
Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica

29 jul. 15

AUTOR:

ÁLVAR MARTÍN GONZÁLEZ

TUTOR ACADÉMICO:

Luis Vicente García Ballester

Departamento de Construcciones Arquitectónicas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

Resumen

Este proyecto abordará una de las salidas al acuciante problema del aumento de residuos de caucho debido primordialmente al crecimiento del parque automovilístico durante los últimos años.

Se tratará el problema desde lo más general, hasta centrarlo en uno de los productos finales derivados del reciclaje del caucho de neumático usado, pasando por la propia industria de transformación (metodología, maquinaria, normativa....)

Por ser nuestro campo la edificación, se ha optado por un producto final enfocado al uso en el proceso constructivo.

Dicho material se encuentra en fase experimental aún y no se tienen más datos que su comportamiento acústico y unos ensayos básicos sobre dimensionamiento y resistencia que se adjuntarán en los Anexos I y II.

La particularidad del material formado deriva en que a su comportamiento acústico y térmico, se le añade el comportamiento impermeabilizante propio del caucho.

La propia lámina resultante (unos 7mm) puede ser moldeada para simular una teja de pizarra y puede adaptar su color a las necesidades finales.

Para este proyecto se ha pasado una fase de recopilación de información, primero del propio producto y de otros similares. Posteriormente sobre otros productos derivados del reciclaje del caucho. Se ha recopilado también documentación sobre los procesos

de la industria del reciclaje y de la situación del mercado en la actualidad.

This project will tackle one of the exits to the worrying problem of the increase of waste of rubber due to the growth of the number of cars during the last years.

It will treat the problem from the most general, until centering it in one of the final products derived of the recycling of the rubber of used tire, going through the own industry of transformation (methodology, machinery, normative....)

Connecting this to the Building field, I has opted by a final product focused to the in the process constructive use.

That material is in experimental phase still and do not have more data that his acoustic behavior and some basic essays on dimensioning and resistance that will attach in the Annexes I and II.

The peculiarity of the material formed derives in that to his acoustic and thermal behavior, adds him the typical waterproofing behavior of the rubber.

The own resultant lamella (some 7mm) can be mold to simulate a blackboard tile and can adapt his color to the final needs.

For this project has happened a phase of compilation of information, first of the own product and of other similar. Also in other derivative products of the rubber's recycling. It has collected also documentation on the processes of the industry of the recycling and of the situation of the market in the actuality.

Palabras clave:

Caucho, Edificación sostenible, Materiales ecológicos, Neumáticos usados, Reciclar.

Eco-friendly materials, Recycle, Rubber, Sustainable Building, Used tires.

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer este proyecto a mi amigo Francisco, ya que es el gran culpable del mismo al proporcionarme el material. Hace ya unos años me comentó de su existencia y fue durante la primera clase de Materiales Avanzados, cuando volvió a mi mente.

Por otra parte quiero dar gracias a mi tutor, por acogerme casi in extremis para la realización del proyecto y por atenderme siempre con una sonrisa. El realizar la adaptación y el proyecto a distancia es siempre complicado y él ha hecho posible que este proceso sea lo más suave posible.

Por último quiero dar gracias a mi pareja por sufrir estoicamente los viajes a Valencia, las horas invertidas en la carrera y en el proyecto y por apoyarme y animarme a retomar la carrera después de tantos años, porque ella siempre ha confiado en mí y en mi sueño de volver algún día a pisar una obra como técnico.

Acrónimos utilizados

CAD: Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador.

CE: Conformidad Europea.

CTE: Código Técnico de la Edificación.

CYPE: Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

EPDM: Caucho Etileno Propileno Dieno tipo M.

INE: Instituto Nacional de Estadística.

KTEP: Tonelada Equivalente de Petróleo.

NFU: Neumáticos Fuera de Uso.

SBR: Estireno- Butadieno- Caucho (Styrene-Butadiene Rubber).

SIG: Sistemas Integrados de Gestión.

TN: Toneladas.

TNU: Tratamiento de Neumáticos Usados.

Índice

Índice

Resumen	1
Agradecimientos.....	4
Acrónimos utilizados	5
Índice	6
Capítulo 1. Introducción	8
1 El caucho como materia prima. Caucho natural vs Caucho sintético.....	9
1.1 Caucho natural.....	10
1.2 Caucho sintético.	13
1.3 Transformaciones y tratamientos previos.....	14
2 Un problema ecológico.....	16
3 El reciclaje del caucho.....	18
3.1 Normativa.	18
3.2 Método de reciclaje.....	23
3.3 Cuantificación del mercado del reciclaje en España.	31
3.4 Usos comerciales del caucho reciclado.	33
Capítulo 2. Aplicación en cubiertas inclinadas	39
1 Análisis en profundidad de un subproducto del reciclaje: La teja de caucho.	39

1.1	Características.....	40
1.2	Costes económicos.	43
1.3	Recomendaciones de uso.....	50
1.4	Disposiciones de seguridad y salud.	56
Capítulo 3. Conclusiones		59
Capítulo 4. Referencias Bibliográficas		61
Bibliografía.....		61
Índice de Figuras.....		64
Anexos		66
ANEXO I. Informe Laboratorio Vorsevi.....		66
ANEXO II. Ensayo de propiedades acústicas.....		77
ANEXO III. Precio descompuesto de m2 de colocación de teja LEBUR. .		97

Capítulo 1.

Introducción

Desde tiempos inmemoriales la rueda forma parte de la historia de la humanidad, ayudándole en el transporte de mercancías y personas. Según afirmaciones de Europapress el parque automovilístico mundial alcanzará los 1.200 millones de vehículos en 2020.

Este invento ha supuesto un gran beneficio para las sociedades pero a la vez ha traído aparejado un problema ecológico de niveles preocupantes.

Tanto por el humo generado por los vehículos durante su circulación que provoca polución (el 32% de los contaminantes de CO₂ proviene de los coches) y los tan temidos gases de efecto invernadero, el consumo de petróleo para refinados de gasoil y gasolina que permitan su funcionamiento (en España según el INE se consumieron 53.978 Ktep en 2012, es decir un 41,6% de la energía consumida ese año), como el aspecto en el que nos vamos a centrar en este proyecto: Los deshechos producidos por el desgaste y abandono de los neumáticos en cualquiera de sus modalidades.

Durante el desarrollo de este proyecto se tratará de exponer desde los orígenes del neumático y la importancia de su existencia en la historia, hasta el final de su vida y como puede ser valorizado para su uso en otros campos, indagando incluso en las posibilidades económicas derivadas del reciclaje de los NFU.

Queriendo enfocar este reciclaje a nuestro campo, se examinará más detenidamente un producto procedente del reciclaje del caucho de nos neumáticos y que da lugar a un material tan necesario para la construcción como son las tejas que darán cobertura a nuestros edificios.

La teja que será objeto de análisis, es un prototipo denominado comercialmente LEBUR, que nunca llegó a salir al mercado pero que presenta unas buenas cualidades para su uso y procede de materiales totalmente reciclados.

1 El caucho como materia prima. Caucho natural vs Caucho sintético.

En un primer apartado se analizará el producto original del que provienen todos los materiales que serán objeto de análisis durante el trabajo.

Remontando para ello a los orígenes del caucho natural y como las necesidades de la propia industria dadas sus numerosas aplicaciones terminó buscando la alternativa sintética pudiendo con ello aumentar la producción y adaptarla a las necesidades del mercado y como resultado, produciendo un mayor daño ecológico puesto que la variante sintética proviene de refinados del petróleo, como veremos más adelante.

Se desgranarán pues, ambos materiales por separado y tratando finalmente los métodos de transformación y los usos primordiales de la materia resultante.

1.1 Caucho natural.

El caucho natural es un producto proveniente del látex que producen algunas especies vegetales como defensa ante heridas en la corteza de su tronco. Es una mezcla de grasas, ciertas proteínas, hidrocarburos y azúcares de origen vegetal. Dependiendo de la especie vegetal el caucho está presente entre un 80% y un 95% siendo principalmente un polímero del *isopreno*.

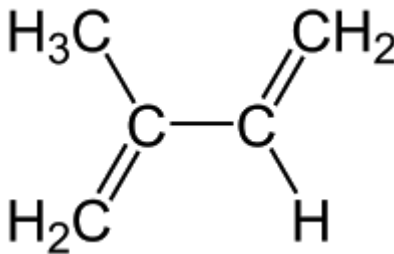


Figura 1. Isopreno. (WIKIPEDIA, 2013)

Los principales árboles de extracción del látex son las euforbiáceas del género *Hevea*, siendo la más típica la *Hevea brasiliensis*, originario de la cuenca hidrográfica del Amazonas, aunque la posterior necesidad de extracción hizo a los ingleses sacar ilegalmente semillas de Brasil para crear plantaciones en Malasia, Birmania, Ceilán y África subsahariana, no sin antes esclavizar y exterminar a los indígenas brasileños durante décadas obligándoles a la extracción del látex para su propio beneficio.

Podemos encontrar también otras especies según zonas, como son la *Urceola elástica* de Asia y la *Funtumia elástica* de África occidental o la *Castilla elástica* de México.

En la actualidad la producción mayoritaria de caucho se encuentra fuera de Sudamérica, localizándose en su mayoría en países como Malasia, Tailandia e Indonesia, como puede verse en los gráficos siguientes.

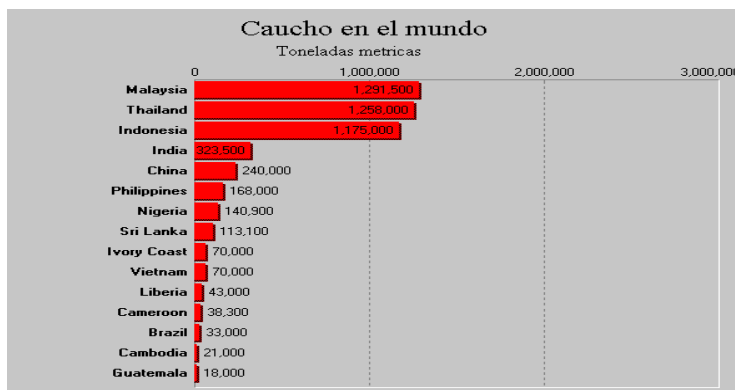
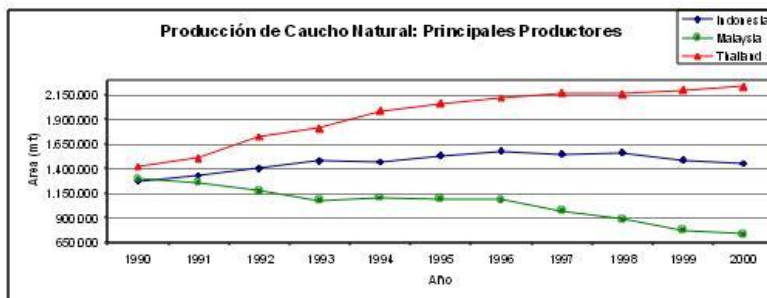


Figura 2. Productores de caucho (Toneladas).
(Escuela de Ingenierías Industriales, 2004)



Fuente: FAOSTAT

Figura 3. Principales productores (superficie).FAOSTAT.2005

Proceso de extracción

Como ya se ha comentado el caucho proviene del látex obtenido de plantas y árboles que utilizan esta sustancia líquida y viscosa como sellante en las heridas producidas en su corteza.

La palabra caucho procede de la acepción *cautchuc*, que era como llamaban los indígenas al árbol *Hervead* del que se extraía el producto.

El caucho se obtiene del árbol por medio de un tratamiento sistemático de "sangrado", que consiste en hacer un corte en forma de ángulo a través de la corteza profundizando hasta el cambium. (MARIANO, 2011)

El corte tiene una extensión de un tercio o de la mitad de la circunferencia del tronco. El látex exuda desde el corte y se recoge en un recipiente. La cantidad de látex que se extrae de cada corte suele ser de unos 30 ml. Después se arranca un trozo de corteza de la base del

tronco para volver a tapar el corte, normalmente al día siguiente. (HERRERA, 2006)

Tras su obtención, se pasa por un tamiz y se trata con ciertos ácidos para eliminar impurezas. Posteriormente pasa por un rodillo y se seca al aire antes de empezar su distribución.

1.2 Caucho sintético.

El caucho sintético es todo aquel producto elaborado artificialmente, normalmente a partir de refinados petrolíferos, que tiene unas propiedades similares a las del caucho. Es decir que es capaz de sufrir una deformación elástica mucho mayor que otros materiales y aun así recuperar su forma original sin deformación permanente.

Este material es elaborado a partir de la polimerización de variedad de monómeros entre los que se incluye el *isopreno* y el *isobutileno*. Mediante el añadido de adicciones controladas, pueden modificarse diferentes propiedades físicas, mecánicas y químicas

Ya desde 1860 se comenzaron a estudiar las propiedades del caucho para la realización de productos sintéticos.

Ya en torno a 1890 y dada la proliferación de los vehículos a motor y de los neumáticos concebidos, se creó un aumento en la demanda del caucho. Todo ello unido a la Primera y a diferentes movimientos geopolíticos que encarecieron los precios del caucho natural, crearon el caldo de cultivo para la aparición de diferentes materiales sintéticos.

Ya en 1931 se conoce la aparición del primer caucho sintético desarrollado con éxito el cual recibiría el nombre de *Neopreno*.

Ya durante la Segunda Guerra Mundial se perfeccionaron los componentes. La fábrica B.F. Goodrich inventó el *Ameripolen* 1940 lo que constituyó una versión más barata y rentable de producción de caucho, ayudando así al suministro del país durante la Guerra.

De esta época surge el caucho estireno-butadieno, frecuentemente abreviado SBR (del inglés Styrene-ButadieneRubber) que es obtenido mediante la polimerización de una mezcla de estireno y de butadieno. Actualmente es el caucho sintético con mayor volumen de producción mundial y su principal aplicación es en la fabricación de neumáticos. (BRUNSSSEN, 2011)

1.3 Transformaciones y tratamientos previos.

El compuesto de caucho es una mezcla que incluye muchos insumos. Se utilizan tanto cauchos sintéticos como cauchos naturales. Piensen en un momento el trabajo que una llanta tiene que realizar.

Debe soportar pesadas cargas y tener la suficiente flexibilidad para resistir continuas deformaciones. Debe estar apta para resistir la dañina acción de las grasas, aceites, oxígeno y luz solar, enemigos principales del caucho, debe aportar seguridad al ser utilizada y al mismo tiempo rendir un buen kilometraje. Con el fin de lograr todas estas características, muchos ingredientes deben ser mezclados con el caucho para modificarlo y hacer de él un producto útil.

Entre los ingredientes más usados en los compuestos de caucho, tenemos:

- Negro de humo: Añade consistencia y dureza.

- Azufre: Sirve para vulcanizar o "curar" el jebe y convertirlo en un producto útil.
- Cementos y pinturas: Para la construcción y el acabado.
- Fibras de Rayón y Acero: Para fortalecer la llanta.
- Caucho sintético natural: Materiales principales en la fabricación.
- Antioxidantes y antiozonantes. Para resistir los efectos dañinos de la luz solar y del ozono, para hacer que la llanta tenga mayor durabilidad.
- Aceites y grasas: Para hacer más maleable la mezcla y para ayudar en el mezclado de todos los ingredientes.

