

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ciencias Ambientales

**“Diseño de proyecto para reciclaje de poliestireno
expandido (EPS) en la ciudad de Huesca”**

“Project design for the recycling of expanded
polystyrene (EPS) in the city of Huesca”

Autora

Nieves Hijazo Dies

Directores

Carlos Royo Pascual

María del Mar Torres Guillaumet

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2021

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto estudiar la generación y gestión actual en Huesca del residuo de Poliestireno Expandido (EPS), conocido coloquialmente como poliespán, para proponer una gestión que facilite su reciclado en la ciudad, contribuyendo a la economía circular y al cumplimiento de la legislación actual, según la cual no se podrán depositar en vertedero residuos que sean objeto de valorización, como es el caso del EPS.

Los principales generadores de EPS son la ciudadanía, los comercios, las industrias y el sector de la construcción. Este trabajo incluye un pequeño estudio para cuantificar la cantidad de EPS generada en el sector comercio. Los resultados indican que no existe ningún control de generación del residuo, por lo que al carecer de datos, no se ha podido realizar un estudio de rentabilidad de la propuesta.

El EPS es 100% reciclable pero su baja densidad dificulta y encarece el transporte para su reciclado, por ello se propone la instalación de una compactadora en el Punto Limpio de Huesca, para uso de comercios, industrias y particulares de Huesca, para convertir EPS en briquetas. Estas briquetas se pueden vender como materia prima a una empresa que se encarga de recoger, transportar y valorizar el material, así la inversión de la maquina compactadora sería amortizada.

Palabras clave: Poliestireno expandido (EPS), gestión de residuos, economía circular.

Abstract

The aim of this work is to study the current generation and management of Expanded Polystyrene waste in Huesca, to propose a management that facilitates recycling of this material in the city. In this way contributing to the circular economy and compliance with current legislation, according to which waste that is subject to recovery, as is the case of EPS, may not be deposited in landfills.

The main generators of EPS are citizens, businesses, industries, and the construction sector. This work includes a small study to quantify the amount of EPS generated in the commercial sector, to perform a profitability study. The results indicate that there is no control of the generation of the waste, therefore, is a lack of data. It is not possible to perform the profitability study.

EPS is 100% recyclable, but its low density makes it difficult and expensive to transport for recycling. Therefore, it is proposed to install a compactor at the Huesca Clean Point, for be used by businesses, industries and individuals in Huesca to convert EPS into briquettes. These briquettes can be sold as raw material to a company that collects, transports and recovers this material, in this way, the investment of the compacting machine would be amortised.

Keywords: Expanded Polystyrene, waste management, circular economy.

ÍNDICE

1. Introducción	6
2. Recopilación bibliográfica	6
2.1. Los polímeros	6
2.2. El poliestireno (PS)	8
2.3. El poliestireno expandido (EPS).....	10
2.3.1. Proceso de fabricación del EPS	10
2.3.2. Propiedades del EPS.....	13
2.3.3. Principales usos del EPS	16
3. Problemática ambiental asociada	17
3.1. Los residuos del EPS y su caracterización.....	19
3.1.1. El código LER.....	19
4. Opciones de tratamiento del EPS.....	21
4.1. La valorización material y energética.....	22
5. Marco legislativo	24
5.1. A nivel europeo	24
5.1.1. Marco legislativo a nivel europeo	24
5.1.2. Situación actual europea.....	28
5.2. A nivel nacional	30
5.2.1. Marco legislativo de España	30
5.2.2. Situación actual en España.....	32
5.3. A nivel autonómico	35
5.3.1. Marco legislativo de Aragón.....	35
5.3.2. Situación actual en Aragón.....	37
6. Propuesta de proyecto	39
6.1. Justificación	39
6.2. Generadores de residuos de EPS en Huesca y tratamiento actual	40

6.3.	Material y métodos	43
6.4.	Resultados	44
6.4.1.	Tiendas de electrodomésticos	44
6.4.2.	Tiendas de muebles, decoración e interiorismo	45
6.4.3.	Supermercados y tiendas de alimentación	46
6.4.4.	Pescaderías.....	48
6.5.	Conclusiones.....	49
6.6.	Propuesta Gestión.....	50
6.6.1.	Reciclaje mecánico de los residuos de EPS por compactación	52
6.7.	Ubicación del proyecto	53
7.	Limitaciones del trabajo	55
8.	Conclusiones.....	55
9.	Bibliografía	57
10.	Anexos.....	63

1. Introducción

Ante el aumento de la generación de residuos plásticos por el creciente consumismo en los países desarrollados y la cultura de “usar y tirar”, es necesario proponer modelos de gestión de éstos que aseguren su valorización, para evitar entre otras problemáticas, que acaben en el mar contribuyendo a la contaminación marina y creando las conocidas islas de basura.

Atendiendo a la normativa vigente sobre el tema a nivel europeo, nacional y autonómico, se está tratando de alcanzar un modelo de economía circular, donde los residuos se valoricen para alargar su vida útil y poder volver a entrar a los procesos productivos como materia prima. En concreto el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, establece que no se pueden depositar en vertedero residuos que sean objeto de valorización, como es el caso del Poliestireno Expandido (EPS).

Por este motivo y por el problema adicional que supone el EPS en vertedero, dado que por su baja densidad acaba volando, se pretende con este trabajo proponer una mejora para posibilitar el reciclaje del material en Huesca, contribuyendo a la economía circular.

2. Recopilación bibliográfica

2.1. Los polímeros

Un polímero es un compuesto formado por unidades estructurales que se repiten (meros), cuyos átomos comparten electrones formando moléculas muy grandes. Están formados de Carbono sumado a otros elementos como Hidrógeno, Oxígeno, Cloro y Nitrógeno (Groover, 1997)

Para satisfacer los diversos campos de aplicación en los que se utilizan polímeros, la ciencia ha desarrollado un gran número de polímeros diferentes, de los cuales muchos son variaciones o desarrollos de moléculas ya conocidas (Canevarolo, 2002)

Los polímeros sintéticos se pueden clasificar en tres grupos:

- **Elastómeros:** Sustancias con elasticidad instantánea recuperable e ilimitada, característica del caucho, que se utilizan para fabricar objetos como neumáticos, gomas o mangueras
 - **Fibras:** Materiales que se pueden orientar para crear filamentos delgados y largos como el hilo, que tienen gran resistencia a lo largo de su eje de orientación. Además, son extensibles, rígidos y tenaces. Ejemplos son el algodón, la seda o la lana, usados principalmente en la industria textil.
 - **Plásticos:** Materiales que pueden ser moldeados a presión para dar objetos de diversas formas o ser usados como pinturas y recubrimientos de superficies. Estos materiales tienen propiedades intermedias entre las fibras y los elastómeros. Tienen infinidad de aplicaciones que se pueden dividir en:
 - + Plásticos de uso general (comodities). Se fabrican en grandes cantidades a bajo coste, utilizados en la vida cotidiana como recipientes o juguetes.
 - + Plásticos de ingeniería. Tienen un precio más alto y su volumen de producción es menor, tienen propiedades específicas para ciertas aplicaciones. Son más fáciles de procesar que los materiales metálicos o cerámicos y tienen menos densidad que estos. Utilizados en la industria automotriz.
 - + Plásticos avanzados: Diseñados con una constitución molecular específica para una aplicación concreta. Tienen propiedades excepcionales como biocompatibilidad y formación de fases cristal líquido.
- (López-Carrasquero, 2004)

Muchos fabricantes utilizan el término “biodegradable” para describir sus productos plásticos, siendo la definición del término algo que puede ser descompuesto en materia prima natural por microorganismos en un periodo de tiempo “razonable”, por ello es utilizado de forma engañosa; no existe un estándar aceptado para etiquetar a un producto como biodegradable. Otras veces se dice que los plásticos se “descomponen”, cuando realmente se dividen en fragmentos de plástico más pequeños, lo cual tampoco

soluciona el problema de contaminación de estos productos. (Atalay, Parker & Schultz, 2018)

Es importante también en este aspecto la problemática que suponen los microplásticos (partículas de plástico de dimensión inferior a 5 mm), que se pueden dividir en:

- Microplásticos primarios:
 - Piezas procedentes de la degradación de plásticos voluminosos de polietileno (bolsas, botellas), poliestireno (contenedores de alimentos), nylon, polipropileno (telas) o cloruro de polivinilo (tuberías)
 - Esferas plásticas de la fabricación de juguetes y otros productos plásticos
 - Microesferas añadidas a productos cosméticos y jabones para darles color y brillo
- Microplásticos secundarios: se producen a partir de la degradación química, física y/o microbiana de los productos plásticos.

Estos microplásticos son una problemática para los organismos vivos acuáticos (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016) además de formar islas de basura, como la isla de basura del Pacífico entre California y Hawái, en el Pacífico Norte. (Atalay, Parker & Schultz, 2018)

2.2. El poliestireno (PS)

El poliestireno es un ejemplo de plástico de aplicación industrial y comercial (López-Carrasquero, 2004). Es un polímero termoplástico, es decir, un material que puede sufrir múltiples ciclos de calentamiento y enfriamiento sin alterar su estructura molecular (Groover, 1997)

La pérdida de la regularidad estructural del poliestireno comparado con el polietileno hace que este primer material no tenga tendencia a cristalizar. (López-Carrasquero, 2004)

Además, se pueden diferenciar dos formas de preparación de los polímeros: por condensación, que corresponde a una reacción en etapas, o por adición, que corresponde a una reacción en cadena. El poliestireno corresponde a la preparación por adición o reacción en cadena, la cual se desarrolla mediante la adición continua de monómeros a una cadena en crecimiento con un extremo activado, donde cada paso del proceso es independiente al anterior. La polimerización en cadena se subdivide en radical (las partículas reactivas son radicales libres) e iónica (las partículas reactivas son iones). En el caso de la polimerización industrial del estireno nos encontramos ante una polimerización radical, en la cual los monómeros vinílicos (compuestos que contienen dobles enlaces), pueden polimerizar en presencia de peróxidos, en condiciones en las que los mismos puedan generar radicales libres. (López-Carrasquero, 2004)

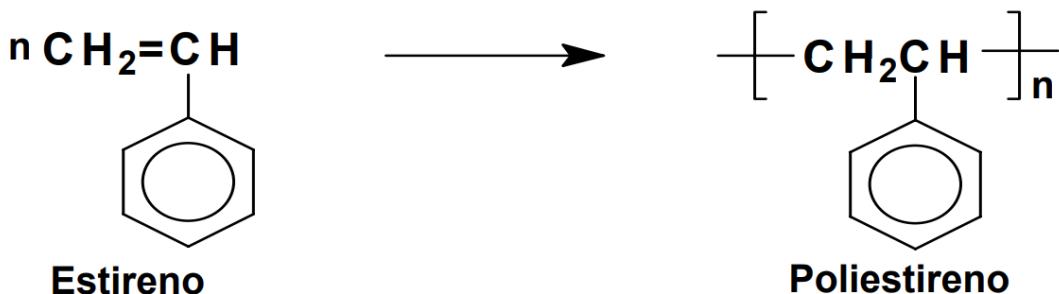


Figura 1. Formación del poliestireno por polimerización radical. Fuente: López-Carrasquero, 2004

Por otro lado, por su rendimiento mecánico, el poliestireno responde a las características de un termoplástico convencional, que destacan por tener bajo coste, bajo nivel de exigencia mecánica, alta producción y facilidad de procesamiento. La producción de este tipo de polímeros representa alrededor del 90% de la producción total de polímeros a nivel mundial. (Canevarolo, 2002)

Según López-Carrasquero, existen tres tipos de poliestireno comercial:

- Poliestireno de alto impacto (por ejemplo, vasos de plástico desechables)
- Poliestireno cristal (fabricación de recipientes)
- Poliestireno expandido (entre otras cosas como material de embalaje)

2.3. El poliestireno expandido (EPS)

El Poliestireno expandido (EPS) es la espuma plástica utilizada para empaquetar comida, fabricar vasos y cubiertos desechables, con aplicaciones también en el sector de la construcción (Arriola Lara & Velásquez Martell, 2013). También es conocido como Porexpan, Poliespán o corcho blanco (ANAPE). La abreviatura EPS deriva del inglés Expanded PolyStyrene (Arriola Lara & Velásquez Martell, 2013)

Según la Asociación Nacional del Poliestireno Expandido (ANAPE), el EPS se define técnicamente como “material plástico celular y rígido fabricado a partir del modelo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire”

El EPS es muy utilizado generando una gran cantidad de residuos, ya que en los sectores del envase y embalaje su vida útil es muy corta (Arriola Lara & Velásquez Martell, 2013).

El consumo global de EPS excede los 3 millones de toneladas con un incremento del 6% al año. El aumento del consumo de este material implica la necesidad de búsqueda de un tratamiento de reciclaje de sus desechos para solucionar el problema, pasando de suponer una amenaza ambiental a servir como recurso para la industria (Quiroz, Saltos, Aldás & Chango, 2015).

2.3.1. Proceso de fabricación del EPS

Según la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (ANAPE), el EPS se obtiene de la transformación del poliestireno expandible, un polímero del estireno que deriva en último término del petróleo y contiene pentano (un agente de expansión).

El estireno se obtiene a partir de etileno y otros compuestos aromáticos, subproductos del procesado del gas natural y del petróleo. El estireno junto al agente expansor se polimeriza en un reactor con agua, dando lugar al poliestireno expandible.

Después el proceso de transformación del poliestireno expandible a EPS transcurre en tres etapas:

1) Preexpansión.

El poliestireno expandible se calienta con vapor de agua (a temperaturas de 80-110°C) en unos preexpansores. La densidad aparente del material varía de unos 630 kg/m³ hasta 10-30 kg/m³ según el tiempo de exposición y la temperatura. En esta etapa las perlas compactas de poliestireno expandible se convierten en perlas ligeras de plástico celular con celdillas cerradas llenas de aire.

2) Reposo intermedio y estabilización

Las partículas recién expandidas se enfrian y así se crea un vacío interior que se compensa con la penetración de aire por difusión, para que las perlas alcancen mayor estabilidad mecánica y mejore su capacidad de expansión (ventaja para la siguiente etapa). Esta fase se lleva a cabo en sitios ventilados y durante la misma las perlas se secan.

3) Expansión y moldeo final

Las perlas preexpandidas y estabilizadas se llevan a unos moldes donde se sueldan entre si al comunicarles vapor de agua. Se pueden obtener grandes bloques que luego se mecanizan en las formas deseadas o productos conformados con su acabado definitivo.

En la figura 2 se expone el proceso de transformación del Poliestireno expandido de forma esquemática.

