

# ESTUDIO DE LOS PLÁSTICOS COMO MATERIAL RECICLADO PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

GRADO EN FUNDAMENTOS DE ARQUITECTURA

TRABAJO FINAL DE GRADO 2018/2019



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA

AUTOR: ANA BOTET LATRE  
TUTOR: MARÍA ÁNGELES  
ÁLVAREZ GONZÁLEZ

## I. Resumen

La contaminación de los plásticos y su lenta descomposición es un problema actual al que hay que buscar soluciones.

En este trabajo se trata de conocer las propiedades de los diferentes tipos de plástico, sus aplicaciones, las formas de procesamiento para su reciclaje, aditivos necesarios, las leyes de Gestión de Residuos, etc., y poner ejemplos de empresas enfocadas a la construcción o urbanismo que utilizan el plástico reciclado como su materia prima, promoviendo así la economía circular.

Para finalizar se realiza un ensayo fabricando un ladrillo con plástico reciclado y se comparan las pruebas de resistencia obtenidas en el laboratorio entre las diferentes muestras.

## II. Palabras clave

Plástico reciclado, gestión de residuos, construcción sostenible, economía circular.

## Resum

La contaminació dels plàstics i la seva lenta descomposició és un problema actual al qual cal buscar solucions.

En aquest treball es tracta de conèixer les propietats dels diferents tipus de plàstic, les seves aplicacions, les formes de processament per al seu reciclatge, additius necessaris, les lleis de Gestió de Residus, etc., i posar exemples d'empreses enfocades a la construcció o urbanisme que utilitzen el plàstic reciclat com la seva matèria primera, promovent així l'economia circular.

Per finalitzar es realitza un assaig fabricant un maó amb plàstic reciclat i es comparen les proves de resistència obtingudes al laboratori entre les diferents mostres.

## Paraules clau

Plàstic reciclat, gestió de residus, construcció sostenible, economia circular.

## Summary

The contamination of plastics and their slow decomposition is a current problem that must be looked for solutions.

This work is about know the properties of the different types of plastic, its applications, the forms of processing for recycling, necessary additives, the laws of Waste Management, etc., and to put examples of companies focused on construction or urbanism that use recycled plastic as their raw material, thus promoting the circular economy.

Finally, a test is made by making a brick with recycled plastic and the resistance tests obtained in the laboratory are compared between the different samples.

## Key words

Recycled plastic, waste management, sustainable construction, circular economy.

**INDICE**

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. ANTECEDENTE	4
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3. PANORAMA ACTUAL	5
1.4. OBJETO DEL PROYECTO	6
1.5. METODOLOGÍA	6
2. LOS PLÁSTICOS	8
2.2. TIPOS	8
2.2.1. TERMOPLÁSTICOS	8
2.2.2. TERMOESTABLES	16
2.2.3. ELASTÓMEROS	19
3. EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS	24
3.1. ORIGEN DE LOS RESIDUOS	24
3.2. GESTIÓN DE RESIDUOS	26
3.3. MÉTODOS DE RECICLAJE	27
3.3.1. RECICLAJE MECÁNICO	27
3.3.2. RECICLAJE QUÍMICO	28
3.4. ADITIVOS	30
3.4.1. AGENTE ANTI CONDENSACIÓN	30
3.4.2. AGENTE ANTIESTÁTICOS	30
3.4.3. AGENTE ESPUMANTE	30
3.4.4. COLORANTES	30
3.4.5. CARGAS	30
3.4.6. MODIFICADORES DE IMPACTO	31
3.4.7. LUBRICANTES	31
3.4.8. AGENTES DE NUCLEACIÓN	31
3.4.9. PLASTIFICANTES	31
3.4.10. ESTABILIZADORES	31
3.4.11. RETARDANTES DE LLAMA	32
4. APLICACIÓN A LA CONSTRUCCIÓN	34
4.1. PAVIMENTOS	34
4.2. PANELES	38
4.3. LADRILLOS	40
4.4. TEJAS	43
4.5. MOBILIARIO / VIAL	44
5. CASO PRÁCTICO	50
6. DISCUSIÓN	54

**7. CONCLUSIONES**

56

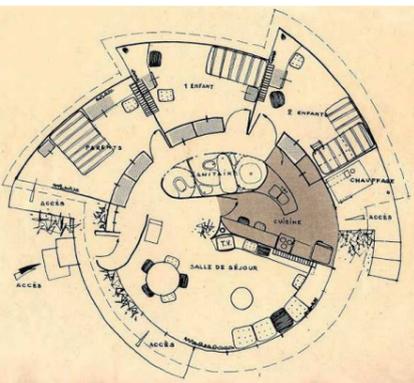


Imagen 1. Planta Casa de Plástico.  
<https://goo.gl/FHi7Qi>



Imagen 2. Vista interior Casa de Plástico.  
<https://goo.gl/FHi7Qi>



Imagen 3. Maqueta Casa de Plástico.  
<https://goo.gl/2VbiJd>

Los plásticos y la seguridad contra incendios en el sector de la construcción. (2017). PlasticsEurope

Plásticos. (2005). Tectónica 19

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES

La evolución del plástico comenzó utilizando materiales procedentes de la naturaleza con características elásticas, como el ámbar o el caucho, para posteriormente descubrir los plásticos sintéticos, hasta llegar a lo que conocemos actualmente.

Sus propiedades y la innovación que suponía, lo convirtieron en un material de prestigio donde se crearon prototipos de vivienda prefabricada, módulos, etc., como la Casa de Plástico de Lionel Schein (1955) y la Cápsula de Hotel (1956), o la Casa del Futuro de Marvin Goody y Richard Hamilton (1957); lo cual acabó con la crisis del petróleo de los años setenta. A partir de esta crisis el plástico se utilizaba en elementos que no estuvieran vistos, como tuberías o cables, y si se utilizaba como revestimiento o suelo se intentaba imitar la madera u otro material con mayor prestigio.

En estos últimos años se ha tenido en cuenta las numerosas ventajas de las propiedades de este material y se

Imagen 5. Sección Cápsula hotel  
<https://goo.gl/zTFdVZ>

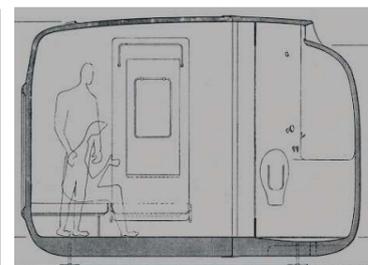


Imagen 4. Maqueta Cápsula hotel  
<https://goo.gl/2VbiJd>



Imagen 6. Vista exterior Cápsula hotel  
<https://goo.gl/zTFdVZ>



Imagen 7. Vista exterior Casa del Futuro  
<https://goo.gl/YNuDJM>

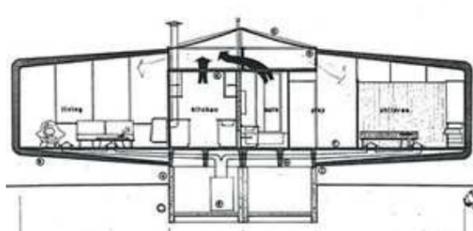


Imagen 8. Sección Casa del Futuro  
<https://goo.gl/M7p5pb>

ha ido incorporando en mayor medida en la arquitectura, aunque dando más importancia a su reciclaje o su reutilización y al beneficio económico y ambiental que se puede obtener gracias a esta práctica. Como ejemplo de ello, podemos observar las construcciones hechas con botella de plástico reutilizadas y tierra en el Sáhara, o las empresas que se exponen en este trabajo.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“La huella ecológica cuantifica el área de territorio productivo o ecosistema acuático que un habitante necesita para garantizar los recursos que consume y para asimilar los residuos que produce. Este área, no importa donde esté ubicada, varía según el nivel de vida específico de cada sociedad.”

Nuestra sociedad va aumentando paulatinamente su nivel de consumo, contaminando su entorno a una velocidad que la naturaleza no es capaz de asumir.

La arquitectura tiene una gran huella ecológica, y está en nuestras manos reducirla. Siendo responsables y utilizando materiales reciclados, diseñando soluciones eficaces para evitar el malgasto de energía, teniendo en cuenta la orientación del edificio y las protecciones necesarias, etc., podemos contribuir a reducir la contaminación y el impacto que pueda generar nuestras construcciones en el medio ambiente.

Centrándonos en el reciclaje en la arquitectura, se ha analizado los posibles materiales que se podría utilizar para crear un elemento constructivo reciclado, teniendo en cuenta sus características, aditivos y métodos de transformación principalmente.

En este caso, se ha creído conveniente elegir el plástico, ya que es uno de los materiales más utilizados en nuestra sociedad y unos de los materiales que más tiempo necesita para su descomposición.

## 1.3. PANORAMA ACTUAL

Desde que comenzó a fabricarse plástico hasta la actualidad, los seres humanos han creado alrededor de 8300 millones de toneladas métricas de plástico hasta ahora, lo cual supera a todos los materiales creados artificialmente por el hombre, excepto el acero y el cemento.

Otro punto a tener en cuenta, es que en la actualidad, solo el 9 % de los plásticos que utilizamos es finalmente reciclado, el resto es incinerado (el 12 %) o acumulado en vertederos (un 79 %), hablando en porcentajes a nivel mundial. En cambio en la Unión Europea los datos son un poco más positivos, reciclando un 31,1%, incinerando un 41,6% y acumulando en vertederos un 27,3%, y tiene como objetivo reciclar un 50% de plásticos para el año 2025 y un 55% para el año 2030. Esto generará grandes beneficios ambientales y económicos, ya que se fomenta la economía circular.

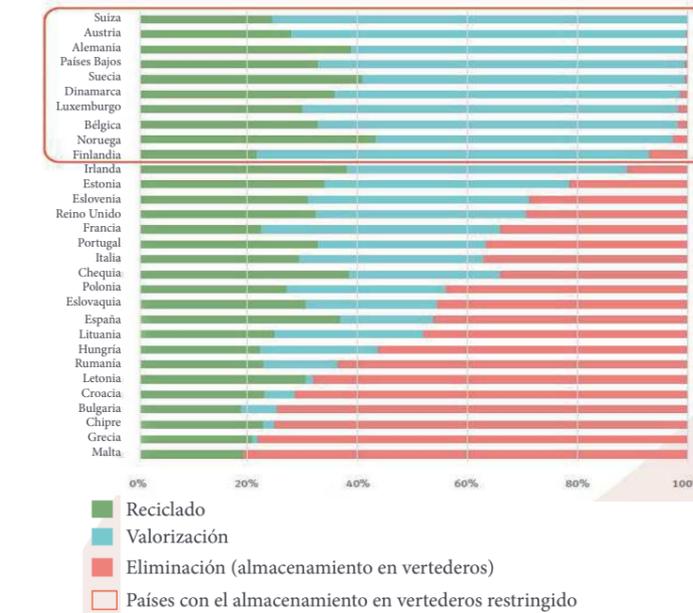


Imagen 10. Porcentajes de reciclado, valorización y eliminación en Europa  
Plastics - The facts 2017. (2017). PlasticsEurope

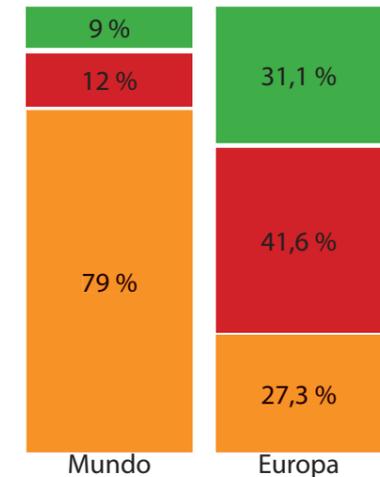


Imagen 9. Porcentajes de reciclado, valorización y eliminación en Europa y el Mundo. Comparación. Elaboración propia. Dafot

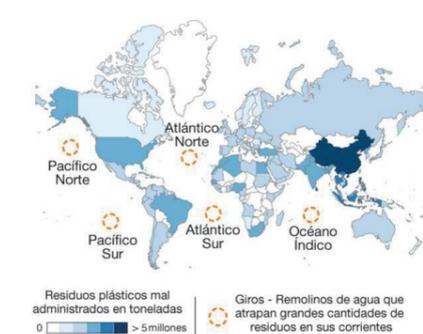


Imagen 11. Océano de plástico.  
<https://goo.gl/n3sDf2>

#### **1.4. OBJETO DEL PROYECTO**

Con toda la información recabada se pretende visualizar todas las posibilidades que tiene el plástico en el campo de la arquitectura y de la construcción, y de los beneficios de obtenerlos a partir del reciclaje.

La posibilidad de obtener elementos ligeros, fáciles de tratar y de montaje, no necesitando personas especializadas y favoreciendo la autoconstrucción. Además de ser un material que se puede encontrar en cualquier parte del mundo. De este modo, incluso puede utilizarse para montar refugios temporales o fijos en el caso de catástrofes naturales o necesidades especiales, con un montaje rápido y más económico.

#### **1.5. METODOLOGÍA**

La metodología que se ha llevado a cabo en este trabajo de investigación es, en primer lugar, obtener información sobre el panorama actual del plástico, conocer sus propiedades, el procedimiento de reciclado y sus posibles aplicaciones en el campo de la arquitectura y construcción. Además se estudiarán empresas reales que ya han incorporado el reciclaje del plástico como su marca de identidad.

Para obtener toda esta información se ha recurrido tanto a libros, revistas, como páginas web y otros trabajos de investigación. Asimismo, se ha visitado dos empresas que han sido estudiadas para este trabajo, Roofeco system y CMplastik.

Por último, se ha hecho un ejercicio experimental, realizando un ladrillo con plástico reciclado, con sus respectivas pruebas en laboratorio de resistencia a compresión.

## 2. LOS PLÁSTICOS

Como ya se ha comentado anteriormente, en este apartado se va a exponer los diferentes tipos de plástico, sus propiedades, aplicaciones, métodos de procesamiento, etc.

### 2.1. DEFINICIÓN

Los plásticos son materiales sintéticos fabricados a partir de derivados del petróleo. Están formados fundamentalmente por macromoléculas de polímeros sintéticos que son obtenidos por reacciones químicas a partir de los monómeros (molécula de pequeña masa molecular). Puede ser homopolímero, en el caso de que el plástico esté compuesto por la unión de un solo tipo de monómero, o copolímero, en el caso de que esté formado por la unión de dos tipos diferentes de monómeros.

Además, los materiales plásticos no tienen como único componente los polímeros. A estos se les añade plastificantes, cargas, pigmentos, etc. Dicho material es uno de los más utilizados ya que tiene propiedades que lo hace válido para multitud de aplicaciones:

-Es un material muy ligero, por lo que el peso del plástico es mucho menor al de otros materiales. Esto hace que se reduzca el consumo de combustible para su transporte.

- Buen aislante tanto térmico, como acústico, por lo que ahorra energía en calefacción y refrigeración.

- Es un material de alta durabilidad ya que son resistentes a la corrosión y a los ataques de distintos agentes químicos.

- Es muy versátil, por lo que se puede encontrar en campos muy diferentes como por ejemplo en la aeronáutica, la agricultura, la automoción o la industria de la alimentación.

- A esto se le suma el hecho de que son más económicos de

producir y procesar que otros materiales.

Aunque su fabricación tiene diversas desventajas:

- La contaminación durante el proceso industrial

- Debido a que su densidad es muy baja, el porcentaje de volumen es elevado, por lo que puede presentar un problema de espacio.

- En ocasiones no se puede utilizar para envasar productos de consumo humano los plásticos que ya han sido reciclados.

- En el caso de que se mezclen varias familias de plásticos en el reciclado, el producto que se obtiene es de baja calidad.

### 2.2. TIPOS

#### 2.2.1. Termoplásticos

Este tipo de plásticos se pueden reciclar fácilmente ya que se ablandan cuando se calientan y por lo tanto se pueden moldear varias veces sin que sus propiedades originales se vean realmente alteradas. Su estructura es unidimensional y de alto peso molecular.

Los termoplásticos más conocidos son: LDPE, LLDPE, HDPE, PP, PET, PVC y PS.

### LDPE. Polietileno de baja densidad



Es un polímero termoplástico de cadena larga altamente ramificado con una densidad de 0,915 – 0,94 g/cm<sup>3</sup> y su temperatura de fusión es entre 106 y 112 °C.

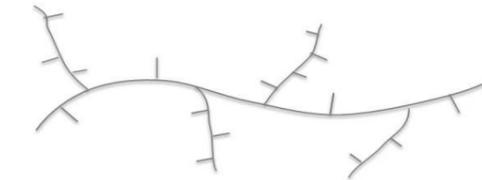


Imagen 12.  
Estructura LDPE.

<https://goo.gl/iHdXoC>

Este termoplástico se caracteriza por permitir operaciones rápidas de termosellado, debido a que su temperatura de fusión es relativamente baja. Puede ser translúcido o transparente. Es apto para el contacto con alimentos y muy ligero. Destacar sus propiedades mecánicas y su resistencia al impacto.