(CARRIÓN, 2013)

Vulcanizado

Es el proceso más común de tratamiento del caucho para dotarle de mayor resistencia.

El método económicamente más importante utiliza, en presencia de azufre, alta presión y temperatura. Una temperatura de vulcanización típica de un neumático es de 10 minutos a 170°C.

Se trata de un proceso irreversible creándose un material menos pegajoso y de unas propiedades mecánicas superiores. De manera escueta, las moléculas de azufre se intercalan entre las cadenas de caucho dándoles mejores propiedades. Esto permite que tras una deformación, el material vulcanizado vuelva a su estado original.

2 Un problema ecológico.

Uno de los problemas medioambientales más importantes de los últimos años se debe a la masiva fabricación de neumáticos, unido a las dificultades para su retirada una vez usados. La fabricación de un neumático consume grandes cantidades de energía en su fabricación (medio barril de crudo para un neumático de camión) y también provoca, si no es convenientemente reciclado, contaminación ambiental al ya que muchas veces pasa a formar parte de vertederos incontrolados.

Existen métodos para conseguir un reciclaje coherente de estos productos pero faltan políticas que favorezcan la recogida y la implantación de industrias dedicadas a la tarea de recuperar o eliminar de forma limpia, los componentes peligrosos de las gomas de los vehículos, y la reutilización de las materias primas internas como el acero y el algodón.

En España se generan cada año unas 300.000 toneladas de desechos de neumáticos. De manera estadística podemos decir que un 45% se deposita en vertederos controlados pero sin recibir un tratamiento, el 15% se deposita después de ser triturado y el 40% termina en vertederos no controlados.

Si tenemos en cuenta que son necesarios **10 siglos para que un neumático se degrade y desaparezca de la naturaleza**. Si no los reciclamos, siempre estarán allí donde los dejemos.



Figura 4. Vertederos ilegales. Internet.2015

El método elegido antiguamente para la eliminación de los residuos era la quema directa, lo que provocaba grandes problemas medioambientales debido a que los gases emitidos contenían gran cantidad de partículas nocivas para el entorno (prohibido por el Convenio de Basilea y por el Tratado de Kioto).

Pero yendo un poco más allá, su simple almacenaje y acumulación, en su mayoría en fincas abiertas, constituye de por sí un riesgo ecológico por la degradación química que sufren los propios neumáticos, los riesgos ante una quema incontrolada en épocas estivales y de salubridad debido a que estas acumulaciones se convierten en el hogar perfecto para roedores, insectos y otros animales dañinos. El agua estancada procedente del agua de lluvia que recogen los neumáticos llega a aumentar por 4.000 la reproducción natural de ciertos mosquitos cuya picadura puede transmitir fiebres y encefalitis.

Un neumático es 100% reciclable. Su proceso no es contaminante y consiste en la extracción selectiva de sus componentes, separándolos para ser de nuevo utilizados.

3 El reciclaje del caucho.

3.1 Normativa.

Para enfrentarse al problema medioambiental del que hablábamos, las administraciones se han puesto tímidamente manos a la obra para regular la gestión y eliminación de los residuos procedentes de los neumáticos usados.

No vamos a desarrollar todos los artículos de la normativa concerniente al tratamiento y reciclado de los neumáticos fuera de uso, pero comentaremos brevemente las principales funciones de cada norma en lo que a nuestro tema concierne.

Directiva 2008/98/CE sobre residuos:

- Esta Directiva constituye el marco normativo vigente para la producción y gestión de residuos en la Unión Europea. Entre los aspectos más significativos destacan los siguientes:
- Establece una jerarquía de gestión de residuos con el siguiente orden de prioridades: prevención, preparación para la reutilización, reciclado, otras formas de la valorización (incluida la energética) y la eliminación.
- Incorporación del concepto de fin de la condición de residuo, siempre que se den determinadas condiciones y se cumplan unos criterios específicos. Neumáticos fuera de uso aparece como candidato a definir criterios de fin de la condición del residuo.

- Limitación de la aplicación de los principios de autosuficiencia y proximidad a los residuos destinados a eliminación y de los residuos municipales mezclados destinados a valorización.
- Definición del alcance del concepto de responsabilidad ampliada del productor.

Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados:

Incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2008/98/CE sobre residuos. Esta Ley reviste el carácter de legislación básica de protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las Comunidades Autónomas de establecer normas adicionales de protección. Destaca lo siguiente:

- Objetivo estratégico de prevención: reducir un 10% el peso de los residuos producidos en 2020 respecto a 2010.
- Creación de la Comisión de Coordinación en materia de residuos como órgano de cooperación técnica y colaboración entre las administraciones competentes en materia de residuos.
- Simplificación del régimen de intervención administrativa de las actividades de producción y gestión de residuos.
- Nuevo régimen jurídico e institucional de los sistemas colectivos de responsabilidad ampliada del productor.

Real Decreto 1619/2005 sobre la gestión de neumáticos fuera de uso:

Incorpora y desarrolla el principio de responsabilidad ampliada del productor a los neumáticos y tiene como objetivo principal prevenir la generación de neumáticos fuera de uso. Establece el régimen jurídico de su producción y gestión, fomentando la aplicación de la jerarquía de

gestión de residuos.

Su ámbito de aplicación es el mercado nacional de reposición, con excepción de los de bicicleta y los de más de 1.400mm.

Establece que los productores de neumáticos tienen la obligación de elaborar y presentar un plan empresarial de prevención de neumáticos fuera de uso para minimizar las afecciones al medio ambiente y que éstos pueden ser elaborados a través del sistema integrado de gestión.

Además, todo productor está obligado a gestionar una cantidad de neumáticos fuera de uso hasta la cantidad puesta por él en el mercado de reposición. Uno de los mecanismos que establece este Real Decreto para cumplir con estas obligaciones es mediante la participación en un sistema integrado de gestión.

Plan Nacional Integrado de Residuos:

Aprobado en 2009, tiene carácter estratégico y pretende servir de guía para el desarrollo de políticas específicas de gestión y avanzar en el establecimiento de requisitos comunes entre las administraciones competentes y los sectores afectados.

En relación con neumáticos fuera de uso establece objetivos tanto cualitativos como cuantitativos así como las medidas a llevar a cabo para conseguirlos.

(SIGNUS, 2014)

Además de estas normativas y dado que los productores, distribuidores e importadores deben garantizar la prevención, reutilización, reciclado y

valorización ambiental del neumático, una vez que queda fuera de uso, en España se constituyeron en 2006 dos fundaciones sin ánimo de lucro que son los Sistemas Integrados de Gestión(SIG):

- **Tratamiento Neumáticos Usados, S.L (TNU):** formado por distribuidores e importadores.
- **SignusEcovalor:** formado por los principales fabricantes de neumáticos.

Para llevar a cabo su labor ambiental, cada vez que se sustituyen los neumáticos de cualquier vehículo por otros nuevos, el cliente debe pagar un importe, fijado por cada SIG, equivalente al coste de gestión del tratamiento del residuo (neumático fuera de uso): La ECOTASA

Los neumáticos usados son recogidos en los lugares de generación (talleres mecánicos o tiendas de recambio) o en los puntos limpios. Tras su transporte, y una vez que llegan a las instalaciones de almacenamiento y preparación, los residuos son clasificados y remitidos a los centros de recauchutado, reciclado, o finalmente, a los puntos de valorización energética.

Categorías	DESCRIPCION	DETALLE DE LOS PRODUCTOS	Precio/ud
A	Moto, Scooter, ciclomotor	Todos los productos	0,95
B	Turismo	Todos los productos	1,58
C	Camioneta - 4x4 - SUV	Todos los productos	2,75
D	Camión - Autobús	Todos los productos	13,25
E1	Agricultura - Obra Pública - Industrial - Macizos - Manutención - Aeronaves - Quad - Kart - Otros	0,00 - 5,00kgs	0,41
E2		5,01 - 20,00kgs	2,41
E3		20,01 - 50,00kgs	5,27
E4		50,01 - 100,00kgs	12,88
E5		100,01 - 200,00kgs	25,10
E6		200,01 - 450,00kgs	42,87
E7		>450kgs	91,54

Figura 5. Tabla de ECOTASA.SIGNUS.2015

Estas organizaciones se encargan de la recogida y distribución de los NFU, pero se debe contar con la iniciativa privada para tratar de dar salida a todos estos residuos. Es por ello que en España ya están empezando a aparecer empresas que quieren encargarse del reciclaje, ya que desde el punto de vista económico se presenta una buena opción de negocio.

Según estadísticas oficiales en España, con las plantas actuales, se cuenta únicamente con capacidad para reciclar el 53% de los NFU gestionados en 2005 a través de vertederos. Existe un excedente de NFU que no se pueden reciclar por falta de capacidad de aprox. 73.000 tn. de NFU anuales. Lo que deja margen de mercado para la creación de más empresas con este propósito. (ARENAS, 2011)

Instalaciones dedicadas al reciclaje y a la valorización energética de NFU.

Plantas Recicladoras	Plantas Valorizadoras
<ul style="list-style-type: none"> ▪ RENECAL (Palencia) ▪ RMD (León) ▪ RMD (Sevilla)* ▪ ALFREDO MESALLES, S.A. (Barcelona) ▪ ANKER (Vitoria) ▪ GMN (Lérida) ▪ RNC (Murcia) ▪ EMA (Castellón) ▪ DAPAR (Córdoba) ▪ GESCOMETAL (Asturias) ▪ INSATURBO (Alicante). ▪ RENEAN (Jaén)* ▪ AMSA (Pont de Vilomara - Barcelona)* ▪ Andaluza de Reciclajes ASNA (Andalucía)* ▪ NFU (Zaragoza)* ▪ Granulados Levantinos de Caucho Xirivella (Valencia)* 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carboneras (Almería) HOLCIM ▪ Sagunto (Valencia) ASLAND* ▪ Torredonjimeo (Jaén) HOLCIM ▪ Jerez de la Frontera (Cádiz) HOLCIM ▪ Lemona (Vizcaya) PÓRTLAND VALDERRIBAS ▪ San Vicente Raspeig (Alicante) CEMEX ▪ Málaga ITALCEMENTI ▪ Oural (Lugo) COSMOS ▪ Yeles (Toledo) HOLCIM** ▪ Yepes (Toledo) CEMEX ▪ Lorca (Murcia) HOLCIM ▪ S.Sebastián (Guipúzcoa) ITALCEMENTI ▪ Villaluenga de la Sagra (Toledo) ASLAND*

(*) Plantas en construcción operativas a partir de 2007

(**) Planta en proyecto operativa en 2008, en función de la autorización de la CA

Fuentes: Tratamiento de Neumáticos Usados, S.L. (TNU).

OFICEMEN

Figura 6. Empresas dedicadas al reciclaje de caucho.OFICEMEN.2007

3.2 Método de reciclaje

El proceso para el reciclaje de neumáticos es puramente mecánico, por tanto los productos resultantes son de alta calidad y limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la reutilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos

es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos.

Del tratamiento de los neumáticos fuera de uso se obtiene aproximadamente:

- 65% de caucho.
- 15-25% de acero.
- 10-15% de fibras textiles.

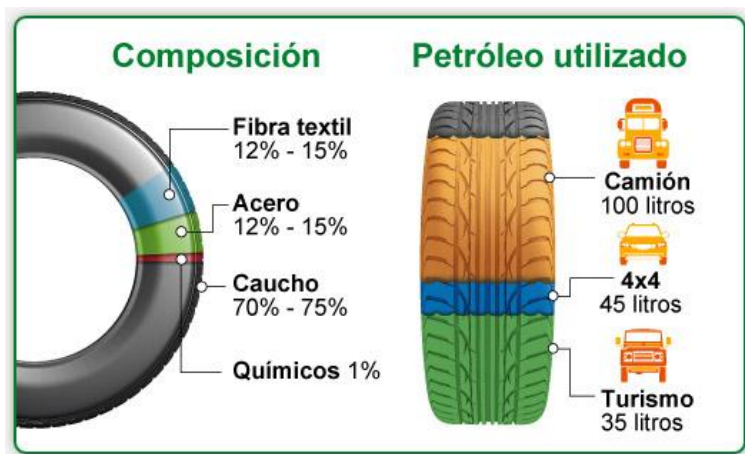


Figura 7. Composición y consumo petrolífero de neumáticos. SIGNUS.2015

Separados los restos aprovechables en la industria, el material resultante puede ser usado como parte de los componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de carreteras, con lo que se consigue disminuir la extracción de áridos en canteras. Las carreteras que usan estos asfaltos son mejores y más seguras.

Pueden usarse también en alfombras, aislantes de vehículos o losetas de goma, se han usado para materiales de pasos a nivel, cubiertas,

masillas, aislantes de vibración. Otros usos son los deportivos en campos de juego, suelos de atletismo o pistas de paseo y bicicleta. Las utilidades son infinitas y crecen cada día, como en cables de freno, compuestos de goma, suelas de zapato, bandas de retención de tráfico, compuestos para navegación o modificaciones del betún. (ANTONIO, 2010)



Figura 8. Productos derivados del caucho reciclado. (URBE, 2015)

Una industria de reciclaje de caucho suele dividirse en diferentes áreas donde tratar los residuos:

Zona de Acopio:

En la que se recogen tanto los neumáticos procedentes de vertidos incontrolados y los de los centros de recogida. Debido a los primeros se suele hacer una limpieza de materias orgánicas que puedan estar alojados en los mismos (merma).

Zona de Selección:

Se clasifican los diferentes tipos de neumático según su procedencia (coche, camión, vehículo agrícola, industrial, etc.), quedando así preparados para el proceso de pre-triturado.

Planta de Procesado:

Dentro de la nave se encontrará toda la maquinaria necesaria para los procesos de triturado y separado de materiales.

Almacén de Productos:

Los productos resultantes se clasifican según materia prima y calibre para ser almacenado en contenedores en los que se transportará a los clientes.