ESQUEMA DE TRANSFORMACIÓN DEL EPS

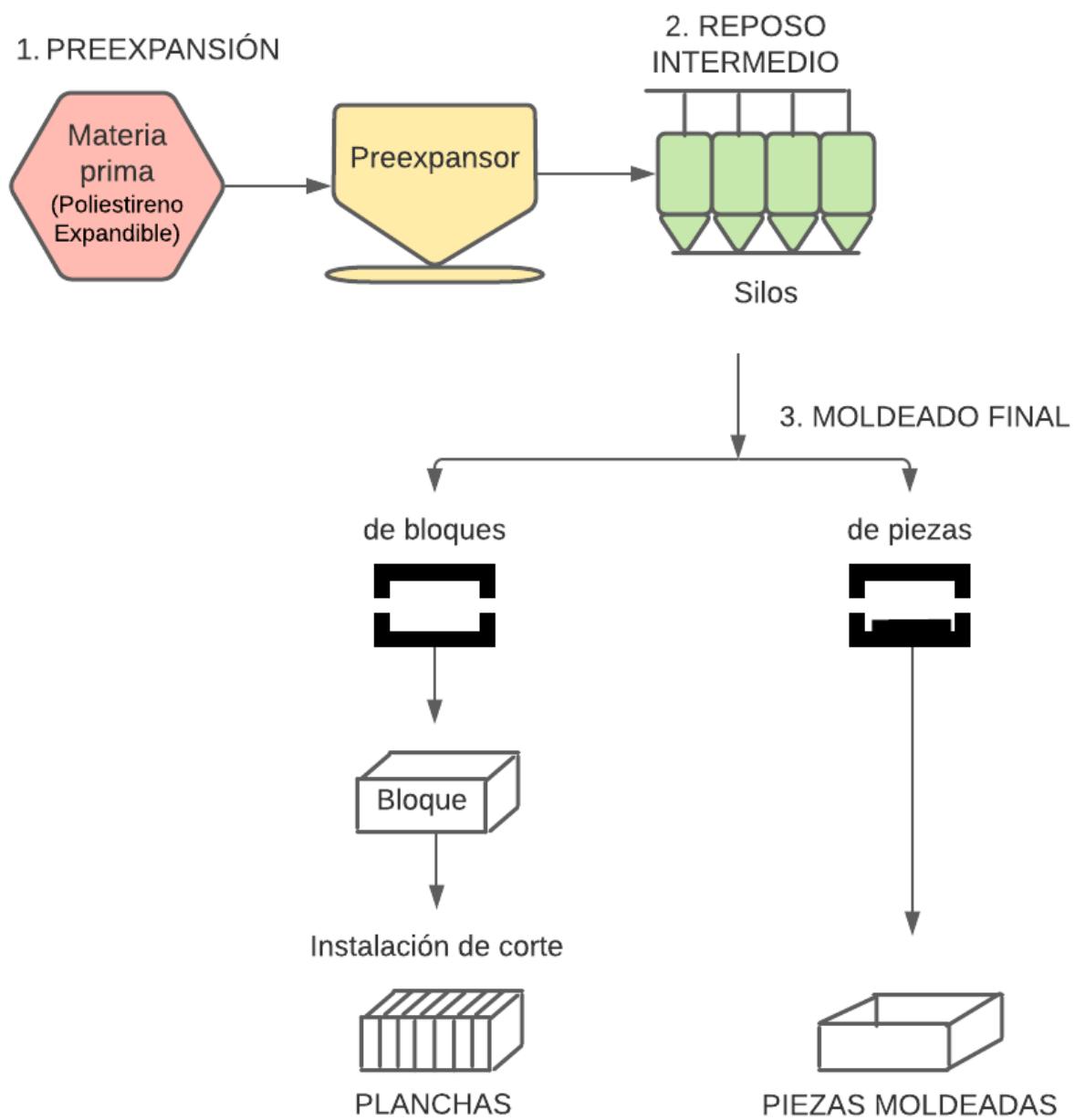


Figura 2. Esquema de transformación del Poliestireno expandido (EPS). Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Propiedades del EPS

El Poliestireno Expandido es un material de gran interés en el marco de reducción de la generación de residuos, ya que es un material 100% recicitable, además de resistir al envejecimiento y ser relativamente fácil de conformar, como se ha explicado en el apartado anterior. Su huella de carbono además es inferior a la de otros materiales de origen fósil o vegetal.

Por otro lado, se trata de un material ligero con una densidad muy baja, lo cual hace que, con viento, los residuos de este material vuelen y se trasladen de un lado a otro, ocasionando problemas de voladuras. Esto último ocurre también en los vertederos, por ello se debería buscar una alternativa a la deposición en vertedero.

A continuación, se hace una recopilación más detallada de las propiedades físicas, químicas y biológicas del EPS.

2.3.2.1. *Propiedades físicas*

En la tabla 1 se exponen las propiedades físicas que presenta el Poliestireno Expandido y las aplicaciones que tiene el material en relación a cada propiedad.

PROPIEDAD	CARACTERISTICAS	APLICACIÓN
Resistencia mecánica	En función de su densidad aparente. Es capaz de resistir a fuerzas aplicadas sin romperse. Además, es buen amortiguador de impactos, una propiedad muy útil para la utilización del material como recubrimiento de protección de aparatos u objetos frágiles en trayectos	Productos de EPS que se van a someter a cargas (suelos, cubiertas), contenedor de alimentos, recubrimiento de electrodomésticos, muebles, objetos de decoración.

Aislamiento térmico	Excelente aislante frente al frío y al calor, por su estructura, ya que el 98% de su volumen es aire, el cual en reposo es un buen aislante térmico. Depende del coeficiente de conductividad térmica, que varía con su densidad aparente.	Contenedor de alimentos, aislamiento térmico en paredes y tejados de viviendas.
Comportamiento en agua.	No es higroscópico. Los niveles de absorción son mínimos (sumergido en agua oscilan entre 1%-3% de volumen), es decir repele el agua, es un material impermeable. Además, flota debido también a su baja densidad.	Contenedor de alimentos, ya que puede mantenerlos secos y protección de objetos.
Estabilidad dimensional	Puede tener variaciones dimensionales por la influencia térmica, que se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica, que en el EPS tiene valores que oscilan entre 0,05 y 0,07 mm por metro de longitud y grado Kelvin. Por ejemplo, una plancha de aislamiento térmico de EPS de 2 m de longitud sometida a un salto térmico de 20º C experimentará una variación en su longitud de 2 a 2,8 mm.	
Estabilidad frente a la temperatura	Mantiene dimensiones estables hasta los 85ºC. Las propiedades del EPS se ven afectadas a partir de los 100ºC para acciones de corta duración y 80ºC para acciones continuadas (con el material sometido a una carga de 20kPa) A partir de 100ºC se reblandece y contrae lentamente, y si la temperatura aumenta se pueden llegar a fundir. Si no hay un foco de ignición, se inflaman a temperaturas de 400-500ºC	Contenedor de alimentos, ya que soporta bien la temperatura.

Comportamiento frente a factores atmosféricos	Bajo la acción prolongada de luz ultravioleta (UV) la superficie del EPS se amarillea y se vuelve erosionable por lluvia o viento.	
Ligereza	Esta propiedad hace que el material sea más fácil de manejar, se debe a su baja densidad	Contenedor y protector de objetos sin añadir un gran peso al material que protege.
Aislamiento acústico		Propiedad de interés para construcciones y viviendas

Tabla 1. Propiedades físicas del EPS. Fuente: elaboración propia. Datos: ANAPE

2.3.2.2. Propiedades químicas

La siguiente tabla refleja el comportamiento del EPS ante diferentes sustancias activas de interés.

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD DEL EPS
Solución salina (agua de mar)	Estable: no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensoactivos	Estable: no se destruye con una acción prolongada
Lejía	Estable: no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: no se destruye con una acción prolongada
Ácido clorhídrico (al 35%), Ácido nítrico (al 50%)	Estable: no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: se contrae o disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: no se destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicos (acetona, esteres, ...)	No estable: se contrae o disuelve

Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: se contrae o disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Estable: no se destruye con una acción prolongada
Aceite de Diesel	No estable: se contrae o disuelve
Carburantes	No estable: se contrae o disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: se puede contraer o ver atacada su superficie en una acción prolongada

Tabla 2. Propiedades químicas del EPS. Fuente: Asociación Nacional del Poliestireno Expandido (ANAPE)

2.3.2.3. Propiedades biológicas

El EPS es un material inerte, no es atacado por bacterias ni sirve como nutriente para el crecimiento de microorganismos. No se pudre, no enmohece y no se descompone. No existe ningún organismo para el que suponga un alimento, por lo que mantiene sus características mecánicas con el paso del tiempo (buena resistencia al envejecimiento).

Puede ser portador de microorganismos en presencia de mucha suciedad, pero no participa en el proceso biológico. (ANAPE)

Estas características son una ventaja para las aplicaciones del material en cuanto a contener y proteger alimentos, aislar viviendas y transportar otros materiales.

2.3.3. Principales usos del EPS

Este material plástico espumado se utiliza principalmente como aislamiento térmico y acústico en el sector de la construcción y en el campo del envase y embalaje (ANAPE).

El EPS conforma envases como bandejas pequeñas para alimentos, y también es utilizado en forma de cajas para mantener o transportar alimentos como pescados, por las características ya explicadas.

Otra de las grandes aplicaciones del EPS es para proteger objetos como electrodomésticos y otros aparatos delicados en su almacenaje o trayectos.

En resumen, los principales sectores de aplicación del EPS son el sector comercio (envases de comida, protección de electrodomésticos y otros objetos, cajas de pescado), el sector de la construcción (capa aislante en paredes o tejados) y la industria.

Debido al actual modelo de consumismo de los países desarrollados, asociado además al aumento de la compra por internet y envíos a domicilio de miles de productos, el uso de EPS ha aumentado, ya que las empresas lo utilizan en el envío de objetos, para proteger los productos durante los trayectos de estos.

3. Problemática ambiental asociada

Según el Proyecto de Ley de Residuos y suelos contaminados del año 2021, los principales impactos de los residuos sobre el medio ambiente y focos de preocupación actual son el cambio climático y las basuras marinas. Los residuos que más influyen en el cambio climático son los que suponen una fuente difusa de emisión de gases de efecto invernadero, principalmente metano emitido en vertederos de residuos biodegradables, el cual no es el caso de los plásticos. En cuanto al otro foco de preocupación, las basuras marinas, los residuos plásticos son los protagonistas, y según el Proyecto de Ley, una correcta gestión de residuos es la clave para evitar que estos acaben en el medio marino.

Como expone la Comunicación de la Comisión del 16 de enero de 2018, titulada “una estrategia europea para el plástico en una economía circular”, la forma en que los plásticos se producen y desechar actualmente perjudica al medio ambiente al no tener con frecuencia un enfoque circular, existe una necesidad urgente de abordar este problema, ya que anualmente millones de toneladas de plástico acaban en los océanos.

Según las estadísticas alrededor del 80% de la basura marina está compuesta por productos de plástico de un solo uso (de Simone, 2020). El Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados de 2021, define producto de plástico de un solo uso

como “un producto fabricado total o parcialmente con plástico y que no ha sido concebido, diseñado o introducido en el mercado para completar, dentro de su período de vida, múltiples circuitos o rotaciones mediante su devolución a un productor para ser rellenado o reutilizado con el mismo fin para el que fue concebido”. Suponen un grave problema ya que su ciclo de vida no es circular, sino lineal y esto hace que la generación de residuos de estos productos sea muy rápida, a diferencia de los productos reutilizables, de esta forma se acumulan a velocidades muy altas.

Cabe destacar también la problemática que suponen los microplásticos, que en el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados se definen como “partículas sólidas de medida inferior a 5 milímetros, constituidas por materiales sintéticos hechos de polímeros derivados del petróleo o de base biológica que no son solubles en agua y de baja degradabilidad”.

Los microplásticos que llegan a los ecosistemas acuáticos causan un grave impacto en los organismos presentes, ya que los ingieren (zooplancton y peces), causándoles potenciales problemas digestivos que pueden llevarles a la muerte y la adsorción de toxinas que contienen (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016) y también un gran impacto en el medio marino, ya que conforman parte de las islas de basura, en las que se acumula basura por acción de las corrientes oceánicas y llegan a ocupar hasta 2,5 millones de km² en superficie, además de acumularse también en la columna de agua. Un ejemplo es la isla de basura del Pacífico entre California y Hawái, en el Pacífico Norte. (Atalay, Parker & Schultz, 2018)

Como expone la Comunicación de la Comisión del 2 de diciembre de 2015 titulada “Un plan de acción de la UE para la economía circular”, la gestión de residuos tiene un papel clave en la economía circular, que pone en práctica el uso de la jerarquía de residuos, principio que tiene por objeto alentar las soluciones que proporcionan el mejor resultado medioambiental general. En una economía circular, los materiales que habrían sido residuos se reciclan y se reintroducen en la economía como nuevas materias primas, aumentando así además la seguridad del suministro.

Los residuos de EPS son muy peligrosos para las especies marinas, ya que lo ingieren al confundirlo con alimento y mueren. (Arriola Lara & Velásquez Martell, 2013).

Si el EPS se deposita en el contenedor y acaba en el vertedero, debido a su baja densidad probablemente con el aire acabará volando y quedando en medio de la naturaleza donde no se descompondrá hasta dentro de muchísimos años.

Si el EPS no se recicla acaba en la basura sin descomponerse ni integrarse en la naturaleza, tardando más de 500 años en descomponerse si no existe gran presencia de oxígeno. El reciclaje del EPS haría disminuir el contaminante y sus efectos nocivos al medio ambiente. (Arriola Lara & Velásquez Martell, 2013)

3.1. Los residuos del EPS y su caracterización

En general, el campo de los materiales poliméricos ha conseguido propiedades que han desplazado a otros materiales en diversos sectores gracias a avances tecnológicos, destacando el sector envase (en el cual se incluye el EPS) que destaca por la corta vida de los productos, generando grandes cantidades de residuos al ser de un solo uso, los cuales necesitan tratamiento (Parres, 2008).

Existen varias formas para definir qué es un residuo. Según la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, un residuo es “cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar”, esta definición no ha variado en el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados del 2021.

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (O.C.D.E), en cambio, define los residuos como “Aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no alcanzan, en el contexto en que son producidas, ningún valor económico”.

3.1.1. El código LER

Para clasificar un residuo hay que determinar su código LER correspondiente, para ello la Decisión 2014/955/UE de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, establece las normas para clasificar los residuos y expone la Lista Europea de Residuos (LER), la cual contiene 20 capítulos según la fuente de generación del residuo, que se dividen en subcapítulos atendiendo a su proceso de generación, los materiales resultantes o el tipo de residuo.

Esta lista recoge todos los distintos tipos de residuos que pueden encontrarse asignándoles un código de 6 cifras a cada uno, el cual recibe el nombre de código LER.

Es importante tener en cuenta que existen códigos LER de la lista con un asterisco marcado (*), esto significa que ese código LER corresponde a un residuo peligroso.

