energético.

En Soria, el poliestirano extruido y la lana de vidrio semirrígida nos ofrecen los menores tiempos de amortización para la instalación del aislamiento, ya que aunque la lana de roca nos hace consumir más en energía que la lana de vidrio, al ser su colocación tan cara es más lento amortizar dicha inversión.

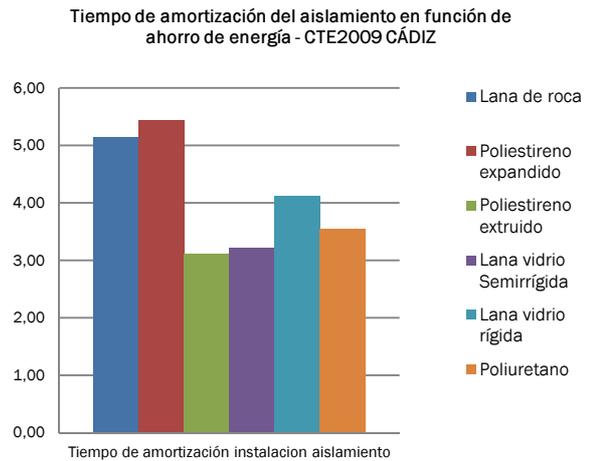
En cualquier caso, aislar en Soria, proporciona mayores ahorros energéticos (puesto que las demandas de calefacción son mucho mayores) y por tanto, mayor ahorro económico a largo plazo para los consumidores.



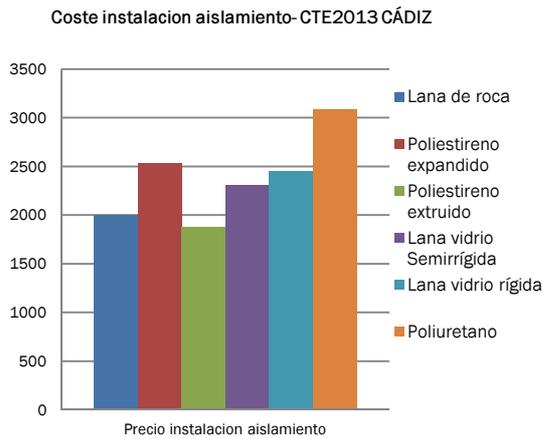
CÁDIZ:



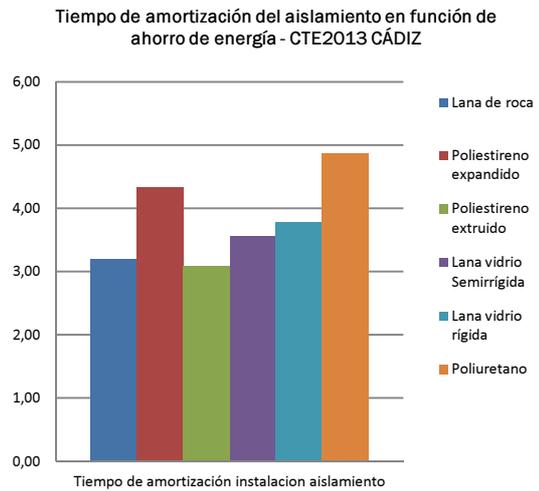
Grafica 11: Comparación económica aislamientos - CÁDIZ, calculados para cumplimiento de CTE2009



Grafica 12: Tiempo de amortización de la instalación de aislamientos - CÁDIZ, calculados para cumplimiento de CTE2009