Propiedad	A medida que se incrementa la densidad	A medida que se incrementa el índice de fusión	A medida que se amplía la distribución del peso molecular
Impacto de un dardo	Decrece	Decrece	Decrece
Resistencia al desgarre	Decrece	Se incrementa	Decrece
Resistencia a tracción	Se incrementa	Decrece	Insignificante
Límite elástico	Se incrementa	Insignificante	Insignificante
Alargamiento	Decrece	Decrece	Insignificante
Rigidez	Se incrementa	Decrece	Ninguna
Permeabilidad	Decrece	Ninguna	Ninguna

Tabla 1. Efectos de la densidad, el índice de la fusión y la distribución de pesos moleculares sobre las propiedades en el estado sólido del LDPE.

Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones.

- Tiempo de degradación: Puede tardar en descomponerse más de 150 años. En el caso de que se recicle se puede utilizar en tuberías, papeleras, contenedores o baldosas.

- Aplicaciones: Se utiliza para la fabricación de bolsas, envases, botes de champú y elementos de limpieza, recubrimiento de cables y alambres, juguetes, contenedores, tuberías, film para uso agrícola e incluso chalecos a prueba de balas.

- Técnicas de procesamiento: Las técnicas comunes de procesamiento son por extrusión, por moldeado por inyección o por termoconformado, por moldeado con espuma o por moldeado rotacional.

Para tratar la superficie del polietileno, alguno de los métodos más utilizados son el tratamiento con flama y el tratamiento de corona.

- Ventajas y desventajas: El LDPE tiene, en general, buenas propiedades mecánicas y ópticas con un procesamiento fácil y poco costoso. Estas características lo convierten en uno de los plásticos que más se produce. En contraposición, este polímero puede no ser adecuado en aplicaciones en las que sea necesario rigidez extrema, buena resistencia a tensión o una alta resistencia a la temperatura.

<https://goo.gl/CPcQLz>

Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones.

Hellerich, W., Harsch, G., & Haenle, S. (1992). Guía De Materiales Plásticos : Propiedades, Ensayos, Parámetros.

La Mantia, Francesco. (2002). Handbook of Plastics Recycling.

## LLDPE. Polietileno lineal de baja densidad

Es un copolímero de estructura molecular lineal cuya densidad puede variar entre 0,915 a 0,925 g/cm<sup>3</sup>, con grados variables de cristalinidad. Además, su temperatura de fusión es un poco más elevada que la del LDPE, entre 110 y 120 °C.



Imagen 13. Estructura LLDPE.  
<https://goo.gl/iHdXoC>

Es un polímero de bajo coste y muy versátil. Es resistente a ácidos, disolventes y álcalis, además de ser duro y poseer buenas propiedades aislantes. A través de ciertos métodos se puede estabilizar a la radiación UV.

Algunas de sus propiedades dependen de la densidad de la resina.

Propiedad	Densidad creciente	→	Propiedad
Flexibilidad	Decrece	Aumenta	Rigidez
Tenacidad	Decrece	Aumenta	Dureza
Resistencia al resquebrajamiento por intemperización	Decrece	Aumenta	Propiedades aislantes
Menor encogimiento	Decrece	Aumenta	Resistencia química
		Aumenta	Resistencia térmica
		Aumenta	Resistencia a la abrasión
		Aumenta	Punto de ablandamiento

Tabla 2. Efectos de la densidad sobre las propiedades del LLDPE.  
Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). *Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones*.

<https://goo.gl/ZfVDn>

2. Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). *Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones*.

- Tiempo de degradación: 150 años.

- Aplicaciones: Puede ser utilizado como revestimientos de estanques, bolsas, films, recubrimiento de cables, o puede combinarse con otras películas que por su aplicación necesiten mayor flexibilidad.

- Técnicas de procesamiento: "Las técnicas de procesamiento más usadas son la extrusión de películas moldeadas y por soplado, el moldeo por inyección, el moldeo rotacional y el recubrimiento por extrusión. Las características de procesamiento del LLDPE están determinadas por la reología de la resina y por las condiciones del proceso"<sup>2</sup>.

También es utilizado el proceso por termoconformado y el moldeo con espuma.

- Ventajas y desventajas: Se puede producir un producto plástico con unas características y un funcionamiento usualmente mejor que el que se podría producir con LDPE y usando menos material. Esto se debe a las propiedades de resistencia del LLDPE. Se puede utilizar para fabricar utensilios que posteriormente puedan lavarse en el lavaplatos o ponerse en el microondas.

Como desventaja se puede destacar el difícil procesamiento por extrusión, debido a la estrecha distribución de pesos moleculares del polímero; y que el enfriamiento de la resina debe realizarse a velocidades aceptables.

## HDPE. Polietileno de alta densidad



Es un homopolímero, cuya densidad abarca entre los 0,941 y los 0,967 g/cm<sup>3</sup>. Su temperatura de fusión se encuentra entre los 125 y los 140 °C.

Se trata de un material parcialmente amorfo y parcialmente cristalino, el cual varía según el peso molecular.



Imagen 14. Estructura HDPE.  
<https://goo.gl/iHdXoC>

"Se incrementan las propiedades de resistencia a la cedencia tensil, rigidez, resistencia a la deformación, impermeabilidad, resistencia a la abrasión, contracción en el moldeo y dureza al incrementarse la densidad. Por otra parte se incrementa la resistencia al impacto, la flexibilidad y la resistencia al resquebrajamiento por intemperización (RRI) al disminuir la densidad"<sup>3</sup>.

Como se puede observar en las tablas, las propiedades de este tipo de polímeros dependen de varios factores, por lo que en el mercado hay gran variedad de tipos de resina de HDPE.

- Tiempo de degradación: Puede tardar en descomponerse más de 150 años. En el caso de reciclarlo se puede utilizar para fabricar botellas de detergentes, tubos, muebles de jardín, etc.

- Aplicaciones: Es usado como envoltura para los alimentos, ya que proporciona un aislamiento contra la humedad, recipientes, botellas de leche, etc. Como juguetes o

Propiedad	Densidad creciente	→	Propiedad
Flexibilidad	Aumenta	Decrece	Cedencia textil
		Decrece	Rigidez
Resistencia al impacto	Aumenta	Decrece	Resistencia a la deformación
		Decrece	Impermeabilidad
Resistencia al resquebrajamiento	Aumenta	Decrece	Resistencia a la abrasión
Resistencia a deformación	Aumenta	Decrece	Contracción en el moldeo
		Decrece	Dureza

Tabla 3. Variación de propiedades en función de la densidad.  
Elaboración propia

Propiedad	Peso molecular creciente	→	Propiedad
Resistencia de impacto	Aumenta	Decrece	Flujo de polímero fundido
Resistencia a la tracción	Aumenta	Decrece	Índice de fusión
Elongación	Aumenta	Decrece	Procesabilidad
Resistencia a la fusión e hinchamiento	Aumenta	Decrece	Estiramiento de la masa fundida
Resistencia al resquebrajamiento	Aumenta		
Resistencia a deformación	Aumenta		

Tabla 4. Variación de propiedades en función del peso molecular.  
Elaboración propia

utensilios domésticos y, debido a su buena resistencia química, es utilizado también como empaquetamiento de productos químicos como productos de limpieza, etc.

- Técnicas de procesamiento: Los métodos de procesamiento más usuales son por extrusión, por moldeo por inyección, por termoconformado, por moldeo con espuma y por moldeo rotacional. En circunstancias especiales se utiliza el moldeo por compresión y transferencia o el moldeo mecánico.

- Ventajas: Buenas propiedades que impiden el paso de la humedad, útiles en muchas aplicaciones de empaquetado (películas con recubrimiento interno en cartones, tapas moldeadas para tubos calefactados); buena rigidez adecuada para las aplicaciones estructurales (embalajes para bebidas,

<https://goo.gl/CPcQLz>

3. Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). *Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones*.

bandejas para acarreo, plataformas); aplicaciones en el soporte de cargas cuando la deformación plástica se controla correctamente en la parte diseñada (la capacidad de soporte de carga mejora al aumentar el peso molecular. El HDPE de ultra alto peso molecular proporciona las mayores capacidades de carga); relativa inactividad química (puede usarse para empacar algunos productos químicos); buena estabilidad térmica

- Desventajas: Tasas de transmisión de gas relativamente altas (no protegería un producto empacado de la penetración de oxígeno); la tendencia del HDPE a la deformación le impide ser considerado como un verdadero plástico para ingeniería. La capacidad de soporte de cargas del HDPE de peso molecular ordinario decrece rápidamente al incrementarse la temperatura ambiental.; algunos productos químicos pueden provocar la falla prematura de las partes de HDPE debido al resquebrajamiento por intemperización. Previo al empaquetamiento de productos químicos en contenedores de HDPE se recomienda la realización de pruebas ya que algunos de los disolventes penetrarán y ablandarán el HDPE; temperaturas más elevadas pueden provocar la degradación del HDPE a menos que se añada antioxidante a la resina.

<https://goo.gl/CpQLz>

Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). *Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones*.

Hellerich, W., Harsch, G., & Haenle, S. (1992). *Guía De Materiales Plásticos : Propiedades, Ensayos, Parámetros*.

La Mantia, Francesco. (2002). *Handbook of Plastics Recycling*.

## PP. Polipropileno



Es un termoplástico muy versátil cuyas ventajas principales son una buena resistencia térmica y química, además de facilidad de procesamiento. Su densidad varía entre 0,895 a 0,92 g/cm<sup>3</sup>. Se trata de termoplásticos semicristalinos (60-70% de cristalinidad), no polares mayormente. Es un polímero muy versátil.

En comparación con los PE, su resistencia, dureza y rigidez son mayores, aunque la resistencia al impacto es menor. Se puede reforzar con fibra de vidrio para poder absorber mayores esfuerzos.

Actúa como un buen aislante térmico y es recomendable añadirle aditivos antiestáticos, ya que tiende a cargarse eléctricamente y a llenarse de suciedad. Tienen gran resistencia química.

- Tiempo de degradación: Puede tardar entre 100 y 1000 años en descomponerse. En el caso de ser reciclado puede utilizarse para la fabricación de escobas, cables de batería, cepillos, señales luminosas, etc.

- Aplicaciones: Es utilizado para mobiliario de laboratorio, prótesis, pañales, tanque y depósitos químicos, para envases de alimentos, films, fibras, muebles, electrodomésticos, tuberías, tapones, partes de automóviles, tuberías, etc.

- Técnicas de procesamiento: Es posible procesar el PP mediante inyección (mobiliario, por ejemplo), termoconformado, por soplado (botellas), por pegado, soldadura o por extrusión (tubos o fibras), aunque hay una reducida

productividad.

- Ventajas y desventajas: Se trata de un material ligero, con alta resistencia a tensión y compresión y con buenas propiedades dieléctricas. Además tiene un bajo coeficiente de absorción de humedad y es capaz de resistir a la mayoría de ácidos y álcalis (buena resistencia química). No es tóxico y no produce manchas. Su temperatura de fusión es alta si lo comparamos con otros polímeros (entre 158°C y 168°C).

Como desventaja podemos destacar la fragilidad a bajas temperaturas (temperatura de fragilización es de 0°C), su inflamabilidad, la rigidez moderada, la baja resistencia a los rayos UVA, su falta de transparencia, la dificultad de aplicarle algunos tratamientos superficiales como pintar, pegar o imprimir, etc.

## PET. Politereftalato de etileno



Es un tipo de termoplásticos que se utilizan cuando se necesite resistencia a largo plazo y una buena estabilidad dimensional.

Las más importantes son sus buenas propiedades térmicas (en estado cristalino incluso de -30 a +110°C; en estado amorfo su resistencia al calor es menor) y buena resistencia al desgaste. Además es un buen aislante tanto térmico como eléctrico. El PET cristalino tiene una densidad de 1,38 g/cm<sup>3</sup>, y el amorfo 1,33 g/cm<sup>3</sup> y la temperatura de fusión se encuentra entre los 244 y los 260 °C.

Al tener una velocidad lenta de cristalización, dependiendo del tipo y las condiciones de inyección, se obtiene un estado amorfo-transparente o semitransparente (30-40% de cristalinidad).

El PET semicristalino tiene rigidez, resistencia (incluso a largo plazo) y dureza. Además conservan esas propiedades incluso a -30°C. Tiene muy baja abrasión. El PET amorfo tiene menor dureza y rigidez que el cristalino.

Si el molde está a una temperatura inferior a 40°C, se obtiene una estructura amorfa. En cambio, si el molde supera esta temperatura, pudiendo llegar a los 140°C, se obtiene una estructura semicristalina. Se puede agregar productos nucleizadores para aumentar el grado de cristalización.

- Tiempo de degradación: 150 años o más tarda en descomponerse este material. En el caso de reciclarlo, se puede utilizar para fabricar fibras textiles, muebles, piezas de automóviles, envases no alimenticios, etc.

<https://goo.gl/CpQLz>

Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). *Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones*.

Hellerich, W., Harsch, G., & Haenle, S. (1992). *Guía De Materiales Plásticos : Propiedades, Ensayos, Parámetros*.

La Mantia, Francesco. (2002). *Handbook of Plastics Recycling*.

- Aplicaciones: Para envase de bebidas, cosméticos, detergentes, productos químicos y conservas alimenticias, para fibras en la industria textil. En la industria electrónica se utiliza por ejemplo, como aislante de ranuras y fases de los motores, condensadores, bobinas y transformadores.

- Técnicas de procesamiento: Los más utilizadas son los procesos por inyección, por extrusión (para producir semifabricados y láminas, por ejemplo) y por termoconformado y soplado.

- Ventajas: Es un termoplástico muy utilizado debido a sus propiedades únicas, como son por ejemplo la fácil impresión con tintas, permite meterlo en el microondas, es una barrera a gases y aromas, etc.

Su precio no ha variado tanto como el de otros polímeros en los últimos años y tiene gran disponibilidad por todo el mundo.

Puede ser reciclado, aunque el producto reciclado no puede utilizarse para producir envases de alimentos.

- Desventajas: Necesita tener un máximo de un 0,005% de humedad para no perder sus propiedades, por lo que hay que someterlo a un previo secado, lo que incrementa el coste del producto final.

Además, en general no mantiene buenas propiedades cuando la temperatura supera los 70°C (a excepción del PET cristalizado que aguanta hasta temperaturas de 230°C o semicristalino, que aguanta hasta los 120 °C). Por esta razón, no se aconseja el uso permanente a la intemperie.

<https://goo.gl/CPcQLz>

Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). *Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones*.

Hellerich, W., Harsch, G., & Haenle, S. (1992). *Guía De Materiales Plásticos : Propiedades, Ensayos, Parámetros*.

La Mantia, Francesco. (2002). *Handbook of Plastics Recycling*.

## PVC. Policloruro de vinilo



Es un polímero vinílico. Se trata de un termoplástico con buena resistencia química, buena resistencia a la luz y a la intemperie. Se puede mezclar con termoplásticos de consistencia blanda-elástica, para mejorar sus propiedades, como por ejemplo la resistencia a impacto. También se puede añadir plastificantes. Su versatilidad permite su utilización en muchos sectores. Hay dos tipos de PVC:

- PVC-U: PVC rígido

- Propiedades: Tiene una densidad que varía entre el 1,37 y el 1,44 g/cm<sup>3</sup>. Se trata de termoplásticos polares, mayormente amorfos. Buena resistencia mecánica, dureza y rigidez. Aproximadamente, puede utilizarse hasta los 60°C.

- Tiempo de degradación: El PVC puede tardar hasta 1000 años en descomponerse. Recicándolo se puede utilizar para realizar forro para cables por ejemplo.

- Aplicaciones: Se puede utilizar PVC para fabricar tuberías, codos, uniones de tubos, canalones, carpinterías, tubos aislante para cableado, botellas estancas, etc.

- Técnicas de procesamiento: Los procesos más comunes son por inyección, aunque no son posibles grandes velocidades, por extrusión o conformado en caliente.

- Ventajas: Se trata de un material económico, de alta resistencia mecánica, al impacto y buena resistencia química y eléctrica, con buena resistencia a la intemperie, bu-

na rigidez, no es combustible y el grado de absorción de humedad es bajo.

-Desventajas: Su procesamiento puede ser costoso, tiene baja deflexión térmica, bajo carga estática a temperaturas altas presenta mala resistencia a la deformación y genera gases tóxicos

- PVC- P: PVC plastificado

- Propiedades: Se trata de PVC con entre un 20-50% de plastificante. Con una densidad que varía de 1,2 a 1,35 g/cm<sup>3</sup> y estructura amorfa, con moléculas plastificantes intercaladas entre las cadenas moleculares. Sus propiedades mecánicas dependen de la cantidad de plastificante que lleve y disminuyen considerablemente conforme aumenta la temperatura. Su aislamiento eléctrico y su resistencia química es inferior al de PVC-rígido.

- Tiempo de degradación: El PVC puede tardar hasta 1000 años en descomponerse. Recicándolo se puede utilizar para realizar forro para cables por ejemplo.

- Aplicaciones: Recubrimientos, tubos flexibles, juntas de ventanas y puertas, juguetes, calzado, mangueras, etc.

- Técnicas de procesamiento: Los métodos que se utilizan son por inyección, por extrusión y por termoconformado.

- Ventajas: Presenta buena resistencia química, excelentes propiedades eléctricas, fácil de limpiar, puede adquirir una gran variedad de colores y puede ser brillante o mate.

- Desventajas: Es muy sensible al calor, presenta poca resistencia a las cetonas y los hidrocarburos clorados, pueden aparecer manchas y afloración de aditivos debido a una mala formulación. Presenta dificultades para procesarlo.