Diagrama de procesos:

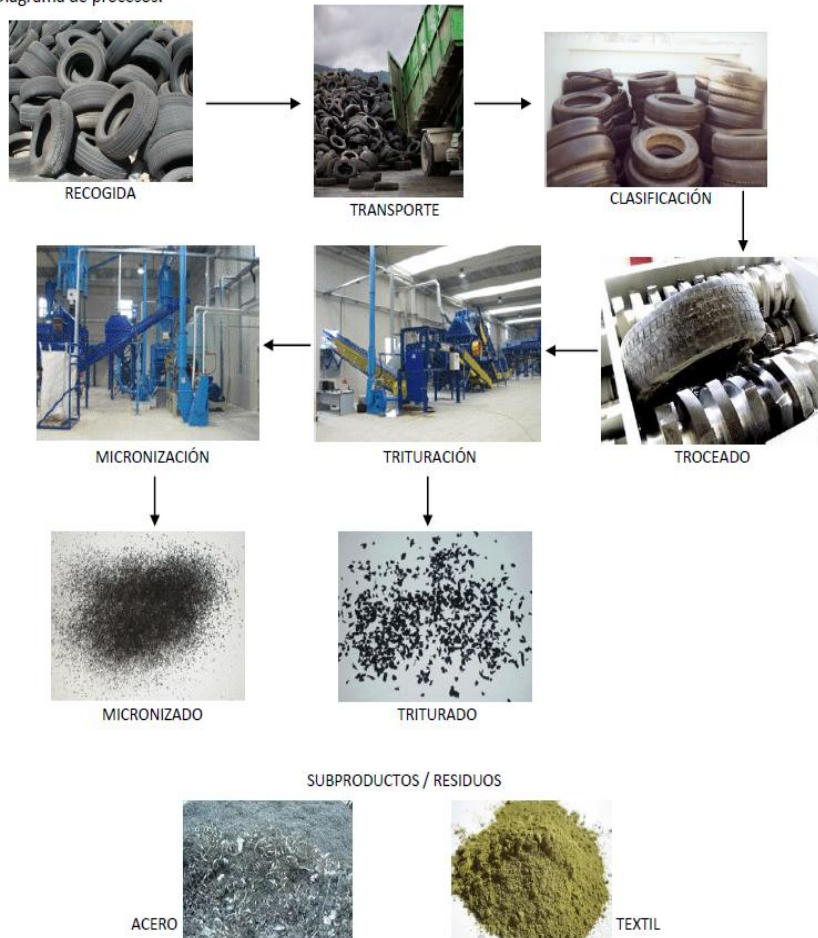


Figura 9. Proceso de trabajo en planta de reciclado. (HERNANDEZ, 2013)

Modelos de tipo de Maquinaria



Figura 10. Pretritador y triturador de neumáticos. (CM Industrial Products, 2014)



Figura 11. Tritrador.2015. (CM Industrial Products, 2014)



Tasa de producción total	
Pre-trituración:	22-24 to/hora
Chip de 50 mm :	8-12 to/hora
Chip de 38 mm :	6-8 to/hora
Chip de 25 mm :	4-6 to/hora



Limpie chips de corte

Figura 12. Triturador. (CM Industrial Products, 2014)



Figura 13. Separador de alambre. (CM Industrial Products, 2014)

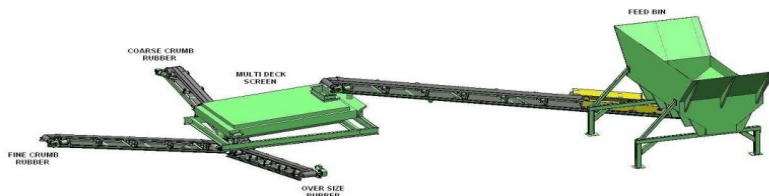


Figura 14. Clasificador. (CM Industrial Products, 2014)



Figura 15 .Prensa vulcanizadora de caucho. (CM Industrial Products, 2014)

Productos del proceso

Según las necesidades de utilización final se obtienen diferentes tamaños de caucho triturado, así como acero y fibras. Estos materiales se clasifican de la siguiente manera:

Caucho 0,0 – 0,6 mm: empleado en asfaltos y mezclas bituminosas.

Caucho 0,6 - 2 mm: empleado en campos de césped artificial.

Caucho 2 - 4 mm: empleado en pavimentos de seguridad y productos moldeados.

Caucho 2 - 7 mm: empleado en hípica y sacos de boxeo.

Acero: empleado en chatarrerías y acerías.

Fibra textil: empleado en valorización energética y aislamiento.

3.3 Cuantificación del mercado del reciclaje en España.

Como aproximación, para que se entienda el valor de mercado de estas empresas, daré una orientación del posible beneficio anual según precios de mercado.

Basándonos en precios de mercado de otras empresas

- CAUCHO
 - En grano de clase 1, (2/4 mm de diámetro)..... 120,47 €/Tn.
 - En grano de clase 2, (4/7 mm de diámetro)..... 145,37 €/Tn.
 - En polvo de clase 1, (006 mm de diámetro)..... 175,24 €/Tn.
 - En especial, (Rotura del neumático 6/30)..... 162,38 €/Tn.

- ACERO
 - Precio actual en el mercado..... 106,38 €/Tn.
- ALGODÓN
 - Precio actual en el mercado..... 33,15 €/Tn.

Cálculo de potencial económico de las 73.000 Tn que no están siendo recicladas					
Material	Porcentaje		Tm	€/Tm	€
Caucho	65%	47.450tn			
	Grano 1	46%	21.827	120,47	2.629.498,69
	Grano 2	24%	11.388	145,37	1.655.473,56
	Polvo 1	19%	9.015,50	175,24	1.579.876,22
	Especial	11%	5.219,50	162,27	846.968,27
Acero	17%		12.410	106,38	1.320.175,80
Algodón	12%		8.760	32,15	281.634,00
Merma*	6%		4.380		
				TOTAL	8.313.626,54€

(*Se denomina merma al producto no aprovechable por diferentes causas, así como al peso del agua, barro o basura contenido en los neumáticos de vertedero incontrolado)

Figura 16. Tabla de potencial económico del reciclaje. Elaboración propia.

A estos ingresos habría que añadir los obtenidos por la ECOTASA, dado que la empresa será el encargado final de la gestión del residuo. Esto está valorado en una media de 89 €/Tn NFU lo que proporcionaría un capital extra de 6.497.000€.

No quiero decir con esto que una sola empresa pueda hacerse con todo el mercado, ni que, de tratarse todo el NFU por estos medios, todo el subproducto resultante pudiera ser absorbido por las necesidades del mercado. Es sólo una manera de cuantificar a que niveles económicos se mueve la problemática de los neumáticos en España.

3.4 Usos comerciales del caucho reciclado.

Pavimentos de seguridad



Figura 17. Suelo de seguridad. (MOBIPARK, 2015)

La estructura monolítica del pavimento se forma con gránulos de caucho, con espesores diferentes para obtener las propiedades específicas a cada tipo de pavimento, mezclados con un ligante de poliuretano monocomponente.

Formando parte de su estructura monolítica, se le da un acabado con gránulos de EPDM y espesor variable, condicionado a las características de diseño de los diferentes tipos de pavimento.

Todos los componentes cumplen con las normas UNE-EN 1177 para su utilización en parques públicos, siendo materiales no contaminantes y las normas de la Comunidad Europea de productos ecológicos añadiendo a su estructura un antibacterias y debido a ello acompañamos los correspondientes certificados.

Se compone de dos capas muy definidas SBR y EPDM mezcladas con un ligante de poliuretano monocomponente:

- La capa de SBR está formada por gránulos de caucho extraídos principalmente de las cubiertas de vehículos industriales, realizándose una importante labor de reciclaje y con una granulometría que abarca desde 18 mm. hasta 22 mm.
- La capa EPDM (abreviatura de sus componentes; etileno, propileno, dieno y monómero) es un elastómero que se caracteriza por su resistencia y elasticidad antideslizante muy utilizado como terminación en pavimentos de instalaciones deportivas y pavimentos de seguridad infantiles, con una granulometría entre 1 – 4 mm.
- El ligante utilizado es la resina Conica 315 por su alta resistividad como ligante. (MOBIPARK, 2015)

Una parte fundamental, pero invisible de todo parque infantil es la Base Elástica, es la superficie creada a base de granalla de caucho que se utiliza como **primera capa o capa base** para otras superficies, dotándola de **resistencia y elasticidad**. Su grosor varía en función de la altura de los juegos para poder cumplir con la **norma EN1177**, en cumplimiento de lo que la norma marca en relación a la **Determinación de la Altura de Caída Crítica (HIC)**. (RMDSA, 2014)

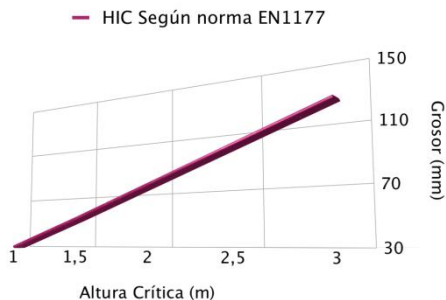


Figura 18. Gráfica de altura crítica de caída según espesor suelo. (AENOR, 2004)

Rellenos de campos de hierba artificial

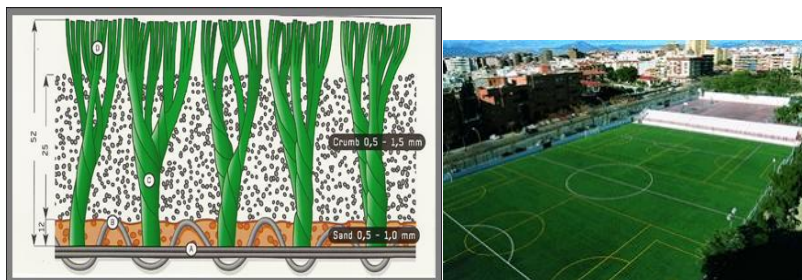


Figura 19. Hierba artificial. (TURFGRASS, 2015)

Durante la última década, el número de campos de fútbol de césped artificial ha crecido exponencialmente, sobretodo desde la aparición del llamado césped artificial de tercera generación, que continúa evolucionando y persiste hoy en día.

Se trata de un césped más seguro, más resistente y de características similares a las de la hierba natural. Los principales avances en este sector son la incorporación de fibras de muy baja abrasión y de alta

durabilidad, los hilos de una única estructura (monofilamentos) y el caucho granulado como relleno adicional (TURFGRASS, 2015).

Este tipo de relleno es muy elástico y ligero, y se utiliza en campos de fútbol. Su principal función es proteger al césped, además de proporcionar confort, elasticidad y disipación de energía. Al ser un material tan ligero tiende a perderse con el uso, las lluvias y el paso del tiempo, es por ello que debemos llevar a cabo unas pequeñas tareas de mantenimiento para que las fibras del césped no queden desprotegidas y puedan romperse fácilmente. Es importante que tenga la cantidad exacta de caucho para que el terreno de juego presente unas condiciones óptimas.

Existen dos tipos de caucho:

Reciclados: Estos proceden de neumáticos fuera de uso y también se les conoce como SBR (*Styrene-ButadieneRubber*). En un estudio realizado por la FIFA observábamos las siguientes conclusiones: “Los estudios epidemiológicos no implican que las partículas de neumáticos tengan efectos negativos en la salud de las personas”. Así, el Comité Olímpico también se pronunció “no existe perjuicio para la salud”. Este tipo de relleno es el más utilizado por su alta calidad y su bajo coste. Este es termoestable y respetuoso con el medioambiente.

Virgenes: EPDM (Etileno PropilenoDieno), vulcanizado con peróxido, y termoplásticos, a base de polietileno, poliuretano y otros polímeros no contaminantes. Este tiene buenas propiedades como por ejemplo el aislamiento eléctrico, la buena resistencia ante los agentes atmosféricos, ácidos u otros químicos. El mayor inconveniente es su elevado coste. (UNICESPED, 2015)

En asfaltos y mezclas bituminosas



Figura 20. Máquinas de asfaltado.PAS.2014

El asfalto modificado con polvo de caucho a partir de neumáticos desechados se caracteriza por la capacidad de absorción del sonido producido por la rodadura de los neumáticos, según los estudios realizados, esta reducción es de entre **3 y 5 decibelios**. Las primeras conclusiones fueron muy positivas y conseguían reducir notablemente el ruido de los vehículos más pesados, contribuyendo a eliminar las barras acústicas.

Pero no todo es sonido, sino que este tipo de asfalto presenta una **mayor durabilidad** y una relación mucho más favorable entre el coste y el rendimiento en comparación con un asfalto convencional. El uso del caucho ofrece una mayor resistencia a la deformación permanente de la superficie de la carretera, a las temperaturas extremas y al deterioro

por desgaste, haciendo que las operaciones de mantenimiento sean menos frecuentes y, en consecuencia, una durabilidad de la carretera en buen estado mucho mayor. (TECNOCARRETERAS, 2014)

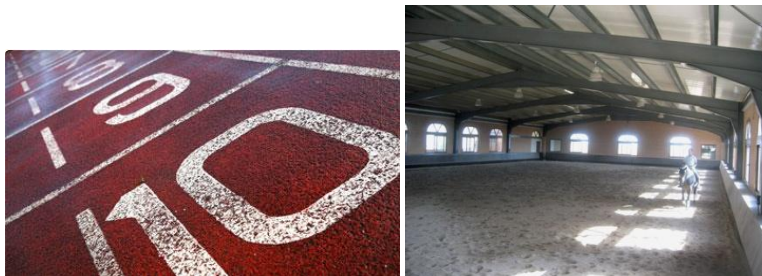


Figura 21. Pistas de atletismo y de hípica. Varios internet.2015



Figura 22. Teja de caucho. (EUROSHIELD, 2015)

Capítulo 2.

Aplicación en cubiertas inclinadas

1 Análisis en profundidad de un subproducto del reciclaje: La teja de caucho.

De todos los subproductos que se pueden generar a partir del reciclado del caucho, nos vamos a quedar con uno muy especial por ser pionero en España, aunque en Canadá ya han experimentado con él, con un gran éxito de comercialización. La empresa Euroshield es la única referencia mundial de un producto similar.

También será el objeto de nuestro análisis por las aplicaciones para el campo de la construcción.

El material que llega a mis manos es fruto de la innovación y la imaginación de un grupo de empresarios que a posteriori, debido a problemas de liquidez, no pudieron terminar su proyecto.

La teja de caucho reciclado, aporta al mundo de la construcción un elemento versátil y de propiedades muy interesantes, a un bajo precio y con la parte positiva de generar una baja huella ecológica al proceder el producto de manera íntegra de un proceso de reciclaje. Doble beneficio ecológico: reutilizamos un material para su uso en una nueva construcción y evitamos así la fabricación de nueva teja ya sea de tipo cerámica o como quiere imitar este producto, la extracción de pizarra.



Figura 23. Teja de caucho reciclado imitación pizarra LEBUR. Elaboración propia. 2015

1.1 Características.

Este nuevo producto que se pretendía bautizar con el nombre comercial de LEBUR, está realizado a partir de material procedente del reciclaje de caucho, en un porcentaje de entre el 75 y 85 %, añadiendo a la mezcla otros dos componentes, eficientes y a su vez ecológicos, que tras un mezclado controlado y un proceso de maduración de la mezcla, se estabiliza en pacas de diferentes formas y medidas, siendo posible realizar este producto en cualquier medida, forma y color.

LEBUR no daña al medio ambiente, no genera vapores tóxicos y está fabricado con materias primas recicladas; dando una utilidad hasta ahora desconocida a un material sin ningún uso y evitando crear un desecho residual de difícil reciclado.

Tras estudiar varias posibilidades de encontrar un sistema de aislamiento efectivo y económico.

Ficha técnica:

Dimensiones: 160mm largo x370mm ancho x7mm espesor

Peso: 875 gr

Densidad: 211 kg/m³

No heladizo, resistente a ataques químicos, resistente al impacto, no permeable al agua, incremento de peso por absorción de agua un 0,05%, puede elongarse a tracción un 138% y transversalmente un 83% de su dimensión antes de romper. Mantiene su flexibilidad a -15° y no presenta fluencia sometido a 120°.

Propiedades:

Aislamiento Acústico.