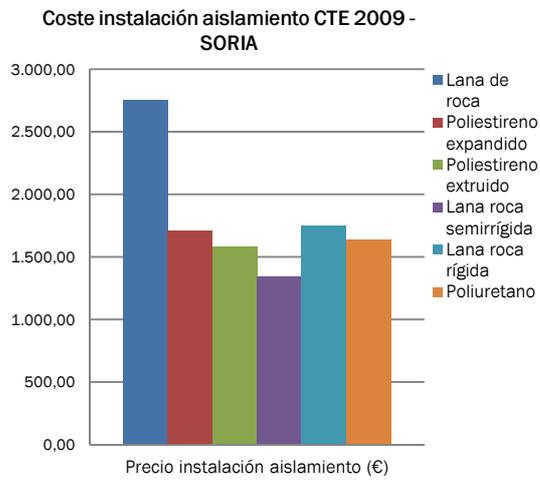
Grafica 13: Comparación económica aislamientos - CÁDIZ, calculados para cumplimiento de CTE2013



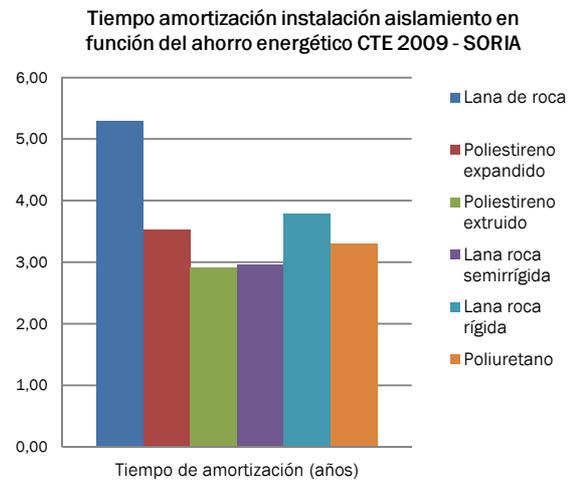
Grafica 14: Tiempo de amortización de la instalación de aislamientos - CÁDIZ, calculados para cumplimiento de CTE2013



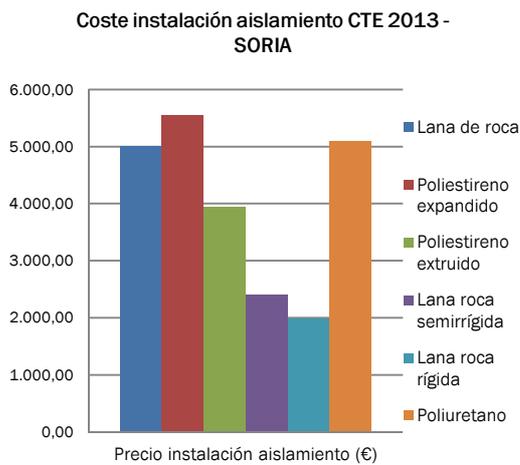
SORIA



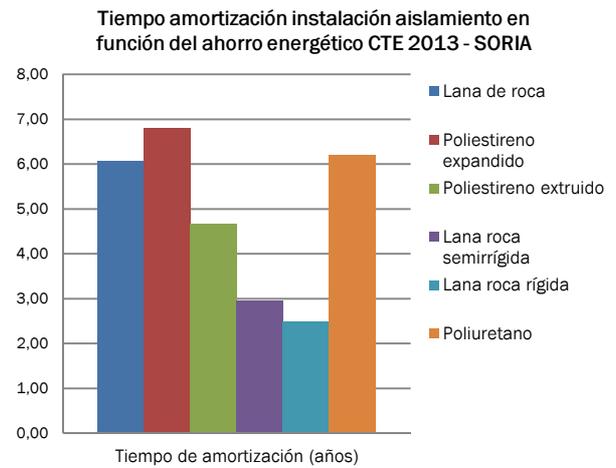
Grafica 15: Comparación económica aislamientos - SORIA, calculados para cumplimiento de CTE2009



Grafica 16: Tiempo de amortización de la instalación de aislamientos - SORIA, calculados para cumplimiento de CTE2009



Grafica 17: Comparación económica aislamientos - SORIA, calculados para cumplimiento de CTE2013



Grafica 18: Tiempo de amortización de la instalación de aislamientos - SORIA, calculados para cumplimiento de CTE2013



7. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado del comportamiento ambiental y económico de los materiales de aislamiento térmico en función de su espesor y transmitancia térmica se ha llegado a las siguientes conclusiones:

En relación con los materiales de aislamiento y los espesores necesarios:

- Dentro de una misma familia de materiales de aislamiento, desde un punto de vista exclusivamente ambiental, detectamos que los factores a tener en cuenta son: su colocación en obra, el espesor asociado a una conductividad térmica, su revestimiento o sus propiedades adicionales.
- Entre las distintas familias de aislantes estudiadas, las lanas de vidrio son las que tienen un mejor comportamiento ambiental, mientras que los materiales de origen plástico derivados del petróleo (Poliestirenos, Poliuretanos,...) tienen emisiones de CO₂ durante su fabricación que pueden llegar a ser del orden de 5 a 25 veces mayores que en los materiales de origen natural.
- Los espesores de los aislantes térmicos obtenidos para cumplir con la transmitancia térmica máxima (U) o la transmitancia característica definida por el CTE DB-HE son sensiblemente parecidos para un material u otro, puesto que no existen grandes diferencias en su conductividad térmica. Para el cumplimiento de la U característica en Soria son necesarios 12cm de poliestireno expandido, de 10cm de lana de roca, u 8 cm de poliuretano.
- El paso de una zona climática a otra (Cadíz A3 - Soria E1), provoca un incremento en algunos casos de los espesores importante, como por ejemplo el aumento de espesor de 6 a 12cm del poliestireno expandido, para el cumplimiento de la transmitancia característica.

En relación a la demanda energética del edificio y a las emisiones de CO₂:

- La influencia del espesor del aislamiento respecto de la demanda energética del edificio se ve considerablemente atenuada por las pérdidas que sufre el edificio por los huecos y puentes térmicos, de modo que una mejora del aislamiento térmico de los muros, como es el cambio del CTE DB HE en su versión de 2006 a la versión de 2013, no se ve claramente reflejada en una reducción de la demanda energética o de las emisiones de CO₂ debidas a la calefacción y refrigeración del edificio.
- Las emisiones de CO₂ producidas en la fabricación de los aislantes son relativamente insignificantes respecto de las emisiones de CO₂ producidas por los sistemas de climatización del edificio. Dependiendo del material y el espesor utilizado y la zona climática las emisiones por fabricación tienen una equivalencia entre 0.25 y 7 veces las emisiones anuales por climatización. De este modo considerando una vida útil del cerramiento de 10 años, en los aislantes de lana de vidrio, un incremento del espesor provoca una reducción de las emisiones globales de CO₂, sin embargo en el resto, un

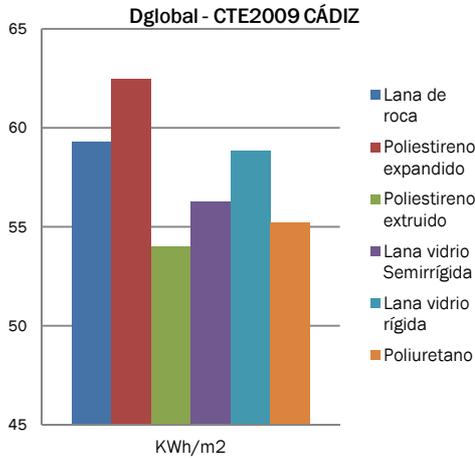


incremento del espesor provoca un incremento de las emisiones globales. No así cuando consideramos vidas útiles mayores pues en ese caso el impacto de la fabricación se minora a lo largo del tiempo.