## PS. Poliestireno



Es un polímero formado por el monómero de estireno. En ocasiones se añade caucho para aumentar su resistencia al impacto, tenacidad y la extensibilidad (HIPS, high-impact polystyrene).

El poliestireno tiene una densidad de 1,05 g/cm<sup>3</sup>. Tiene una estructura amorfa y con baja permeabilidad al agua y vapor de agua. Su temperatura de fusión es de 212 °C.

Se trata de un material rígido, quebradizo y duro. Tiene buena resistencia eléctrica y para evitar que se cargue electrostáticamente se puede añadir aditivos antiestáticos.

Es incoloro, transparente y brillante, aunque en el caso de utilizarlo en exterior se puede perder el brillo y adquirir un tono amarillo. Por esta razón se recomienda utilizarlo en interior. Se puede utilizar con una temperatura inferior a 80-90°C.

- Tiempo de degradación: Puede tardar en descomponerse hasta 1000 años.

- Aplicaciones: Se utiliza poliestireno en juguetes, tapones de botellas, contenedores, botellas, embalajes alimenticios, partes de automóvil, carcasas de televisión, etc.

- Técnicas de procesamiento: Las técnicas de procesamiento más utilizadas son el moldeo por inyección (juguetes), el moldeo por soplado (botellas), por extrusión (cubiertas de construcción) y por termoconformado (partes de automóvil).

<https://goo.gl/CPcQLz>

Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). *Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones*.

Hellerich, W., Harsch, G., & Haenle, S. (1992). *Guía De Materiales Plásticos : Propiedades, Ensayos, Parámetros*.

La Mantia, Francesco. (2002). *Handbook of Plastics Recycling*.

- Ventajas: Su baja densidad facilita y reduce el coste del manejo. Su bajo precio, junto con el resto de propiedades, hace que este polímero sea uno de los más utilizados.

Su resistencia química que permite utilizarlo en contacto con materiales corrosivos, su resistencia a la diferencia de potencial y sus propiedades de aislante eléctrica.

Su facilidad de producción, que disminuye el tiempo necesario ya que no necesita tiempo de secado, además de que no se hincha en ambientes húmedos son algunas de sus ventajas.

- Desventajas: El PS tiene limitaciones en cuanto a su utilización a ciertas temperaturas. Si se utiliza por encima de los 80-90°C podría deformarse. Su degradación frente a la luz ultravioleta, la cual ocasiona una reducción de peso molecular y color amarillento en el material.

El PS es un material combustible, aunque se le pueden añadir retardadores de la combustión (pirorretardadores). El inconveniente es que estos afectan a las propiedades del material, además de incrementar el coste.

Ciertos productos producen corrosión y ablandamiento en este termoplástico, como por ejemplo las cetonas, los insecticidas, etc. Su superficie puede rayarse.

### 2.2.2. Termoestables

Están formados por polímeros con cadenas ligadas químicamente, con enlaces transversales, formando una estructura molecular tridimensional, formando una red espacial de cadenas muy reticuladas (malla tupida). Esto dificulta los procesos de reciclado. Es necesaria la destrucción de su estructura molecular para poder fundirlos y como consecuencia sufre una alteración de sus propiedades originales.

Existen distintos termoestables como por ejemplo: Resinas EPOXI, resinas fenólicas, aminoplastos y poliésteres. Existe otro tipo de termoestables cuya reacción está controlada y conducida en un laboratorio para obtener el producto deseado, como por ejemplo el poliuretano, PUR.

### PUR. Poliuretano

Los poliuretanos, según su estructura, pueden ser termoplásticos, termoestables y elastómeros. Las características de los poliuretanos termoestables dependen de la resina utilizada y de los aditivos añadidos. Las resinas de base pueden ser éteres glicéricos, esteres glicéricos, aminas glicéricas, alifáticas lineales y cicloalifáticas.

Suelen presentarse como espumas, tanto rígidas como flexibles. Su estructura es amorfa y su densidad se encuentra entre 1,02 y 1,25 g/cm<sup>3</sup>.

Excelente flexibilidad y resistencia a la abrasión y a corte. Constituye una buena barrera al oxígeno y un buen aislante térmico, acústico y eléctrico. Su temperatura máxima de utilización se encuentra entre 66,9 y 86,9°C.

- Aplicaciones: Como aislamiento en cerramientos, tuberías, cámaras frigoríficas. También se utiliza para la fabricación de colchones y sillas, como adhesivos, pinturas, lacas, etc.

- Técnicas de procesamiento: Inyección, compresión y extrusión.

- Ventajas: Su gran capacidad de aislamiento térmico y acústico hace que se convierta en su aplicación principal.

- Desventajas: El poliuretano es poco resistente a los rayos UV, por lo que no se pueden utilizar en exteriores.

### Resina Epoxi EP

Su densidad varía entre los 1,17 y los 1,25 g/cm<sup>3</sup>, aunque añadiéndole relleno para abaratar costes puede encontrarse entre los 1,7 y los 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Sus propiedades dependen mayoritariamente de los aditivos (diluyentes, flexibilizadores, cargas, pigmentos...), aunque destaca por que proporciona un buen aislante eléctrico, buena resistencia y poder adhesivo.

La estructura de las resinas Epoxi es reticulada, con baja absorción de humedad. Según el tipo de resina puede usarse hasta con temperaturas de 80°C si se trata de piezas curadas en frío, o 250°C en tipos especiales. Además, tiene buena resistencia a los rayos UV. Tiene una temperatura de fusión de 300°C.

- Aplicaciones: Revestimientos, pinturas de protección superficial, adhesivos, piezas de motores eléctricos, enchufes, tuberías de gran resistencia, etc.

- Técnicas de procesamiento: Prensado e inyección.

- Ventajas: Su comportamiento térmico es mejor que el de otros plásticos y buena resistencia a la corrosión, aunque la mayor ventaja de este material es que hay gran variedad de aplicaciones debido a la diferencia de propiedades que adquiere al añadir los aditivos.

- Desventajas: Es más caro que otros plásticos y muy difícil de reciclar.

## Resina Fenólica

Se trata de una resina sintética formada por fenol y formaldehído, de estructura amorfa, cuya densidad de encuentra entre 1,24 y 1,32 g/cm<sup>3</sup>.

Buena resistencia mecánica, química, a la humedad y a altas temperaturas (resistencia térmica hasta los 260°C). Su temperatura máxima de utilización es de 200°C. Además, tienen buena resistencia al fuego y a la abrasión.

- Aplicaciones: Componentes eléctricos (papel laminado), asas de utensilios de cocina, tapas, hornos (resinas de moldeo), paneles, revestimientos, aislantes, etc.

- Técnicas de procesamiento: moldeo, laminado, prensado e inyectado.

- Ventajas: Es un material ligero, no emite humos tóxicos y tiene una gran resistencia a la corrosión, que junto con una buena resistencia mecánica, química y a altas temperaturas y una buena resistencia al agua, lo hacen un material de gran utilidad.

- Desventajas: para poder tener buenas propiedades de aislamiento eléctrico, hay que tener en cuenta el relleno. Las resinas fenólicas, al ser sometido en el proceso de moldeo a una temperatura superior a los 160°C, adquiere un color oscuro, el cual impide colorearlas. Adquieren un color amarillo con los rayos UV.

<https://goo.gl/n7qhJm>

<https://goo.gl/CPcQLz>

Horta Zubiaga, A., Pérez Dorado, A., Sánchez Renamayor, C., & Fernández de Pierola Martínez de Olkoz, I. (2000). *Los Plásticos Más Usados*.

Hellerich, W., Harsch, G., & Haenle, S. (1992). *Guía De Materiales Plásticos : Propiedades, Ensayos, Parámetros*.

## Aminoplastos

Su estructura se encuentra de forma reticulada tridimensional y compacta, lo que genera un material quebradizo. Este hecho se puede solucionar añadiendo cargas o aditivos. Se puede utilizar como cargas relleno orgánico (serrín, celulosa o fibras de polímeros, por ejemplo) o relleno inorgánico (fibras de vidrio)

Su densidad varía entre 1,5 y 2 g/cm<sup>3</sup>. Algunas características como la absorción de humedad, las propiedades mecánicas y eléctricas dependen del relleno en su gran mayoría.

Los aminoplastos son incoloros, rígidos, frágiles y duros. Son autoextinguibles y su temperatura máxima de uso es de 80°C para las resinas de urea, 130°C para las resinas de melamina y 250°C para las resinas especiales.

No aparece el color amarillento por la acción de los rayos UV, por lo que se puede utilizar colores claros.

•Resinas de Melamina MF — PF reticulable (con material de refuerzo)  
 •Resinas de Melamina-feno MP —  
 •Resinas de urea UF —

- Aplicaciones: Enchufes e interruptores (MF), objetos sanitarios o carcasas de electrodomésticos (MP), material eléctrico aislante, adhesivos, colas (UF), entre otros

- Técnicas de procesamiento: Inyección y prensado.

## Resinas de Poliéster

Su estructura es reticulada, con una densidad que se encuentra entre 1,17 y 1,26 g/cm<sup>3</sup>, y en el caso de que se encuentren reforzadas con fibra de vidrio entre 1,6 y 2,1 g/cm<sup>3</sup>. En los casos de que se necesite gran resistencia se reforzará con fibras de vidrio, ya que sin el refuerzo son un poco quebradizas y con poca resistencia a impacto.

Es un material incoloro, aunque posteriormente dependerá de las cargas y los aditivos añadidos. Esto permite que puedan ser coloreados en gran variedad de tonos.

Buen aislante térmico y eléctrico y baja absorción de la humedad. Alta temperatura de fusión, por lo que su temperatura máxima de uso se encuentra entre 100°C y 180°C, aunque algunas resinas especiales pueden utilizarse hasta los 230°C.

- Aplicaciones: carrocería, contenedores, planchas, revestimientos (laminado), regletas, carcasas de ordenadores (moldeo) fibras, conductos, etc.

- Técnicas de procesamiento: Extrusión, prensado, curado, laminado, moldeo.

### 2.2.3.Elastómeros

Están compuestos normalmente de moléculas reticuladas de amplia malla. Formados por sustancias naturales o sintéticas dotadas de una elasticidad uniforme. Admite grandes deformaciones, recuperando su forma original al dejar de aplicarse el esfuerzo que origina la deformación. Algunos ejemplos son las Siliconas, EPM, EPDM, etc.

“Es importante destacar la poca compatibilidad, en cuanto a estructura química, de las familias, por lo que si se mezclaran se reducirían sus propiedades mecánicas respecto de las que poseen sin mezclarse.”<sup>4</sup>

*Plásticos. (2005). Tectónica 19*

Hellerich, W., Harsch, G., & Haenle, S. (1992). *Guía De Materiales Plásticos : Propiedades, Ensayos, Parámetros*.

4. <https://goo.gl/vXFZSZ>

	Tipo	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Temperatura máxima de uso (°C)	Temperatura de fusión (°C)	Características generales	Tiempo de degradación (años)	
Termoplásticos	LDPE	0,915-0,94	50-90	106-115	Puede ser translucido o transparente. Apto para el contacto con alimentos. Buena resistencia a mecánica y a impacto.	150	
	LLDPE	0,915-0,925	50-90	110-120	Resistente a los ácidos, disolventes y álcalis. Duro. Buenas propiedades aislantes.	150	
	HDPE	0,941-0,967	90-120	125-140	Estructura parcialmente amorfa y parcialmente cristalina. Impide el paso de la humedad. Gran durabilidad. Buena resistencia química. Buena rigidez.	150	
	PP	0,895-0,92	120	158-176	Buena resistencia mecánica, térmica y química. Mala resistencia a impacto. Baja absorción de humedad. Semicristalino.	100-1000	
	PET	1,33-1,38	230	244-260	Buena resistencia mecánica y al desgaste. Buen aislante térmico y eléctrico.	150	
	PVC	PVC rígido	1,37-1,44	60	150	Estructura amorfa. Buena resistencia mecánica, de impacto y química, y a los rayos UV. Dureza y rigidez. Baja absorción de humedad.	1000
		PVC plastificado	1,2-1,35		212	Estructura amorfa, con moléculas plastificantes intercaladas entre las cadenas moleculares. Aislamiento eléctrico y su resistencia química es inferior al de PVC-rígido	1000
	PS	1,05	80-90	240	Baja permeabilidad. Material rígido y quebradizo. Buena resistencia eléctrica. Transparente	1000	
Termoestables	PUR	1,02-1,25	67-87	120	Estructura amorfa. Buena flexibilidad y resistencia a la abrasión y a corte. Impide el paso de oxígeno. Buen aislante térmico, acústico y eléctrico.	1000	
	Resina Epoxi	1,17-1,25	80-250	300	Estructura reticulada. Buen aislante eléctrico, buena resistencia y poder adhesivo. Baja absorción de humedad. Sus propiedades dependen principalmente de los aditivos.	1000	
	Resina Fenólica	1,24-1,32	200	260	Estructura amorfa. Buena resistencia mecánica, química, a la humedad y a altas temperaturas. Buena resistencia al fuego y a la abrasión.	1000	
	Aminoplastos	1,5-2	80-250		Estructura reticulada tridimensional y compacta. Incoloro, rígido, frágil, quebradizo. Resistente a los rayos UV	1000	
	Resina de Poliéster	1,17-1,26	100-230	255-260	Estructura reticulada. Puede reforzarse con fibras de vidrio. Sin el refuerzo es quebradizo y tiene poca resistencia a impacto. Incoloro. Buen aislante térmico y eléctrico y baja absorción de la humedad.	1000	

Aplicación	Técnicas de procesamiento
Bolsas, envases, botes de champú y elementos de limpieza, recubrimiento de cables y alambres, juguetes, contenedores, tuberías, film para uso agrícola, chalecos a prueba de balas...	Extrusión, inyección, termoconformado, moldeo con espuma.
Bolsas, films, recubrimiento de cables...	Extrusión, inyección, soplado.
Envoltura para los alimentos, recipientes, botellas de leche, juguetes o utensilios domésticos, botes de champú empaquetamiento de productos químicos...	Extrusión, inyección, termoconformado, moldeo por espuma.
Mobiliario, prótesis, pañales, tanque y depósitos químicos, envases de alimentos, films, fibras, tapones, electrodomésticos, tuberías, partes de automóviles, tuberías...	Extrusión, inyección, termoconformado, soplado.
Bebidas, cosméticos, detergentes, productos químicos y conservas alimenticias, fibras, bobinas, transformadores...	Extrusión, inyección, termoconformado, soplado.
Tuberías, codos, uniones de tubos, canalones, carpinterías, tubos aislante para cableado...	Extrusión, inyección, conformado en caliente.
Recubrimientos, tubos flexibles, juntas de ventanas y puertas, juguetes, suelas de calzado, mangueras...	Extrusión, inyección y termoconformado.
Juguetes, tapones de botellas, contenedores, botellas, embalajes alimenticios, partes de automóvil, carcasas de televisión...	Extrusión, inyección, termoconformado y soplado.
Aislamiento en cerramientos, tuberías, cámaras frigoríficas, fabricación de colchones y sillas, como adhesivos, pinturas, lacas...	Extrusión, inyección y extrusión.
Revestimientos, pinturas de protección superficial, adhesivos, piezas de motores eléctricos, enchufes, tuberías de gran resistencia...	Inyección, prensado.
Componentes eléctricos, asas de utensilios de cocina, tapas, hornos, paneles, revestimientos, aislantes...	Inyección, prensado, moldeo, laminado.
Enchufes e interruptores (MF), objetos sanitarios o carcasas de electrodomésticos (MP), material eléctrico aislante, adhesivos, colas (UF)	Inyección y prensado.
Carrocería, contenedores, planchas, revestimientos (laminado), regletas, carcasas de ordenadores (moldeo) fibras, conductos	Extrusión, prensado, curado, laminado, moldeo