Este producto, puede absorber ruidos y reverberaciones sonoras desde 0,2 dB hasta 40 dB, ratificado por laboratorio especializado INASEL, (adjunto copia del informe en el Anexo II), además de ser económico y de muy fácil colocación, manteniendo la misma estructura tanto para planos verticales como horizontales.

Aislamiento Térmico.

Dada la composición molecular del producto, no permite la transmisión de procesos térmicos, es decir, el paso de calor o frío, por lo que mantiene una posición totalmente estable ante la variación de las temperaturas a ambos lados de su masa. Debido a este

comportamiento innato, es un producto ideal para el aislamiento térmico de grandes y pequeños espacios habitables.

Aislamiento Eólico.

Así mismo, y dado su excelente comportamiento como aislante térmico, y con la colocación de LEBUR en las construcciones, lograremos mantener un control estable de las corrientes de aire, tanto en el interior de las edificaciones, como en el exterior de las mismas, así como un total sellado a las inclemencias del tiempo, no permitiendo el paso de la humedad, lluvia, nieve o hielo.

Aislamiento Hidráulico.

Por las cualidades mecánicas de los distintos elementos que componen LEBUR, y tras someterlas al proceso de mezcla y posterior curado, adquiere una especial elasticidad de muy alta calidad. Lo cual, junto con la ausencia total de poros en los paneles, garantiza una total impermeabilidad a los efectos de las corrientes de agua y las lluvias, (suaves o intensas), así como a los estancamientos de líquidos y a las rachas de aire, tanto de corta duración como periodos prolongados de viento.

Aislamiento Eléctrico.

Así mismo, y dado el sobrado conocimiento de las propiedades dieléctricas del caucho, LEBUR es sin duda el aislante ideal para evitar las acumulaciones de electricidad estática en las construcciones, y a su vez lograremos mantener una total tranquilidad ante los fenómenos eléctricos atmosféricos, (rayos), así como accidentales descargas de la red eléctrica.

Absorción de vibraciones.

Debido composición en caucho, el producto está dotado de una gran elasticidad siendo también un perfecto aislante a las vibraciones, ya que inusual composición trabaja como un perfecto sistema de amortiguación, para estos incómodos efectos, ya que los movimientos generados por las vibraciones son totalmente absorbidos por el material, impidiendo que traspasen su superficie. Su coeficiente medio de absorción de las vibraciones es de 0,09.

1.2 Costes económicos.

Es este apartado se van a analizar los diferentes factores económico relacionados con esta teja. No pretendemos decir que es mejor que otros materiales del mercado, pero sí que veremos que los productos procedentes del reciclado pueden hacer un gran aporte al sector de la construcción.

El precio que la empresa pretendía marcar por este modelo de teja de caucho con imitación a pizarra, era de 15,48€/m².

Según la base de precios de CYPE, el precio de unitario de m² de pizarra natural de segunda categoría se encuentra en 7,82€/m² el de primera categoría estaría en 12,21€, la teja árabe está a 5,40€/m² y la teja asfáltica a 13,33€/m²

Aunque a priori, la diferencia puede parecer importante, vamos a analizar las razones (atendiendo a aspectos económicos) para la elección del material frente a otros son:

- Tratarse de un producto pionero en el mercado español:

En un principio, no debería marcar el precio final de nuestra obra, pero hay que tener en cuenta los aspectos de publicidad y promoción de nuestra obra.

Tanto para el estudio, como para la promotora y constructora, la utilización de un producto proveniente del reciclado en la construcción de su edificio puede suponer una publicidad muy interesante si se sabe vender bien.

Tampoco hay que decir, que si el producto es pionero y está buscando su cuota de mercado, podremos negociar los precios de una manera más libre, ya que la empresa suministradora también tendrá interés en que uses sus productos. Esto es lo que se conoce en las negociaciones como una posición win-win en la que las dos partes pueden salir beneficiadas.

- Transporte:

Primordialmente la ventaja reside en que el material es un elemento flexible y que no se rompe al ser golpeado (puede verse la resistencia a diferentes ensayos en el Anexo I) lo que reduce a cero las pérdidas por transporte, recepción y distribución en obra, al igual que en la colocación.

El producto puede ser transportado de manera paletizada para mayor facilidad de movimiento.

- La facilidad de montaje

Debido al poco peso de la teja de caucho (0,875 kg/ud), en comparación con otros materiales de cubrición como pueden ser la teja mixta (unos 3,10 kg/ud), la facilidad de manejo y montaje se incrementa, al poder

apilarse directamente en la cubierta todo el material necesario, ser repartido de manera rápida por toda la cubierta y colocado sin prácticamente esfuerzo.

Así mismo ya dijimos que el material contaba con unas perforaciones realizadas en fábrica que le permitían ser clavado sin prácticamente esfuerzo sobre los rastreles o el entarimado.

Hay que añadir a todo esto que al tratarse de un derivado del caucho, se puede cortar fácilmente con un cúter para la realización de puntos singulares.

- Eliminamos elementos de cubierta:

Al tener en el mismo material, la impermeabilización, el aislamiento sonoro (como se ve en otro punto más adelante) y la propia cubrición, nos ahorramos la mano de obra de colocación de impermeabilización de cubierta.

Se ha calculado un precio descompuesto de cubierta con el material de caucho reciclado colocado sobre rastreles de madera sobre tarima de madera.

En el Anexo III se podrá ver el precio descompuesto en su totalidad con todos los precios unitarios y su rendimiento. Aquí solo se pone el resumen del precio.

QTP013	m ²	Cubierta inclinada cobertura de caucho imitación pizarra	181,57 €
Cubierta inclinada con una pendiente media del 60%, compuesta de: formación de pendientes con tablero de madera de pino hidrofugada, sobre entramado estructural (no incluido en este precio); cobertura e impermeabilización: teja de caucho reciclado LEBUR para techar en piezas rectangulares, sobre rastreles de madera.			

Hay que decir que para una cubierta de igual características y con acabado de pizarra de primera y con la impermeabilización necesaria en ese caso, la base de precios de CYPE nos marca un precio de 236,17 €.

Aunque se ha visto que el precio de la pizarra es inferior al de la teja de caucho, los ahorros provenientes de la mano de obra de colocación de la impermeabilización y de la facilidad de montaje y transporte del material hacen que al final sea rentable.

- Ahorro de peso en cubierta:

En el punto anterior ya tratamos la ligereza del producto que cuenta con un peso de unos 8 kg/m² lo que repercute en el peso total de la cubierta, sin contar que ya no sería necesaria la impermeabilización ni el aislamiento térmico, al quedar resuelto con la teja de caucho.

Teja mixta: 3,10 kg/ud x 12 ud/m² = 37,20 kg/m²

Teja LEBUR: 0,88 kg/ud x 10 ud/m² = 8,80 kg/m²

Una diferencia de 28,40 kg/m² que en un edificio que usaremos como ejemplo de 1.700m² de cubierta significa un ahorro de peso de 48.280 kg. Este ahorro es tan significativo que podría afectar al propio diseño de la cubierta, permitiendo unas menores secciones en la estructura, ya sea de madera, metálica u hormigón. Menor sección significa, menos cantidad de materia lo que se traduce en menor coste de ejecución.

Para poner un ejemplo que nos ayude a entender mejor el ahorro que puede suponer vamos a imaginarnos un forjado metálico con viga IPE 140, bovedilla cerámica, mallazo electrosoldado y capa de compresión. Según la base de CYPE, se encontraría en un precio de 59,87 €/m² pero

si por la reducción de peso de la teja pudiéramos bajar a un IPE120, el precio sería de 54,16 €/m².

Volviendo a nuestra cubierta ejemplo de 1.700 m² el ahorro sería de 9.707,00 €, sólo en el forjado de cubierta.

- Utilidad para cerramientos verticales:

Aunque la mayoría del tiempo hemos hablado de la teja de caucho reciclado, también habíamos comentado que el material por su elasticidad y por ser un material proveniente de la compresión puede realizarse con diferentes acabados. Pues cabe decir que también se puede acabar en planchas lisas para su colocación como aislamiento térmico y sonoro en fachadas.

Dado que el aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo de una placa de aislante LEBUR de 10mm aplicada en trasdosado con cámara de aire de 1cm sobre elemento de cítara de ladrillo hueco doble analizado según la norma UNE-EN ISO 140-3:1995 mediante el Índice de Reducción Acústica Aparente es igual a 41 (-1,-3)dB (ver Anexo I), esto significa que hemos resuelto los mínimos de aislamiento exigido en el DB-HR del CTE en su artículo 3.1.2.5 sobre *“condiciones mínimas de las fachadas, las cubiertas y los suelos en contacto con el exterior”* en el que para valores de índice de ruido al día $L_d=60$, siendo este valor el utilizado de manera general cuando no se puede determinar el área acústica, se exige unvalor de Aislamiento acústico a ruido aéreo de 30dbA. (CTE, 2009)

L _d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y sanitario		Cultural, docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Estancias y salas de lectura	Aulas
L _d ≤ 60	30	30	30	30
60 < L _d ≤ 65	32	30	32	30
65 < L _d ≤ 70	37	32	37	32
70 < L _d ≤ 75	42	37	42	37
L _d > 75	47	42	47	42

Figura 24. Tabla exigencias mínimas en fachadas. CTE.2009

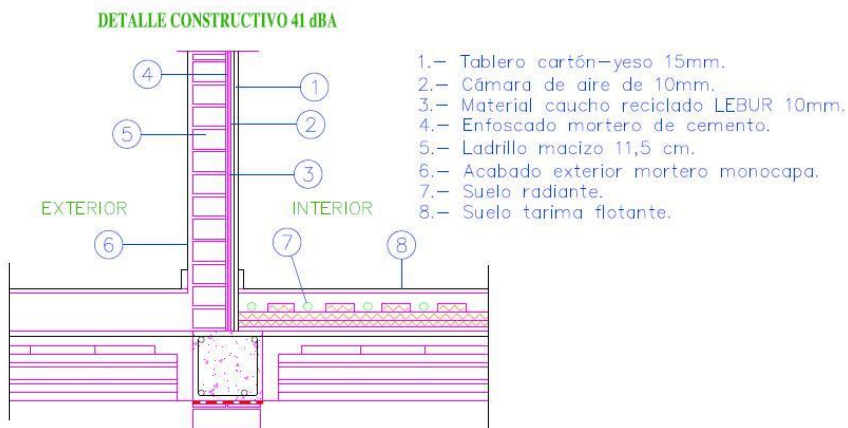


Figura 25. Detalle constructivo de fachada con aislamiento de LEBUR. Elaboración propia. 2015

- Absorción de reverberaciones:

En ensayo de laboratorio (aportado en el Anexo II) se aprecia un coeficiente de absorción de reverberación y vibración sonora de 0,09

Entendamos por definición de coeficiente de absorción la siguiente: *“Cuando una onda de sonido en una habitación choca contra una superficie, una cierta fracción de ella se absorbe, y una cierta cantidad se transmite en la superficie. Ambas cantidades se pierden de la habitación, y esta pérdida fraccional se caracteriza por un coeficiente de absorción a , que puede tomar valores entre 0 y 1, siendo 1 un absorbente perfecto.”* (R NAVE, 2013)

He aquí ciertos valores de elementos conocidos para poder comparar en una frecuencia de 2000Hz-4000Hz que es donde se comprenden la mayor parte de los sonidos que son emitidos:

Material	2000 Hz	4000 Hz
LEBUR	0,12	0,14
Baldosa acústica	0,6	0,4
Corcho (3cm)	0,28	0,28
Escayola ordinaria	0,04	0,05
Chapado de madera	0,1	0,1
Ladrillo	0,05	0,07

Dadas estas características, se puede decir que es factible utilizar el material LEBUR para aislamiento en locales que necesiten de una absorción de reverberación acústica y dado que el producto puede variar en colores y texturas, puede ser colocado directamente sobre el soporte como acabado final.

- Resistencias mecánicas y químicas:

A través de lo expuesto en el informe de laboratorio realizado por Vorsevi (se adjunta en Anexo I), podemos ver que las cualidades de la teja son muy interesantes. Se prevé un ahorro debido a la inexistencia

de pérdidas en montaje o transporte, así como en el mantenimiento. Resiste perfectamente temperaturas extremas, ataques químicos y rayos UV. No permite el paso de humedad, no es un material heladizo y no pierde sus propiedades a bajas ni altas temperaturas.

Todas estas características, hacen de esta teja de caucho un material de alta durabilidad.

1.3 Recomendaciones de uso.

Transporte:

El material se distribuirá paletizado en cajas de 4m² (16 tejas) con un peso de 32kg. En cada palet de 1200x1000mm de 20kg se pueden colocar 30 cajas, haciendo un total de 960kg por palet.

En consecuencia cada palet tendrá 120 m² de material. En el apartado de colocación se estudiará el rendimiento para saber cuántos m² reales hay que solicitar por cada m² de tejado, debido a los solapes.

Acopio:

Los palets se acopiarán en una zona plana y se permitirá la colocación de uno sobre otro hasta una altura máxima de dos filas, procurando que queden alineadas para evitar los vuelcos.

Se evitarán para el mismo entorpecer zonas de paso.

En la medida de lo posible se resguardarán de la intemperie dado que las cajas paletizadas serán de cartón y en caso de mojarse pueden deshacerse provocando problemas de seguridad en la posterior distribución.

La colocación será realizada mediante pinza desde grúa o pluma de camión siempre por personal autorizado para su uso.

Distribución en obra:

Los palets serán trasladados preferentemente mediante grúa y distribuidos por la cubierta para su posterior colocación.

Se tendrá en cuenta el peso del palet (960kg de material + 20kg de peso propio) para decidir si es posible apoyarlo directamente sobre la cubierta y distribuirlo uniformemente.

Para el traslado de las cajas y dado el peso de cada una (32kg) la manipulación de las cajas se hará entre dos personas dentro de lo posible.

Esto se debe a que según normativa el peso recomendable para ser manejado manualmente por un operario no debe exceder los 25 kg. Aunque la misma norma nos indica que con operarios cualificados y sanos se puede elevar este límite a 40kg, también dice que esto sólo puede ocurrir en condiciones de seguridad y estabilidad. Teniendo en cuenta que las superficies donde vamos a trabajar son primordialmente cubiertas nos quedaremos con los datos que nos mantienen del lado de la seguridad.

Colocación y montaje

Esta teja está prevista para su colocación en cubiertas con una pendiente > 33%. De tener una pendiente menor de la indicada, es posible que sea necesaria la colocación de algún tipo de barrera impermeabilizante.

Por su similitud en forma y tratamiento con la pizarra, el método de colocación será muy similar, siendo el mejor método el de clavarla al soporte final, ya sea entarimado de madera, sobre rastreles o sobre cemento pobre.

Está dotado para ello de unas perforaciones en su parte superior lo que facilitarán el clavado de la pieza al no tener que ser perforada in situ.