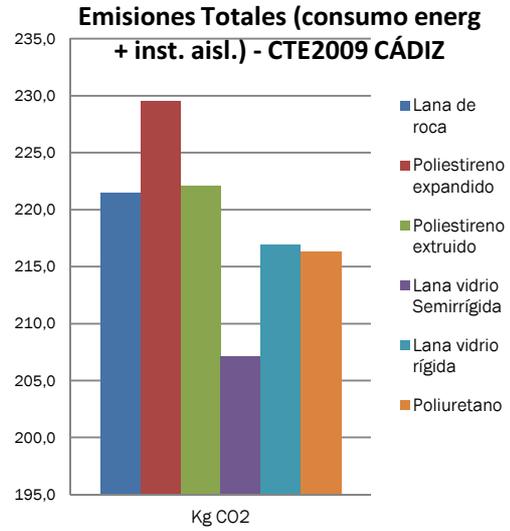
En relación al ahorro energético provocado por el incremento del aislamiento:

- Desde un punto de vista económico **una mayor inversión en el aislamiento** puede llegar a compensarse con el ahorro de consumo energético en periodos de retorno de entre 9 y 25 años, para el caso de Soria y dependiendo del aislante, siendo las lanas de vidrio las de menores periodos de amortización.
- Contrariamente a lo que era previsible salvo en las lanas de roca y lana de vidrio el periodo de **amortización se incrementa cuando incrementamos el espesor del aislamiento** pues su coste es mucho mayor.
- En relación a la **influencia de la zona climática** se aprecia que en el caso de Cádiz, por su menor severidad invernal y por tanto menor demanda de calefacción, los periodos de amortización de la inversión en aislamiento se incrementan considerablemente oscilando entre 21 y 36 años.

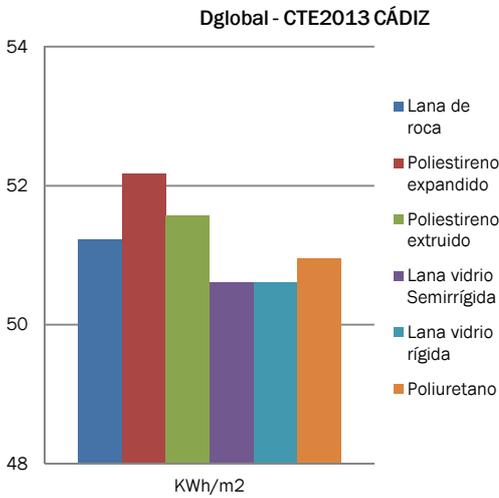
De este modo, la reciente modificación del CTE DB HE aun persiguiendo los objetivos la reducción del consumo energético y las emisiones de CO₂, parece que no puede llevar a buen efecto la reducción de emisiones pues una reducción de la transmitancia térmica en los muros y por tanto un incremento de los espesores de aislamiento, sin modificar la solución constructiva, no implica una reducción equivalente de las emisiones, pues el incremento del espesor de aislamiento provoca un incremento de emisiones equivalente a su espesor, mientras que no se ve proporcionado a la reducción de emisiones debida a la climatización del edificio mejor aislado.



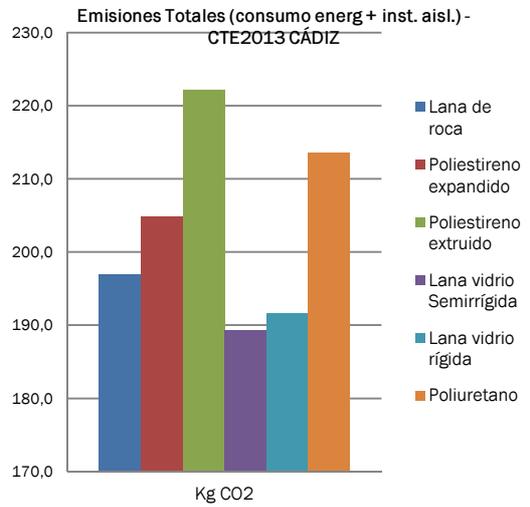
Grafica 19: Comparación Demandas energéticas calculados para cumplimiento de CTE2009 en CÁDIZ en función de cada tipo de aislamiento estudiado