Tabla 5. Tabla resumen tipos de plástico.  
Elaboración propia

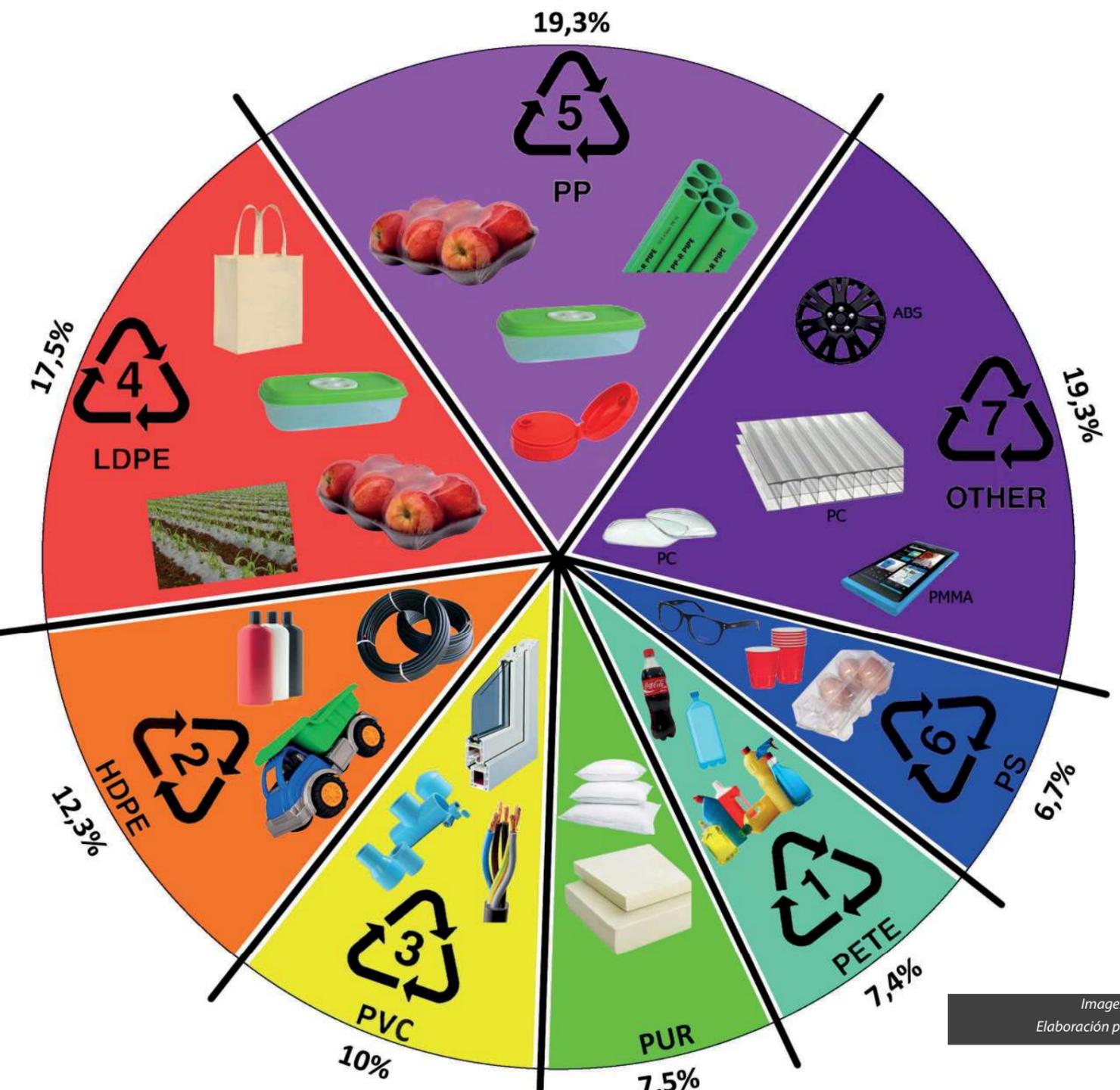


Imagen 15. Esquema tipos de plástico.  
 Elaboración propia. Datos extraídos de PlasticEurope

## EL RECICLAJE DE LOS PLÁSTICOS

### 3. EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS

#### 3.1. ORIGEN DE LOS RESIDUOS

Debido a que el plástico es un material muy versátil, podemos encontrarlos en diversos sectores:

-Envases y embalajes: Pueden proceder de la vía industrial o la vía doméstica.

En el primer caso es la vía en la que mayor cantidad de residuos plásticos se obtienen para su reciclado, ya que se utiliza más volumen de plástico que por la vía doméstica. En el caso de la vía doméstica, es el plástico que se recoge en el contenedor amarillo. Los elementos más comunes que se recogen en esta vía son las bolsas de plástico, botellas, filmes, etc. Aunque el reciclaje de los materiales que se recogen en dicha vía tiene gran dificultad debido a la contaminación por fluidos, detergentes, grasas, etc.

En este sector destaca el uso de PP, LDPE, LLDPE, HDPE y PVC, y constituyen un 39,9% de los residuos obtenidos.

- Construcción: En este sector no se recupera un volumen importante de residuos plásticos. La mayoría de los tipos de plásticos que se utiliza son el PVC y PE (para la realización de tuberías), PVC (para carpinterías), PS (para materiales aislantes), PUR, etc.

Los residuos obtenidos en la construcción constituyen un 19,7%.

- Automoción: Muchos de los residuos generados en este sector son difíciles de recuperar debido a su situación en el automóvil y a que gran cantidad de ellos llevan aditivos, pinturas, etc., que hacen más caro su reciclaje. Los tipos de

plásticos más utilizados son PP para fabricar los parachoques por ejemplo, PE para el depósito de combustible, PUR, etc.

Los residuos que se obtienen en este sector constituyen un 10%.

- Productos eléctricos y electrónicos: La mayor parte de los residuos en este sector se obtienen de aislantes y cables y despiezando los aparatos para poder separar los diferentes tipos de plásticos. Los más utilizados son el PP, PC, PE, etc.

Los residuos en productos eléctricos y electrónicos forman el 6,2% del total de los residuos.

- Agricultura: Se suele utilizar como cobertura plástica para proteger el cultivo de fenómenos atmosféricos adversos. Se utilizan en invernaderos, en acolchado de suelos y en túneles de cultivo.

En este sector se puede recuperar menos del 50% debido a que sufren una importante degradación durante su utilización. Esto implica que su reciclaje sea más costoso. Existe un Real Decreto 104/2000 para la regulación de los Residuos Plásticos Agrícolas de Invernaderos y Cultivos Protegidos.

Los más utilizados en este sector son los PP, PE y PVC y forman el 3,3% de los residuos generados en total.

- Elementos del hogar, ocio y deportes: Los materiales más utilizados son los PP, PE, PS y PVC y componen el 4,2%.

- Otros: El resto de residuos se engloba en este grupo, constituyendo el 16,7% y utilizando materiales como PUR, PP, PE y otros.

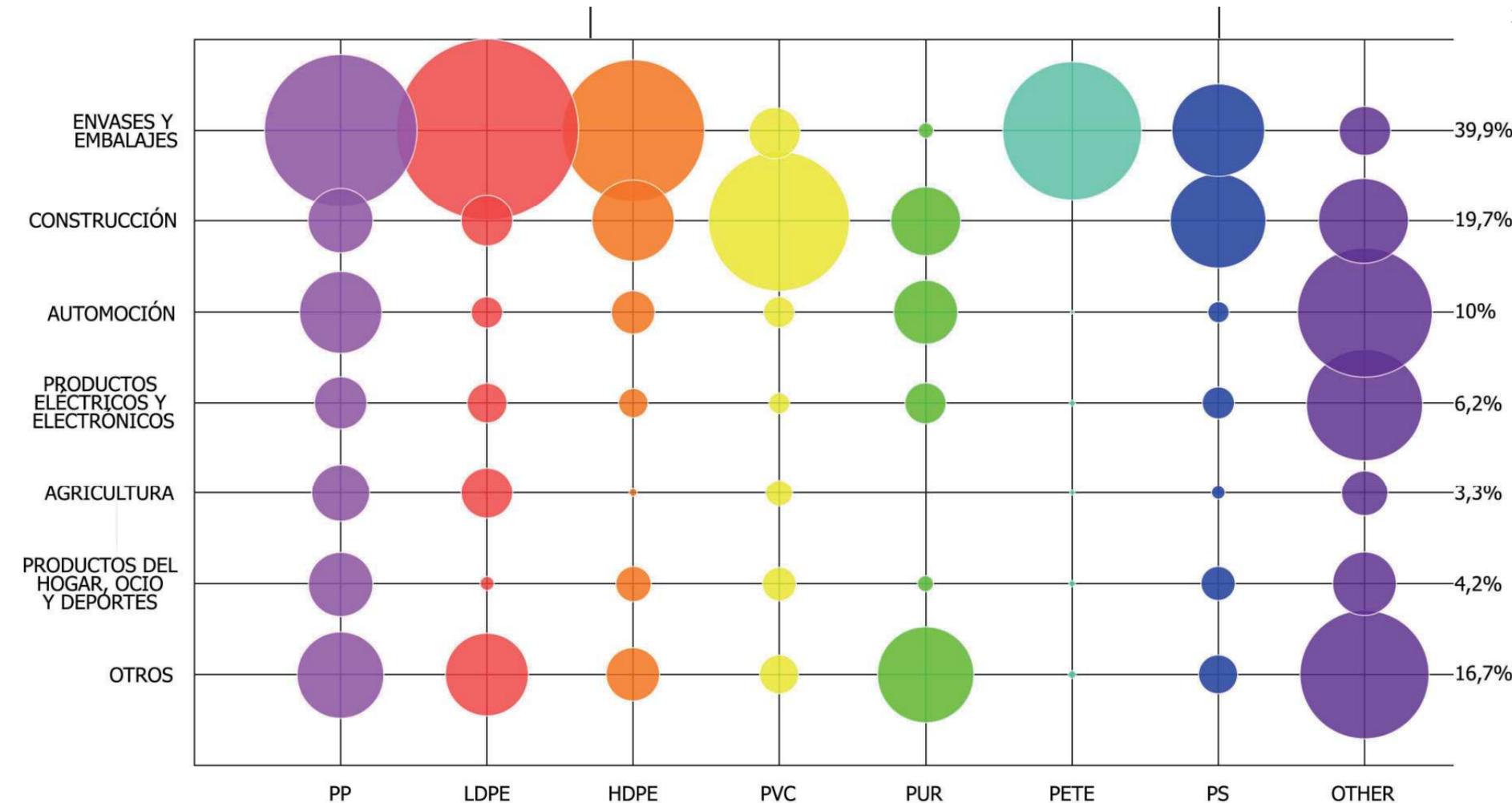


Imagen 16. Proporción de origen de los plásticos y los tipos.

Elaboración propia. Datos extraídos de PlasticEurope

### 3.2. GESTIÓN DE RESIDUOS

La Ley que regula la gestión de residuos en España es la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, con su última modificación en 12 de mayo de 2016;

“Artículo 1. Objeto.

Esta Ley tiene por objeto regular la gestión de los residuos impulsando medidas que prevengan su generación y mitiguen los impactos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente asociados a su generación y gestión, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos. Tiene asimismo como objeto regular el régimen jurídico de los suelos contaminados.

[...]

Artículo 8. Jerarquía de residuos.

1. Las administraciones competentes, en el desarrollo de las políticas y de la legislación en materia de prevención y gestión de residuos, aplicarán para conseguir el mejor resultado ambiental global, la jerarquía de residuos por el siguiente orden de prioridad:

a) Prevención;

b) Preparación para la reutilización;

c) Reciclado;

d) Otro tipo de valorización, incluida la valorización energética; y

e) Eliminación.

[...]

Artículo 22. Objetivos específicos de preparación para la reutilización, reciclado y valorización.

5. España. Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE, 29 de julio de 2011, núm. 181, p. 85650 – 85705.

España. Ley 11/1997 de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases. BOE, 25 de abril de 1997, núm. 99, p. 13270 – 13277.

España. Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril. BOE, 4 de marzo de 2006, núm. 54, p. 8961-8967.

España. Real Decreto 293/2018, de 18 de mayo, sobre reducción del consumo de bolsas de plástico y por el que se crea el Registro de Productores. BOE, 19 de mayo de 2018, núm. 122, Sec. 1 p. 52591-52601.

<https://goo.gl/eNXX1K>

<https://goo.gl/mMGx6o>

[...]

a) Antes de 2020, la cantidad de residuos domésticos y comerciales destinados a la preparación para la reutilización y el reciclado para las fracciones de papel, metales, vidrio, plástico, biorresiduos u otras fracciones reciclables deberá alcanzar, en conjunto, como mínimo el 50% en peso. [...]”<sup>5</sup>

Además también existe la Ley 11/1997 de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, con su última modificación en el Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo. Al igual que la ley mencionada anteriormente, la jerarquía es la siguiente:

- Prevención: Se realizan unos planes empresariales de prevención de residuos de envases con el fin de reducir los residuos generados. Es la prioridad, ya que es el método más eficaz en la reducción de residuos. Para ello se utilizan las siguientes medidas:

a) El aumento de envases reutilizables;

b) La mejora de sus propiedades físicas y químicas para poder soportar un mayor número de usos;

c) Disminución de peso, etc.

- Fomento de reutilización y del reciclado: Las Administraciones Públicas podrán establecer medidas de carácter económico, financiero o fiscal, con subvenciones y ayudas públicas para fomentar la investigación y la mejora de instalaciones en este campo.

-Valorización: Otra forma de aprovechar los residuos generados es la obtención de energía a través de los mismos. Se puede generar energía mediante la incineración.

- Eliminación: El almacenamiento o vertido de los residuos debe ser la última opción, aunque en España, al igual que en la mayor parte del mundo, ha sido hasta ahora la más utilizada. El inconveniente de esta práctica con los residuos plásticos, además de no aprovechar los recursos, es que estos ocupan mucho volumen. Esto lo hace más costoso, ya que en algunos vertederos cobran en función del volumen en vez del peso.

En el apartado de prevención, también hay que tener en cuenta el Real Decreto 293/2018, de 18 de mayo, sobre reducción del consumo de bolsas de plástico y por el que se crea el Registro de Productores.

### 3.3. MÉTODOS DE RECICLAJE

A pesar de que en las leyes citadas anteriormente recomiendan hablar sobre reutilización, reciclaje y valorización, en este trabajo nos vamos a centrar en el reciclaje.

Se puede diferenciar dos principales procesos de reciclaje: el reciclaje mecánico y el reciclaje químico.

#### 3.3.1. Reciclaje mecánico

Es uno de los más utilizados en España. Se trata de un proceso a raíz del cual se recupera el plástico procedente del consumo, permitiendo posteriormente su utilización. En este proceso hay un cambio de forma del plástico, pero no se rompen las macromoléculas.

Los plásticos reciclados mecánicamente provienen principalmente de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y de los residuos plásticos que provienen del proceso de fabricación.

Fases:

- Recepción: Se controla la calidad y el peso de la materia.

- Limpieza: Consiste en separar el material que pudiera empeorar las propiedades y la calidad del producto final.

- Clasificación: Se realiza en cintas transportadoras donde se vuelcan los residuos y se clasifican según el tipo de plástico. Se han desarrollado diversas técnicas para evitar la clasificación manual, basándose en métodos físicos como por ejemplo técnicas de flotación-hundimiento, basadas en las diferentes densidades.

- Trituración o molienda: En esta fase se obtiene un tamaño de grano lo suficientemente pequeño para que su manipulación resulte más fácil, además de conseguir una densidad mayor en el producto final.

- Lavado: Se retira todo el material que no es material plástico que se está reciclando. Es un proceso muy importante ya que cualquier impureza reduce la calidad del producto final. Se realiza mediante un lavado, aclarado y centrifugación (secado).

- Formación de pellets: El material se homogeneiza mediante su fundición, ingresando en una tolva de la extrusora. Aplicando presión y calor para pasa a través de un disco con pequeños orificios, conformando la masa fundida en un filamento que es luego enfriado y se va solidificando. Una vez solidificado es cortado en pequeñas piezas con una hélice, formando los pellets. Los pellets es la materia plástica que utiliza para posteriormente fabricar el producto final deseado.

- Conformado: En esta fase la materia prima se introduce sólida en la maquinaria, donde se le aplica calor, se funde e homogeneiza. Se puede realizar con diversos procesos,

Rubiano Fernández, L., Silva, P., Antonio, M., Barrera Valero, O. A., Orozco, W., Quesada, F., ... & Gaviria, L. A. (2013). Manejo de los materiales plásticos reciclados y mejoramiento de sus propiedades. INGE@ UAN-Tendencias en la Ingeniería, 1(2).

donde los más importantes son:

-Extrusión: Esta es la técnica más utilizada y es de coste moderado. Consiste en un proceso continuo donde el plástico fundido va pasando a través de un troquel gracias a una presión que se le proporciona. Finalmente es enfriada. Mediante la extrusión se suele fabricar elementos con una sección transversal constante o periódica como por ejemplo tubos, mangueras, láminas, perfiles, pellets, monofilamentos, etc.

- Soplado: Este proceso es utilizado para la producción de artículos huecos, como pueden ser las botellas o recipientes. Consiste en introducir el plástico fundido en un molde donde se introduce aire a presión en su interior. De este modo se consigue que el plástico fundido se adhiera a las paredes del molde, tomando dicha forma. Finalmente es enfriado y retirado del molde.

- Inyección: Esta técnica consiste en inyectar la mezcla fundida y homogeneizada en un molde cerrado a presión para conseguir la forma del molde. El plástico finalmente es enfriado y se retira del molde. Este proceso se utiliza cuando la fluidez y la viscosidad o la forma de la pieza que se quiere fabricar, no permiten o dificultan que se produzca mediante otros métodos.

- Compresión: Consiste en introducir el material fundido en un molde abierto, en el cual se aplica una presión para que nuestra pieza adquiera su forma.

- Termoconformado: Es el proceso por el cual se le da forma a un plástico mediante una lamina caliente y un molde. El molde puede ser de madera o aluminio, por ejemplo. Posteriormente se deja enfriar y se procede a desmoldar la pieza.

<https://goo.gl/nidEKT>

<https://goo.gl/dUQUdA>

<https://goo.gl/BQZFL6>

<https://goo.gl/Jvrscy>

### 3.3.2. Reciclaje químico

En este caso, las macromoléculas se rompen aplicando calor o catalizadores, descomponiendo el polímero inicial y obteniendo monómeros. A partir del procesamiento de los monómeros obtenidos, se obtienen nuevos plásticos. Este proceso puede desprender gases, lo que dificulta su realización.