Figura 26. Perforaciones para colocación. Elaboración propia.2015

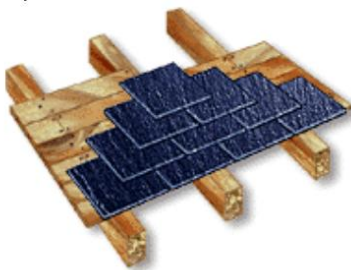


Figura 27. Colocación sobre tarima. (UNIONVI, 2005)

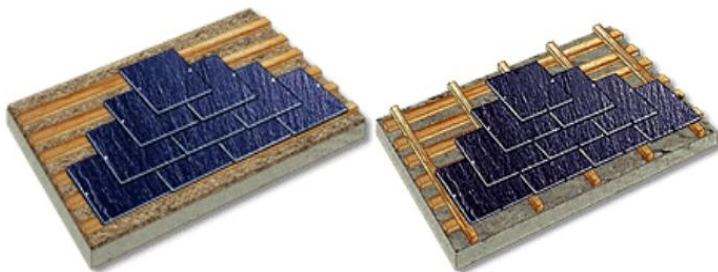


Figura 28. Colocación sobre rastres. (UNIONVI, 2005)

El diseño de la colocación puede atender a muchos factores, pero se recomienda el llamado “clásico”, ya que por experiencia es el único que proporciona garantías totales de estanqueidad e impermeabilidad.

Consiste en la colocación de una fila clavada de manera horizontal y con los bordes laterales juntos para posteriormente colocar una segunda hilada superior sobre la fila previa, pero con un desplazamiento horizontal de la junta de unión de los bordes laterales de valor aproximado de la mitad de la pieza de teja. Posteriormente se irá repitiendo el proceso con las sucesivas hiladas creando una superficie de juntas contrapeadas.

La primera hilada, la de alero, tendrá la peculiaridad de tener una dimensión un poquito más corta, ya que sólo tendrá la parte que no se verá por qué quedará solapada con la siguiente hilada y por la parte vista. Es conveniente además la colocación de un calzo para levantar levemente la teja en la línea de alero, para así facilitar la colocación y nivelación de la las siguientes hiladas.

En las figuras 27 y 28 se puede observar el método descrito.

En cada placa de teja se distinguen dos partes:

(A).- Solape: parte superior de la teja, la cual no recibe nunca el agua. Es donde se encuentran las perforaciones para clavar el material al rastrel. Al quedar tapado se evita que el agua se filtre. Debe tener la longitud necesaria para que el agua no ascienda ni por acción del viento, no por capilaridad. Esta longitud dependerá de la orientación de la cubierta, de la zona climatológica y de la pendiente. En esta teja, ya viene una marca hecha a 7 cm del borde para ayudar a su colocación.

(B).- Parte vista: parte inferior de la teja, absolutamente visible. Es la que recibirá el agua de lluvia directa y la que cae de las tejas superiores.

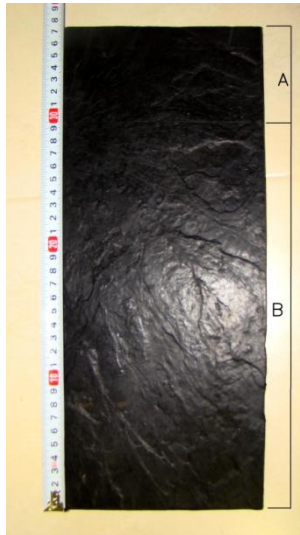


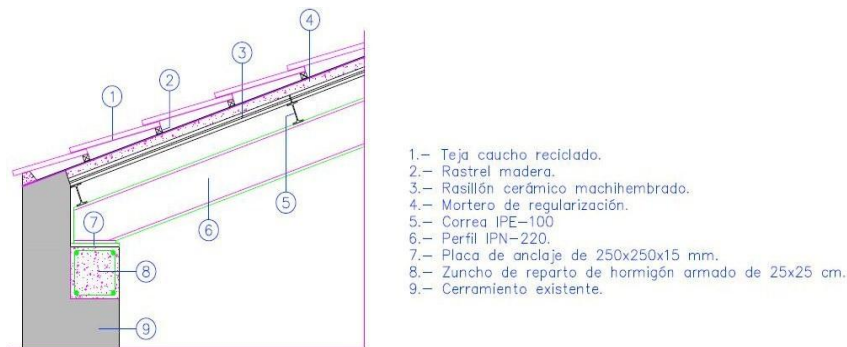
Figura 29. Partes de una teja. Elaboración propia. 2015

Para los encuentros con elementos especiales como limahoyas, limatesas, cumbreras.... Se pueden utilizar elementos prefabricados metálicos de zinc o de cualquier otro material que resista la oxidación.

En el encuentro con el canalón en el alero, el mismo colgará de patillas que se atornillarán al material de formación de pendiente. La teja sobresaldrá de la línea de alero lo que marque el CTE para la pendiente y la zona de la vivienda.

Como ya se ha comentado antes debido a los solapes realizados y al tipo de colocación tendremos que prever un rendimiento de la teja. Al quedar solapados, la superficie real de la teja que es de 0,06m² se queda reducida a 0,048m², por lo que deberemos contabilizar unas 21uds/m² para poder hacer los pedidos a los suministradores.

A continuación podemos ver un detalle constructivo de un faldón de cubierta con estructura metálica con colocación de teja de caucho clavada sobre rastrel horizontal de madera.



DETALLE CONSTRUCTIVO

Figura 30. Detalle constructivo tejado con LEBUR. Elaboración propia. 2015

Mantenimiento:

El mantenimiento del material es mínimo, ya que como hemos visto tiene muy buenas resistencias mecánicas y químicas. Su comportamiento ante los rayos UV es inmejorable lo que le dota de una larga durabilidad. No habrá que subir a cambiar piezas rotas, ni dañadas.

1.4 Disposiciones de seguridad y salud.

Durante la distribución y manejo de la teja de caucho hay que seguir una serie de disposiciones para evitar accidentes.

Los riesgos provenientes de la distribución y colocación en obra de la teja de caucho son los siguientes:

Distribución:

Riesgo	Medidas preventivas
Aplastamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la distancia de seguridad con carretillas elevadoras y pesos suspendidos. • Se evitará pasar las cargas de la grúa por encima de los operarios. • Se colocarán correctamente los palets uno encima del otro manteniendo la línea del eje y en el caso de la teja de caucho, no se apilarán en más de dos filas.
Sobreesfuerzos	<ul style="list-style-type: none"> • Las cajas de material serán manejadas preferiblemente por dos operarios. • Se seguirán las recomendaciones sobre el manejo manual de cargas
Caídas al mismo nivel	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener orden y limpieza, especialmente en las zonas de tránsito.

Colocación:

Riesgo	Medidas preventivas
Caídas a distinto nivel	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener en buen estado las protecciones colectivas. • No trabajar en condiciones climatológicas adversas, ya sean de lluvia o fuertes vientos. • Utilizar los EPI's adecuados si fuera necesario
Cortes	<ul style="list-style-type: none"> • Si es necesario cortar alguna pieza de caucho, se buscará una superficie lo más

estable posible.

- Será obligatorio el uso de guantes de protección mecánica anticorte.
- No se dejará la herramienta tirada por la superficie.

Punzonamiento

- Utilización de guantes de protección mecánica y de botas de seguridad.
- Mantener limpia la zona de trabajo.

Capítulo 3.

Conclusiones

Este TFG ha tratado de abrir la mente hacia una industria de gran potencial para muchos campos, incluido el de la construcción.

Quiero recalcar que el campo del reciclaje es cada vez un mejor mercado de trabajo al estar retirando de la circulación materiales en desuso e incluso de potencial peligro para la vida humana.

A la finalización de este proyecto llegó a mis oídos el incendio de un vertedero ilegal en Rivas-Vaciamadrid, el cual ha permanecido ardiendo durante dos semanas antes de poder ser extinguido mediante el reparto de 24.000 toneladas de tierra.

Este tipo de actos son los que se deben impedir, promoviendo industrias como la que se ha expuesto.

La recogida y tratamiento de estos productos, junto con su posterior revalorización para otros usos, es fundamental para la sostenibilidad, como fundamental son la promoción de proyectos de I+D+i del tipo que llevó a la creación de la teja LEBUR de la cual hemos tratado.

Hemos podido ver que hay cuota de mercado suficiente para la proliferación de empresas del estilo y que las posibilidades del caucho reciclado en cualquiera de sus formas son prácticamente ilimitadas.

Con respecto al material que se ha estudiado es cierto que el comportamiento acústico (del que se ha proporcionado estudio) no es

realmente excelente, pero es su conjunto de propiedades las que lo hacen una opción interesante para ser usado en nuestros tejados. Es resistente a heladas, ligero, impermeable, resiste ataques químicos....

Durante la investigación sobre el material hemos podido concluir que pese a su coste inicial superior a otros materiales, sus características intrínsecas permitían el ahorro en su colocación y por supuesto, durante el “ciclo de vida” del producto al ser los costes de mantenimiento prácticamente nulos. Esto es algo que al fin estamos aprendiendo a valorar y que debe ser un aspecto fundamental a la hora de la elección de los productos que utilizaremos en nuestras construcciones.

No quería convencer a todo el mundo de que olviden los métodos tradicionales y sustituyan sus tejados por esta teja de caucho reciclado, mi intención era la de mostrar un material tan espectacular como el caucho, indagar un poco en su sangrienta historia, ligada desde el principio a guerras y esclavitud y tratar de estimular las mentes haciendo ver que las opciones del reciclado son cada vez mayores y más interesantes.

Capítulo 4.

Referencias Bibliográficas

Bibliografía

AENOR. (2004). UNE-EN 1177:2009- Revestimiento de las superficies de las áreas de juego absorbedoras de impactos .

ANTONIO, A. (2010). *Medio Ambiente*. Recuperado el 10 de Julio de 2015, de <http://ambienteadra.blogspot.com.es/>

ARENAS, A. D. (2011). "*Planta de reciclado de neumáticos fuera de uso*".

BRUNSEN. (2011). *Comercio Industrial*. Recuperado el 13 de Julio de 2015, de <http://www.comercioindustrial.net/productos.php?id=gen&mt=hule>

CARRIÓN, J. L. (2013). *Facultad de Ingeniería Industrial*. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v02_n2/procreso.htm

CM Industrial Products. (2014). *Catálogos 2014*. Obtenido de <http://pdf.directindustry.es/pdf/cm-shredder-division/triturador-neumaticos-cm-robusto-listo/19169-242783.html>

CTE. (2009). Código Técnico de la Edificación-DB-HR. Ministerio de Industria.

Escuela de Ingenierías Industriales. (2004). Recuperado el 15 de Julio de 2015, de <http://www.eii.uva.es>:
http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/automovil/paginas/El_caucho.htm

EUROSHIELD. (2015). <http://www.euroshieldroofing.com/>. Recuperado el 10 de Julio de 2015, de <http://www.euroshieldroofing.com/>

HERNANDEZ, J. F. (2013). "*Instalación para el tratamiento, reciclado y reutilización de neumáticos fuera de uso*". Salamanca.

HERRERA, A. y. (2006). "INDUSTRIALIZACIÓN DE HEVEA BRASILIENSIS (CAUCHO NATURAL) COMO APORTE AL DESARROLLO DEL PAÍS". 63.

MARIANO. (5 de julio de 2011). *Tecnologiadelosplasticos.blogspot*. Recuperado el 25 de Junio de 2015, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/07/poliisopreno-caucho-natural-y-sintetico.html>

MOBIPARK. (2015). *Ficha técnica-PAVIMENTO CONTINUO DE CAUCHO*.

R NAVE, M. O. (2013). "Modelación del Tiempo de Reverberación". *HyperPhysics*. Departamento de Física y Astronomía de la Universidad Estatal de Georgia.

RMDSA. (2014). "*Pavimentos elásticos de caucho para Parques Infantiles*".

SIGNUS. (2014). www.signus.es. Recuperado el 10 de Julio de 2015, de <http://www.signus.es/es/sobre-signus/info/legislacion>

TECNOCARRETERAS. (2014). *www.tecnocarreteras.mx*. Recuperado el 25 de Junio de 2015, de <http://www.tecnocarreteras.mx/web/items/1/1092/asfalto-con->

TURFGRASS. (2015). *www.turfgrass.es*. Obtenido de <http://www.turfgrass.es/es/news/61-mantenimiento-campos-de-futbol.html>

UNICESPED. (2015). *www.unicesped.com*. Recuperado el 3 de Julio de 2015, de <http://www.unicesped.com/importancia-del-relleno-en-el-cesped-artificial/>

UNIONVI. (2005). "Lección 3- Colocación de rocas ornamentales". En F. B. Álvarez.

URBE. (2015). *publicaciones.urbe.ed*. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/revcitec/article/viewArticle/961/3144>

WIKIPEDIA. (2013). Recuperado el 18 de Junio de 2015, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Isopreno#/media/File:Isoprene-Structure.png>

Índice de Figuras

Figura 1. Isopreno. (WIKIPEDIA, 2013)	10
Figura 2. Productores de caucho (Toneladas). (Escuela de Ingenierías Industriales, 2004)	11
Figura 3. Principales productores (superficie). FAOSTAT. 2005	12
Figura 4. Vertederos ilegales. Internet. 2015	17
Figura 5. Tabla de ECOTASA. SIGNUS. 2015	22
Figura 6. Empresas dedicadas al reciclaje de caucho. OFICEMEN. 2007 .	23
Figura 7. Composición y consumo petrolífero de neumáticos. SIGNUS. 2015	24
Figura 8. Productos derivados del caucho reciclado. (URBE, 2015)	25
Figura 9. Proceso de trabajo en planta de reciclado. (HERNANDEZ, 2013)	27
Figura 10. Pretriturador y triturador de neumáticos. (CM Industrial Products, 2014)	28
Figura 11. Triturador. 2015. (CM Industrial Products, 2014)	28
Figura 12. Triturador. (CM Industrial Products, 2014)	29
Figura 13. Separador de alambre. (CM Industrial Products, 2014)	29
Figura 14. Clasificador. (CM Industrial Products, 2014)	30
Figura 15. Prensa vulcanizadora de caucho. (CM Industrial Products, 2014)	30
Figura 16. Tabla de potencial económico del reciclaje. Elaboración propia	32
Figura 17. Suelo de seguridad. (MOBIPARK, 2015)	33
Figura 18. Gráfica de altura crítica de caída según espesor suelo. (AENOR, 2004)	35

Figura 19. Hierba artificial. (TURFGRASS, 2015)	35
Figura 20. Máquinas de asfaltado.PAS.2014	37
Figura 21. Pistas de atletismo y de hípica. Varios internet.2015	38
Figura 22. Teja de caucho. (EUROSHIELD, 2015)	38
Figura 23. Teja de caucho reciclado imitación pizarra LEBUR. Elaboración propia. 2015.....	40
Figura 24. Tabla exigencias mínimas en fachadas. CTE.2009	48
Figura 25. Detalle constructivo de fachada con aislamiento de LEBUR. Elaboración propia. 2015.....	48
Figura 26. Perforaciones para colocación. Elaboración propia.2015	52
Figura 27. Colocación sobre tarima. (UNIONVI, 2005)	53
Figura 28. Colocación sobre rastreles. (UNIONVI, 2005).....	53
Figura 29. Partes de una teja. Elaboración propia.2015	55
Figura 30. Detalle constructivo tejado con LEBUR. Elaboración propia. 2015.....	56

Anexos

ANEXO I. Informe Laboratorio Vorsevi.