Según el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados, un residuo peligroso es el que presenta una o varias de las características peligrosas enumeradas en el anexo III del Reglamento (UE) nº 1357/2014 de la Comisión de 18 de diciembre de 2014, entre las cuales se encuentran: Explosivo (HP1), comburente (HP2), inflamable (HP3), irritante (HP4), toxicidad específica en determinados órganos (HP5), toxicidad aguda (HP6), carcinógeno (HP7), corrosivo (HP8), infeccioso (HP9), tóxico para la reproducción (HP10), mutagénico (HP11), liberación de gas de toxicidad aguda (HP12), sensibilizante (HP13) y eco tóxico (HP14). Además de la categoría HP15 que incluye residuos que pueden presentar una de las características de peligrosidad de las anteriores que el residuo original no presentaba directamente.

En la tabla 3 se exponen los códigos LER correspondientes a residuos de Poliestireno Expandido de diferentes sectores de origen.

RESIDUO	CÓDIGO LER
Residuos de envases → Envases de plástico	15 01 02
Residuos de la construcción y demolición → Plástico	17 02 03
Residuos municipales → Fracciones recogidas selectivamente → Plásticos	20 01 39

Tabla 3. Caracterización de residuos de EPS. Fuente: Elaboración propia utilizando la Lista Europea de Residuos

Como podemos ver en la tabla 3, los residuos de EPS no son peligrosos, ya que los códigos LER correspondientes no llevan asterisco, lo que supone otra ventaja para el reciclaje de este material.

4. Opciones de tratamiento del EPS

Desde el 2008 con la Directiva Marco de Residuos (Directiva 2008/98/CE sobre los residuos) a nivel europeo, y la transposición de ésta a nivel nacional, la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, se introduce la clasificación y la jerarquía de residuos, la cual sostiene que habiendo diversas opciones de tratamiento de residuos, las acciones a aplicar de mayor a menor preferencia serán la prevención, seguida de la reutilización, el reciclaje, la valorización energética y finalmente como última opción la eliminación en vertedero.

PIRÁMIDE DE JERARQUÍA DE RESIDUOS



Figura 3. Pirámide de Jerarquía de residuos. Fuente: Elaboración propia.

El Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados de 2021 define tratamiento como todas las operaciones de valorización o eliminación, incluida la preparación anterior a éstas. La valorización es “cualquier operación cuyo resultado

principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general". La valorización puede ser energética o de materiales, dentro de esta segunda se encuentran la preparación para la reutilización, el reciclado y el relleno.

4.1. La valorización material y energética

La valorización de materiales engloba la preparación para la reutilización, el reciclado y las operaciones de relleno.

La preparación para la reutilización consiste en "la comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa"

El relleno en cambio alude a operaciones en las que residuos aptos se utilizan para regenerar zonas excavadas u obras de ingeniería paisajística, en las que los residuos usados deben sustituir a materiales que no sean residuos.

Según el Proyecto de Ley, el reciclado es "toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno"

El EPS tiene gran potencial para ser reciclado ya que existe en grandes cantidades y es fácil de separar de otros residuos por su baja densidad. Además la industria ha desarrollado equipos para la compactación y densificación del material. (Quiroz, Saltos, Aldás & Chango, 2015)

El reciclado y la recuperación de materiales poliméricos adquieren especial interés en la sociedad actual, ya que la alta relación volumen-peso de este tipo de residuo hace que no sea idónea su eliminación en vertedero, y la revalorización mediante combustión para obtener energía genera gases tóxicos durante el proceso (Parres, 2008)

Quiroz, Saltos, Aldás & Chango (2015) hablan de diferentes tipos de reciclaje del EPS: el reciclaje químico, el reciclaje mecánico, la recuperación energética, el reciclaje térmico y el método de disolución.

El reciclaje químico permite la degradación del EPS en otros materiales secundarios. Este tipo de reciclaje se lleva a cabo a temperaturas de entre 300 y 450 °C en una atmósfera de nitrógeno, clorofluorocarbono, propano o similares, y catalizadores óxidos ácidos o básicos. Mediante este tipo reciclado también conocido como feedstock recycling se pueden obtener las materias primas de partida.

Actualmente se han desarrollado otras técnicas entre las que se encuentran el reciclaje térmico y el método de disolución. Esta última elimina el aire que contiene la estructura del EPS sin degradar sus cadenas poliméricas, por lo que reduce enormemente su tamaño.

El reciclado mecánico consiste en la reducción del tamaño del residuo mediante métodos físicos, como puede ser la compactación o la trituración y extrusión de los residuos. De esta forma, el EPS pierde gran parte de su volumen y puede utilizarse como materia prima para moldear nuevos productos de poliestireno o producir materiales de construcción. Este método es considerado por la industria como una técnica factible a gran escala, limpia y de bajo coste. (Quiroz, Saltos, Aldás & Chango, 2015)

Esta última opción elimina enormemente el problema del transporte de este material, ya que, al reducir su volumen, su transporte se hace más eficaz, y se puede transportar más material en cada viaje con el consecuente ahorro económico.

Por otro lado, ANAPE en su proyecto ECO EPS, considera tres opciones para los residuos de EPS, el reciclado mecánico y la recuperación energética, de las cuales ya hablaban los autores anteriores y el vertido:

- El reciclado mecánico, explicado anteriormente, a través del cual se pueden fabricar nuevas piezas de EPS tras un tratamiento de trituración del EPS residuo para fabricar nuevos embalajes con el material reciclado o planchas para la construcción. El residuo de EPS molido también se puede mezclar con otros materiales para fabricar material de construcción como ladrillos y hormigones ligeros o morteros. Otra opción es fundir el residuo para obtener poliestireno compacto (PS) en forma de grana, un material utilizado para fabricar piezas como bolígrafos o carcásas mediante moldeo por inyección o placas por extrusión como sustitutas de la madera.

- La recuperación energética, que es el aprovechamiento del alto poder calorífico del EPS a partir de la combustión de los residuos. Algunos autores como Quiroz, Saltos, Aldás & Chango, exponían en el año 2015 que esta no es la mejor opción ya que se generan emisiones gaseosas, en cambio ANAPE expone que es una opción muy adecuada y segura para residuos sucios, con la cual se obtiene un beneficio ambiental de los residuos al aprovechar su energía intrínseca, además en su proyecto ECO EPS habla de que la combustión de residuos de EPS en instalaciones de recuperación energética no produce gases dañinos, solo dióxido de carbono, vapor de agua y cenizas no tóxicas.

- El vertido. Como ya hemos comentado con la jerarquía de residuos, la deposición en vertedero es la última opción siempre, pero cuando los métodos de recuperación no son viables, estos residuos se pueden depositar en vertedero de forma segura, ya que como se ha visto anteriormente se trata de un material no tóxico, biológicamente inerte y estable.

5. Marco legislativo

Existe una gran cantidad de normativa aplicable en materia de residuos. Para contextualizar a continuación se expone un listado con las normas relacionadas directa o indirectamente con el estudio realizado, es decir el marco legislativo y la situación actual:

5.1. A nivel europeo

5.1.1. Marco legislativo a nivel europeo

DIRECTIVAS Y REGLAMENTOS

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos (Directiva Marco de Residuos), modificada por la siguiente Directiva.

- Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos (Directiva Marco de Residuos).

Esta Directiva establece medidas para proteger el medio ambiente y la salud humana a través de la prevención o reducción de la generación de residuos y de los impactos negativos de la generación y la gestión de estos, mediante la reducción del impacto global del uso de recursos y la mejora de la eficiencia de este uso, elementos importantes para la transición hacia una economía circular y una Europa eficiente en el uso de los recursos.

- Reglamento (UE) nº 1357/2014 de la Comisión de 18 de diciembre de 2014 por el que se sustituye el anexo III de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.

En el anexo III de este reglamento se encuentran las características de los residuos que permiten calificarlos como peligrosos. Cada categoría incluye códigos de clase y categoría de peligro, asociados a códigos de indicación de peligro junto a límites de concentración a partir de los cuales se da este peligro. En el mismo anexo se encuentran instrucciones para clasificar el residuo según las características de peligrosidad.

- Directiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019, relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente

El objetivo de esta Directiva es prevenir y reducir el impacto de algunos productos de plástico en el medio ambiente y la salud humana, fomentando la transición hacia una economía circular y un funcionamiento eficiente del mercado interior.

Entre otros productos en la directiva se expone que “habida cuenta de la enorme presencia de residuos de poliestireno expandido en el medio marino y de la disponibilidad de alternativas, deben restringirse los recipientes para alimentos y de bebidas y los vasos para bebidas de un solo uso fabricados con poliestireno expandido”

COMUNICACIONES DE LA COMISIÓN

- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones del 2 de diciembre de 2015, titulada “Cerrar el ciclo: Un plan de acción de la UE para la economía circular”

Es una estrategia para apoyar la transición de la Unión Europea hacia una economía circular, la cual convierte bienes al final de su vida útil en recursos para otros bienes, ayudando así a reducir la generación de residuos.

La economía circular es una alternativa al modelo económico lineal vigente hoy en día consistente en usar y tirar, es un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva el capital natural y optimiza el rendimiento de los recursos. Este modelo busca reducir los insumos y reducir el uso de recursos naturales, compartir la energía y los recursos renovables y reciclables, reducir las emisiones, las pérdidas de materiales y los residuos, a la vez que se mantiene el valor de productos, componentes y materiales en la economía. (Cerdá & Khalilova, 2016)

- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones del 16 de enero de 2018, titulada “Una estrategia europea para el plástico en una economía circular”

Según esta Comunicación, la producción mundial de plástico se ha multiplicado por 20 desde el decenio de 1960, alcanzando 322 millones de toneladas en el año 2015, y se calcula que se duplicará durante los próximos 20 años. El sector de los plásticos generó un volumen de negocios de 340 000 millones de euros en 2015. En la UE la reutilización y reciclado del plástico tras su vida útil es muy bajo en comparación con otros materiales como el papel, el vidrio y el metal.

En Europa se generan unos 25,8 millones de toneladas de residuos plásticos al año, siendo menos del 30% de estos recogidos para el reciclaje.

RESIDUOS PLÁSTICOS GENERADOS EN LA UE, 2015

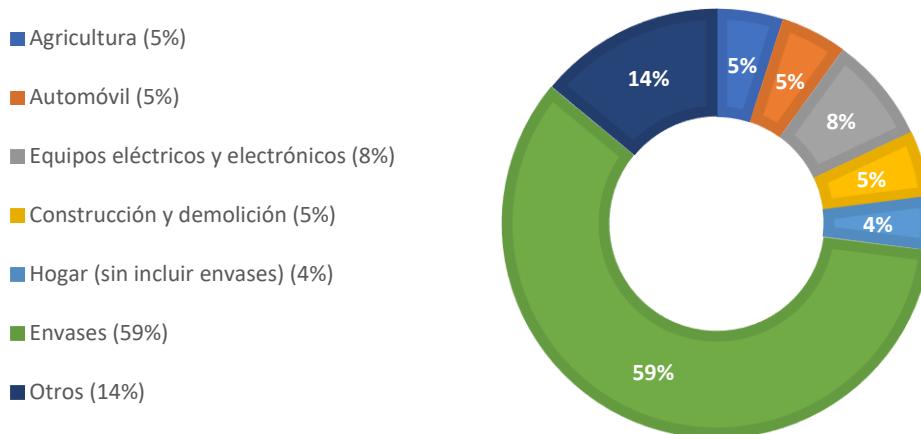


Figura 4. Generación de residuos plásticos en la UE por sectores en el año 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Comunicación de la Comisión del 16 de enero de 2018 “Una estrategia europea para el plástico en una economía circular”

Cómo se puede observar en la figura 4, más de la mitad de todos los residuos plásticos generados en la UE en 2015, concretamente el 59% de los mismos, fueron envases de plástico.

En este documento se expone también que cada año, entre 5 y 13 millones de toneladas de plástico acaban en los océanos (entre el 1,5 % y el 4% de la producción mundial).

Por todo ello se plantea una nueva visión de la economía de plástico para Europa, basada en la economía circular que incluye ideas como la mejora de diseño de productos para facilitar el reciclado, el impulso de la demanda de plásticos reciclados y la mejora de la recogida selectiva y clasificación.

PROGRAMAS Y PLANES

- VII Programa europeo de acción comunitaria en materia de medio ambiente

Tiene como objetivo reducir los impactos ambientales negativos que generan los residuos a lo largo de todo su ciclo de vida.

- VIII Programa europeo de acción comunitaria en materia de medio ambiente.

Propuesta presentada en noviembre 2020. Destaca entre otros puntos la disociación del crecimiento económico del uso de recursos y la degradación ambiental, para la aceleración de la transición hacia una economía circular

- The European Green Deal (pacto verde europeo)

Pretende entre otras cosas impulsar el uso eficiente de los residuos, economía limpia y circular, ya que la industria actual todavía es demasiado lineal y solo el 12% de los materiales desechados vuelve a entrar en la economía

5.1.2. Situación actual europea

En cuanto a la situación actual de Europa, en 2018 el 61% de los residuos plásticos generados correspondía al sector envases, como se refleja en la figura 5.

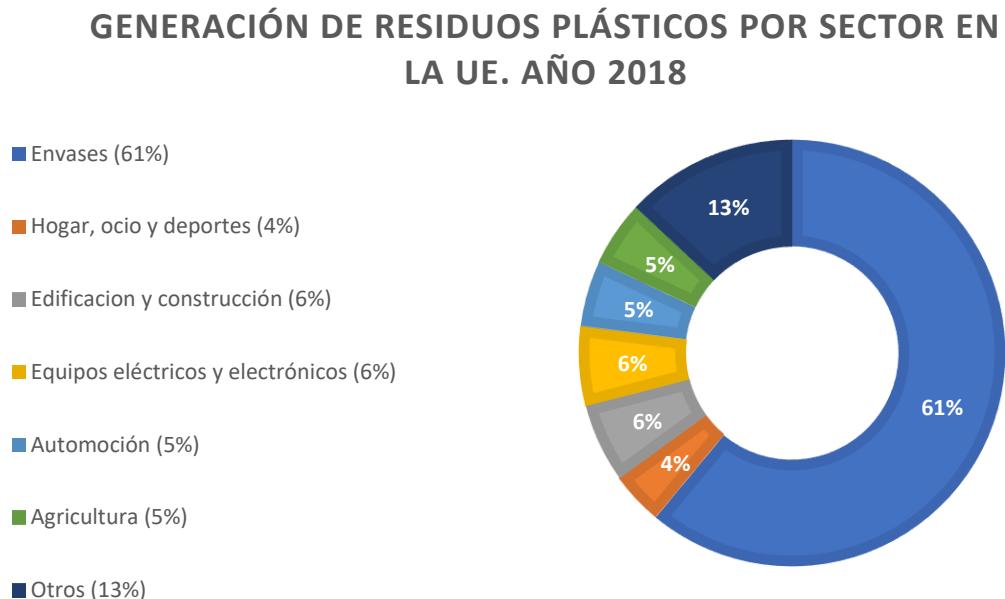


Figura 5. Generación de residuos plásticos en la UE por sector en el año 2018. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de “A circular economy for plastics – A European Overview”, Plastics Europe, 2019.