Se puede utilizar como una técnica complementaria al reciclaje mecánico, resolviendo así algunas de las limitaciones que esta tiene. De este modo, no hace falta la separación de los distintos tipos de polímeros. Hay varios métodos que se pueden clasificar en:

- Despolimerización térmica: Con esta técnica se descompone el polímero en monómeros aportando calor, sin la ayuda de un reactivo químico. Hay diversos procesos:

- Pirólisis: Se realiza aplicando elevadas temperaturas (entre 400 y 800 °C) y en ausencia de oxígeno. Debido a las altas temperaturas, se obtiene una parte gaseosa (H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, etc.), otra líquida (alquitrán, aceite ligero y licor acuoso) y un residuo sólido. Con este proceso se reduce el residuo y los gases contaminantes en comparación con la incineración y se consiguen sustancias que pueden aprovecharse como combustible o productos químicos.

- Hidrogenación: Se realiza a temperaturas moderadas (400 - 500 °C), bajo presiones elevadas (10 – 100 kPa) y en presencia de hidrógeno. A partir de la hidrogenación se obtiene combustible líquido o materia prima de refinería.

- Craqueo térmico: Se realiza mediante altas temperaturas (500 – 800 °C) y un catalizador, en ausencia de oxígeno y se obtiene una mezcla heterogénea de hidro-

carburos.

- Disolución: A partir de este procedimiento se elimina el material contaminante de los desechos, recuperando los polímeros purificados.

- Solvolisis: Dependiendo del disolvente que se utilice, el cual actúa como reactivo, se pueden distinguir distintos tipos, como por ejemplo la quimiolisis, dentro de la cual existen los siguientes tipos:

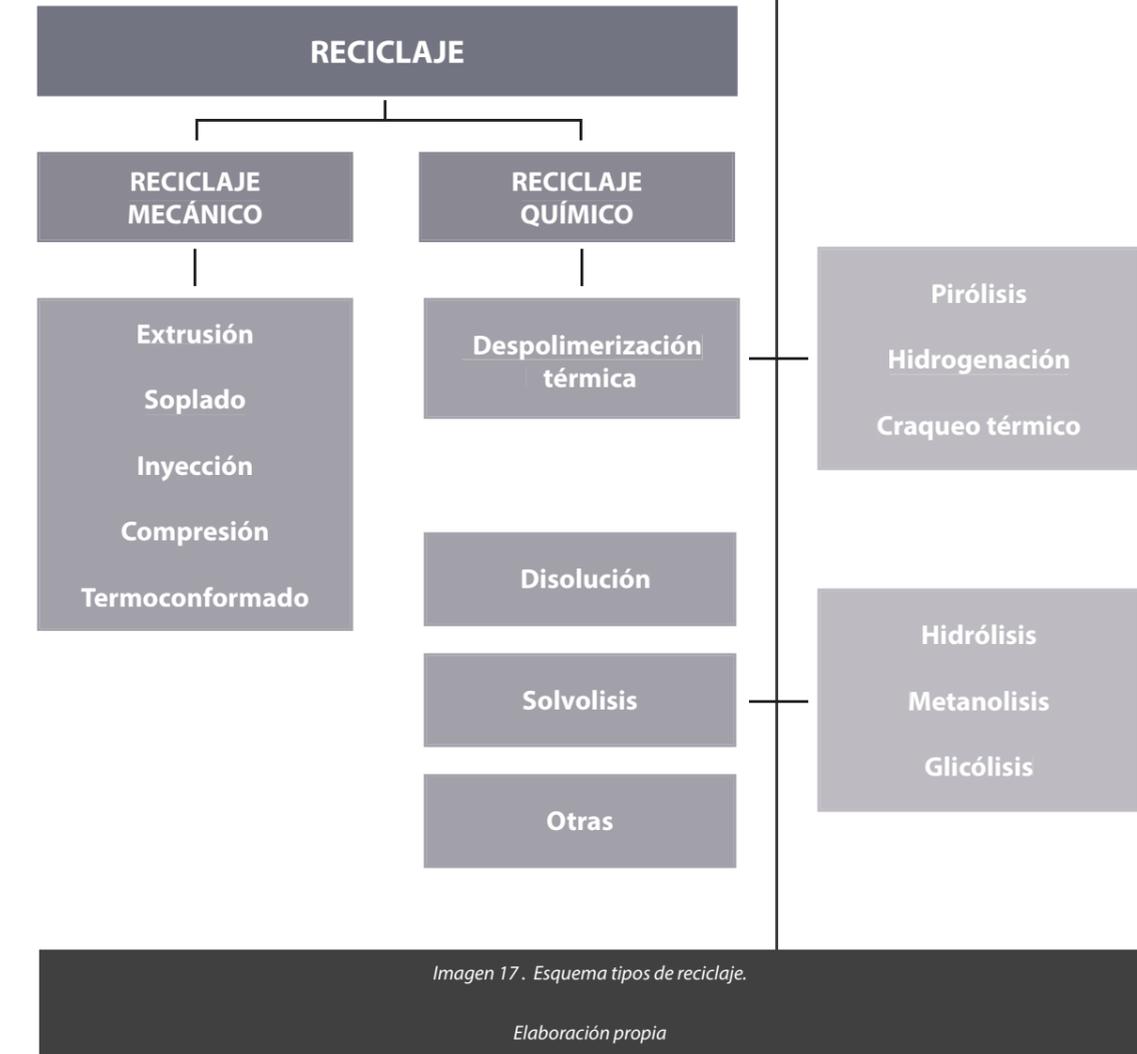
- Hidrólisis: Se realiza en un medio básico, obteniendo monómeros que necesitan un tratamiento posterior para poder utilizarlos. Se puede tratar los desechos mezclados y coloreados, obteniendo materiales de gran calidad

- Metanolisis: Se aplica en el PET metanol con presencia de un catalizador a altas presiones, descomponiéndose en monómeros con los que se puede producir de nuevo resina virgen. El resultado permite utilizar el nuevo material en la fabricación de botellas.

- Glicolisis: Se disuelve el PET en etilenglicol a altas temperaturas, la cual es más económica que los dos anteriores pero tiene menor eficacia.

- Otras

Una cuestión a tener en cuenta es que la mezcla de varios tipos de plástico puede afectar a las propiedades del material final, siendo de difícil aplicación.



### 3.4. ADITIVOS

Los productos plásticos son más procesables y duraderos con aditivos. Antes de añadir cualquier aditivo hay que conocer cómo afectan al producto plástico y sus propiedades. Hay que tener en cuenta que polímero se va a utilizar y los propiedades que necesitamos para el uso que se le va a dar al producto final.

Algunos de los aditivos más importantes son:

#### 3.4.1. Agentes anti condensación

Este aditivo evita condensaciones formadas por pequeñas gotas de agua. Es necesario para envases de productos con altos contenidos en agua, como puede ser fruta, verduras o carne fresca, los cuales podrían producir condensaciones en la superficie interior del envase.

#### 3.4.2. Agentes antiestáticos

La electricidad estática puede ser un problema en los plásticos, por lo que se le puede añadir agentes antiestáticos que reducen la carga. Estos aditivos se pueden aplicar en la superficie de los plásticos (antiestáticos “externos”) o se pueden mezclar en la masa del plástico durante su procesamiento (antiestáticos “internos”), formando una capa conductora sobre la superficie del plásticos. La protección antiestática está basada en la disipación de electrones en la capa superficial.

#### 3.4.3. Agente espumante

Cuando el polímero se encuentra temporalmente en un estado líquido viscoso, varios agentes químicos generan unos gases inertes como resultado de una descomposición térmica a una elevada temperatura dentro del volumen del polímero. Son utilizados para la producción de políme-

ros con densidades bajas.

#### 3.4.4. Colorantes

Los tintes y pigmentos son usados para añadir color, ya sea por apariencia o por cuestiones funcionales. Los tintes son solubles en la matriz del polímero, lo que hace que tienda a absorber la luz. Por el contrario, los pigmentos son insolubles por lo que tienden a absorber y dispersar la luz.

Los colorantes pueden mezclarse en la masa del polímero o pueden aplicarse sobre la superficie. También se utilizan dispersantes, disolventes o aglutinantes junto con los colorantes como auxiliares del proceso.

En algunos artículos de plástico se le aplica unos pigmentos orgánicos fluorescentes que absorben la radiación visible, reforzando el color existente.

#### 3.4.5. Cargas

Se trata de un material sólido que se le añade a la mezcla. Esta práctica reduce costes, aunque afecta en las propiedades del polímero. Se suele utilizar en ocasiones que no necesita buenas propiedades mecánicas ni grandes requerimientos. Se puede utilizar carbonato de calcio, silicatos, etc., (sustancias inorgánicas) o celulosa, almidón, etc., (sustancias orgánicas).

Por el contrario, en el caso de añadir fibras de vidrio, de carbono u otros materiales utilizados como refuerzo se mejoran las propiedades de la pieza (Cargas reforzantes).

#### 3.4.6. Modificadores de impacto

Los plásticos que tienen la temperatura de transición vítrea superior a la temperatura ambiente, pueden agrietarse por debajo de la temperatura ambiente. Para evitar que se agriete, se puede mezclar un termoplástico rígido (PVC, PS, etc.) con un elastómero. De este modo, cuando se produce un impacto en el producto final, la energía es absorbida en un primer momento por el termoplástico rígido y en el caso de que haya que evitar una fractura frágil, la energía es absorbida en un segundo lugar por el elastómero.

La mezcla más común es el PS modificado con caucho (HIPS).

#### 3.4.7. Lubricantes

Se utiliza para facilitar el procesamiento del polímero, ya que pueden aparecer problemas por una excesiva fricción y desgaste. Esta fricción excesiva puede producirse en las partes metálicas de los equipos de procesamiento durante su transformación o en las operaciones de acabado, como la impresión. En esta ocasión se utilizan lubricantes externos, que tienen que ser ligeramente solubles en el polímero, como por ejemplo el ácido esteárico, ceras, etc.

En cambio, los lubricantes internos se encargan de reducir la fricción excesiva entre las partículas del polímero, añadiéndose el lubricante en la masa, mejora su viscosidad. Tienen mayor compatibilidad con el polímero que los lubricantes externos y los más utilizados son ceras, gliceril ésteres, estearato de calcio, etc.

#### 3.4.8. Agentes de nucleación

Se añade los agentes de nucleación en la masa del plástico semicristalino, con el fin de lograr la creación de cristales más rápidamente y a mayor temperatura, mejorando las propiedades del producto final. Se consigue mayor transparencia y mayor temperatura de distorsión. Los más comunes son el benzoato de sodio, las poliolefinas de bajo peso molecular, los ionómeros, etc.

#### 3.4.9. Plastificantes

Este tipo de aditivos se añaden para facilitar su procesamiento y mejorar su flexibilidad, para disminuir su viscosidad del fundido, la temperatura de transición vítrea y su módulo de elasticidad del fundido. Los plastificantes más usuales son ftalato, el fosfato, adipato y epoxi.

#### 3.4.10. Estabilizadores

Para evitar el deterioro de los polímeros sintéticos se han utilizado diferentes estabilizantes, los cuales retrasan el proceso de degradación. Producen una variación en la estructura química, reduciendo la velocidad de la aparición de cambios estéticos del polímero o de disminución de sus propiedades mecánicas.

- Antioxidantes: prolongan la vida útil del polímero interrumpiendo las reacciones de oxidación, y por tanto su degradación, que se dan en algunos plásticos debido a la radiación ultravioleta y a la presencia de átomos de carbono terciarios. Los más utilizados son fenoles estéricamente impedidos o aminas aromáticas.

- Estabilizadores térmicos: Son utilizados principalmente en polímeros halogenados, como el PVC, los cuales pueden presentar un problema de deshidrohalogenación durante su procesamiento. Además, muchos de ellos tienen

una temperatura de descomposición más baja que la temperatura de procesamiento, por lo que es muy importante el uso de este aditivo en este tipo de plástico. El más utilizado es el carboxilato metálico.

Los estabilizantes térmicos también pueden ser utilizados en el procesamiento o reprocesamiento del PET, ya que se degrada a cuando estos se producen a una temperatura superior de 280 – 300 °C.

- Estabilizadores ultravioleta: las propiedades de los plásticos pueden verse afectadas por la radiación ultravioleta, además de aparecer un color amarillento en la superficie. Los estabilizadores ultravioleta se encargarían de absorber las longitudes de onda que son perjudiciales para los plásticos utilizados. Los más usados son los bezotriazoles, las 4-alcobenzofenonas, los acrilonitrilos sustituidos, etc.

#### 3.4.11. Retardante de llama

Reducen la inflamabilidad del polímero, interviniendo en el proceso de combustión partir de la química y la física.

Los plásticos al descomponerse generan una serie de gases (volátiles, los cuales son buenos combustibles) que alimenta el fuego. A su vez, por el calor del fuego el plástico se descompone. De esta manera, los retardantes actúan evitando el flujo de calor de la llama al plástico o evitando el flujo de volátiles desde el plástico a la llama.

Cuando los retardantes intervienen de forma física, actúan recubriendo el área expuesta, reduciendo así el flujo de calor, y por lo tanto la formación de volátiles; cuando intervienen de forma química, el aditivo reacciona con el calor, produciendo gases incombustibles que diluyen la concentración de oxígeno. De esta forma se reduce la velocidad de combustión y la temperatura del material. Los más utilizados son los bromuros y cloruros orgánicos.



Imagen 18. Esquema tipos de aditivo.

Elaboración propia

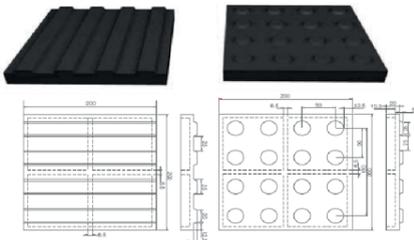


Imagen 19. Aplicación pavimento táctil.  
<https://goo.gl/N4qxqQ>



Imagen 20. Aplicación pavimento táctil.  
<https://goo.gl/N4qxqQ>



Imagen 21. Manta drenante  
<https://goo.gl/QqWvME>



Imagen 22. Ejemplo aplicación manta drenante  
<https://goo.gl/QqWvME>

<https://www.zicla.com>

## 4. APLICACIÓN A LA CONSTRUCCIÓN

Una vez visto la parte teórica, se va a exponer una serie de empresas reales como ejemplo de la posible aplicación del reciclaje de plástico en la construcción.

### 4.1. PAVIMENTOS

#### Zicla

Zicla es una empresa comprometida con el medio ambiente, que trabaja para revalorizar los residuos que generan las ciudades. La empresa nació en 2005 y se encuentran en Barcelona, aunque también tienen delegaciones en País Vasco y Francia.

Uno de los materiales con el que trabajan es con el plástico reciclado y algunos de los productos que fabrica son:

- Pavimentos táctiles para entornos accesibles.
- Material: puede fabricarse mediante la mezcla de residuos de aluminio y polietileno procedente de tetrabricks; de una mezcla de PVC procedente de cables, mangueras, etc., o de PE procedente de cables en desuso.
- Porcentaje reciclado: 100%.
- Color: negro intenso.
- Alta durabilidad.
- Alta resistencia mecánica al desgaste e intemperie.

- Reutilizable.

- Manta drenante.

Este elemento se puede utilizar para la construcción de pavimentos flexibles. Además de capa drenante actúa como amortiguadora. Zicla utiliza los residuos procedentes de los churros de piscina y colchonetas. En un primer lugar, se tritura el residuo y a continuación se le aplica una pequeña cantidad de resina PU para su aglomeración. Con la mezcla anterior se producen bloques prensándolos en prensa de platos calientes y por último se laminan los bloques para obtener el espesor deseado. Puede variar el espesor y la densidad dependiendo de las necesidades finales.

- Material: espuma de polietileno reticulado (PE)
- Porcentaje reciclado: 100%
- Buena resistencia a la temperatura
- UV estable
- Difícilmente reciclables

#### Plastisoil

Plastisoil es un invento del equipo de Ingeniería civil y ambiental de la Universidad de Temple, en Filadelfia, dirigido por Naji Khoury. Se trata de un pavimento que contiene botellas de plástico trituradas, mezcladas con tierra, lo que al calentarlo proporciona un material similar al asfalto. Se consigue un material poroso, lo que facilita la no acumulación de líquidos en su superficie para mayor seguridad. Además, es más económico que el asfalto y menos contaminante, ya que además reciclar botellas de plástico se necesita menos energía que en un sistema convencional.

- Material: PET (tereftalato de polietileno) y tierra.

- Se necesitan 30 000 botellas para fabricar una tonelada de Plastisoil.

- Material poroso, permitiendo la absorción de líquidos.



Imagen 23. Plastisoil.

<https://goo.gl/LXhVua>

#### Hahn Kunststoffe. Hanit

Hahn Kunststoffe es una empresa fundada en 1991, Hunsrück, Alemania, siendo unos de los pioneros en utilizar plástico reciclado como materia prima de su producción.

Ofertan gran cantidad de productos fabricados con Hanit, material que obtienen del plástico reciclado, y obteniendo los productos finales mediante extrusión, intrusión, prensado o inyección. Hahn Kunststoffe ofrece gran variedad de pavimentos con las siguientes características:

- Material: Polipropileno (PP) y polietileno (PE).
- Porcentaje reciclado: 100%.
- Ligero.
- Resistente a la intemperie.
- Fácil y rápida instalación.
- 100% reciclable.