Grafica 20: Emisiones CO2 (Kg CO2/m2) producidas por consumo energético e instalación de aislamiento por calculados para cumplimiento de CTE2009 en CÁDIZ en función de cada tipo de aislamiento estudiado



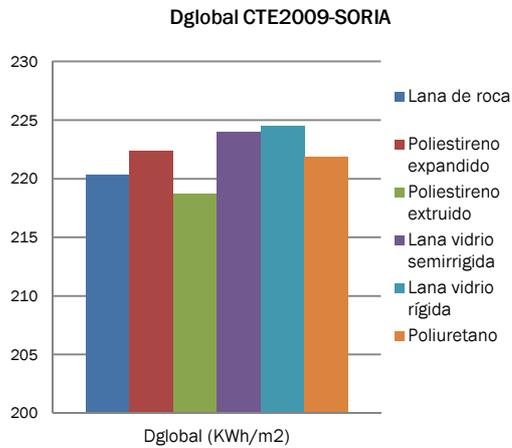
Grafica 21: Comparación Demandas energéticas calculados para cumplimiento de CTE2013 en CÁDIZ en función de cada tipo de aislamiento estudiado



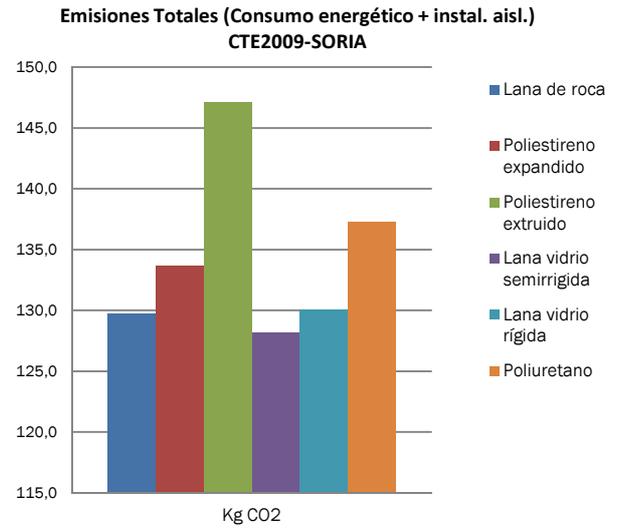
Grafica 22: Emisiones CO2 (Kg CO2/m2) producidas por consumo energético e instalación de aislamiento por calculados para cumplimiento de CTE2013 en CÁDIZ en función de cada tipo de aislamiento estudiado