Según la ONU (2018) en la UE se producen 32 kg de residuos de envases plásticos por persona y año. Cabe destacar también que según la OCDE (2018), la UE tiene la tasa más alta de reciclado de plástico entre las economías avanzadas.

Según los datos de Pastics Europe (2019), de los 29,1 millones de toneladas de residuos plásticos recogidos en 2018, el 32,5% fueron destinados al reciclaje, un 42,6 % fueron incinerados con recuperación energética y el 24,9 % restante depositado en vertederos, como se representa en la figura 6.

Tratamiento de residuos plásticos en la UE en 2018

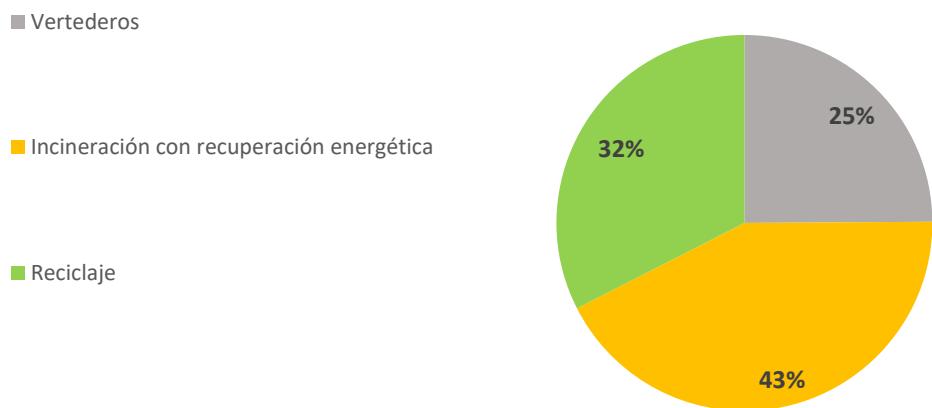


Figura 6. Tratamiento de residuos plásticos en la UE en el año 2018. Fuente: Elaboración propia a partir de datos “A circular economy for plastics – A European Overview”, Plastics Europe, 2019.

En cuanto a los objetivos de reciclaje y vertidos establecidos por las directivas vigentes de la UE, cabe destacar que, en cuanto al reciclado de residuos de envases plásticos, tal y como establece la Directiva 94/62 relativa a los envases y residuos de envases, es del 50% para el año 2025 y del 55% para el año 2030. (Fuente: Tribunal de Cuentas Europeo, a partir de la actualización de 2018 de las directivas sobre residuos)

5.2. A nivel nacional

5.2.1. Marco legislativo de España

- Ley 11/97 de 24 de abril, de envases y residuos de envases.

Es el marco jurídico actual en cuanto a ley de envases.
- Ley 22/2011 “Ley de residuos y suelos contaminados” (BOE nº 181 de 29 de julio de 2011) transpone la Directiva Marco de Residuos.

Marco jurídico de ley de residuos que va a ser sustituida por el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados del año 2021

- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Este Real Decreto tiene como fin último avanzar hacia una economía circular y cumplir con la jerarquía de residuos y con los requisitos de eliminación que establece la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados.

Otro de los objetivos de este real decreto es garantizar la reducción progresiva de los residuos depositados en vertedero, especialmente los aptos para su preparación para la reutilización, reciclado o valorización y establecer medidas y procedimientos para prevenir, reducir e impedir los efectos negativos en el medio ambiente relacionados con el vertido de residuos, como se expone en el Artículo 7 “Solo podrán depositarse en vertedero residuos que hayan sido objeto de algún tratamiento previo, al objeto de reducir la cantidad de residuos a depositar o los peligros que el depósito de los residuos pueda suponer para la salud humana o el medio ambiente”, lo cual significa que no se podrán depositar en vertedero residuos que puedan ser objeto de valorización.

- Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR 2016 – 2022)

Pretende sustituir la economía lineal por la economía circular aplicando el principio de jerarquía y facilitando la reincorporación de materiales

procedentes de residuos al mercado. Como se expone en la figura 7, el término economía circular engloba las materias primas utilizadas, el diseño de los productos, la producción, la distribución, el consumo, reutilización y reparación, la recogida y el reciclado.

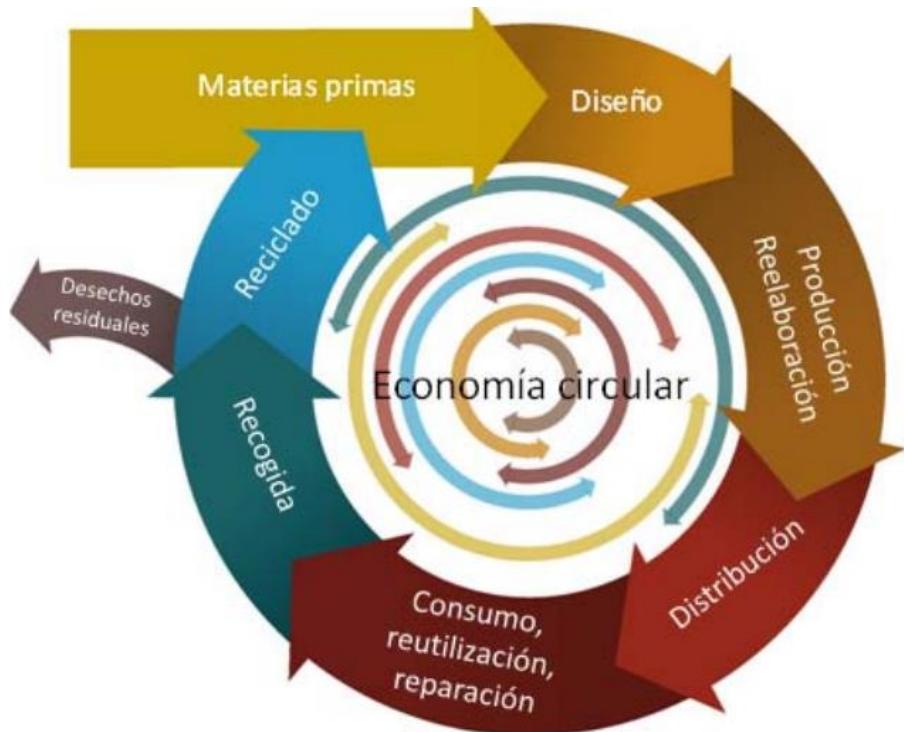


Figura 7. “Economía circular”. Fuente: Plan Estatal Marco Gestión de Residuos (2016-2022)

Este plan marca diversos objetivos entre los que destacamos para 2020 reutilizar o reciclar el 50% de los Residuos Domésticos y Comerciales, no depositar en vertedero residuos municipales sin tratamiento previo y alcanzar para 2020 el 40% en reciclado de envases de plástico.

- Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados del año 2021. Esta Ley sustituirá a la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados.

Este Proyecto de Ley ha sido la norma de referencia en este trabajo.

Coincidiendo con la Directiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019, relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente, el EPS aparece en el

Anexo IV de este Proyecto de Ley dentro del apartado B, “Productos de plástico de un solo uso sometidos a restricciones a la introducción en el mercado”. Los productos de EPS sujetos a la restricción serán: Recipientes para alimentos: destinados al consumo insitu, inmediato o para llevar, que normalmente se consumen en el mismo recipiente y/o listos para su consumo sin preparación posterior, incluidos los recipientes de comida rápida; y Recipientes y vasos para bebidas, incluidos sus tapones y tapas.

- Norma Española UNE 53933, del año 2017 del Poliestireno expandido.

Establece las principales características que se deben medir en las cajas de EPS destinadas al transporte de alimentos (frescos, congelados, etc.) y los métodos de ensayo que se deben usar para determinar dichas características.

5.2.2. Situación actual en España

En España existe ECOEMBES, un Sistema Integrado de Gestión (SIG) que se encarga de gestionar los residuos de envases de origen doméstico (envases domésticos ligeros de plástico, metal y briks del contenedor amarillo y envases de papel y cartón del contenedor azul). Este SIG coordina la gestión de estos envases para su recuperación y reciclado.

Según la Memoria anual de generación y gestión de residuos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, del Gobierno de España, en 2019 se generaron en España, 1.684.875 toneladas de residuos de envases plásticos, y la gestión de éstos fue la que se puede observar en la figura 8, siendo el 51% de estos envases reciclados y el 15% destinados a la recuperación energética.

GESTIÓN DE RESIDUOS DE ENVASES DE PLÁSTICO EN ESPAÑA 2019

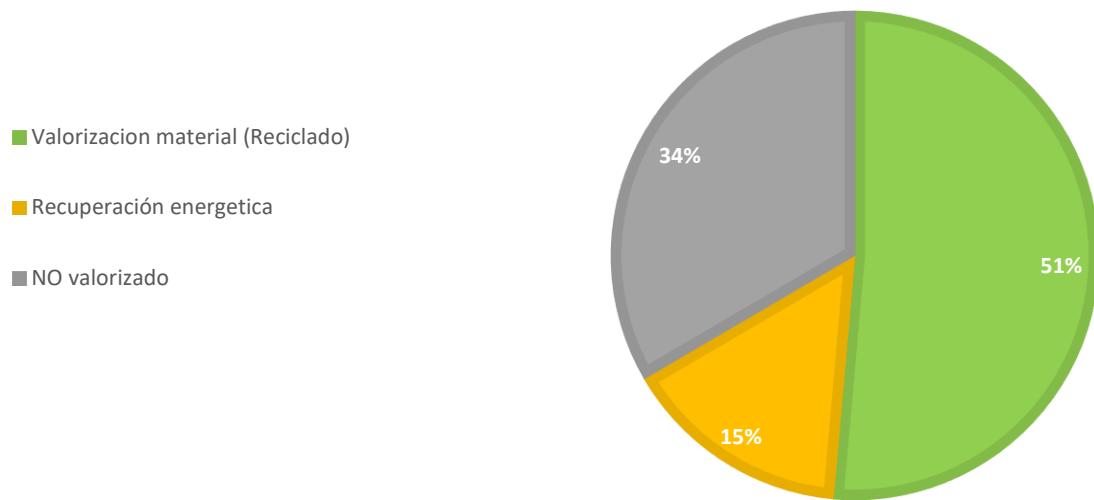


Figura 8. Gestión de residuos de envases de plásticos en España en 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la “Memoria anual de generación y gestión de residuos” del Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Gobierno de España (2019)

En el año 2020, las 12.669 empresas que forman parte de este SIG declararon según datos de Ecoembes, haber puesto en el mercado 1.846.764 toneladas de envases.

Según datos proporcionados por Ecoembes, en 2020 cada ciudadano depositó de media 18,6 kg de residuos en los contenedores amarillos de las vías públicas, un 8,5 % más que en el año 2019, un crecimiento que se mantiene desde años atrás, como se puede observar en la figura 9, aunque 5,3 de estos 18,6 kg no fueron envases, sino residuos que los ciudadanos depositaron por error o desconocimiento y no se pudieron reciclar como envases.

Kg de residuos depositados en el contenedor amarillo por ciudadano

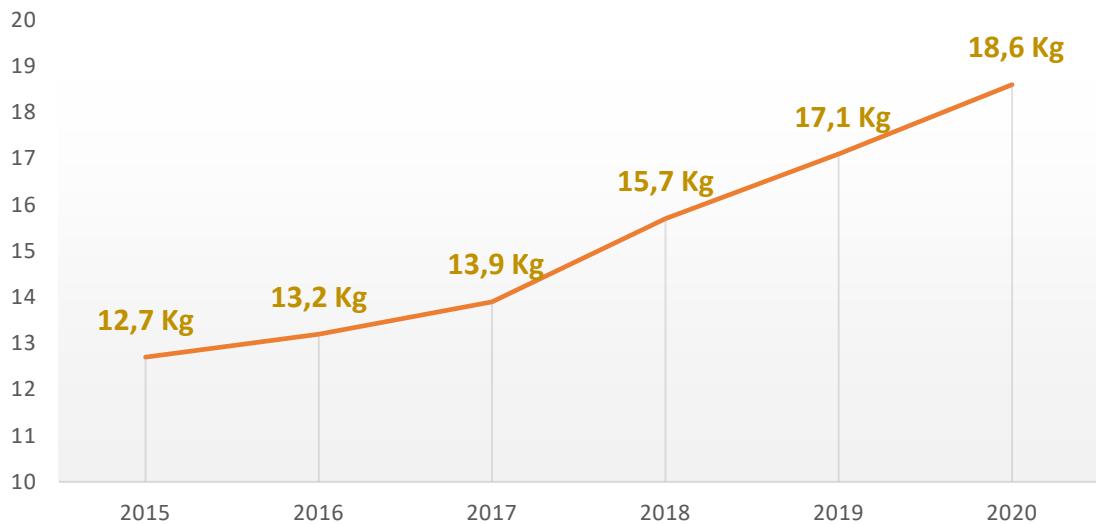


Figura 9. Evolución de la cantidad de residuos depositados en el contenedor amarillo por ciudadano de 2015 a 2020. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Ecoembes

Estos datos reflejan el creciente compromiso de la ciudadanía con el reciclaje de envases. Según Ecoembes, en 2020 un 82,3 % de la población decía reciclar, porcentaje que corresponde a 38,9 millones de ciudadanos.

Otro dato destacable de 2020 son las 1.490.283 toneladas de envases procedentes de la recogida selectiva y recuperación de éstos en la fracción resto, enviadas a instalaciones recicadoras según Ecoembes. Este dato es más bajo al del año anterior, lo cual es probable que se deba al Covid-19, que hizo que las recogidas selectivas en lugares de gran concurrencia se redujeran o incluso se anularan.

De estas 1.490.283 toneladas, 616.282 fueron toneladas de envases domésticos de plástico.

Centrándonos más en el material de interés del trabajo, cerca del año 2000 nace el Proyecto ECO-EPS, una actuación promovida por la industria del EPS a través de la asociación representante del sector (ANAPE) con la que se busca aumentar significativamente la tasa de recuperación y reciclado de los envases y embalajes de EPS usados, en línea con las propuestas de prohibición de plásticos de un solo uso, el objetivo de ANAPE es incrementar la tasa de reciclaje año tras año y evitar el envío de residuos de EPS a vertedero para 2025.

Además de la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido, en este proyecto participan otras organizaciones y empresas del sector de los plásticos, como CICLOPLAST (entidad constituida para la adecuada gestión de los residuos plásticos) y ECOEMBES (Sistema Integrado de Gestión de residuos de envases y embalajes domésticos). Además cuentan con la colaboración de la administración autonómica y local en parcelas de su competencia.