El siguiente documento es un informe de laboratorio de ensayos realizados a la teja de caucho reciclado LEBUR. Se anexa dicho documento por que ayuda a comprender las diferentes características del material.



ENSAYOS JUNTA DE CAUCHO
OBRA:
4004720 MUESTRAS RECIBIDAS EN NUESTROS LABORATORIOS.

D.I.T. 10

SEVILLA 1 DE JULIO DE 2011

I - DLB- 13644- 11
NºACTA- 2011/2869

Nº REGISTRO RG LECE: AND-L-076 Vorsevi, S.A., Central
--



PETICIONARIO: Eduardo Izquierdo García

1.- ANTECEDENTES

Siguiendo las instrucciones recibidas, hemos realizado unos ensayos de laboratorio a un muestras de tejas en caucho simil Pizarra recibidas en nuestras instalaciones.

- Nº de albarán de Vorsevi: 015666
- Fecha de muestreo: 23/05/2011
- Localización: Recibidas

2.- ENSAYOS REALIZADOS Y NORMATIVA

- Descripción de la lámina
- Determinación del espesor, anchura (UNE-EN 1848-1)
- Determinación de los defectos visibles (UNE-EN 1850-1)
- Determinación de la masa por unidad de área (UNE-EN 1849-1)
- Determinación de la resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (UNE-EN 1109)
- Determinación de la flexibilidad a bajas temperaturas (UNE-EN 1109)
- Determinación de las propiedades de tracción (UNE-EN 12311-2)
- Absorción de agua (UNE 104281-6-11)
- Permeabilidad al agua (UNE-EN 539-1)
- Heladicidad (UNE 67028 EX)
- Determinación de la dureza Shore (Método experimental)
- Resistencia al impacto (Método experimental)
- Resistencia a los agentes químicos (UNE EN ISO 10545-13)

I-DLB-13644-11
NºACTA-2011/2869

Página 2

Vorsevi, S.A. C/Leonardo da Vinci, 20-PARQUE TECNOLÓGICO CARTUJA'93-41092 SEVILLA-Sevilla

Nº REGISTRO REGLECC. ANE-015

Vorsevi, S.A., Central



3.- RESULTADOS

3.1.- IDENTIFICACIÓN

- Descripción: Se trata de unas tejas de color negro de forma rectangular fabricadas con caucho. Una de sus caras presenta irregularidades, imitando a la pizarra.
- Dimensiones: 160 x 370 mm

3.2.- ESPESOR, ANCHURA Y RECTITUD

3.2.1.- Determinación del espesor.

Se ha comprobado que la lámina está libre de partículas contaminantes, verificado el punto cero del aparato de medida antes de comenzar la medida y al final de estas

Se han realizado 10 determinaciones al azar con un calibre pie de rey, a lo largo de la anchura de la muestra.

Muestreo:	Muestras recibidas											
Fecha de ensayo:	01/06/2011											
Preparación de las probetas:	Sin acondicionamiento previo. Determinaciones realizadas según condiciones ambientales del laboratorio											
Resultado	Medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Valor medio
	Espesor (mm):	8.60	8.30	7.90	7.58	5.89	6.19	7.10	7.30	7.18	7.01	7.31



3.2.2.- Determinación de la anchura y longitud

Se ha extendido sobre una superficie plana, y se han realizado con un calibre pie de rey anotado las medidas:

Muestreo:		Muestras recibidas		
Fecha de ensayo:		01/06/2011		
Preparación de las probetas:		Sin acondicionamiento previo. Determinaciones realizadas según condiciones ambientales del laboratorio		
Resultado	Medición	1	2	Valor medio
	Anchura (mm)	161	161	161
	Longitud (mm)	372	372	372

3.3.- DETERMINACIÓN DE LOS DEFECTOS VISIBLES

Muestreo:		Muestras recibidas
Fecha de ensayo:		01/06/2011
Preparación de las probetas:		Sin acondicionamiento previo. Determinaciones realizadas según condiciones ambientales del laboratorio
Defectos	Ampollas	No se observan
	Grietas	No se observan
	Agujero	No se observan
	Calva	No se observan



3.4.- DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Se han cortado 3 probetas de un área de 100cm², las probetas se han acondicionado a 23° ±2°C y a 50 ± 5% de humedad relativa.

Se han pesado y anotado la masa. La masa por unidad de superficie se determina como media de las 3 probetas, obteniéndose el siguiente resultado:

Muestreo:	Muestras recibidas
Fecha de ensayo:	01/06/2011
Preparación de las probetas:	Sin acondicionamiento previo. Determinaciones realizadas según condiciones ambientales del laboratorio
Masa por unidad de superficie (kg/m ²)	8.0

3.5.- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA A ELEVADAS TEMPERATURAS

Se han sometido dos probetas durante 2 horas en posición vertical a la temperatura de 120°C, obteniéndose resultados admisibles, ya que después de haber realizado el ensayo, no aparecen ampollas o deformaciones, ni hay fluencia del caucho.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Probeta	1	2	3	Media
ΔL (mm)	0	0	0	0



3.6.- DETERMINACION DE LA FLEXIBILIDAD A BAJAS TEMPERATURAS

Las probetas se han sometido durante una hora a temperaturas de -15°C y después de doblarlas sobre el mandril, se han obtenido los siguientes resultados:

Probeta	En sentido longitudinal	En sentido transversal
1	Satisfactorio	Satisfactorio
2	Satisfactorio	Satisfactorio
3	Satisfactorio	Satisfactorio
4	Satisfactorio	Satisfactorio
5	Satisfactorio	Satisfactorio

3.7.- DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES DE TRACCION

Se han cortado dos series de probetas rectangulares de $(50 \pm 0,5)$ mm x 200 mm, 5 en dirección longitudinal y 5 en dirección transversal a la muestra.

3.7.1.- Resistencia a tracción

En sentido longitudinal:

Probeta	1	2	3	4	5	Media
N/5 cm	1580	1700	1520	1420	1560	1556

En sentido transversal:

Probeta	1	2	3	4	5	Media
N/5 cm	1360	1420	1380	1500	1520	1436



3.7.2.- ~~Alargamiento de rotura~~

En sentido longitudinal:

Probeta	1	2	3	4	5	Media
%	147	136	130	131	145	138

En sentido transversal:

Probeta	1	2	3	4	5	Media
%	83	85	84	81	80	83

3.8.- ABSORCIÓN DE AGUA

Se han mantenido sumergidas en agua 3 probetas durante 24 h horas, transcurrido este periodo de tiempo se han vuelto a pesar las muestras, obteniéndose los siguientes resultados de absorción de agua:

Probeta	1	2	3	Media
A (%)	0.07	0.04	0.05	0.05

3.9.- PERMEABILIDAD AL AGUA

Se ha colocado un marco sobre la superficie vista de la probeta por el lado visto y se ha llenado de agua, transcurridas 20 h se ha inspeccionado la superficie inferior en busca de posible filtraciones, sin observarse aparición de humedad.



3.10.-HELADICIDAD

Este ensayo determinar el comportamiento frente a la acción del hielo de los materiales de construcción. Se introducen 6 probetas en el tanque de deshielo durante 48 h a una temperatura de $15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, de forma que la inmersión completa de las probetas se produzca gradualmente en un tiempo mínimo de 3 h. Transcurridas las 48 h, se sacan del agua y se dejan escurrir durante 1 min, introduciéndolas en la cámara frigorífica a $-15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, de forma que no exista contacto entre ellas ni con las paredes de la cámara. Se mantiene así durante 18 h, permaneciendo al menos 11 h a $-15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Seguidamente se introducen en el tanque de deshielo durante 6 h. Este ciclo hielo-deshielo se repite 25 veces.

Resultado: No heladiza

3.11.-DUREZA SHORE A

Para la determinación de la dureza, se ha utilizado un dúrometro analógico portátil de escala Shore A, obteniéndose los siguientes resultados:

Medida nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
Dureza	71	73	73	74	74	74	74	72	73	74	73

3.12.-RESISTENCIA AL IMPACTO

El fundamento de este ensayo es golpear la superficie externa de la probeta mediante la caída libre de una masa descendente con una herramienta punzante. Tras el impacto se inspecciona la probeta para comprobar si existe pérdida de estanquidad.

Resultado: Altura de caída > 2000 mm, sin producirse pérdida de estanquidad.



3.13.-DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA QUÍMICA

Este ensayo consiste en la aplicación sobre la superficie de las probetas (5 para cada reactivo) de cada reactivo durante cierto tiempo. La concentración de las soluciones utilizadas y los tiempos de permanencia sobre las probetas se detallan a en la tabla siguiente:

	REACTIVO	CONCENTRACION	TIEMPO DE CONTACTO
Productos domésticos de limpieza	Cloruro amónico	100 g/l	24 horas
Aditivos para piscinas	Hipoclorito sódico	20 mg/l	24 horas
Ácidos y álcalis en baja concentración	Ácido cítrico	100 g/l	24 horas
	Ácido clorhídrico	3% (v/v)	4 días
	Hidróxido potásico	30 g/l	4 días
	Ácido láctico	6% (v/v)	4 días
Ácidos y álcalis en alta concentración	Ácido clorhídrico	18% (v/v)	4 días
	Hidróxido potásico	100 g/l	4 días

A continuación se describen todas las diferencias observadas con la superficie no tratada tras la realización del ensayo de ataque químico.

Solución de ensayo		Probeta nº				
		1	2	3	4	5
Producto de limpieza doméstico	Cloruro amónico	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia
Sales de piscina	Hipoclorito sódico	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia
Ácidos-bases débiles	Ac. cítrico	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia
	HCl	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia
	KOH	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia
Ácidos-bases fuertes	HCl	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia
	Ac. láctico	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia
	KOH	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia	No diferencia



Tras la realización de la prueba del borrado de la marca de lápiz dureza HB, las baldosas se han clasificado según "Clasificación normal".

Tras la inspección visual las baldosas se han clasificado como se indica en la siguiente tabla:

Clasificación	Productos de limpieza. Sales de piscina		Ácidos-bases débiles (L)			Ácidos bases fuertes (H)		
	Cloruro amónico	hipoclorito sódico	HCl	A. cítrico	KOH	HCl	Ac. láctico	KOH
	GA	GA	GLA	GLA	GLA	GHA	GHA	GHA

Clasificados como:

- A: Sin defectos visibles y ensayo de raya de lápiz borrado en la zona tratada
- B: Sin defectos visibles y ensayo de raya de lápiz no borrado en la zona tratada o efectos visibles pero con reflexión de luz nítida en la zona tratada
- C: Efectos visibles con reflexión de luz borrosa en la zona tratada.

4.- COMENTARIOS

Al no existir normativa de referencia para este tipo de producto no se puede hacer una valoración de los resultados obtenidos.

Fdo: Javier Quintana Pérez
Químico
Responsable de Ensayos Físicos

Fdo: Miguel Ángel Garzón Moreno
Químico
Director del Laboratorio

¹ Los resultados que se expresan en el presente informe corresponden sólo a los análisis o ensayos efectuados a la/s muestra/s ensayada/s, por lo que no pueden hacerse extensivos a otros materiales. Queda prohibida la reproducción total o parcial de estos datos o informe, con fines publicitarios. Este informe debe ser considerado en su conjunto, por lo que no puede ser fragmentado en partes. Este informe consta de diez páginas debidamente selladas y numeradas.

I-DLB-13644-11

NºACTA-2011/2869

Vorsevi, S.A. C/Leonardo da Vinci, 20-PARQUE TECNOLÓGICO CARTUJA'93-41092 SEVILLA-Sevilla

Nº REGISTRO REGLECE-AND-028

Vorsevi, S.A., Central

Página 10

ANEXO II. Ensayo de propiedades acústicas.

Se anexa el ensayo realizado por el laboratorio INASEL en el que se analiza el comportamiento acústico de la teja de caucho reciclado y se detallan sus propiedades aislantes y absorbentes de la reverberación de sonido.



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/049/10 v.1

INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS, S.L.
Consultores · Fabricantes · Instaladores · Laboratorio Acústico

Parque Tecnológico Aeroespacial de Andalucía "AEROPOLIS"
C/ Juan Olivert, 10 – CN. IV – Km. 528
41309 – La Rinconada, SEVILLA
Telf.: 95.563.02.73 · 95.563.09.84 · Fax: 95.563.04.22
e-mail: inasel@inasel.com

**INFORME: ENSAYO TÉCNICO DE MEJORA DEL ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA
POR UN REVESTIMIENTO Y ABSORCIÓN ACÚSTICA EN CÁMARA
REVERBERANTE DE PANEL MULTIAISLANTE LEBUR.**

Municipio: Sevilla
Provincia: Sevilla
Fecha: 09/08/2010
Informe Nº: LAB/049/10 v.1

R.M. de Sevilla. T. 1254, P. 182, H. 6º-6ºB, Inscrición 1ª - C.I.F. B-41411508

INFORME Nº: LAB/049/10 v.1

PETICIONARIO:

D. MIGUEL ÁGEL CASADO FALAGÁN
NIF 10195757-H
C/RÍO GUADELETE, 9
29651 MIJAS (MÁLAGA)



ÍNDICE

1	IDENTIFICACIÓN DEL INFORME	3
1.1	Entidad que realiza el informe	3
1.2	Personal de la entidad que realiza los ensayos.....	3
1.3	Fecha y lugar de realización de los ensayos.....	3
2	OBJETO Y ALCANCE DEL INFORME	3
3	MATERIAL ENSAYADO	3
3.1	Ensayo de Absorción acústica en cámara reverberante.....	3
3.2	Medición de la mejora del índice de reducción acústica	4
4	METODOLOGÍAS Y CONDICIONES AMBIENTALES DEL ENSAYO	5
4.1	Condiciones ambientales del ensayo	5
4.2	Normativa de referencia	5
4.3	Definición de los índices acústicos	6
4.3.1	Definición del índice de aislamiento acústico	6
4.3.2	Definición del índice de absorción acústica	6
5	INSTRUMENTACIÓN	7
6	METODOLOGÍA	7
7	RESULTADOS OBTENIDOS.....	7
7.1	Mejora del índice de Reducción Sonora a partir de los aislamientos acústicos normalizado a ruido aéreo de las diferentes muestras	7
7.2	Absorción acústica.....	11
7.3	Declaración de las desviaciones del método normativo y/o carencias del mismo	15
8	CONCLUSIONES.....	15
9	ANEXOS	16
	ANEXO I. CROQUIS DE LOS ENSAYOS.....	16
	ANEXO II. CERTIFICADOS DE VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS.....	18



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/049/10 v.1

1 IDENTIFICACIÓN DEL INFORME

1.1 Entidad que realiza el informe

Ingeniería Acústica y Servicios, S.L. (INASEL en adelante), Entidad colaboradora de la Consejería de Medio Ambiente en materia de Protección Ambiental según Decreto 12/1999 de 26 de enero con número de registro REC013¹, entidad acreditada por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) para la realización de ensayos in situ en las áreas ambiental, edificación e industrial, según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (ref. nº 385/LE922).