Imagen 24. Tablón estriado.

<https://goo.gl/jDT84W>



Imagen 25. Aplicación tablón estriado.

<https://goo.gl/jDT84W>



Imagen 26. Eco Loseta.

<https://goo.gl/VAAo7X>



Imagen 27. Rejilla para césped.

<https://goo.gl/2fmtAa>

<https://goo.gl/LXhVua>

<https://www.hahnkunststoffe.de/>



Imagen 28. Ejemplo aplicación UPM ProFi Deck  
<https://goo.gl/BvCqap>

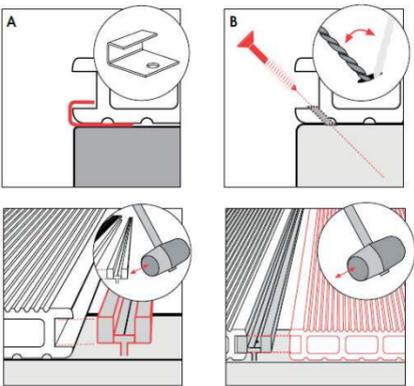


Imagen 29. Instrucciones de montaje UPM ProFi Deck.  
<https://goo.gl/BvCqap>

## UPM ProFi

UPM es una empresa que opera en Europa y Norteamérica, teniendo plantas de producción en 13 países.

En 2005, los investigadores de UPM de Finlandia desarrollaron un nuevo material sostenible compuesto por plástico, papel, tinta y sílice.

- UPM ProFi Deck. Compuesto de madera y plástico para suelos.

Realizado con material reciclado, UPM ofrece una alternativa ecológica para la construcción de suelos. Pudiendo utilizarlo en exterior, es UV resistente y antideslizante, incluso cuando se encuentra mojado.

- Material: PVC (policloruro de vinilo) reciclado procedente del procesamiento de etiquetas, PP (polipropileno) y papel reciclado. Está libre de lignina y de químicos dañinos.

- Porcentaje reciclado: >50%.

- Resistente a la humedad.

- Color: gris piedra, verde plata, gris perla, beige, marrón otoñal, marrón castaño, negro cielo nocturno.

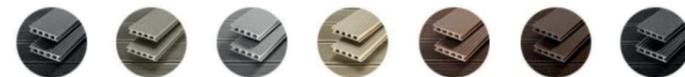


Imagen 30. Colores disponibles UPM ProFi Deck.  
<https://goo.gl/BvCqap>

- Fácil instalación.

- Poco mantenimiento. Requiere limpieza con agua y cepillo para retardar el cambio de color debido a la radiación UV.

<http://www.upmprofi.com>

Kottas, D. (2012). Plástico : Arquitectura Y Construcción.

- Resistente a la intemperie. UV resistente.

- Resistente a la absorción de humedad.
- 100% Reciclable.

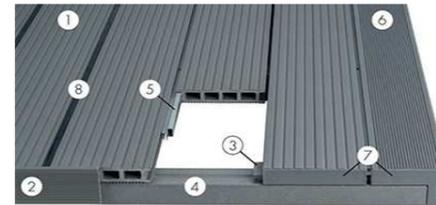


Imagen 31. Esquema de montaje UPM ProFi Deck  
<https://goo.gl/BvCqap>



Imagen 32. Elementos de montaje UPM ProFi Deck.  
<https://goo.gl/BvCqap>

- UPM ProFi WPC Floor tile

UPM ProFi tiene además una baldosa con las mismas características que el anterior, cuyas únicas diferencias son los colores disponibles, las medidas y la instalación de la misma.



Imagen 33. Colores UPM ProFi Floor Tile.  
<https://goo.gl/BvCqap>

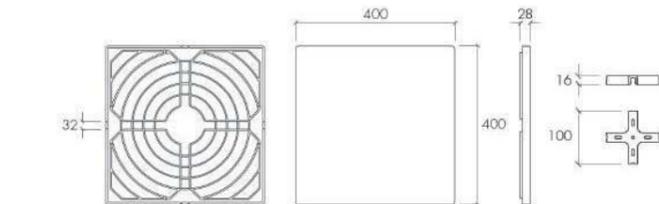


Imagen 34. Vistas UPM ProFi Floor Tile.  
<https://goo.gl/BvCqap>

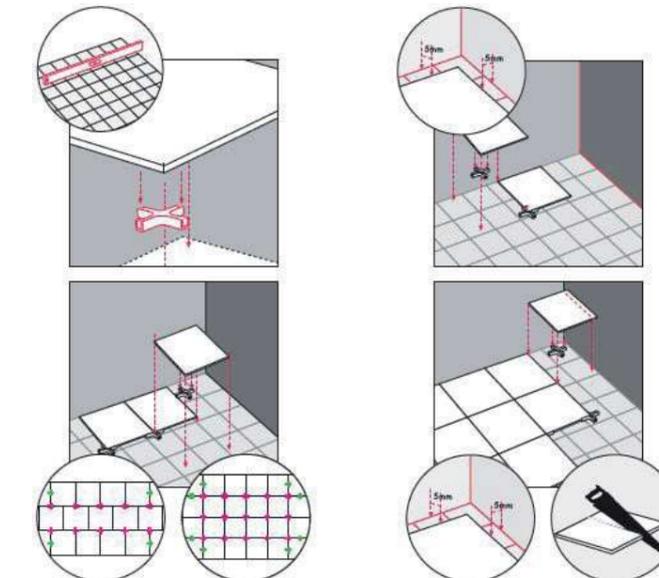


Imagen 35. Esquema de montaje UPM ProFi Floor Tile.  
<https://goo.gl/BvCqap>

## ECOsurfaces. Suelo de goma reciclada

Empresa fundada en 1871, localizada en Lancaster, Estados Unidos. Los pavimentos fabricados por ECOsurfaces son ergonómicos, seguros y contribuyen al aislamiento acústico del forjado. Pueden utilizarse en gran variedad de espacios con una amplia diversidad de diseño.

- Material: la goma se obtiene de neumáticos usados y se reviste con ColorMill® EPDM, el cual proviene de relleno orgánico y desechos industriales.

- Porcentaje reciclado: 97% reciclado.

- Color / Textura: varios.

- Buen aislante acústico.

- Fácil de limpiar.

- Uso en interior y exterior.

- 100% reciclable.



Imagen 36. Ejemplo aplicación ECOsurfaces.  
<https://goo.gl/ubGZMm>

<https://goo.gl/ubGZMm>



Imagen 37. Ejemplo aplicación UPM ProFi Floor Tile.  
<https://goo.gl/BvCqap>



Imágenes 38, 39 y 40. Ejemplos ECOsurfaces.  
<https://goo.gl/ubGZMm>

[www.ecosurfaces.com](http://www.ecosurfaces.com)

<https://goo.gl/LgmxJG>

Kottas, D. (2012). Plástico : Arquitectura Y Construcción.



Imagen 41. Buzzi Skin 3D Tiles  
<https://goo.gl/7BwnbZ>

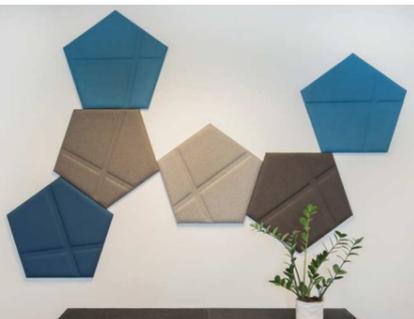


Imagen 42. Buzzi Skin 3D Tiles  
<https://goo.gl/hrkxfn>



Imagen 43. Aplicación Buzzi Skin 3D Tile  
<https://goo.gl/hrkxfn>

<http://buzzi.space/buzzitile-3d/>  
<https://goo.gl/bKG8z6>

## 4.2. PANELES

### Buzzi Skin 3D Tile

Buzzi Skin 3D Tile se encuentra en Bélgica, aunque también tiene representantes en Alemania, Reino Unido, Estados Unidos.

Uno de sus productos es un azulejo cuya función es la absorción acústica. Se colocan en forma de mosaico en la pared.

- Material: Poliéster.
- Porcentaje reciclado: 100% reciclado.
- Peso: 420 g/m<sup>2</sup>.
- Color/ Textura: varios.
- Absorción de sonido: Categoría A ( $\alpha = 0.90 \mid 0.95 \mid 1.0$ ).
- Uso en interior.

Imagen 44. Aplicación Buzzi Skin 3D Tile

<https://goo.gl/hrkxfn>



### 3-form

3-form es una empresa que va incrementando cada vez más el contenido de plástico reciclado en sus productos. La podemos encontrar en Estados Unidos, Australia, Países Bajos y Chile.

Dos ejemplos de sus productos son:

- 100 percent: una serie de paneles con diferentes acabados fabricados con un 100% de plástico reciclado.
  - Material: HDPE (polietileno de alta densidad).
  - Porcentaje reciclado: 100%.
  - Color/ textura: varios.
  - UV estable.
  - Puede disponerse tanto en interior como en exterior.
  - Fácil de limpiar.



Imagen 45. 3-form 100 percent  
<https://goo.gl/4WyNrH>



Imagen 46. Aplicación 3-form  
<https://goo.gl/ctSKsd>

- Struttura: Se trata de unos paneles que puede utilizarse como particiones entre dos espacios. Permite pasar la luz pero da privacidad.

- Material: PC (policarbonato).
- Porcentaje reciclado: 24 – 39 %.
- Color/ textura: varios.
- UV estable.
- Puede disponerse tanto en interior como en exterior.



Imagen 47. Aplicación Struttura

<http://www.3-form.com>



Imagen 48. Aplicación 3-form Struttura  
<http://www.3-form.com>

### Smile Plastics. Láminas de plástico reciclado

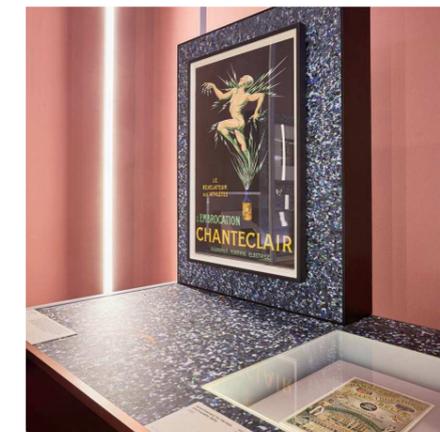
Empresa de Londres dirigida por dos diseñadores, que crean gran variedad de diseños, pudiendo hacer encargos y siendo cada panel único y diferente al resto. Las empresas pueden proporcionarles sus desechos plásticos para crear estos paneles e incluso mobiliario.

Los paneles pueden utilizarse en cuartos de baño, distribuciones en tiendas o espacios expositivos, muebles, etc.

- Material: Hechos principalmente de botellas de plástico, plástico procedente del empaquetado, envases de alimentos, macetas, desechos de café o incluso teléfonos móviles y pelotas de goma.
- Porcentaje reciclado: 100%.
- Color: Varios.
- Fácil instalación.
- Impermeable.
- Poco mantenimiento.
- UV resistente.
- 100% Reciclable.



Imagen 49. Texturas de las láminas de Smile Plastics  
<https://goo.gl/BvJEf5>



Imagenes 50, 51 y 52. Aplicaciones de Smile Plastics  
<https://goo.gl/P3vGj2>

<https://smile-plastics.com/>

Kottas, D. (2012). Plástico : Arquitectura Y Construcción.

Imagen 53. Bloque de Byfusion

www.byfusion.com

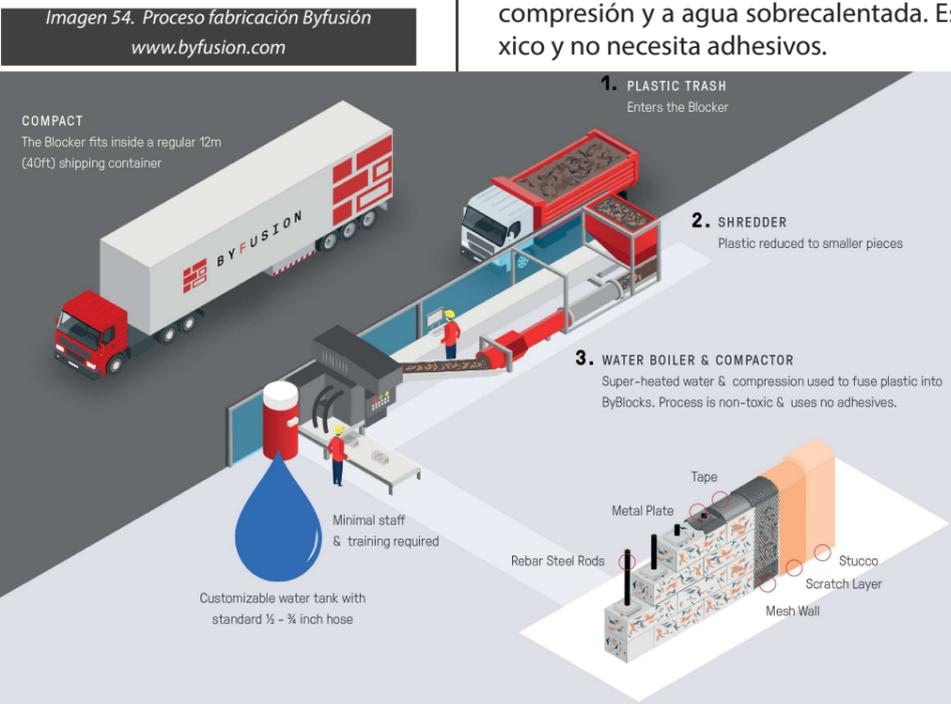


### 4.3. LADRILLOS

#### Byfusion

Byfusion es una empresa con sede en Nueva York, Los Ángeles y Dunedin. Ofrecen un bloque fabricado con todo tipo de plástico reciclable, promoviendo de esta manera la economía circular. Son capaces de reciclar y esterilizar los 7 tipos de plástico, por lo que no requiere clasificación ni pre-lavado.

El proceso consiste en reducir los plásticos en pequeñas piezas, las cuales son sometidas a una fuerza de compresión y a agua sobrecalentada. Este método no es tóxico y no necesita adhesivos.



<https://www.byfusion.com/byblocks/>

- Material: PP (polipropileno), HDPE y LDPE (polietileno de alta y baja densidad), PET (poliéster), PS (poliestireno), PVC (policloruro de vinilo) y otros.

- Porcentaje reciclado: 100%.

- Color: varios.

- Buen aislante térmico y acústico.

### Conceptos Plásticos

Empresa que vio en el problema de déficit de vivienda en Colombia una solución en con el reciclaje. Conceptos Plásticos patentó un sistema constructivo alternativo con residuos plásticos y caucho. Se puede construir tanto viviendas temporales como permanentes, refugios, etc. No necesita mano de obra especializada para su construcción y con cinco días y cuatro personas sin experiencia se podría construir una vivienda de 40 m<sup>2</sup> en solo 5 días. Además, en cada casa se utilizan alrededor de 6 toneladas de plástico y es un 30% más económico que un sistema tradicional.

- Material: PP (polipropileno), HDPE y LDPE (polietileno de alta y baja densidad), PET (poliéster), aluminio, HIPS, PS (poliestireno), ABS, PC e incorpora materiales obtenidos del tratamiento y recuperación de neumáticos usados, residuos electrónicos y empaques multicapa.

- Porcentaje reciclado: 100%.

- Resistente a la humedad.

- Color: Gris.

- Elevada rigidez.

- Alto punto de fusión.

- Excelente resistencia química.

- Sismo resistente.

- Fácil instalación. No necesita mano de obra especializada.



Imagen 55. Estructura  
<https://goo.gl/jFKAwc>

da.  
- No necesita mantenimiento.

- Existen dos tamaños y se fabrican mediante extrusión

Procedimiento de construcción de una vivienda:

- Cimentación.

- Levantamiento de muro hasta la quinta hilada.

- Se colocan los pilares.

- Se levanta el muro hasta el remate.

- Se pone la viga de remate y las instalaciones.

- Se dispone la cubierta.



Imagen 56. Proceso constructivo  
<https://goo.gl/jFKAwc>



Imagen 57. Refugio para familiar en Guapi, Cauca.  
<https://goo.gl/jFKAwc>

### Homecell

HomeCell empresa colombiana que ha creado un bloque reciclado, que no necesita mortero para su fijación con otros bloques, ya que encajan tanto horizontal, como verticalmente. Se trata de un sistema constructivo en seco. Además, los mismos bloques sirven como encofrado para el hormigón armado de los pilares y las vigas.

Para la elaboración de los bloques se utiliza un 90% menos de agua si lo comparamos con un sistema constructivo tradicional.

- Material: Recuperados industriales, fibras naturales (madera, cáscara de arroz o café), resinas poliméricas, aditivos ignífugos, protectores UV y colorantes.

- Porcentaje reciclado: 50% plástico reciclado.

- Ligero.

- Resiste 7 toneladas a compresión

- Resistente a los impactos.

- Sismo resistente.

- Construcción rápida.

- Facilidad para colocar instalaciones.

- Buen aislante térmico y acústico.



Imagen 58. Ladrillo Homecell  
<https://goo.gl/8ocM6z>



Imágenes 59,60,61,62 y 63. Proceso constructivo.  
<http://ecohomecell.com/Galeria.html>



Imagen 64.  
Vista interior.