Para llevar a cabo este proyecto existen centros ECO EPS, que son empresas especializadas en el reciclado de este material. Actualmente la red de centros ECO EPS cuenta con centros en Guipúzcoa, Madrid, Tarragona, Islas Baleares, A Coruña, Cádiz, Barcelona, Navarra y Zaragoza.

El sistema de recuperación de los residuos en estos centros depende de la naturaleza de éste. Si se trata de residuos industriales, se acumulan en la industria para llevarlos posteriormente a un centro de reciclaje específico, si se trata de residuos comerciales y de distribución (cajas y bandejas de alimentos, electrodomésticos) se pueden acumular para entregarlos a un Centro ECO EPS, y por último los residuos domésticos, se pueden depositar en el contenedor amarillo o llevar al punto limpio.

5.3. A nivel autonómico

5.3.1. Marco legislativo de Aragón

- Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (Plan GIRA 2018 – 2022)

Es un documento de planificación global que permite a administraciones y agentes sociales contar con los objetivos, programas de actuación y herramientas para una gestión respetuosa con el medio ambiente y el desarrollo sostenible (minimizar la generación de residuos, incrementar la reutilización y reciclado y garantizar la correcta eliminación de los residuos en última instancia)

Entre los trece principios rectores de este Plan se encuentran el Principio de Jerarquía (Directiva 2008/98/CE) y los Principios de eficiencia ambiental, energética y económica, que busca un máximo aprovechamiento de la materia y energía contenida en los residuos y su gestión adecuada.

Además, el Plan cuenta con objetivos estratégicos entre los que se encuentran prevenir la generación de residuos, impulsar la preparación para la reutilización, promover la recogida selectiva de calidad en origen que garantice el reciclaje y valorización adecuados, reducir la eliminación en vertedero, garantizar una red de gestión de residuos en Aragón y promover la economía circular.

Dentro de los 6 programas horizontales (para toda tipología de residuos) y 11 programas verticales (según la tipología concreta de residuos) del Plan GIRA destacamos 2 horizontales: Programa de valorización y programa de control y uno vertical: Programa de Residuos Domésticos y Comerciales.

+ Programa de valorización: Incluye preparación para la reutilización, reciclado y valorización energética. En 2016 la proporción de residuos domésticos y comerciales destinados a la preparación para la reutilización y reciclado fue del 26,5%, lejos del 50% establecido como objetivo para el año 2020. El programa incluye diferentes medidas y líneas de actuación, entre las que se encuentran buenas prácticas de valorización, MTDs (Mejores Técnicas Disponibles), inversión en I + D en técnicas de valorización e incentivos a la separación.

+ Programa de Control: Cuyo objetivo general es conocer la producción y gestión de los residuos mediante el análisis y explotación avanzada de datos para cuantificar objetivos, detectar necesidades, proponer estrategias, evaluar tendencias y comprobar el nivel de cumplimiento de la planificación realizada. Las actuaciones de inspección y control de la producción y gestión de residuos vienen definidas en el Plan de Inspección Ambiental 2016 – 2022 y el Plan de Inspección de traslado de residuos transfronterizos de Aragón.

+ Programa de Residuos Domésticos y Comerciales. Según el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados de 2021, los residuos domésticos son los generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas y los similares a éstos generados en servicios e industrias, que no se generen como consecuencia de la actividad principal del servicio o industria, mientras que los residuos comerciales son los generados por la actividad propia del comercio, al por mayor y al por menor, del sector servicios.

5.3.2. Situación actual en Aragón

Actualmente, en el ámbito de la gestión de residuos, Aragón se divide en 8 Consorcios (entidades administrativas locales formados por varias Comarcas para una gestión conjunta de sus residuos). Huesca se encuentra dentro del Consorcio de la Agrupación nº1, el cual incluye las Comarcas de la Hoya de Huesca, la Jacetania y el Alto Gállego. Esta entidad fue constituida para gestionar los residuos urbanos del territorio que engloba, para ello este Consorcio creó GRHUSA (Gestión de Residuos Huesca S.A.U.), una empresa pública cuyo capital social pertenece al Consorcio que se encarga de gestionar los residuos de las tres Comarcas que lo forman. GRHUSA fue constituida en el año 2002 para la recogida y tratamiento de residuos domésticos y comerciales. (GRHUSA)

Según datos de Ecoembes, en Aragón la población con acceso a recogida selectiva es de 1.319.291 ciudadanos, que en el año 2020 reciclaron 39.362 toneladas de residuos de envases, de la cuales 16.849 toneladas fueron de plástico y 15.993 toneladas fueron de papel y cartón, el resto fueron envases de aluminio y acero.

La figura 10 muestra la evolución de la cantidad de envases ligeros recogida en Aragón desde 2010 a 2019. Como se puede ver la evolución es positiva, ya que la tendencia con el paso de los años es de reciclar más cantidad de residuos de este tipo.

Recogida de envases ligeros en Aragón (Toneladas)



Figura 10. Toneladas de envases ligeros recogidos en Aragón del contenedor amarillo. (2010-2019) Fuente: Elaboración propia. Datos: Instituto aragonés de estadística (IAEST) a partir de datos elaborados por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón y ECOEMBES

En los datos de la ciudad de Huesca se aprecia también esta tendencia positiva, como se muestra en la figura 11.

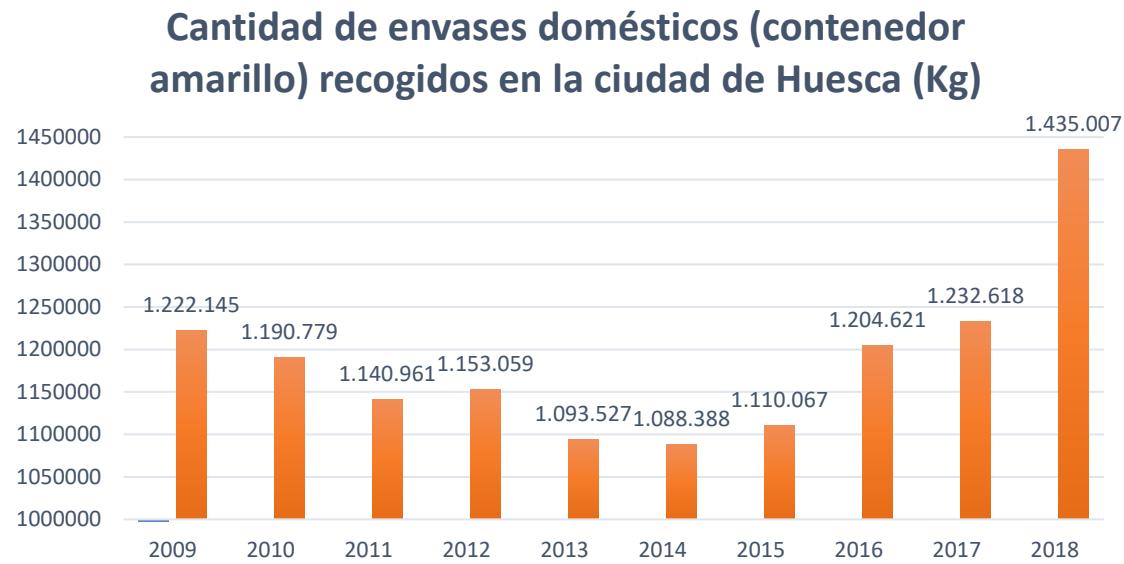


Figura 11. Kilogramos de envases ligeros recogidos en Huesca del contenedor amarillo. Fuente: Elaboración propia. Datos: Instituto aragonés de estadística (IAEST) a partir de datos elaborados por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón y ECOEMBES.

En cuanto a la gestión y reciclaje de EPS en Aragón, según el Mapa Integral de Gestión de Residuos de EPS de ANAPE, existe un centro ECO- EPS en todo Aragón, situado en la ciudad de Zaragoza y dos gestores de EPS, también en la ciudad de Zaragoza.

En la ciudad de Huesca no hay ningún Centro ECO EPS para el reciclaje del material ni ningún gestor de residuos autorizado que se dedique a este material.

6. Propuesta de proyecto

6.1. Justificación

Basándonos en el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados de 2021, que va a sustituir a la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos contaminados, las políticas en materia de residuos deben tener como objetivo reducir al mínimo los efectos negativos de la generación de residuos en la salud humana y el medio ambiente, en consonancia con los principios de la economía circular, es decir hacer un uso eficiente de los recursos con una implicación y compromiso de los agentes económicos y sociales. Además, el Proyecto de Ley tiene por objeto proteger el medio marino, para lo cual es necesaria una correcta gestión de residuos.

Con este proyecto se pretende avanzar en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible incluidos en la Agenda 2030, principalmente el objetivo 14 “Vida submarina”, concretamente la meta 14.1 “Prevención y reducción de la contaminación marina”, y también el objetivo 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”, concretamente la meta 11.6. “Reducción del Impacto Ambiental en ciudades” y por último el objetivo 12 “Producción y consumo sostenible”, dentro del cual más concretamente la meta 12.5. “Prevención, reducción, reciclado y reutilización de desechos”

Atendiendo al marco legislativo europeo, desde el año 2008, con la Directiva Marco de Residuos (Directiva 2008/98/CE sobre los residuos) se introduce la jerarquía de residuos, según la cual el orden de preferencia en cuanto a tratamiento de residuos es la prevención, seguida de la valorización material (que recoge la reutilización y el reciclaje), la valorización energética y como última opción la eliminación en vertedero. Esta directiva además tiene el objetivo de la reducción de la generación de residuos.

También cabe destacar el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, dentro del cual, en el punto 3 del Artículo 6 se expone que “Por orden ministerial, previa consulta a la Comisión de coordinación en materia de residuos, se aprobará antes del 1 de enero de 2023 una relación de residuos que no se aceptarán en vertedero, por tratarse de residuos aptos para la preparación para la reutilización, el reciclado u otro tipo de valorización, en particular para los residuos municipales. En todo caso la citada relación de residuos, que tendrá carácter administrativo, deberá ser de aplicación antes del 1 de enero de 2024. Una vez aprobada esta relación, las comunidades autónomas adoptarán

las medidas necesarias para asegurar que dichos residuos no se depositen en vertedero. Dichas medidas serán incluidas en los planes autonómicos de gestión de residuos señalados en el artículo 14.2 de la Ley 22/2011, de 28 de julio. Dichas medidas se evaluarán en el Plan estatal marco de gestión de residuos señalado en la misma ley" y según el Artículo 7 "Solo podrán depositarse en vertedero residuos que hayan sido objeto de algún tratamiento previo, al objeto de reducir la cantidad de residuos a depositar o los peligros que el depósito de los residuos pueda suponer para la salud humana o el medio ambiente", lo cual significa que no se aceptarán en vertedero residuos que puedan ser valorizados.

Según la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (ANAPE), es de gran interés la revalorización de los residuos de EPS, ya que es un material 100% recicitable.

El ligero peso del EPS, que es una ventaja para el ámbito del envasado, supone una gran complicación para el proceso de reciclaje, ya que dificulta el transporte de este desecho voluminoso. (Quiroz, Saltos, Aldás & Chango, 2015). Este problema se solucionaría con la compactación previa del material, la cual haría su transporte más económico y eficiente.

Por todas las razones expuestas anteriormente, se debería plantear una alternativa a la eliminación de este material, por lo que se plantea la colocación de una compactadora en el Punto Limpio de Huesca para compactar los residuos de EPS generados en la ciudad y alrededores, y de esta manera reducir en la zona la generación de este tipo de residuo, mediante su reciclado mecánico.

Tras compactar el material, será recogido por una empresa que se encarga de recoger, transportar y reciclar el material. De esta forma la vida útil del material sería mucho más larga, contribuyendo además a la reducción de la huella de carbono y apostando por la economía circular.

6.2. Generadores de residuos de EPS en Huesca y tratamiento actual

Podemos separar los principales generadores de residuos de EPS en cuatro grupos: los ciudadanos, el sector comercio y servicios, el sector de la construcción y el sector de la industria. Es por tanto en estos cuatro grupos donde se encuentra el EPS principalmente.

- La ciudadanía

Los ciudadanos son un foco de generación de residuos de EPS, ya que consumen este material en forma de bandejas de carne, quesos y otros productos, vasos y platos desechables o tupper entre otros productos, los cuales obtiene a través de la compra de este material o indirectamente con la compra de productos que vienen envasados en él. Otra fuente de generación de EPS por parte de la ciudadanía es el EPS que las empresas utilizan para enviar o transportar productos que el ciudadano compra en tiendas físicas o a través de internet, como es el caso de electrodomésticos, muebles, productos de cristal y cerámica (vasos, platos, objetos de decoración), televisiones, ordenadores, productos cosméticos, entre otros. Generalmente estos residuos de EPS de los cuales se tiene que deshacer el ciudadano, son depositados por el mismo en el contenedor amarillo o en el contenedor de resto.

En cuanto a estos envases y bandejas de alimentos pequeñas de carácter doméstico, según la Ley 11/1997, de 14 de abril de Envases y Residuos de Envases, un envase es “todo producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza y que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. Se considerarán también envases todos los artículos desechables utilizados con este mismo fin. Dentro de este concepto se incluyen únicamente los envases de venta o primarios, los envases colectivos o secundarios y los envases de transporte o terciarios”

En este caso estamos hablando de residuos domésticos, ya que, según el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados, los residuos domésticos son “residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas”

La fracción de residuos de envase de EPS provenientes del consumo doméstico, están incluidos en el Sistema Integrado de Gestión (SIG) de ECOEMBES, por lo que según ANAPE se deben depositar en el contenedor amarillo o bien ser entregados a puntos limpios y ECOEMBES se encarga de la gestión de estos.

- El sector de la construcción.

El EPS se utiliza en la construcción por sus propiedades como aislante térmico y acústico, por ello mientras las edificaciones o casas que lo contienen sigan en pie, este no será un residuo que gestionar, y si estas construcciones fueran derruidas, este EPS sería parte de un tipo determinado de residuos: Residuos de Construcción y

Demolición. Este tipo de residuo no puede ser gestionado a través de ECOEMBES ya que no puede ser admitido en la planta de selección al no ser un residuo de envase doméstico.

Por ello es difícil estimar la cantidad de EPS que surge como residuo de esta actividad o sector, en este trabajo no vamos a centrarnos en este foco de generación.

- Sector de la industria.

Embalajes de EPS para transportar componentes de productos que tras haber cumplido su función logística pasan a ser residuos.

Según el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados, los residuos industriales son “residuos resultantes de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad industrial”.

Por la misma razón que los residuos de construcción, estos no se pueden gestionar a través de Ecoembes, ya que no son envases domésticos.

- El sector comercio

Envases comerciales que provienen de instalaciones o entidades municipales públicas o de particulares, otros envases derivados del transporte de productos como electrodomésticos o utilizados para transportar o contener alimentos.