1.2 Personal de la entidad que realiza los ensayos

Álvaro Grilo Bensusan (Técnico en acústica)

1.3 Fecha y lugar de realización de los ensayos

Ingeniería Acústica y Servicios S.L. – Cámara de ensayos
Calle Juan Olivert, 10 Polígono Aeroespacial AEROPOLIS
La Rinconada (Sevilla)
Fecha: 12/julio y 6/agosto/2010

2 OBJETO Y ALCANCE DEL INFORME

El objeto del presente informe es describir el proceso de medida y valoración de los siguientes ensayos acústicos:

- Mejora del Índice de Reducción Acústica del panel multiaislante LEBUR sobre elemento base (de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 140-16:2007 "Medición en laboratorio de la mejora del índice de reducción acústica por un revestimiento complementario").
- Ensayo de absorción acústica de del panel multiaislante LEBUR en cámara de ensayo reverberante (de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 354:2004 "Medición de la absorción acústica en cámara reverberante").

3 MATERIAL ENSAYADO

El panel multiaislante LEBUR ensayado es un panel flexible realizado a base de [REDACTED] procedente de reciclado [REDACTED] y [REDACTED] proporción 75%/25% en formato planchas de 10 mm de espesor, que se puede emplear tanto para revestimientos exteriores e interiores como material aislante en soluciones constructivas.

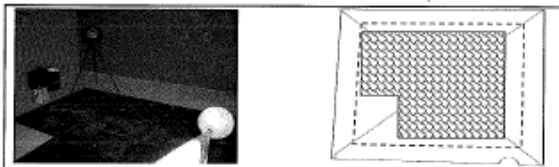
3.1 Ensayo de Absorción acústica en cámara reverberante

La selección de las unidades requeridas para el ensayo, fue seleccionada por el peticionario de este informe, en concreto se van a analizar una superficie de 10,6 metros cuadrados dispuestos en el suelo de la cámara, con la siguiente configuración:

¹ El certificado de acreditación del Laboratorio Acústico de INASEL como entidad colaboradora (REC13) puede solicitarse a través de la dirección de correo electrónico inasel@inasel.com



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/049/10 v.1



La cámara reverberante tiene las paredes no paralelas a fin de evitar las ondas estacionarias y se han ubicado difusores en el techo consistente en metacrilato transparente para conseguir la mejor difusión acústica. El volumen de la cámara es de 150 m³.

3.2 Medición de la mejora del índice de reducción acústica

En concreto se analiza la mejora del índice de reducción acústica derivada de la colocación de un trasdosado realizado mediante placa de pladur de 15 mm, revestimiento interior de panel multiaislante LEBUR de 10 mm y cámara de aire de 10 mm (solución similar TR1 del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE) sobre elemento base resuelto mediante citara de ladrillo hueco doble [R'_w: 40 (-1,-3)], valorado in situ, solución P1.3 del CEC-CTE). Estas muestras se disponen en un hueco de dimensiones 103x102 cm en paramento vertical de separación entre las cámaras emisoras y receptoras compuesto por un plé de ladrillo macizo [R'_w: 56 (-1,-4)], tal y como se muestra en las siguientes imágenes.



Vista del elemento base

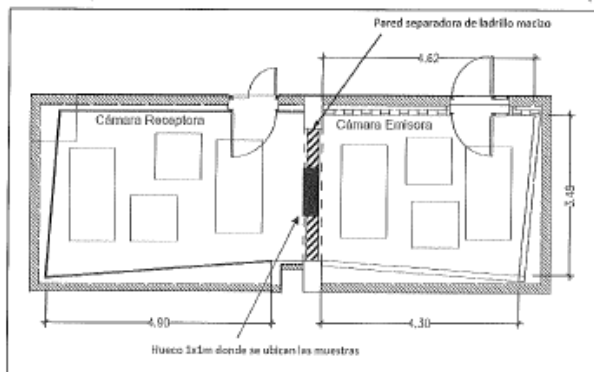


Vista del elemento base con el revestimiento tipo trasdosado

Tanto en la cámara emisora como receptora las paredes no son paralelas a fin de evitar las ondas estacionarias y se han ubicado difusores en el techo consistente en metacrilato transparente para conseguir la mejor difusión acústica.



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/049/10 v.1



R.M. de Sevilla. T. 1234. Pº 193. H. 35-596. Inscrición 1º - C.I.F. B-4111998

4 METODOLOGÍAS Y CONDICIONES AMBIENTALES DEL ENSAYO

4.1 Condiciones ambientales del ensayo

Durante las medidas se registraron las siguientes condiciones ambientales:

	Ensayo de Aislamiento	Ensayo de Absorción
Temperatura (°C)	27	27
Humedad (%)	67	53

4.2 Normativa de referencia

El método de medida empleado en el presente ensayo para la medida de los aislamientos a ruido aéreo ha seguido las prescripciones definidas en la Norma UNE-EN ISO 140/3 "Medida en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción". Igualmente se siguieron las prescripciones de la norma UNE-EN ISO 140-16:2007 para la medición en laboratorio de la mejora del índice de reducción acústica por un revestimiento complementario.

Para la medida de la absorción se siguieron las prescripciones de la Norma UNE - EN ISO 354:2004 "Medición de la absorción acústica en cámara reverberante".



4.3 Definición de los índices acústicos

4.3.1 Definición del índice de aislamiento acústico

El índice de aislamiento acústico, R , es definido según Norma UNE-EN ISO 140-3:1995, por la expresión:

$$R = 10 \lg \frac{W_1}{W_2} \text{ dB}$$

Donde:

- W_1 : Potencia acústica incidente sobre la muestra bajo ensayo
- W_2 : Potencia acústica transmitida a través de la muestra

De acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 140-3:2004, el índice de reducción sonora se evalúa como:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A} \text{ dB}$$

Donde:

- L_1 : Es el nivel de presión sonora medio en el recinto emisor, en dB.
- L_2 : Es el nivel de presión sonora medio en el recinto receptor, en dB.
- S : Es el área de la muestra, en m^2 , que es igual al hueco de la apertura de medida.
- A : Es el área de absorción sonora equivalente en el receptor, en m^2 .

De acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 140-16:2007, el índice de mejora de reducción Acústica AR, se evalúa como la diferencia de los índices de reducción acústica del elemento básico con y sin el revestimiento para cada banda de tercio de octava según se indica en la ecuación:

$$\Delta R = R_{\text{revo}} - R_{\text{sinrevo}}$$

4.3.2 Definición del índice de absorción acústica

El área de absorción sonora equivalente A_T , en metros cuadrados de la muestra es:

$$A_T = A_2 - A_1$$

donde

A_1 es el área de absorción sonora equivalente, en metros cuadrados, de la cámara reverberante vacía.

A_2 es el área de absorción sonora equivalente, en metros cuadrados, de la cámara reverberante conteniendo la muestra.

El coeficiente de absorción sonora α_s de un absorbente plano debe calcularse mediante la expresión:

$$\alpha_s = \frac{A_T}{S}$$

Para absorbentes unitarios, el resultado debe expresarse generalmente como área de absorción sonora equivalente por objeto, que se determina dividiendo el A_T entre el número de objetos ensayados.



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/D49/10 v.1

5 INSTRUMENTACIÓN

Equipos de medida:

ID.	Equipo	Marca	Modelo	Nº Serie	C. Verificación.
LD51	Sonómetro, tipo 1	Larson&Davis	2900B	A0862	0052630-4
CPA11	Calibrador, tipo 1	Larson&Davis	CAL250	2931	M1-0052650/7

Equipos auxiliares:

ID.	Equipo	Marca	Modelo	Nº Serie
PRO02	Estación meteorológica	DAVIS	VANTAGE PRO	A71203D59N
AGR01	Amplificador sonoro	NORSONIC	NOR-260	30720
FOM01	Fuente omnidireccional	NORSONIC	NOR-270	30740

6 METODOLOGÍA

A continuación se indican los procedimientos internos seguidos para la realización de las medidas:

- INS.PE.01: Calibración, mantenimiento y verificación de equipos
- INS.PE.02: Ensayo de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos. Procedimiento basado en la norma UNE-EN ISO 140-4:1999.

7 RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se indican los resultados obtenidos durante la toma de niveles sonoros:

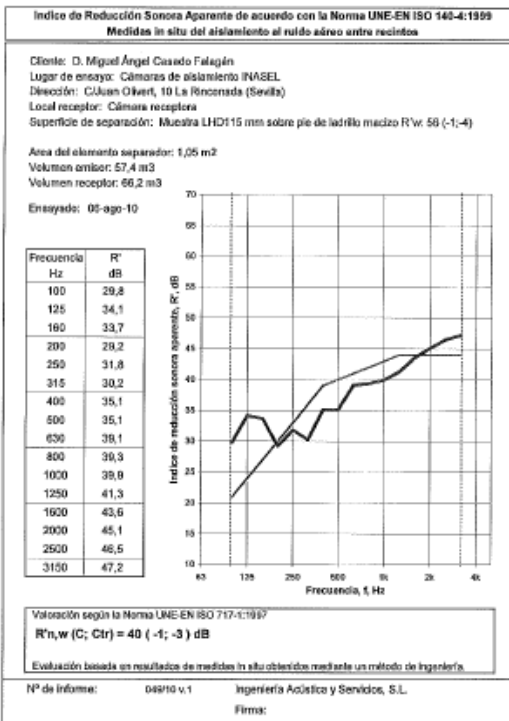
7.1 Mejora del Índice de Reducción Sonora a partir de los aislamientos acústicos normalizado a ruido aéreo de las diferentes muestras

A continuación se especifican tanto el Índice de Reducción Sonora de las diferentes muestras ensayadas así como la mejora del aislamiento acústico derivada del revestimiento objeto de estudio.



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/D49/10 v.1

R.M. de Sevilla. T. 1234, nº 183, H. 5E-568, Inscripción Y-... C.I.F. B-41411566

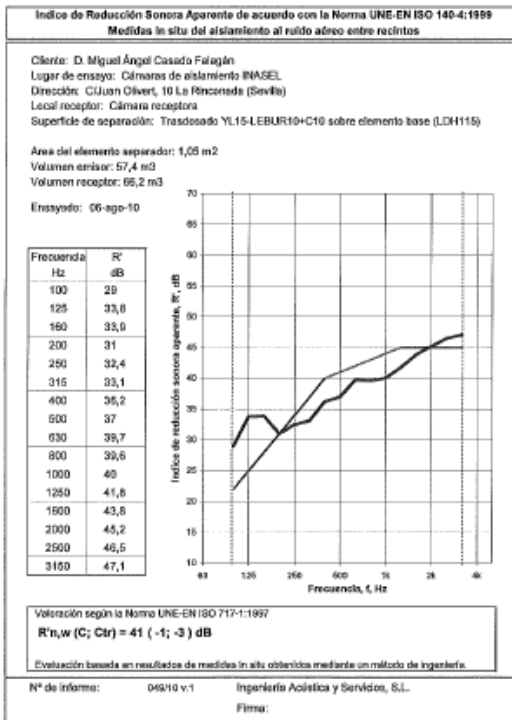


Incertidumbre (dB): 1



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/049/10 v.1

R.M. de Sevilla. T. 1234, pº 18º. N. 88-888. Inscripción 1ª - C.I.F.: B-41411556

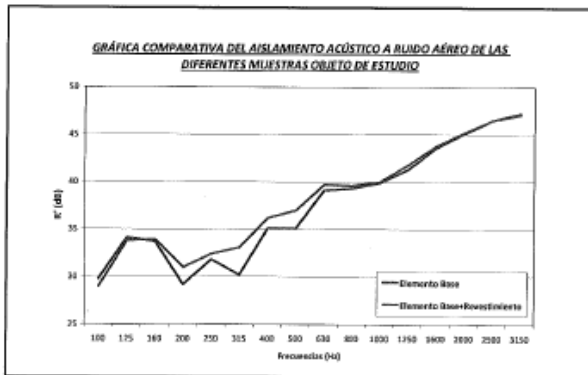


Incertidumbre (dB): 1

En la siguiente gráfica comparativa se aprecian las diferencias existentes entre los índices de reducción sonora aparente de las muestras estudiadas.



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/049/10 v.1



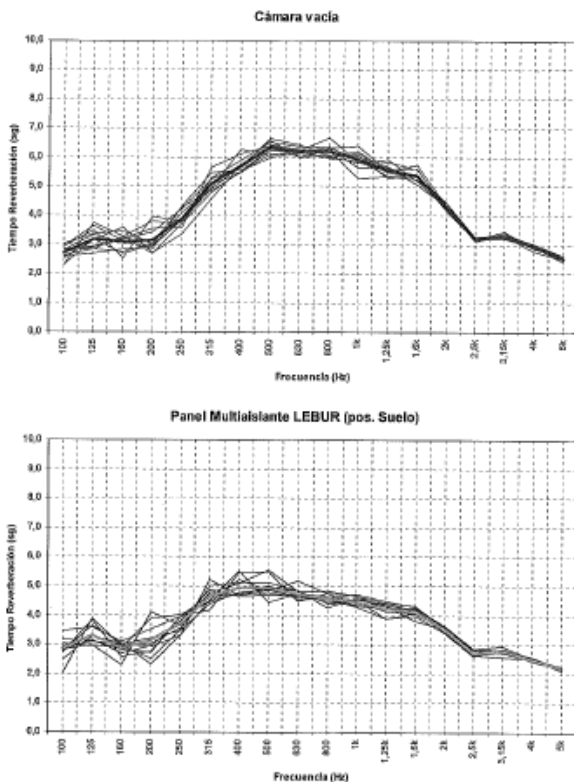
R.M. de Sevilla, T. 1234, P. 150, H. 56-588, inscripción 1ª - C.I.F. B-41411295

Frecuencia	R ^a Elemento Base	R ^a Elemento Base+Revestimiento	ΔR
Hz	dB	dB	dB
100	29,8	29,0	-0,8
125	34,1	33,8	-0,3
160	33,7	33,9	0,2
200	29,2	31	1,8
250	31,8	32,4	0,6
315	30,2	33,1	2,9
400	35,1	36,2	1,1
500	35,1	37	1,9
630	39,1	39,7	0,6
800	39,3	39,6	0,3
1000	39,9	40	0,1
1250	41,3	41,8	0,5
1600	43,6	43,8	0,2
2000	45,1	45,2	0,1
2500	46,5	46,5	0,0
3150	47,2	47,1	-0,1
Índice de Reducción Acústica Ponderado, R _w [C,C ₂]	40 (-1,-3)dB	41 (-1,3) dB	-
Mejora del Índice Global de Reducción Acústica ΔR _w			1 dB
A[R _w +C]			1 dB



7.2 Absorción acústica

Como resumen del ensayo se representa los resultados más representativos y significativos de los tiempos de reverberación obtenidos con la cámara vacía y la cámara con la muestra para cada uno de los puntos muestreados.



R.M. de Sevilla, T. 1234, P. 123, H. 56-588, Inscripción 1ª - C.I.F. B-414111985



A continuación se expone los siguientes índices:

- T_1 es el tiempo re reverberación de la cámara vacía (sg)
- T_2 es el tiempo re reverberación de la cámara con muestra (sg).
- A_r es el área de absorción sonora equivalente de la muestra de ensayo (m^2).
- α_c es el coeficiente de absorción sonora de un absorbente plano.
- $r_{3s}(T)/T$ es la repetitividad de los tiempos de reverberación medidos.