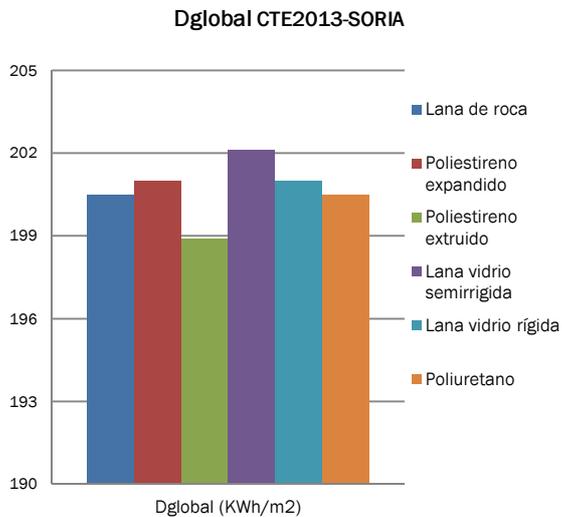
SORIA



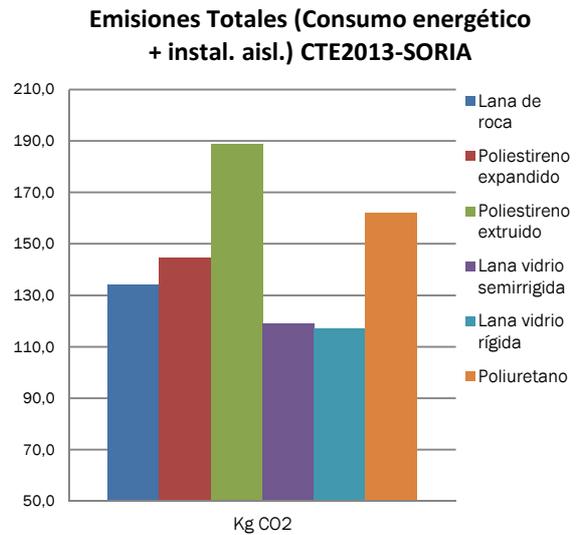
Grafica 23: Comparación Demandas energéticas calculados para cumplimiento de CTE2009 en SORIA en función de cada tipo de aislamiento estudiado



Grafica 24: Emisiones CO2 (Kg CO2/m2) producidas por consumo energético e instalación de aislamiento por calculados para cumplimiento de CTE2009 en SORIA en función de cada tipo de aislamiento estudiado



Grafica 25: Comparación Demandas energéticas calculados para cumplimiento de CTE2013 en SORIA en función de cada tipo de aislamiento estudiado



Grafica 26: Emisiones CO2 (Kg CO2/m2) producidas por consumo energético e instalación de aislamiento por calculados para cumplimiento de CTE2013 en SORIA en función de cada tipo de aislamiento estudiado



En cuanto al coste de la colocación de un aislante térmico u otro, no entraremos a discutir si es mejor una solución más económica porque las demandas energéticas son parecidas o si hay que pagar más apostando por una solución más respetuosa con el medio ambiente, lo que sí cabría señalar es que, en los precios de los materiales estudiados, no se ve reflejado si se trata de un material más o menos contaminante y esto podría ser un factor que grabase el precio de los productos y pusiera en relieve de manera efectiva sus efectos sobre el medio ambiente.

Aunque no forme parte concretamente de los objetivos de este proyecto, sí hemos podido comprobar que, las emisiones de CO₂ asociadas a los consumos energéticos, tienen mayor peso en el uso de refrigeración que en el de calefacción. Si bien en Soria, las demandas energéticas son mayores aun teniendo sólo instalación de calefacción, en Cádiz, las emisiones de CO₂ son mucho mayores debido al uso de la refrigeración.



8. BIBLIOGRAFÍA

Francisco Julio Arenas Cabello, “El impacto ambiental en la edificación. Criterios para una construcción sostenible”, Madrid, 2007.

Gabriela Clemente, Neus Sanjuán y Jose Luís Vivancos, “Análisis de Ciclo de vida. Aspectos metodológicos y casos prácticos”, UPV, 2005.

Rougeron, C., “Aislamiento acústico y térmico en la construcción.”, Barcelona, 1977.

Josep Solé Bonet, “Aislamiento térmico en la edificación. Limitación de la demanda energética DB-HE1 e iniciación a la calificación energética”, Col.legi d’Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Tarragona, 2007.

Carlos Hernández Pezzi, “Una visión poliédrica de la eficiencia energética en la edificación”, Artículo Revista Ambienta, Madrid 2009.

Daniel Garraín, Rosario Vidal, Vicente Franco (Universitat Jaume I, Dpto. de Ingeniería Mecánica y Construcción), Pilar Martínez de AIMPLAS (Instituto Tecnológico del Plástico, Valencia) ,Grupo de Ingeniería del Diseño (GID), Artículo publicado por revista “Residuos”, “Análisis del ciclo de vida del reciclado del polietileno de alta densidad”, Mayo-Junio, 2008.

G. Benveniste, C. Gazulla, P. Fullana i Palmer, I. Celades, T. Ros, V. Zaera, B. Godes, Informes de la Construcción Vol. 63, “Análisis de ciclo de vida y reglas de categoría de producto en la construcción. El caso de las baldosas cerámicas”, Enero-Marzo, 2011.