En tiendas de alimentación el pescado viene protegido en cajas grandes de EPS, en otras tiendas de electrodomésticos o muebles e interiorismo, productos de decoración, vajilla, espejos, electrodomésticos, electrónica, muebles y otros muchos productos frágiles o delicados vienen envueltos en mayor o menor medida en EPS. En cuanto a este foco de residuos de EPS, muchas veces este material que protege los objetos se utiliza también para seguir protegiéndolos cuando el usuario los compra y tiene que transportarlos a su vivienda, en otras ocasiones el EPS derivado del transporte de productos hasta su punto de venta, se convierte en residuo en el mismo establecimiento.

Según el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos contaminados, los envases comerciales son “residuos generados por la actividad propia del comercio, al por mayor y al por menor, de los servicios de restauración y bares, de las oficinas y de los mercados, así como del resto del sector servicios”

Estos residuos no entran dentro del Sistema Integrado de Gestión de ECOEMBES, ya que este mismo solo recoge los envases domésticos, no los comerciales, por ello esta parte de residuos de EPS es la que nos interesa abarcar en este proyecto, los que no son gestionados por ECOEMBES.

Cabe destacar que, en cuanto a los residuos generados en estos dos últimos grupos, comercio e industria, la Ley de Envases y Residuos de Envases (Ley 11/97) establece que los poseedores finales de estos residuos deberán entregarlos en condiciones adecuadas de separación por materiales a un agente económico para su reutilización, a un recuperador, a un reciclador o a un valorizador autorizado.

6.3. Material y métodos

Como se ha expuesto en el apartado anterior, este trabajo se va a centrar en el residuo de EPS generado como consecuencia del sector comercio.

Para estimar la cantidad de EPS generado como residuo por los comercios de la ciudad de Huesca y conocer la gestión actual del mismo, he procedido a contactar con muchos de los comercios que lo generan.

He dividido los grupos de estudio en pescaderías, tiendas de muebles y decoración, tiendas de electrodomésticos y supermercados, ya que son los focos principales de residuos de EPS dentro del sector comercio.

A cada uno de los comercios con los que he contactado, intentando abarcar la totalidad de comercios de cada tipo en la ciudad de Huesca, se les ha realizado las siguientes cuestiones:

¿Se genera EPS como residuo en su comercio?

¿Se lleva un control de la cantidad de EPS que se genera?

¿Qué gestión posterior se realiza en su comercio del residuo de EPS generado?

¿Esta gestión se realiza a través de algún gestor?

En este estudio la muestra ha sido de 16 tiendas de electrodomésticos, 26 tiendas de muebles, decoración e interiorismo, 28 supermercados y 5 pescaderías.

6.4. Resultados

Tras haber estudiado un total de 75 comercios en la ciudad, los resultados alertan de que en estos comercios, y por lo tanto en el sector comercio en general en la ciudad de Huesca, no se lleva a cabo un control de las cantidades de EPS que se están generando como residuo, lo cual revela la necesidad de llevar a cabo este proyecto, ya que es un material del que no se está teniendo control alguno actualmente en la ciudad.

En cuanto al resto de resultados se exponen a continuación

6.4.1. Tiendas de electrodomésticos

El tamaño de la muestra de este tipo de comercios ha sido de 16 tiendas.

De los 16 comercios analizados, 4 afirman no generar EPS ya que centran su actividad simplemente a la reparación de electrodomésticos. En cuanto a los 12 restantes, la gestión que llevan a cabo del residuo de EPS generado se expone en la figura 12.

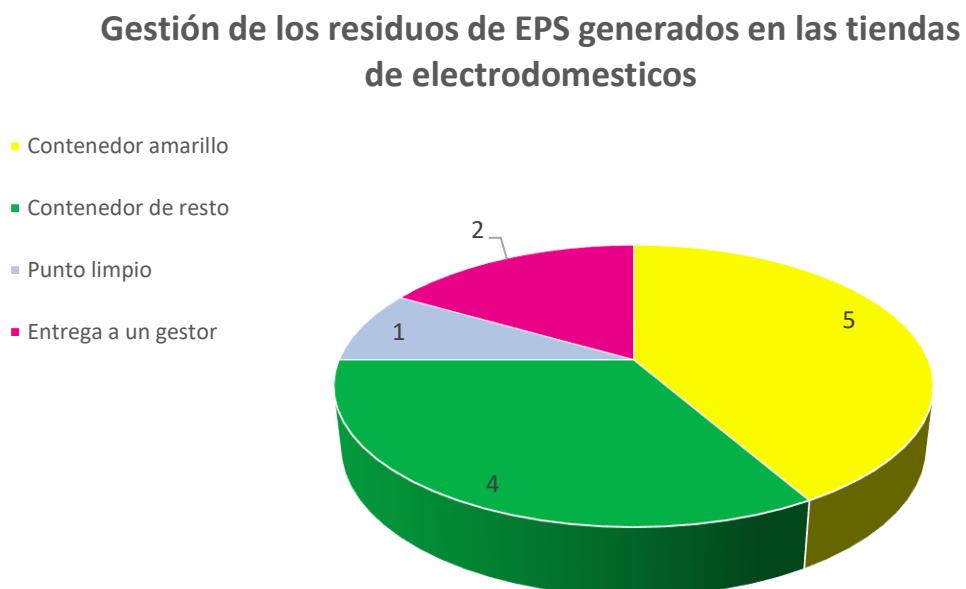


Figura 12. Gestión de los residuos de EPS generados en las tiendas de electrodomésticos de la ciudad de Huesca. Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 se puede observar la clara tendencia de estos comercios a depositar los residuos de EPS en los contenedores, tanto de resto como de plástico. Sólo dos tiendas de electrodomésticos dijeron gestionar este residuo a través de un gestor de Huesca, pero al contactar con esa empresa de gestión de residuos, afirmaron que no trabajaban con EPS. Por ello según los datos del resto de comercios de electrodomésticos es muy probable que estas dos tiendas también depositen en los contenedores sus residuos de EPS.

Un dato que destacar tras hablar con estas tiendas es la coincidencia en la opinión de que los electrodomésticos cada vez llegan a las tiendas con más EPS recubriendolos.

6.4.2. Tiendas de muebles, decoración e interiorismo

El tamaño de la muestra de este tipo de comercios ha sido de 26 tiendas.

De las 26 tiendas analizadas, 7 afirman no generar residuos de EPS y otras 7 coinciden en que la cantidad de EPS generada como residuo es baja. Estas 14 tiendas coinciden en que la generación tan baja o nula de este tipo de residuo se debe a que existe una tendencia de que los muebles cada vez vienen con menos EPS, en su lugar, para proteger estas piezas de impactos en trayectos y entregas, se utiliza cada vez más cartón, papel y plástico de burbujas. En cambio, otros artículos de cristal o material más frágil sí que vienen envueltos y protegidos en EPS.

3 de las 26 tiendas afirman no generar residuo de EPS en las mismas tiendas ya que llevan los electrodomésticos a las viviendas de los clientes sin desempaquetar el EPS y es el montador el que tras colocar el mueble deposita en el contenedor los residuos de EPS. Para el siguiente grafico se han tomado los datos de gestión de estas como si fueran datos de gestión de la tienda, ya que al fin y al cabo es la responsable de lo que hagan sus trabajadores.

En la figura 13 se han incluido solamente las 19 tiendas que decían generar una cantidad de residuo de EPS diferente a cero.

Gestión de los residuos de EPS generados en las tiendas de muebles y decoración

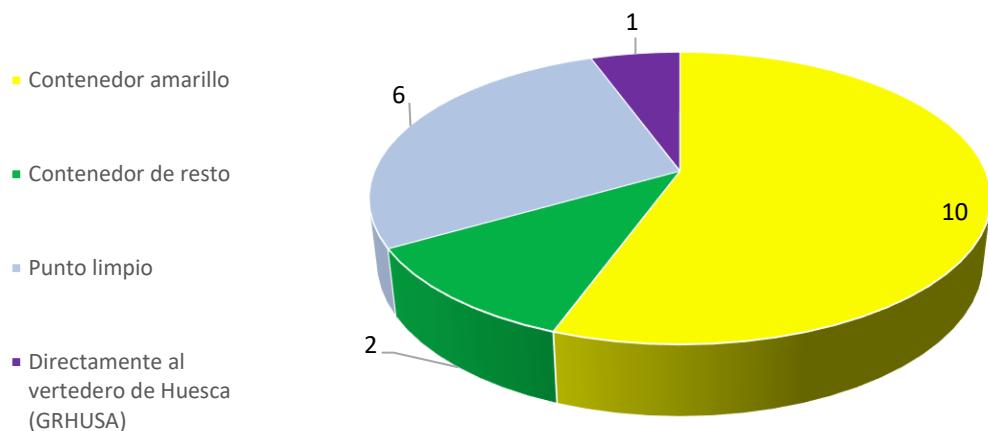


Figura 13. Gestión de los residuos de EPS generados en las tiendas de muebles y decoración de la ciudad de Huesca. Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la figura 13, al igual que en las tiendas de electrodomésticos, la tendencia de las tiendas de muebles y decoración es también la deposición en contenedores de los residuos de EPS generados. Por otro lado, existen más comercios que gestionan sus residuos de EPS a través del punto limpio. Cabe destacar que estos comercios que depositan en el punto limpio sus residuos de EPS señalan que en mismo no existe un contenedor para separar este residuo y tratarlo por separado, siendo la única opción depositarlo en el contenedor de resto del punto limpio. Esto desvela otra vez la necesidad de ofrecer una alternativa de gestión en este sitio, aprovechando que ya hay comercios que llevan sus residuos de EPS al punto limpio de Huesca.

6.4.3. Supermercados y tiendas de alimentación

El tamaño de muestra para los comercios de tipo supermercados ha sido de 28 tiendas, de las cuales 23 pertenecen a diferentes cadenas y 5 son pequeñas tiendas de alimentación.

Entre los 28 comercios estudiados, en las 5 pequeñas tiendas de alimentación y 3 de los supermercados pertenecientes a una cadena no se genera residuo de EPS, ya que se ha visto que solo se genera residuo de EPS en los que venden pescado o algún tipo de electrodoméstico, el cual no es el caso de estas 8 tiendas. Por ello en la figura 14 se reflejan los datos obtenidos de los 20 supermercados restantes.

Gestión de los residuos de EPS generados en los supermercados

- Los proveedores de pescado se encargan de la gestión y reciclaje
- La misma empresa se encarga de la gestión y reciclaje
- Punto Limpio

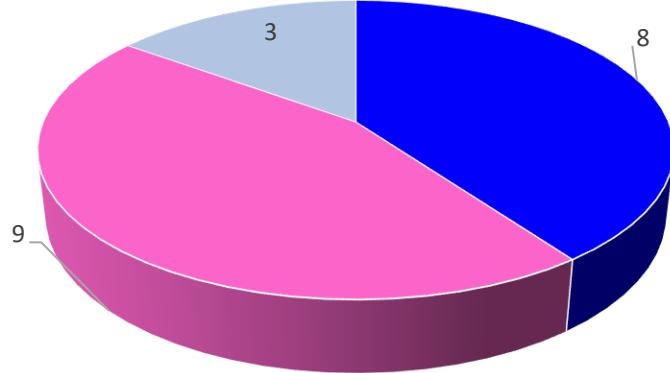


Figura 14. Gestión de los residuos de EPS generados en los supermercados y tiendas de alimentación de la ciudad de Huesca. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 14, el caso de los supermercados es diferente al de las tiendas de electrodomésticos y muebles. En el caso de los supermercados la gestión del residuo de EPS es mejor, ya que el residuo acaba siendo reciclado, ya sea por la misma empresa o por los proveedores de los productos que generan EPS. Esto por un lado se puede deber a que, al tratarse de cadenas de grandes supermercados, están más organizadas en cuanto a gestión de residuos y tienen más cantidades para reciclar. Lo que hacen es recoger el residuo y llevarlo a otro lugar fuera de Huesca donde se junta con residuos de EPS generados en supermercados de la misma cadena de otras ciudades, y se recicla todo junto.

Por otro lado, en cuanto a los 8 comercios que gestionan los residuos de EPS a través de sus proveedores de pescado, cabe destacar que dichos proveedores son una

empresa pescadera de Huesca, en la cual se reciclan estos residuos dentro de la misma ciudad, como se explica en el siguiente punto.

6.4.4. Pescaderías

El tamaño de muestra en cuanto a pescaderías ha sido de 5, de las cuales 3 dependen de una empresa mayorista que les provee de pescado, la cual es la misma que provee de pescado a los 8 supermercados del apartado anterior que gestionan su residuo de EPS a través de ella.

Es decir, existe una empresa que se encarga de gestionar y reciclar todos los residuos de EPS procedentes de las cajas de pescado que vende a 3 pescaderías y 8 supermercados de la ciudad. Esta gestión se lleva a cabo con ayuda de una cuarta empresa de pescadería de la ciudad de Huesca, la cual posee una maquina trituradora compactadora de EPS, para reciclarlo mecánicamente y ser recogido después por un gestor de residuos. De esta forma esta cuarta empresa recicla el poliespán generado por su actividad y por la actividad de la otra empresa mayorista de la que dependen las 3 pescaderías y 8 supermercados.

Por último, otra pescadería analizada elimina sus residuos de EPS directamente en el contenedor de resto. Los datos se reflejan en la figura 15.

Gestión de los residuos de EPS generados en pescaderías

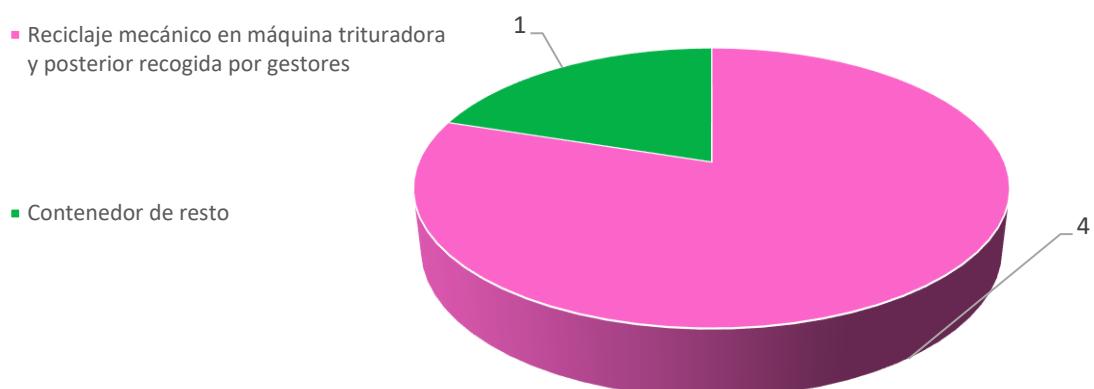


Figura 15. Gestión de los residuos de EPS generados en las pescaderías de la ciudad de Huesca.
Fuente: Elaboración propia.