<http://ecohomecell.com/Galeria.html>

<http://conceptosplasticos.com>

<http://www.ecohomecell.com/Galeria.html>



Imagen 65. Polli-Brick  
<https://goo.gl/oS1LDH>

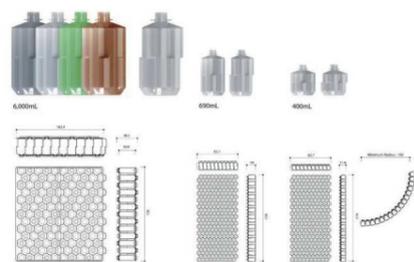


Imagen 66. Medidas Polli-Brick  
<https://goo.gl/auyU9u>



Imagen 67. Aplicación Polli-Brick  
<https://goo.gl/SJeYU3>

<http://www.miniwiz.com/>

Rosana Gaggino. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. Revista INVI, 23(63), 137-163.

## Polli-Brick

Invento del arquitecto Arthur Huang, arquitecto graduado en Cornell. Se fabrica con botellas de plástico y su estructura lo hace muy resistente sin necesidad de adhesivos. Se fabrica mediante la combinación de moldeo por inyección y por soplado.

Está recubierto por una película de PC que lo hace más resistente y le proporciona mayor protección contra UV, el agua y el fuego.

- Material: PET (polietileno).

- Porcentaje reciclado: 100%.

- Translucido.

- Ligero.

- Buen aislante.

- Una quinta parte más barato que un muro cortina convencional.

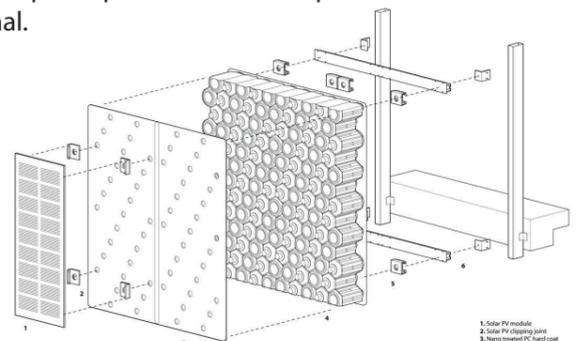


Imagen 69. Esquema montaje Polli-Brick  
<https://goo.gl/auyU9u>



Imagen 68. Polli-Brick  
<https://goo.gl/auyU9u>

## Ladrillos de hormigón y plástico reciclado

CEVE (Centro Experimental de la Vivienda Económica fue fundado en 1967) desarrolla unos ladrillos de hormigón y plástico reciclado con el fin de influir positivamente en el medio ambiente y en el ámbito social.

Los residuos plásticos son triturados e incorporados en la masa de cemento, sin necesidad de ser lavados previamente, pero no pueden utilizar plásticos que han podido estar en contacto con alguna sustancia tóxica. Los plásticos triturados rempazan a los áridos en la mezcla del hormigón, por lo que estos son más ligeros.

- Material: PET (polietileno tereftalato), LDPE (polietileno de baja densidad), PVC (cloruro de polivinilo) y PS (poliestireno expandido) procedentes de envases de bebidas, de embalajes de alimentos y de residuos de fábricas.

- Buen aislante térmico y acústico.

- Ligero.



Imágenes 70,71 y 72. Bloques y ladrillos de hormigón y plástico reciclado  
<https://goo.gl/kXEpEY>

## 4.4. TEJAS

### Roofeco system

Empresa de Castellón que ha ganado el primer premio al mejor producto fabricado con plástico reciclado en Europa en 2017. Fabrican todas las piezas necesarias para la construcción de un tejado. Además de tejas de diferentes colores, tienen la posibilidad de aplicar tejas translúcidas que actúan como lucernario, aunque estas últimas no son de plástico reciclado.

Como método de transformación utilizan la inyección y el molde de las piezas tiene todos los detalles para que la teja pueda instalarse fácil y rápidamente.

- Material: LDPE (polietileno de baja densidad) mayoritariamente, aunque también contiene HDPE (polietileno de alta densidad), minerales y aditivos nano-métricos para mejorar las propiedades originales de las materias primas.

- Porcentaje reciclado: 100%.

- Dimensiones: 107 cm x 57 cm.

- Espesor: 0.5 cm.

- Peso: 6.50 kg/m<sup>2</sup>.

- Color: Arcilla, chocolate, verde, azul, gris Oxford y translúcida.

- UV estable.

- Puede disponerse tanto en interior como en exterior.

- Velocidad de instalación: 35 m<sup>2</sup>/ hora. No necesita mano de obra especializada.

- Pendiente mínima: 17% (10 grados).

- Soporta temperaturas extremas de -40° a 60°.

- Resiste vientos de hasta 178 km/hora.

- No necesita mantenimiento.

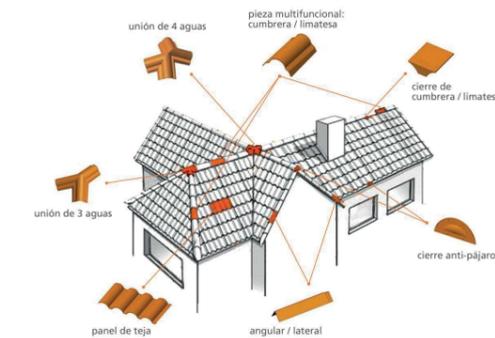


Imagen 73. Esquema piezas.

<http://roofecosystem.com/productos/>

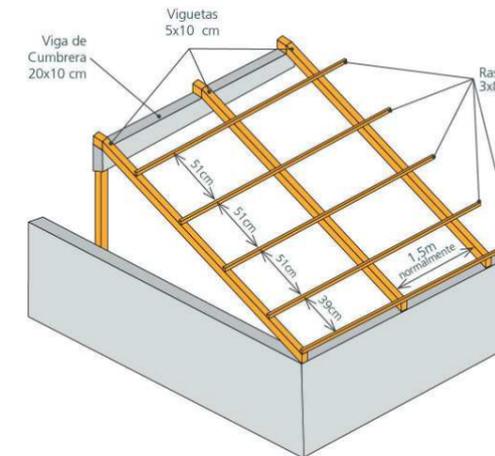


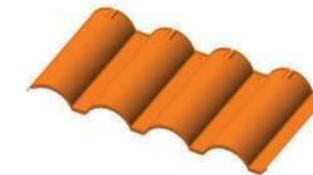
Imagen 74. Montaje

<http://roofecosystem.com/productos/>



Imagen 75. Detalles.

Cierre anti-pájaros y sistema de anclaje.  
<http://roofecosystem.com>

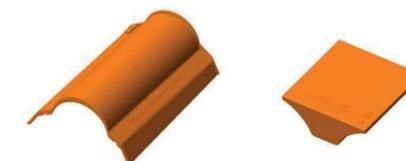


Panel de teja de 4 ondas

Dimensión: 1,07 m x 57 cm

Peso: 3,9 kg

Espesor: 5 mm



Pieza multifuncional: Cierre de cumbre / cierre de limatesa

Cumbre

Limatesa

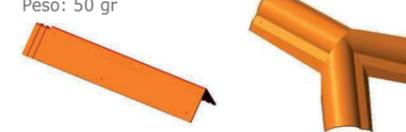
Dimensión: 57 x 33 cm

Peso: 1,5 kg



Cierre anti pájaros para finales de teja, cumbre y limatesa

Peso: 50 gr



Angular: Lateral y Cierre-apoyo bajo cumbre / limatesa

Dimensión: 57 x 11 x 10 cm

Peso: 750 gr

Imagen 76. Detalles instalación Roofeco System

<http://roofecosystem.com/productos/>

<http://roofecosystem.com>



Imágenes 77 y 78. Ejemplo aplicación de la teja de Roofeco System.  
<http://roofecosystem.com/galeria-tejas-plasticas/>

En la visita realizada a Roofeco system el 28 de Agosto de 2018 mostraron la materia prima con la que trabajan, las cuales son restos de invernaderos, cajas de frutas y de otras tejas; Se vieron varios proyectos en los que las tejas de Roofeco System jugaron un papel fundamental, como por ejemplo en la imagen 80, un proyecto en México en la que se olvidaron de añadir el peso de la cubierta para el cálculo de la estructura y gracias a la ligereza de sus tejas pudieron finalizar la construcción de la vivienda. Además se puso énfasis en las grandes cualidades del HDPE y del LDPE y de los aditivos nano-métricos y su efectividad frente a los aditivos usuales.

No se pudo visitar la maquinaria con la que se fabrican las tejas ya que las instalaciones no les pertenecían. Esta empresa tiene un convenio para que fabriquen las tejas con sus moldes de los cuales tienen la patente.

Por último, es importante destacar las mejoras que han realizado en el diseño de la teja, eliminando el ensamblado de uno de los extremos, ya que en ocasiones dificultaba su instalación.



Imagen 80. Ejemplo aplicación de la teja de Roofeco System.  
<http://roofecosystem.com/galeria-tejas-plasticas/>

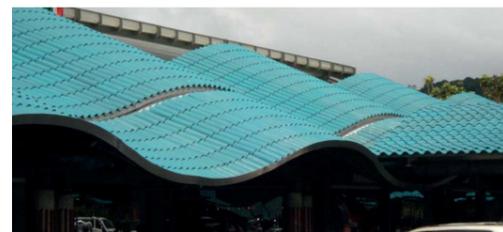


Imagen 81. Ejemplo aplicación de la teja de Roofeco System.

<http://roofecosystem.com/galeria-tejas-plasticas/>

<http://es.sp-berner.com>



Imagen 79. Silla SP-Berner

<https://goo.gl/FYqCKJ>

#### 4.5. MOBILIARIO / VIAL

##### Sp-Berner

Sp-Berner es una empresa Española, teniendo 3 fábricas en Valencia y otra en China, que colabora con grandes empresas como Mercadona, Alcampo, Leroy Merlin o Ikea, entre otras, fabricando productos de plástico reciclado para dicha empresa. Fabrica productos de limpieza, menaje del hogar y cuidado personal, mobiliario de jardín y material industrial.

La empresa utiliza materiales como PET, PS, PP y PE, utilizando materias primas obtenidas de sus propias plantas de reciclaje, y utilizando como métodos de transformación la inyección, el termoconformado y la extrusión.

En el caso del mobiliario las características son las siguientes:

- Material: PP, sin componentes metálicos para evitar la oxidación.
- Porcentaje reciclado: Depende del producto.
- Montaje rápido y sencillo.
- Trenzado imitación ratán.
- Limpieza fácil.



Imagen 82. Muebles de Jardín  
<https://goo.gl/FYqCKJ>

##### CM Plastik

CM Plastik utiliza los residuos de empresas o de vertederos como materia para fabricar nuevos productos, fomentando la economía circular. Con este ejercicio, las empresas ahorran en economía y en recursos, ya que con sus propios residuos pueden obtener un producto a cambio, como por ejemplo mobiliario. Además, los elementos que fabrican son 100% reciclados y 100% reciclables.

Utilizan dos métodos de transformación:

- El proceso por extrusión, en el que fabrican madera plástica. Entre sus características podemos destacar:
  - Material: Se realiza con HDPE (polietileno de alta densidad).
  - Porcentaje reciclado: 100%.
  - Color: varios.
  - Buena resistencia frente a impactos.
  - UV estable.
  - Fácil de limpiar.
  - Buena resistencia mecánica.
  - No necesita mantenimiento.

- El proceso por inyección para el plástico reciclado. Los productos que ofrece CM Plastik son muy variados. En su catálogo podemos encontrar desde mobiliario urbano, viajes y hasta parques infantiles.

- Material: PP (polipropileno), HDPE y LDPE (polietileno de alta y baja densidad), PET (poliéster), PS (poliestireno), PVC (policloruro de vinilo) y otros.

- Porcentaje reciclado: 100%.

- Color: varios.

- Buena resistencia frente a impactos.

- UV estable.

- Fácil de limpiar.

- Buena resistencia mecánica.

- No necesita mantenimiento.

Durante su primer año como empresa, consiguieron reciclar 250 toneladas de plástico para la fabricación de rotondas, separadores de carril bici (viales), bancos o parques infantiles.



Imagen 83. Parque CM plastik  
<http://www.cmplastik.com/catalogo/>



Imagen 84. Banco CM plastik  
<http://www.cmplastik.com/catalogo/>



Imagen 85. Aparca Bicis CM plastik  
<http://www.cmplastik.com/catalogo/>



Imagen 86. Pasarela de playa CM plastik  
<http://www.cmplastik.com/catalogo/>



Imagen 87. Rotonda modular CM plastik  
<http://www.cmplastik.com/catalogo/>

Imagen 88. Papelera  
CM plastik

<http://www.cmplastik.com/catalogo/>



Imagen 89. Pista futbol y baloncesto CM plastik  
<http://www.cmplastik.com/catalogo/>



Imagen 90. Proyecto en la Albufera  
<http://www.cmplastik.com/catalogo/>

La visita a CM Plastik fue muy importante en el transcurso y la conclusión de este trabajo. La oficina llama la atención, ya que hasta el buzón o la mesa en la que nos recibió eran de plástico reciclado, concretamente de un parque infantil que se había cambiado.

La conversación con Carlos, el gerente de la empresa, fue muy enriquecedora, hablando sobre lo incorrecto que era decir que algún elemento plástico no podía ser reciclado. Mostró ejemplos en los que había reciclado elemen-

<http://www.cmplastik.com>

tos plásticos que teóricamente no eran reciclables, como por ejemplo los elementos de delimitación del carril bici en los que había utilizado cables con restos de cobre.

Nos mostró bancos de madera plástica que llevaban 10 años, de la durabilidad de su material y de lo fácil que es repararlos o cambiar alguna pieza.

Se habló de los beneficios económicos y ambientales que conlleva a un municipio o empresa reciclar los residuos plásticos y utilizarlo para fabricar elementos que necesiten, como en el proyecto que se ha comentado anteriormente en la Albufera.

## Zicla

Como se ha dicho anteriormente, Zicla trabaja para revalorizar los residuos que generan las ciudades. Otros de los elementos que fabrican con plástico reciclado es mobiliario público y elementos modulares para segregar los flujos de tráfico.

- Mobiliario urbano: fabricándolo a partir del rechazo de las plantas de selección de envases y de tratamiento de residuos sólidos urbanos, el cual está compuesto por diferentes tipos de plástico, aprovechándolo conforme llega de a la planta, sin necesidad de acondicionamiento.

- Material: una mezcla de PP (polipropileno), HDPE (polietileno de alta y baja densidad), PET (poliéster), PS (poliestireno), PVC (policloruro de vinilo) y otros. En el caso la jardinera se realiza con LLDPE procedente de contenedores de residuos, mobiliario, etc.

- Porcentaje reciclado: 100%.

- Buena resistencia a la intemperie.

- No necesita mantenimiento.

- Montaje y desmontaje fácil.

- Sistema modular para segregar flujos de tráfico: emplea PVC reciclado, el cual procede de mangueras, cables, etc. Utiliza como método de transformación la inyección.

- Material: PVC.

- Porcentaje reciclado: 100%.

- Buena resistencia a la intemperie.



Imagen 91. Mobiliario Zicla  
[www.zicla.com](http://www.zicla.com)

### Zimbad 600 SR

Disponible con apoyabrazos.



Peso	33 kg
Largo	60 mm
Alto	78 mm
Ancho	57 mm
Color	N, T, V y M*

### Zimbad 1200 CR

Disponible con apoyabrazos.



Peso	61 kg
Largo	120 mm
Alto	78 mm
Ancho	57 mm
Color	N, T, V y M*

Imagen 92. Mobiliario Zicla  
[www.zicla.com](http://www.zicla.com)



Imagen 93. Macetero Zicla  
[www.zicla.com](http://www.zicla.com)

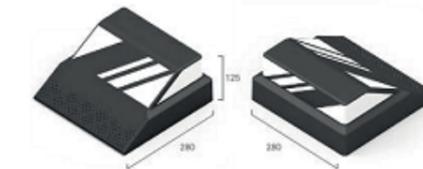


Imagen 94. Elemento vial Zicla  
[www.zicla.com](http://www.zicla.com)

<https://www.zicla.com>

Imagen 95. Papelera  
Hahn Kunststoffe

<https://www.hahnkunststoffe.de/>



## Hahn Kunststoffe. Hanit

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, esta empresa oferta gran cantidad de productos fabricados con Hanit, como por ejemplo mesas, bancos, areneros, jardineras, etc. Tienen las siguientes características:

- Material: polipropileno (PP) y polietileno (PE).
- Porcentaje reciclado: 100%.
- Ligero.
- Resistente a la intemperie.
- Fácil y rápida instalación.
- 100% reciclable.



Imagen 96. Merendero Hahn Kunststoffe  
<https://www.hahnkunststoffe.de/>

<https://www.hahnkunststoffe.de/>

<https://goo.gl/wnWeRc>



Imagen 97. Banco  
Hahn Kunststoffe

<https://www.hahnkunststoffe.de/>



Imagen 98. Jardinera  
Hahn Kunststoffe

<https://www.hahnkunststoffe.de/>



Imagen 99. Arenero  
Hahn Kunststoffe

<https://www.hahnkunststoffe.de/>



Imagen 100. Jardine-  
raHahn Kunststoffe

<https://www.hahnkunststoffe.de/>

**CASO PRÁCTICO**

## 5. CASO PRÁCTICO

Después de la investigación del tema y el estudio de las distintas empresas, se ha realizado artesanalmente y con los plásticos que se podía recoger en los domicilios, un caso práctico de reciclaje del plástico.