Frecuencias (Hz)	T_1	T_2	A_r	α_c	$r_{3s}(T)/T$
100	2,71	2,85	-0,45	0,00	0,030
125	3,17	3,32	-0,34	0,00	0,027
160	3,08	2,85	0,61	0,06	0,023
200	3,16	3,16	-0,02	0,00	0,021
250	3,89	3,71	0,20	0,03	0,019
315	5,11	4,65	0,45	0,04	0,017
400	5,72	4,95	0,64	0,06	0,015
500	6,32	4,95	1,04	0,10	0,013
630	6,19	4,74	1,16	0,11	0,012
800	6,20	4,57	1,36	0,13	0,010
1000	5,92	4,49	1,28	0,12	0,009
1250	5,68	4,22	1,35	0,13	0,008
1600	5,38	4,12	1,35	0,13	0,007
2000	4,29	3,53	1,18	0,11	0,007
2500	3,20	2,71	1,34	0,13	0,006
3150	3,31	2,79	1,33	0,13	0,005
4000	2,94	2,49	1,47	0,14	0,005
5000	2,54	2,18	1,51	0,14	0,004



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/049/10 v.1



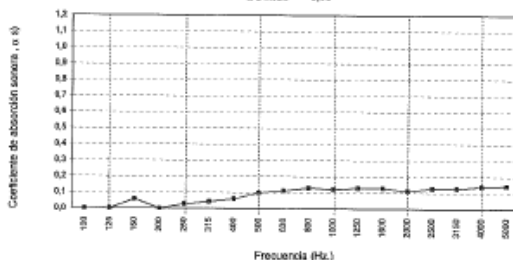
ENSAYO DE ABSORCIÓN ACÚSTICA
(Coeficiente de absorción sonora para una configuración específica de objetos, α_s)

Lugar de medida: Cámara reverberante de INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS (INASEL)
Ciudad: INASEL, P.T.A.A. "AEROPOLIS", C/ Juan Oliver, 10 - CN.IV - Km.528
41300 - La Rincónada (SILVILLA)
Fecha: 12 de julio de 2010
Composición de la muestra: P Panel multilaminado LEBUR 10 mm
Se colocan once (11) unidades de 900x900x10 sobre el suelo de la sala, unidas entre sí mediante la propia adhesividad del latex, sin juntas y sin marco posterior ni lateral.
Superficie / unidades de la muestra: 10,8 m² / 11 unidades. **Volumen cámara:** 150m³.
Norma de referencia: UNE-EN ISO 354:2004
Detalle gráfico:

Frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
α_s	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,04	0,05	0,10	0,11
	0,02		0,02		0,05		0,05		

Frec. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
α_s	0,13	0,12	0,13	0,13	0,11	0,15	0,13	0,14	0,14
	0,13		0,12		0,12		0,14		

α_s media = 0,09



R.M. de Sevilla, T. 1234, P.º 193, H. 88-508, Inscrición 1.º - C.I.F. B-41411596



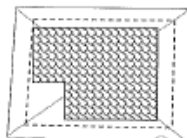
INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/D49/10 v.1



ENSAYO DE ABSORCIÓN ACÚSTICA
(Área de absorción equivalente por objeto, A obj)

Lugar de medida: Cámara reverberante de INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS (INASEL)
 Cliente: INASEL, P.T.A.A. "AEROPOLIS", C/ Juan Oliver, 10 - CN.IV - Km.526
 41309 - La Rinconada (SEVILLA)
 Fecha: 12 de julio de 2010
 Composición de la muestra: P Panel multilaminado LEBUR 10 mm
 Se ubicaron once (11) unidades de 960x960x10 sobre el suelo de la sala, unidas entre sí mediante la propia adherencia del latex, sin juntas y sin marco exterior reflectante.
 Superficie / unidades de la muestra: 10,6 m² / 11 unidades. Volumen cámara: 150m³.
 Norma de referencia: UNE-EN ISO 354:2004

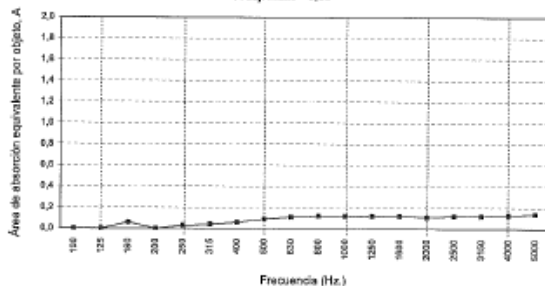
Detalle gráfico:



Frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
A obj.	0,00	0,00	0,06	0,00	0,03	0,04	0,06	0,06	0,11
		0,02			0,02			0,05	

Frec. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
A obj.	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14
		0,12			0,12			0,13	

A obj. medio = 0,08



R.M. de Sevilla, T. 1234, P. 193, H. SE-598, Inscripción 1ª - C.I.F. B-41411398



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/049/10 v.1

7.3 Declaración de las desviaciones del método normativo y/o carencias del mismo

Debido a las características del material ensayado, no se pudo realizar el ensayo de absorción acústica en cámara reverberante con el material instalado normalmente en una aplicación real, según lo especificado en el apartado B.2 Montajes tipo A del Anexo B de la UNE EN ISO 354:2003.

Los ensayos de aislamientos acústicos a ruido aéreo se realizan sobre las dimensiones de las muestras objeto de estudio anteriormente especificados.

8 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se deducen las siguientes conclusiones:

- El aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo de una placa multiaislante LEBUR de 10 mm aplicada en trasdosado con cámara de aire de 1 cm sobre elemento base de citara de ladrillo hueco doble, valorado en cámara de ensayo de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 140-3:1995 mediante el Índice de Reducción Acústica Aparente: $R'_{n,w}$ (C, Ctr) es igual a 41 (-1,-3) dB.
- La Mejora del Índice Global de Reducción Acústica $\Delta R_{n,w}$ de la placa multiaislante LEBUR de 10 mm aplicada en trasdosado con cámara de aire de 1 cm sobre elemento base de citara de ladrillo hueco doble (R'_{w} : 40 (-1,-3), valorado en cámara de ensayo de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 140-16:2007 es igual a 1 dB.
- La absorción acústica de once (11) paneles multiaislantes LEBUR ocupando una superficie de 10,6 m², valorado en cámara reverberante de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 354:2003 mediante el Coeficiente de absorción sonora medio es igual a 0.09.

El presente informe sólo afecta a los objetos sometidos a estudio. Se prohíbe la reproducción o modificación parcial o total de este informe, salvo expreso consentimiento de la empresa que lo emite.

Los resultados y conclusiones que se exponen en el presente ensayo son válidos mientras se mantengan las condiciones de entorno existentes en el momento de realizar la toma de datos, dichas condiciones se describen en el apartado de identificación y descripción de los puntos de medidas. Es este nuestro mejor parecer, y salvo opinión mejor fundada se firma el presente estudio.

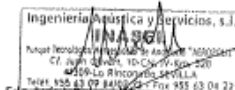
Por INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS, S.L.

Elaborado por:



Fdo. Álvaro Cirilo Bensusan
Técnico en Acústica

Revisado y aprobado por:

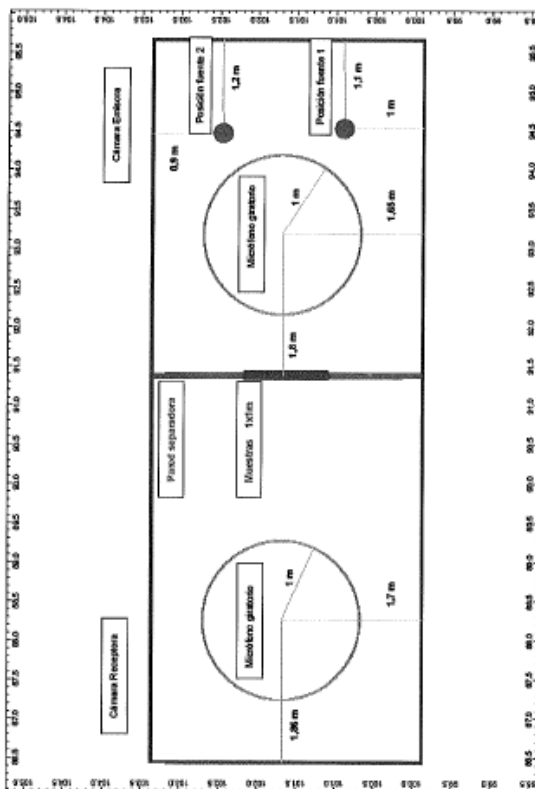


Fdo. Luis J. Rejano Pérez
Director Técnico.

B.M. de Sevilla, T. 1234, P.º 103, H. 8E-808, inscripción P.º C.U.P. B-41411599

9 ANEXOS

ANEXO I. CROQUIS DE LOS ENSAYOS

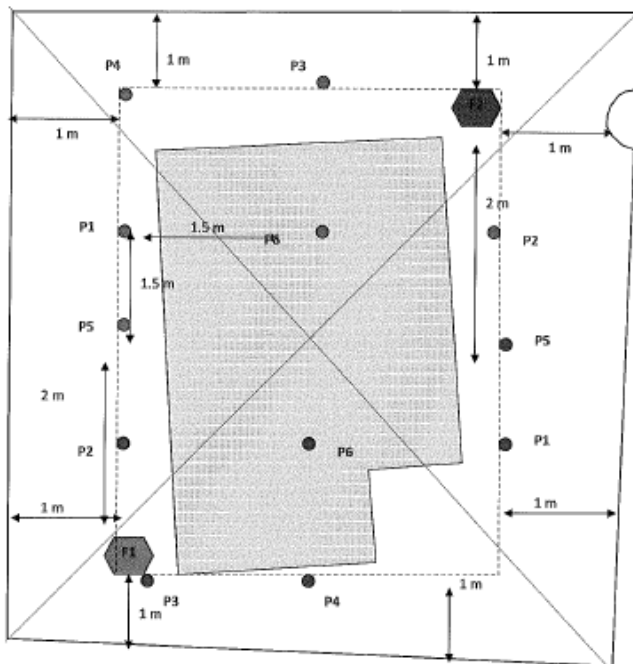


R.M. de Sevilla, T. 1234, P. 133, N. SE555, Inscripción 1ª - C.I.F. B-411886



INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe Nº: LAB/049/10 v.1

F.M. de Sevilla, T. 1234, Pl. 1º, H. 9C-598, Inscrición 1ª - C.I.F. B-41411890





INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L.
Laboratorio Acústico
Informe N.º: LAB/049/10 v.1

ANEXO II. CERTIFICADOS DE VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS²

R.M. de Sevilla, T. 1234, P. 103, H. 05.000, Inscripción T. - C.I.P. 34-41 1505

<p>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Prueba por Módulo de Comparación entre mediciones sucesivas en el tiempo</p> <p>VEIASA</p> <p>INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L. PARQUE TECNOLÓGICO AGROPECUARIO LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN C/DA LA BARRIOBLANCA, 10 40100 LA BARRIOBLANCA, SEVILLA</p> <p>FECHA DE CALIBRACIÓN: 05/05/2010</p> <p>Modelo 101</p>	<p>CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN</p> <p>RESULTADO: PASA</p> <p>RESULTADO: PASA</p> <p>FECHA DE VERIFICACIÓN: 05/05/2010</p>
<p>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Prueba por Módulo de Comparación entre mediciones sucesivas en el tiempo</p> <p>VEIASA</p> <p>INGENIERÍA ACÚSTICA Y SERVICIOS S.L. PARQUE TECNOLÓGICO AGROPECUARIO LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN, 10 C/DA LA BARRIOBLANCA, 10 40100 LA BARRIOBLANCA, SEVILLA</p> <p>FECHA DE CALIBRACIÓN: 05/05/2010</p> <p>Modelo 101</p>	<p>CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN</p> <p>RESULTADO: PASA</p> <p>FECHA DE VERIFICACIÓN: 05/05/2010</p>

² Copias de los certificados de verificación y calibración de los equipos utilizados pueden solicitarse con mayor resolución a través de la dirección de correo electrónico inasel@inasel.com

ANEXO III. Precio descompuesto de m² de colocación de teja LEBUR.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
m ² 13bhd10d	m ²	Tablero de madera de pino hidrotugada, espesor 22 mm.	1,090	9,45	10,30
m ² 13aeg021	Ud	Tornillo autotaldrante no oxidable para fijación de tableros de madera a soporte en cubiertas inclinadas.	5,000	0,07	0,35
m ² 08aas010a	m ²	Agua.	0,371	1,50	0,56
m ² 09m ² 010ca	t	Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría II-5 (resistencia a compresión 5 N/mm ²), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2.	2,049	32,25	66,08
m ² 13bhw010d	m	Rastral de madera de pino galego tratado o pino rojo, 42x27 mm, calidad VI.	6,810	0,47	3,20
m ² 13aeg022	Ud	Clavo de acero para fijación de rastreil de madera a soporte de madera.	10,620	0,04	0,42
m ² 13pic1001	m ²	Teja de caucho reciclado LEBUR para techar en piezas rectangulares, 37x16 cm, grueso 7 a 8 mm.	1,090	15,48	15,48
m ² 13pic050	kg	Elementos de sujeción de acero inoxidable (clavos, ganchos, puntas, etc.).	0,460	3,42	1,57
m ² 13pic051	Ud	Pieza de ventilación de chapla galvanizada.	0,050	6,31	0,32
m ² 13pic053a	m ²	Lámina de zinc natural de 0,8 mm de espesor, en bobina.	0,192	16,75	3,22
m ² 019	h	Oficial 1ª construcción.	0,262	17,24	4,52
m ² 075	h	Ayudante construcción.	3,200	16,13	51,62
m ² 035	h	Oficial 1º colocador de teja caucho.	0,455	17,24	7,84
m ² 072	h	Ayudante colocador de caucho.	0,455	16,13	7,34
	%	Medios auxiliares	2,000	172,82	3,46
	%	Costes indirectos	3,000	176,28	5,29
		Total:			181,57

QT P013 m² Cubierta inclinada con cobertura de caucho Imitación pizarra (LEBUR)

Formación de cubierta inclinada con una pendiente media del 60%, compuesta de los siguientes elementos: FORMACIÓN DE PENDIENTES: tablero de madera de pino hidrotugada, de 22 mm de espesor, sobre entramado estructural (no incluido en este precio); IMPERMEABILIZACIÓN Y COBERTURA: Caucho reciclado, imitación pizarra para techar en pizos rectangulares, 37x16, grueso 7 a 8 mm, colocada formando tres espesores (cubierta terciada), y fijada sobre rastreiles de madera de pino de 42x27 mm de sección, dispuestos en hileras paralelas al alero. Incluo pji de caballetes, y limas, remates de chapla galvanizada de 25 cm de desarrollo, piezas de ventilación de cubierta, goterones y piezas especiales para formación de cumbreras y limas con tornillos metálicos y acabados de pizarra, aleros, endobles y bordes libres.