Como se ve reflejado en la figura 15, la gestión de residuos de EPS por parte de las pescaderías está siendo buena y adecuada, debido a la posesión de una maquina trituradora para el reciclado mecánico del EPS de una de las empresas pescaderas.

6.5. Conclusiones

La conclusión principal de este pequeño estudio realizado en los comercios de Huesca es que no se está llevando a cabo un control de la cantidad de EPS generada como residuo en los mismos. Lo cual alerta de la necesidad de plantear un modelo de gestión alternativo para que el material pueda ser reciclado y así alargar su ciclo de vida contribuyendo a la economía circular, de esta forma se podría empezar a tener un control de la generación de este residuo, al cual no se le está dando actualmente en la ciudad la importancia que debería.

Además de intentar cuantificar la cantidad de EPS generada por comercios, era de interés averiguar el tratamiento que se estaba dando actualmente a esos residuos de los que no tenía una cuantificación exacta, ni siquiera aproximada.

En las tiendas de electrodomésticos la gestión más habitual de este residuo se limita a su deposición en el contenedor amarillo y en el contenedor de resto, además cabe destacar que los electrodomésticos llegan a las tiendas con más EPS cada vez.

En las tiendas de muebles y decoración las estadísticas en cuanto a la gestión del EPS residuo son bastante similares, aunque destaca que es más común llevar este residuo al punto limpio de Huesca, en el cual no existe actualmente un contenedor que separe el residuo de EPS por lo que acaba juntándose con otros materiales y no se gestiona ni recicla por separado.

Por otro lado, los supermercados que generan EPS lo hacen por su venta de pescado y tienden a gestionar bien este residuo, ya que se encarga de su gestión la misma empresa o sus proveedores de pescado.

Para finalizar, en las pescaderías de la ciudad de Huesca generalmente se lleva a cabo el reciclaje mecánico de los residuos de EPS en una trituradora que posee una de las empresas pescaderas de la ciudad, de la cual hacen uso también otras pescaderías de la zona.

En resumen, gran parte del EPS que se genera como residuo en los comercios de la ciudad de Huesca no se gestiona ni se recicla por separado (sobre todo el de las

tiendas de electrodomésticos, muebles y decoración), ya que en esta ciudad no existe una opción de reciclaje de este material para estos comercios. Por ello se propone una opción de gestión alternativa para la gestión de este material.

6.6. Propuesta Gestión.

La gestión de residuos es un conjunto de actividades que engloba según el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados “la recogida, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos, incluidas las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente”

En este trabajo se propone la mejora de la gestión de residuos de Poliestireno Expandido para la ciudad de Huesca. Como he explicado en puntos anteriores actualmente no existe un control de la cantidad de este residuo que se está generando en la ciudad, y la gestión posterior del mismo que se lleva a cabo en comercios generalmente se limita a la deposición en contenedores.

Según ANAPE, debido al gran volumen y bajo peso de los residuos de EPS, se necesita espacio para almacenarlo temporalmente hasta la recogida por un gestor autorizado. Para almacenarlo y transportarlo de forma mas eficiente se pueden aplicar diferentes tratamientos, como el triturado, la compactación, el fundido o el almacenamiento selectivo. Siendo el mas recomendable por ANAPE para rentabilizar el residuo y reducir su volumen, la compactación, la cual se realiza en una compactadora que permite sacar el aire del interior del material (el 98% del EPS es aire).

Posteriormente según ANAPE, los residuos de EPS deben ser recogidos y gestionados por un gestor autorizado. El centro ECO EPS mas cercano a la ciudad de Huesca y el único en Aragón se encuentra en la ciudad de Zaragoza y existen dos gestores autorizados para el reciclaje/valorización de EPS en Aragón, con los que ANAPE tiene suscrito un acuerdo de colaboración. Además existen empresas que se dedican a comprar el EPS con un tratamiento previo, recogerlo y reciclarlo para crear placas de aislante para la construcción.

Para mejorar esta gestión se propone la instalación de una compactadora en el Punto Limpio de la ciudad de Huesca, un sitio accesible para todos, para que los diferentes comercios e industrias de la zona, así como particulares si lo desean puedan

acudir a depositar sus residuos de EPS, y que ahí los recojan, almacenen y compacten mediante un proceso de reciclado mecánico para aumentar su densidad y reducir su tamaño, creando briquetas del material y de esta forma facilitar su transporte.

Los residuos de EPS que se compacten en este lugar se podrán almacenar hasta que la cantidad sea suficiente para que un gestor de residuos los recoja y transporte hasta un punto de reciclaje del material, en el cual estos residuos puedan transformarse de nuevo en EPS y servir como materia prima de nuevo para la creación de diferentes formas del material.

Según el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados, un gestor de residuos es “la persona o entidad, pública o privada, registrada mediante autorización o comunicación que realice cualquiera de las opciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de estos”

En cuanto al destino de estos residuos de EPS reciclados mecánicamente, una opción podría ser el centro ECO EPS de la ciudad de Zaragoza, que pertenece a la empresa Knauf Industries. En estos centros que están habilitados para la recepción y reciclado de EPS se consideran tres opciones de tratamiento, una es el reciclado mecánico del material para fabricar de nuevo piezas de EPS, incorporarlo a otros materiales de construcción o producir granza de PS; otra opción es la recuperación energética para residuos que no pueden ser reciclados fácilmente por diferentes motivos, por ejemplo por suciedad; y la tercera opción es el vertido para cuando no hay otro método de recuperación viable.

Otra opción sería vender el residuo a una empresa como Traxpo S.L.U., que compra los residuos de EPS para reciclarlos y valorizarlos. Esta empresa ofrece un servicio íntegro de gestión y valorización de estos residuos generados por actividades comerciales e industriales en todo el mundo, por lo que no sería necesario contactar con un gestor autorizado aparte. Esta empresa recoge, transporta y recicla EPS ya usado para darle una segunda vida contribuyendo a la economía circular, concretamente en esta empresa se produce aislante para el sector de la construcción a partir de EPS usado, que al ser briquetado se convierte en materia prima de nuevo para este fin. El material que recogen puede ser en forma de las briquetas que resultarían de la maquina compactadora que se propone para el proyecto en el siguiente punto.

Según Traxpo S.L.U. el precio medio al que compran residuos de EPS de los 12 últimos años es 500 €/tonelada, y actualmente el precio es casi el doble, de esta manera la maquina compactadora de EPS sería amortizada y a la larga sería una fuente de ingresos.

6.6.1. Reciclaje mecánico de los residuos de EPS por compactación

Actualmente en el mercado existen multitud de máquinas compactadoras de residuos de EPS. Dadas las características y necesidades de este proyecto, debe ser una compactadora pequeña.

Las compactadoras que forman briquetas del material trabajan con un tornillo sin fin que en el caso de las maquinas pequeñas, tritura directamente el EPS y lo desplaza hacia la mandíbula hidráulica, la cual regula la salida del EPS en forma de briqueta comprimiéndolo para quitar el aire que contiene.

De estas compactadoras existen versiones manuales y automáticas, la principal diferencia es que en las manuales debe haber un operario supervisando el proceso, fijándose en la densidad de salida de la briqueta para apretar o desapretar la mandíbula hidráulica, mientras que en las automáticas el operario solo tiene que introducir el material en la máquina, ya que la presión de la mandíbula hidráulica está programada en la maquina y depende de la densidad de salida que selecciones para la briqueta, a partir de la cual la maquina ajusta la velocidad de salida, el tiempo que tarda en salir y la potencia del motor, y no hace falta la continua supervisión de un operario.

La opción que se plantea en este trabajo es la de la compactadora SK 120 A de la marca RUNI (figura 16), esta compactadora es pequeña y automática. Se puede encontrar la ficha técnica de esta maquina en el anexo I.

Según INTERNACO, empresa distribuidora de estas máquinas en España (Galicia), el precio de la máquina compactadora SK 120 A automática de la marca RUNI es actualmente de 15.000€, incluyendo el transporte y puesta en marcha de esta. Existe una versión de la misma marca que es manual, SK 120 M y cuyo precio es de 12.000€, pero como he explicado en el apartado anterior necesitaría de un operario continuamente revisando el proceso, lo cual supondría un gasto mayor.

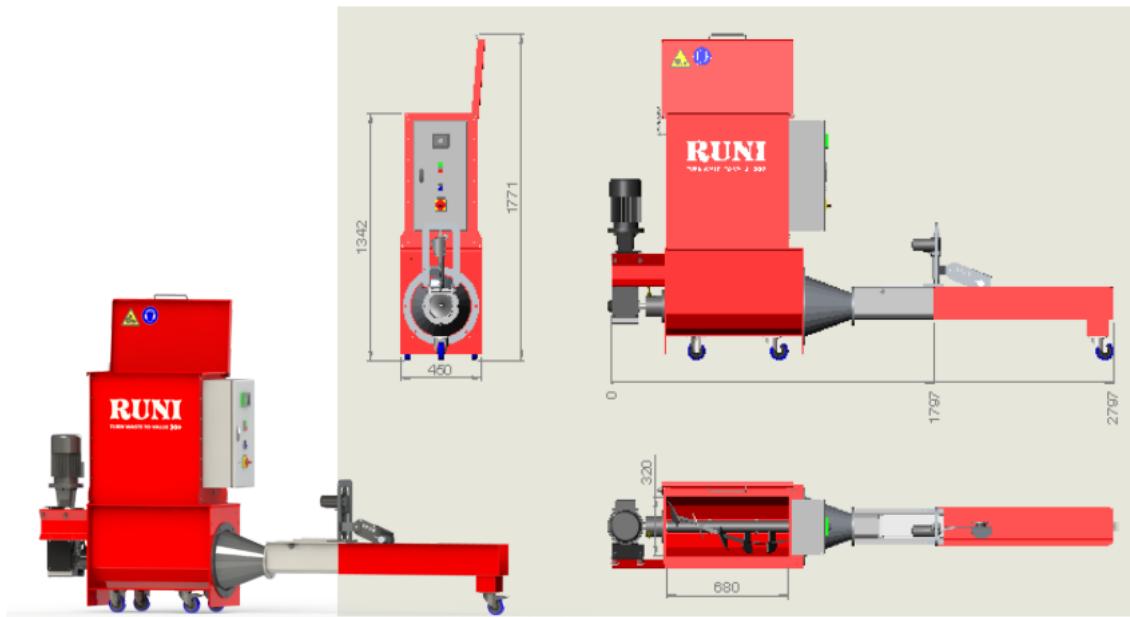


Figura 16. Dibujo dimensional de la compactadora SK 120 A RUNI. Fuente: RUNI Danish engineering <https://www.compactadora-runi.es/compactadores/sk120>

6.7. Ubicación del proyecto

Según este estudio de gestión del EPS para la ciudad de Huesca, la mejor opción para instalar la compactadora parece ser el Punto Limpio de Huesca, ya que muchos comercios de la zona ya acuden ahí a depositar sus residuos de EPS y es una buena opción ya que ahí se gestionan ya diferentes residuos.

El Punto Limpio de Huesca está situado en la zona mas industrial de la ciudad junto a multitud de polígonos industriales, como se puede ver en la figura 17.



Figura 17. Imagen satélite de la ciudad de Huesca. Fuente: Google Earth (2019)

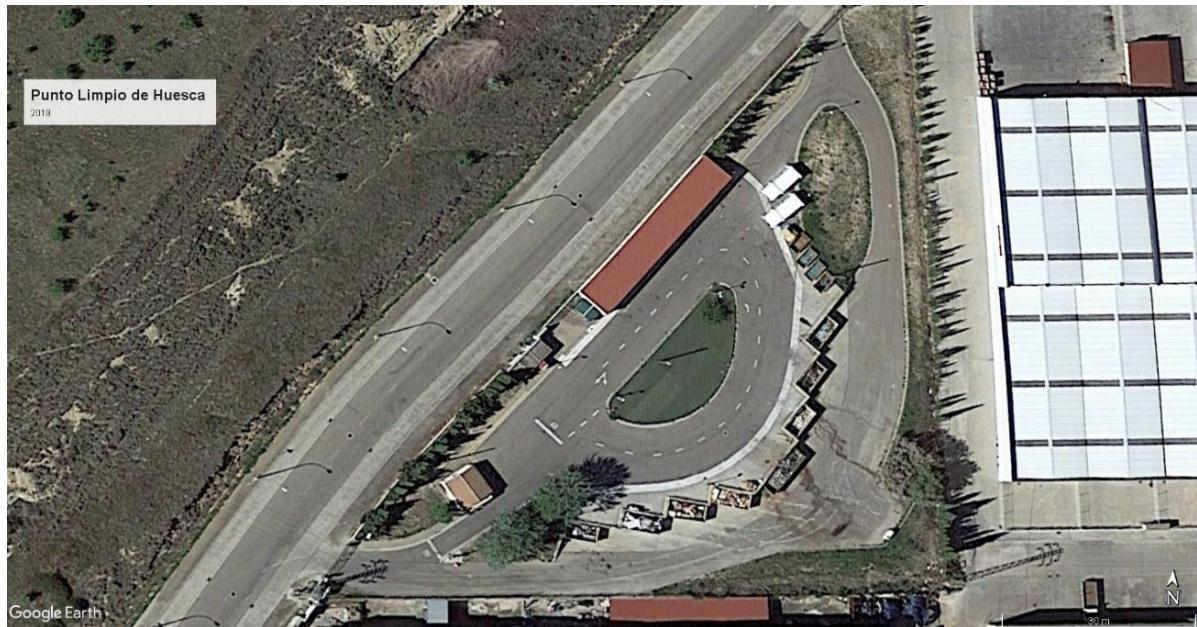


Figura 18. Imagen satélite del Punto Limpio de Huesca. Fuente: Google Earth (2019)

Los residuos depositados en el Punto Limpio de Huesca son posteriormente gestionados por GRHUSA. Según el Área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Huesca la cantidad de residuos depositados por los ciudadanos (Residuos Urbanos) en

el Punto Limpio de Huesca durante el año 2020 ha sido de 2.972,51 toneladas de residuos no peligrosos y 165,12 toneladas de residuos peligrosos.

Según GRHUSA, actualmente en el Punto Limpio se recogen muebles, escombros de obras menores, madera, pallets, vidrio, papel y cartón, metálicos, diferentes plásticos, Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEES), además de residuos peligrosos como pilas, disolvente, pinturas, fluorescentes, envases de sustancias peligrosas y aceites usados. GRHUSA se encarga de gestionar cada tipo de material de diferente forma, en el caso de los plásticos se clasifican y reciclan.

7. Limitaciones del trabajo

La falta de control en la generación de residuos de EPS de los comercios de Huesca, con la consecuente carencia de datos acerca de la misma, hace imposible realizar un estudio de rentabilidad de la gestión propuesta.