Los plásticos obtenidos fueron el tereftalato de polietileno (PET), polietileno de alta densidad (HDPE) y el polipropileno (PP), obtenidos mediante botellas de agua, refrescos, champús y botellas de elementos de limpieza.



El proceso fue el siguiente:

- En primer lugar, se trocearon las botellas de plástico en pequeños pedazos, dividiéndolos según el tipo de plástico para su posterior comparación y para conocer el porcentaje obtenido de cada tipo de plástico.

- A continuación se lavó el plástico troceado, con la intención de eliminar los posibles restos de papel o del producto que contenían para evitar que interfiriera en la calidad del producto final. Se mezclaron los tres tipos de plástico conseguidos, teniendo en cuenta el porcentaje en el que se consiguieron (54,93 % PET, 40,65 % HDPE y 4,42 % PP).

- Se fundió el plástico en una olla con un camping gas y al aire libre, para evitar inhalar posibles gases.

- Una vez fundido el plástico, se hicieron las probetas para calcular la resistencia a compresión tanto de los tres tipos de plástico, como de la mezcla, además de hacer un ladrillo tipo, introduciendo la mezcla fundida en un molde de madera. El ladrillo tiene las medidas 24x11x8cm, al que hay que añadir 2 cm en las partes que sobresalen para ensamblar con el resto de ladrillos. Estas medidas fueron un modelo experimental, podrían variar sus dimensiones, principalmente su longitud para una construcción más rápida y efectiva.



El sistema de ensamblaje entre un ladrillo y otro, tanto en la testa como en la tabla, para que no sea necesario ningún mortero y su construcción sea más rápida.

Los moldes utilizados fueron fabricados manualmente, con madera para el caso del molde del ladrillo, y con tubos metálicos cuadrados y unas tapas de madera para el caso de las muestras realizadas para las pruebas de resistencia. Tanto el ladrillo como las muestras se fabricaron mediante el método de compresión.



Imagen 103. Molde de las probetas de Plástico.  
Elaboración propia



Imagen 104. Molde del ladrillo.  
Elaboración propia



Imágenes 105, 106 y 107. Vistas ladrillo.  
Elaboración propia



Imágenes 108, 109, 110 y 111. Vistas ladrillo.  
Elaboración propia



En las pruebas de resistencia se puede observar que la mezcla es mucho menos resistente en el caso de la probeta en la que se calentó más el plástico (la mezcla llegó a hervir, por lo que sufrió una degradación térmica), incrementando su resistencia a compresión a más del doble en la probeta que se controló más la temperatura y el grado de fusión. Además cabe añadir que pierde resistencia al mezclar los diferentes tipos de plástico y que la muestra más resistente fue la realizada con PET, sin prácticamente deformación.

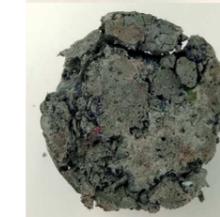
Por el contrario, la muestra que menor resistencia tuvo fue la muestra en la que se había mezclado PET, HDPE y PP en las proporciones anteriormente citadas, y siendo la resistencia del HDPE muy similar a esta.



Imágenes 112. Probetas después de la prueba de resistencia.  
Elaboración propia



Imágenes 113. Primera muestra de la mezcla de los tres plásticos. Muestra con menos resistencia después de las pruebas.  
Elaboración propia

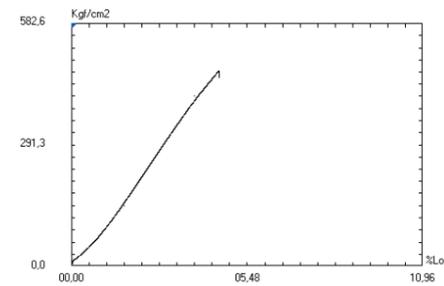


Elaboración propia



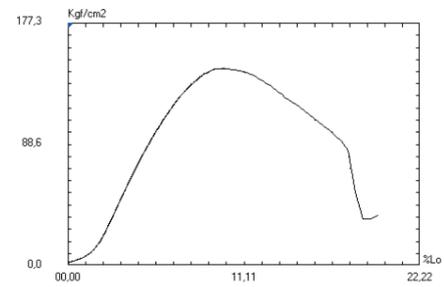
Imagen 114. Barra de plástico para la realización de pruebas de resistencia a tracción.  
Elaboración propia

Nota: La prueba a tracción no es posible realizarla debido a la imposibilidad de realizar más probetas con los medios de los que se disponía

**PET:**

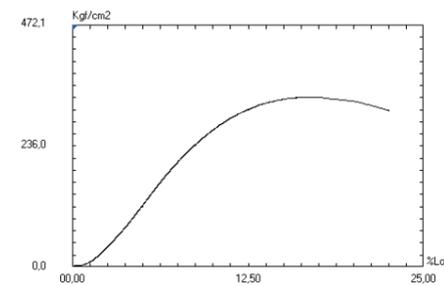
**Resistencia:**  
468,4 kgf/cm<sup>2</sup>  
**Deformación:**  
1,68 mm

Imágenes 115. Gráfico resistencia muestra PET.  
Elaboración propia

**HDPE:**

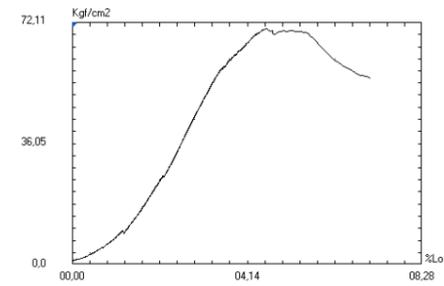
**Resistencia:**  
144,2 kgf/cm<sup>2</sup>  
**Deformación:**  
7,06 mm

Imágenes 116. Gráfico resistencia muestra HDPE.  
Elaboración propia

**PP:**

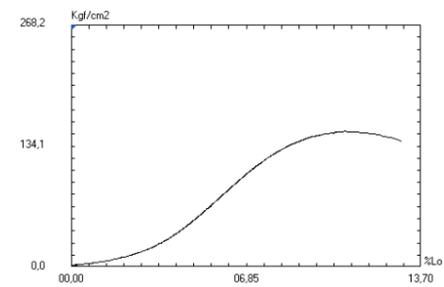
**Resistencia:**  
331,5 kgf/cm<sup>2</sup>  
**Deformación:**  
8,13 mm

Imágenes 117. Gráfico resistencia muestra PP.  
Elaboración propia

**MEZCLA. PRIMERA PROBETA:**

**Resistencia:**  
70,24 kgf/cm<sup>2</sup>  
**Deformación:**  
5,12 mm

Imágenes 118. Gráfico resistencia muestra de la mezcla 1.  
Elaboración propia

**MEZCLA. SEGUNDA PROBETA:**

**Resistencia:**  
150,4 kgf/cm<sup>2</sup>  
**Deformación:**  
4,72 mm

Imágenes 119. Gráfico resistencia muestra mezcla 2.  
Elaboración propia

## 6. DISCUSIÓN

Beneficios del reciclaje:

- Recuperación del valor.
- La extensión de la vida útil de los rellenos sanitarios
- La creación de empleo.
- La reducción de la contaminación
- Ahorro de recursos no renovables y de energía.
- Reducción de costes

El reciclado de 1000 toneladas de plástico supone:

- Un ahorro de energía en el proceso de 4 200 000 kwh.
- Ahorro de materia prima fósil en 1 300 000 m<sup>3</sup> de gas natural.
- Reducción de emisiones de gases (efecto invernadero) : 126 000 toneladas equivalentes a CO<sup>2</sup>.
- Reducción de volumen de residuos de 5700 m<sup>3</sup> por cada 1000 toneladas.
- Reducción de importaciones y aumento de exportaciones.
- Generación de mano de obra por mes.

Desventajas:

- La degradación del plástico, perdiendo sus propiedades. La causa más común es la oxidación, producida al aportar energía durante su procesamiento o durante su uso a través de la radiación ultravioleta.
- Incompatibilidad de los plásticos, perdiendo algunas propiedades al ser mezclados en su recuperación. Por ejemplo, los termoestables no se deben recuperar con los termoplásticos, ya que los primeros no se funden y podría perjudicar a las propiedades del producto final. Incluso hay grupos dentro de los termoplásticos que sus rangos de fusión son muy distintos. También hay cierta incompatibilidad entre los materiales amorfos y cristalinos.

Para evitar la incompatibilidad entre plásticos, se está trabajando en mejorar los equipos de transformación o añadiendo aditivos compatibilizadores. Estos últimos pueden ser compatibilizadores químicos (ácido maleico) o estabilizadores de proceso.

<https://goo.gl/jLMEct>

Vidal, R. N. (2009). *Influencia de la viscosidad en la incompatibilidad de mezclas de residuos de materiales plásticos en el proceso de reciclado.*

**CONCLUSIÓN**

## 7. CONCLUSIONES

El plástico es un material que se encuentra en nuestro día a día y que en muchas ocasiones tiene una vida útil muy corta, por lo tanto es imprescindible que empecemos a buscar soluciones para poder alargar su vida útil, tanto reutilizándolos como reciclándolos.

Los métodos de reciclaje han evolucionado y seguirán evolucionando para que el producto obtenido sea de calidad, no perdiendo las propiedades iniciales de la materia prima.

Teóricamente, como se ha visto anteriormente, el reciclaje se hace más difícil o imposible cuando se trata de mezclar varios tipos de plásticos y además, ese plástico no se puede reciclar infinitamente, ya que pierde propiedades. Pero la realidad es muy distinta. En las visitas a empresas y conversaciones con sus trabajadores, se ha podido ver que solo hay que buscar el reciclaje y la aplicación adecuada de ese o esos plásticos que quieren reciclarse. Un plástico que al ser mezclado con otro, o al ser reciclado en numerosas ocasiones pierde la mayoría de sus propiedades, puede utilizarse para elementos que no las necesiten, como por ejemplo elementos de delimitación del carril bici; o en cambio, puede mezclarse con plásticos que no han sido aún reciclados para aumentar sus propiedades.

El reciclaje o la reutilización es buscarle otro uso u otra forma a un objeto o material que ha dejado de tener utilidad de su uso inicial. Como consecuencia, solo hace falta buscar la aplicación adecuada que puede desempeñar, teniendo en cuenta sus características y las propiedades que necesitamos para el nuevo uso, teniendo una amplia variedad de posibilidades.

Uno de los fines de este trabajo era mostrar las múltiples oportunidades que tenemos de aplicar este material en la arquitectura, beneficiándonos de sus ventajas y siendo

respetuosos con el medio ambiente y lo fácil que es llevarlo a cabo, ya que manualmente y con los medios obtenidos en casa se ha podido realizar un caso práctico. Y como se ha visto en ese caso, podemos utilizar una mezcla de plásticos en el caso de que no necesitemos mucha resistencia, como por ejemplo utilizándolo como aislante, o pudiendo utilizar PET, por ejemplo, para la fabricación de un ladrillo, resistiendo este incluso más que un hormigón medio.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS / REVISTAS / TESIS

Aguilar, A., & Javier, P. (2016). Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante (Master's thesis).

Beltrán, M. I. (2011). Tema 2. Tipos de plásticos, aditivación y mezclado. Tecnología de los Polímeros.

Cachay Montalván, M. C. (2002). Perfil técnico del reciclaje de botellas PET.

Costa del Pozo, A. (2012). Estudio de hormigones y morteros aligerados con agregados de plástico reciclado como árido y carga en la mezcla (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

Hellerich, W., Harsch, G., & Haenle, S. (1992). Guía De Materiales Plásticos : Propiedades, Ensayos, Parámetros.

Horta Zubiaga, A., Pérez Dorado, A., Sánchez Renamayor, C., & Fernández de Pierola Martínez de Olkoz, I. (2000). Los Plásticos Más Usados.

Kottas, D. (2012). Plástico : Arquitectura Y Construcción. La Mantia, Francesco. (2002). Handbook of Plastics Recycling.

Los plásticos y la seguridad contra incendios en el sector de la construcción. (2017). PlasticsEurope

Navarro Vidal, Raúl, López Martínez, Juan, Ferrándiz Bou, Santiago, & Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales - Departament d'Enginyeria Mecànica i de Materials. (n.d.).

Influencia De La Viscosidad En La Incompatibilidad De Mez-

clas De Residuos De Materiales Plásticos En El Proceso De Reciclado, Riunet.

Plásticos. (2005). Tectónica 19

Ribes Greus, A., Contat Rodrigo, L., & Vilaplana Domingo, F. (2008). Aspectos Fundamentales De Los Polímeros. Degradación Y Reciclaje De Plásticos : Cuaderno Guía 1.

ROS, E. M. (2016). Diseño de sistema de paneles de plástico reciclado: Aplicación a refugios de emergencia (Doctoral dissertation).

Rosana, G. (2006). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. Revista INVI, 23(063), 137-163.

Rubiano Fernández, L., Silva, P., Antonio, M., Barrera Valero, O. A., Orozco, W., Quesada, F., ... & Gaviria, L. A. (2013). Manejo de los materiales plásticos reciclados y mejoramiento de sus propiedades. INGE@ UAN-Tendencias en la Ingeniería, 1(2).

Rubin, I., & Robinson Plastics Corporation. (1999). Materiales Plásticos, Propiedades Y Aplicaciones.

Soto, M. S., Gámez, R., Gordillo, A., Pagés, P., & Maspocho, M. L. (2002). Diseño de una pieza de plástico reciclado: Metodología y aplicación. Temes de disseny, (20), 171-181.

Susunaga Monroy, J. (2014). Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

Vidal, R. N. (2009). Influencia de la viscosidad en la incompatibilidad de mezclas de residuos de materiales plásticos en el proceso de reciclado.

Zavala Arteaga, G. J. (2015). Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado.

### LEYES

España. Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE, 29 de julio de 2011, núm. 181, p. 85650 – 85705.

España. Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos es la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril. BOE, 4 de marzo de 2006, núm. 54, p. 8961-8967.

España. Real Decreto 293/2018, de 18 de mayo, sobre reducción del consumo de bolsas de plástico y por el que se crea el Registro de Productores. BOE, 19 de mayo de 2018, núm. 122, Sec. I p. 52591-52601.

España. Ley 11/1997 de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases. BOE, 25 de abril de 1997, núm. 99, p. 13270 – 13277.

### PÁGINAS WEB

Acción de los agentes nucleantes en el polipropileno. <https://goo.gl/tW3DWG>

Aditivos para plásticos. <https://goo.gl/XoBdb0>

Bloques de hormigón y materiales reciclados. <https://goo.gl/zKRLfB>

BuzziSpace. <https://goo.gl/A8HPVM>

BuzziTile. <https://goo.gl/bd33LA>

Byfusion. <http://www.byfusion.com/byblocks/>

Casas de ladrillos de plástico. <https://goo.gl/7PUf6B>

Cm plastik recycling. <http://www.cmplastik.com>

Conceptos plásticos. <http://conceptosplasticos.com>

Desarrollo sostenible. Huella ecológica y arquitectura. <https://goo.gl/GbjZLL>

Ecore. <https://goo.gl/PwakZj>

Ecosurfaces. [www.ecosurfaces.com](http://www.ecosurfaces.com)

Ficidet. <http://ficidet.org/proyectos/>

Hahn Kunststoffe. <https://www.hahnkunststoffe.de>

HomeCell. <http://www.ecohomecell.com/Galeria.html>

La toxicidad y contaminación del PVC. <https://goo.gl/Ysb74v>

Ladrillos de plástico reciclado. <https://goo.gl/6p4JDJ>

Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autodestrucción. <https://goo.gl/1HU1Ce>

Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. <https://goo.gl/HXcWqh>

Legislación reciclaje. <https://goo.gl/Ej3a3D>

Manipulaciones plásticas. <http://www.tecnoplasticosfeyma.com/>

Maplar. <https://goo.gl/ayv1pF>

Materiales Universidad de Barcelona . <https://goo.gl/Gu-hmkd>

Miniwiz. <http://www.miniwiz.com/>

Mobiliario Urbano de material reciclado Maplar. <https://goo.gl/HQKi4q>

Reciclado de Brik. <https://goo.gl/xEf28x>

Reciclado de materiales plásticos. <https://goo.gl/c1Qgf9>

Reciclado de plástico. <https://goo.gl/Sys4mK>

Reciclado de plásticos. <https://goo.gl/bBA4yV>

Reciclaje del plástico. <https://goo.gl/CKgM71>

Residuos plásticos. <https://goo.gl/PBZMJj>

Roofeco system. <http://roofecosystem.com>

Smile Plastic. <https://smile-plastics.com/>

Sp Berner. <https://goo.gl/FXJSfr>

Tecnología de los Plásticos. <https://goo.gl/4HPNKN>

Termoconformado de plásticos. <https://goo.gl/HLCbR3>

Tinte y pigmentos. <https://goo.gl/sUJyEo>

UPM Profi. <http://www.upmprofi.com>

Zicla. <https://www.zicla.com>