Tesis Doctoral “Declaraciones Ambientales de Productos: Instrumento para la mejora de productos”, Cristina Gazulla Santos”, Barcelona Marzo 2012.

Thomas Lindhquist, “Extended producer responsibility in cleaner production. Policy principle to promote environmental improvements of product system”, Tesis Doctoral, International Institute for Industrial Environmental Economics – Internationella Miljöinstitutet, Mayo 2000.

María Silvia Borsani “Materiales Ecológicos. Estrategias, alcance y aplicaciones de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles”, Proyecto Fin de Master Arquitectura y Sostenibilidad: Herramientas de Diseño y técnicas de control medioambiental, UPC, Marzo 2011.

Belando Barceló, J., “Utilización del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en la selección de soluciones de cubiertas planas de edificación”. PFM Eficiencia energética y sostenibilidad en instalaciones industriales y edificación, Universitat Jaume I 2009

Fenollosa Talamantes, B.: Búsqueda de las pautas para la mejora de la calificación energética en edificios residenciales mediante el diseño de la envolvente con el método abreviado y su repercusión económica. PFM Eficiencia energética y sostenibilidad en instalaciones industriales y edificación, Universitat Jaume I 2012

Prontuario de gestión ambiental, SEPI (Sociedad estatal de participaciones industriales), EDI (Escuela de organización industrial) y ATYCA (Programa de fomento a la Tecnología Industrial), 1997-1999.



ANDIMAT, "Aislamiento térmico en edificios. Soluciones energéticamente eficientes en la edificación". Publicado por la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, 2010.

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, "Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas", 2008.

IDAE, "Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Expandido (EPS). Guía técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios, nº1", Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMAT), 2008.

IDAE, "Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Extruido (XPS). Guía técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios, nº2", Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMAT), 2008.

IDEA, "Soluciones de Aislamiento con Lana Mineral. Guía técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios, nº3", Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMAT), 2008.

IDEA, "Soluciones de Aislamiento con Poliuretano. Guía técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios, nº4", Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMAT), 2008.

IDEA "Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución", Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes, ANDIMAT, 2008.

Ministerio de Fomento, Catálogo de elementos constructivos del CTE. Aplicación web. Diciembre 2010.

ATEPA (Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado), "Libro Blanco del Poliuretano", Madrid, Octubre 2010.

UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices.

UNE-EN ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.

Reglas Generales del Sistema DAPc de Declaraciones Ambientales de Producto en el Sector de la Construcción, Col.legi d'Aparelladors, Arquitectes tècnics i Enginyers de l'Edificació de Barcelona, Marzo de 2010.

Reglas de Categoría de Producto para preparar la Declaración Ambiental de Producto DAPc sobre Productos Aislantes Térmicos RCP 001, Col.legi d'Aparelladors, Arquitectes tècnics i Enginyers de l'Edificació de Barcelona, Junio de 2010.

CTE Documento Básico HE 0 Limitación del consumo energético.

CTE Documento Básico HE 1 Limitación de la demanda energética.



Páginas web consultadas:

IDAE www.idae.es

BRE www.greenbooklive.com

INIES www.inies.fr

Agenda de la Construcción Sostenible www.csostenible.net/

ATEPA (Asociación Técnica de Poliuretano Aplicado) <http://www.atepa.org>

AFELMA (Asociación de fabricantes Españoles de Lanasy Minerales Aislantes) www.aislar.com

ANDIMAT (Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes) www.andimat.es/

IPUR (Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido) www.ipur.org

ANAPE (Asociación Nacional de Poliestireno Expandido) www.anape.es/

AIPEX (Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido) www.aipex.org/

Revista Recupera www.gremirecuperacio.org/10revista.asp

Revista InfoEnviro. Actualidad y Tecnología de la Industria MedioAmbiental
<http://www.infoenviro.es/>

Revista Promateriales www.promateriales.com/

ISO <http://www.iso.org/>