Aunque se conoce el precio de la máquina compactadora y el precio de venta de las briquetas de EPS resultantes, al no tener datos acerca de la generación del residuo, no se puede estimar el tiempo que tardaría la máquina en ser amortizada.

A pesar de ello, la implantación de la compactadora en el Punto Limpio de Huesca posibilitaría el tener un control de la cantidad de residuo que se genera.

8. Conclusiones

La ciudad de Huesca precisa la puesta en marcha de un modelo de gestión de residuos de EPS adecuada. Ya que el reciclaje de este material 100% reciclable es clave dentro del papel de los plásticos en la economía circular y existen normativas que prohíben el depósito en vertedero de residuos que podrían ser objeto de valorización (R.D. 646/2020). Dado que actualmente no existe una opción de gestión del material unificada a nivel de la ciudad es difícil que sea reciclado. Un problema que presenta este material es la dificultad y encarecimiento del transporte debido a su alto volumen y baja densidad, lo cual se solucionaría compactando el material con un proceso de reciclaje mecánico en una compactadora.

Se propone por lo tanto la instalación en el Punto Limpio de Huesca de una máquina compactadora del material capaz de reciclar mecánicamente el mismo, de la cual podían hacer uso los comercios generadores de EPS, las industrias (ya que ya la mayoría de ellas se encuentran al lado del Punto Limpio de Huesca) y los particulares que lo desearan. Además, podrían llevar EPS a este punto comercios, industrias o particulares de los alrededores de Huesca.

La cantidad de EPS compactado en briquetas que se generaría es un dato que depende de multitud de factores, muy difícil de estimar ya que vendría dado en gran medida por la participación ciudadana que se podría conseguir mediante educación ambiental y campañas que se podrían llevar a cabo en la ciudad. Una ventaja es como se expone en el trabajo que la concienciación ciudadana con el reciclaje es cada año mayor. Sería necesario además el apoyo del Ayuntamiento de Huesca para financiar esta máquina, que podría ser amortizada en unos años, ya que tras la compactación y acumulación del EPS en el Punto Limpio de Huesca se podría vender el residuo a Traxpo S.L., una empresa que se encarga de comprar este residuo para luego valorizarlo.

9. Bibliografía

Arriola Lara, E. A., & Velásquez Martell, F. E. (2013). Evaluación técnica de alternativas de reciclaje de poliestireno expandido (EPS).

Asamblea General de las Naciones Unidas. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=S (último acceso 20/11/2021)

Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (2021). ANAPE. <http://www.anape.es/> (ultimo acceso 19/11/2021)

Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (2021). ANAPE. Mapa Integral de Gestión de Residuos de EPS. <http://www.reciclado-eps.com/#mapa-integral>

Atalay, E., Parker, L., & Schultz, H. (2018, 17 mayo). Los plásticos explicado de la A a la Z. *National Geographic*. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.es>

Ayuntamiento de Huesca. Área de Medio Ambiente. "Datos de recogida de residuos en el Punto Limpio de Huesca 2020". <https://www.huesca.es/areas/medio-ambiente/residuos-urbanos/punto-limpio>

Canevarolo Jr, S. V. (2002). Ciência dos polímeros. Artiliber editora, São Paulo, 110-115.

Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401(3), 11-20.

Comisión Europea (2013) VII PMA. Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2020. <https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/7eap/es.pdf>

Comisión Europea (2015) Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular. COM (2015) 614 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614> (último acceso 10/11/2021)

Comisión Europea (2018) Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Una estrategia europea para el plástico en una economía circular. COM (2018) 28 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:52018DC0028> (último acceso 10/11/2021)

Comisión Europea (2019). Un Pacto Verde Europeo. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es (último acceso 15/11/2021)

Comisión Europea (2020). Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2030. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020PC0652&from=ES> (último acceso 20/11/2021)

Comisión Europea, Decisión de la Comisión 2014/955/UE de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. 2014. <https://www.boe.es/DOUE/2014/370/L00044-00086.pdf>

Comisión Europea, Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008 , sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. 2008, p. 28 págs. <https://www.boe.es/DOUE/2008/312/L00003-00030.pdf>

Comisión Europea, Reglamento (UE) no 1357/2014, de 18 de diciembre de 2014 por el que se sustituye el Anexo III de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. 2014.

<https://www.boe.es/doue/2014/365/L00089-00096.pdf>

de Simone, M. R. (2020). La Directiva sobre el plástico de un solo uso. *Revista Aranzadi de derecho ambiental*, n. 46, 203–222. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10553/77528>

Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. <https://www.boe.es/doue/2018/150/L00109-00140.pdf>

Directiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente. <https://www.boe.es/doue/2019/155/L00001-00019.pdf>

Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 1994 relativa a los envases y residuos de envases. <https://www.boe.es/doue/1994/365/L00010-00023.pdf>

ECOEMBES (2021) <https://www.ecoembes.com/es> (último acceso 20/11/2021)

EUMEPS. (2016b). *EPS White Book. EUMEPS Background Information on standardisation of EPS*. Recuperado de http://www.anape.es/pdf/WHITE_BOOK_revision_2016_external.pdf

Gestión de Residuos Huesca S.A.U. (2021). GRHUSA. <https://grhusa.es/> (último acceso 01/11/2021)

Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad (2018) Plan de Gestión Integral de Residuos en Aragón 2018-2022.

https://www.aragon.es/documents/20127/674325/PLAN_GIRA_2018_2022.pdf/e80d9f8f-6745-e819-b918-dd025ea5c40b

Gobierno de Aragón. Instituto Aragonés de Estadística (2019). IAEST. “Recogida de envases ligeros, por municipios, comarcas y provincias. Aragón”. <https://www.aragon.es/organismos/departamento-de-economia-planificacion-y-empleo/direccion-general-de-economia/instituto-aragones-de-estadistica-iaest->

Gobierno de Aragón. Instituto Aragonés de Estadística (2019). IAEST. “Recogida de envases ligeros en Aragón” <https://www.aragon.es/organismos/departamento-de-economia-planificacion-y-empleo/direccion-general-de-economia/instituto-aragones-de-estadistica-iaest->

Google Earth Pro. Imágenes satélites de Huesca.

Groover, M. P. (1997). Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. Pearson Educación.

INTERNACO. División medio ambiente. (2021). Maquinaria. SK 120 Auto. <https://internacomedioambiente.es/wp-content/uploads/2021/07/SK120-Auto.pdf>

Jefatura del Estado (1997). Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases. Publicada en el BOE, nº 99, de 25 de abril de 1997. <https://www.boe.es/eli/es/l/1997/04/24/11/dof/spa/pdf>

Jefatura del Estado (2011). Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. *Publicada en el BOE, nº 181, de 29 de julio de 2011.* <https://www.boe.es/boe/dias/2011/07/29/pdfs/BOE-A-2011-13046.pdf>

López Carrasquero, F. (2004). Fundamentos de polímeros. *Escuela Venezolana para la enseñanza de la Química. Mérida*, 49-51.

Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, «Plan estatal marco de gestión de residuos (PEMAR). 2016-2022». https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/pemarprobado6noviembreconde_tcm30-170428.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Memoria anual de generación y gestión de residuos de envases en España (2019). https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/tabladatosenvasesyresiduosdeenvases2019_tcm3-0-529105.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Proyecto de Ley 121/000056. Residuos y Suelos Contaminados. Boletín Oficial de las Cortes Generales, BOCG-14-A-57-1-C1, Gobierno de España, Madrid. 2021; pp. 1–128. https://www.congreso.es/public_oficiales/L14/CONG/BOCG/A/BOCG-14-A-57-1-C1.PDF

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Publicado en el BOE, nº187, de 8 de julio de 2020. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/07/08/pdfs/BOE-A-2020-7438.pdf>

Normalización Española. 2017. UNE 53933:2017. Plásticos. Poliestireno Expandido (EPS). Cajas para el transporte de productos alimentarios. Características y métodos de ensayo. [https://portal.aenormas.aenor.com/revista/pdf/feb18/\(EX\)UNE_53933=2017.pdf](https://portal.aenormas.aenor.com/revista/pdf/feb18/(EX)UNE_53933=2017.pdf)

Organización de las Naciones Unidas (ONU). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2018). «Plásticos de un solo uso: una hoja de ruta para la sostenibilidad». <https://www.unep.org/es/resources/informe/plasticos-de-un-solo-uso-una-hoja-de-ruta-para-la-sostenibilidad>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2021). OCDE. <https://www.oecd.org/> (último acceso 01/11/2021)

Parres García, F. J. (2008). Investigación de las variables limitantes en la recuperación de los residuos de poliestireno procedentes del sector envase (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Plastics Europe (2019). The circular economy for plastics-A European Overview. https://plasticseurope.org/fr/wp-content/uploads/sites/2/2021/11/CircularEconomy_study_FINAL_061219_SI_NGLE.pdf

Quiroz, F. J., Saltos, P., Aldás, M., & Chango, J. I. (2015). Reciclaje de Poliestireno Expandido por el Método de Disolución Precipitación. *Revista Politécnica*, 36(2), 80-80.

Reglamento (UE) 2017/997 del Consejo de 8 de junio de 2017 por el que se modifica el anexo III de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo atañe a la característica de peligrosidad HP 14 «Ecotóxico» <https://www.boe.es/DOUE/2017/150/L00001-00004.pdf>

Sarria-Villa, R. A., & Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8 (1), 21-27.

Tribunal de Cuentas Europeo. “Medidas de la UE para abordar el problema de los residuos plásticos” Análisis nº4. (2020). https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/RW20_04/RW_Plastic_website_ES.pdf

10. Anexos

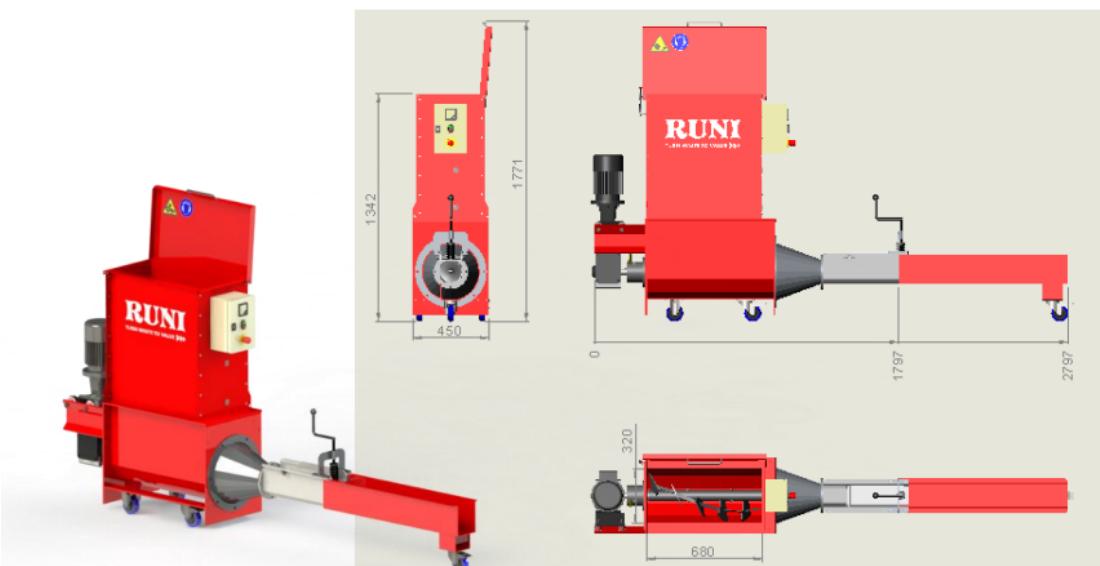
ANEXO I. Ficha técnica de la compactadora propuesta



Compactación de poliestireno expandido (EPS) Especificaciones técnicas para SK120M

Dibujo dimensional

Sujeto a modificaciones técnicas.



Datos técnicos	Europa	Estados Unidos
Material	POLIESTIRENO EXPANDIDO	POLIESTIRENO EXPANDIDO
Densidad obtenida *)	350 kg/m ³	22 libras/pies ³
Capacidad por hora	18 kg	40 libras
Capacidad diaria	80 kg	175 libras
Medidas del bloque	120 x 120 mm	5 x 5 pulgadas
Dimensión de la boca de alimentación	680 x 320 mm	27 x 13 pulgadas
Peso	300 kg	661 libras
Potencia acústica (a 1 m de distancia)	Estándar: 77-100 dB Con protección acústica: 68-85 dB	Estándar: 77-100 dB Con protección acústica: 68-85 dB
Dimensiones de la máquina (L x An x Al)	2797 x 450 x 1770 mm	110 x 18 x 70 pulgadas
Potencia del motor	Motor principal: 1,5 kW	Motor principal: 2,4 CV (1,8 kW)
Potencia eléctrica	1 x 230V, 50Hz, 16A 3 x 400V, 50Hz, 16A	3 x 230V, 60Hz, 16A 3 x 480V, 60Hz, 16A
Marcado	Aprobado por CE	Aprobado por CE, UL (solo componentes)

*) Dependiendo del tipo y densidad del EPS

Compactación de poliestireno expandido (EPS) >>>

Descripción

La compactadora de tornillo RUNI SK120 es la máquina más pequeña para compactar poliestireno expandido y se recomienda su uso para pequeñas cantidades de poliestireno expandido con una estimación anual de un volumen de hasta 10 toneladas. El índice de compactación del poliestireno expandido (también llamado airpop) con la compactadora de tornillo es de 50:1. Antes de compactar el poliestireno expandido, eran necesarios 50 camiones para transportarlo al vertedero. Ahora un solo camión es suficiente. La densidad del poliestireno expandido compactado es aproximadamente de 350 kg/m³. Los bloques compactados se pueden apilar y vender para su reciclaje. RUNI SK120 es la solución perfecta para los minoristas concienciados con el medioambiente, pequeños almacenes y pequeñas empresas de procesado de pescado. CONVIERTA LOS RESIDUOS EN ALGO VALIOSO



Función

Cuando el poliestireno expandido se vierte en la compactadora de tornillo, este será triturado y tras su paso por el tornillo por las garras manuales el material se compactará en bloques sólidos y uniformes. La compactadora de tornillo SK120 es de fácil manejo y con un amperímetro legible, lo que permite ajustar el índice de compactación con facilidad. En los pequeños establecimientos, equipar la maquinaria con material de insonorización puede ser una buena opción.



Ventajas

- Reduce el coste de almacenamiento, transporte y eliminación, genera ingresos por la venta de los bloques compactados.
- Bajo coste de uso y mantenimiento.
- Precio asequible.
- Ocupa muy poco espacio, se puede colocar bajo una estantería de palés.
- Funcionamiento seguro y sencillo.

Opciones

- Ruedas para la compactadora SK120 con soporte para bolsas. Juego de 4 ruedas.
- Aislamiento acústico en la tolva y la tapa, reducción de sonido 10-15 dB.
- Soporte para bolsas para compactar el poliestireno expandido directamente en bolsas.
- Bolsas para SK120 – 500 metros.