

Proyecto Fin de Máster
Máster en Ingeniería Ambiental

Análisis de la situación actual del tratamiento de envases plásticos en la ciudad de Sevilla y propuesta de mejoras al sistema actual.

Autor: Luciana Brandan Campanera

Tutor: Rosario Villegas Sánchez

Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Proyecto Fin de Máster
Máster en Ingeniería Ambiental

**Análisis de la situación actual del tratamiento de
envases plásticos en la ciudad de Sevilla y
propuesta de mejoras al sistema actual.**

Autor:

Luciana Brandan Campanera

Tutores:

Rosario Villegas Sánchez

Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2020

Proyecto Fin de Carrera: Análisis de la situación actual del tratamiento de envases plásticos en la ciudad de Sevilla y propuesta de mejoras al sistema actual.

Autor: Luciana Brandan Campanera

Tutor: Rosario Villegas Sánchez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

A mi familia, por creer en mí y por su apoyo incondicional. A mis padres, por enseñarme a cultivar los valores del esfuerzo, la dedicación y la perseverancia.

A mis amigos y amigas por el regalo de compartimos.

A mis maestros por guiarme hasta aquí y acompañarme siempre.

A mi compañero, por enseñarme el arte de perseverar.

A mí misma, porque cada día cuenta, cada aprendizaje me impulsa y porque este logro va mucho más allá.

Agradecimientos

En primer lugar quiero expresar una inmensa gratitud a la tutora de este trabajo, Rosario Villegas Sánchez por permitirme realizarlo bajo su supervisión, resolviendo mis dudas y dedicándome lo más valioso que una persona puede entregar, su tiempo. Muchas gracias por el acompañamiento durante este proyecto.

Quiero agradecer también a cada profesor y profesora del máster de Ingeniería Ambiental, por sembrar en mí nuevos conocimientos e inquietudes, permitiendo de esta forma que se abran nuevas puertas de mi carrera profesional. Gracias por su esfuerzo y dedicación.

A mi familia en Argentina, por siempre creer en mí hasta cuando yo misma dudaba y por estar presentes siempre que los necesité. A mi familia en Sevilla, los que me regaló la vida universitaria para hacer el camino más fácil y llenarlo de buenos momentos: María Luisa, Mirella, Pablo, Elida, Maxi, Sonia y Macarena. Y a mi compañero por alentarme a dar este último paso.

Luciana Brandan Campanera

Sevilla, 2020

Resumen

La producción de envases es necesaria y en muchos casos inevitable. En el mercado español, como en todo el resto de Europa y el mundo, podemos encontrar miles de tipos, materiales y tamaños. Los envases tienen establecido un lugar sólido en el mercado, y me atrevo a decir que vinieron para quedarse.

Considerando que la generación de envases es imprescindible, nos concentraremos en la gestión de los residuos que estos generan una vez cumplido su ciclo de vida. ¿Cuál es la situación actual en España en la gestión de los mismos?

El presente trabajo pretende evaluar la implementación de un nuevo sistema que aporte mejoras en la gestión de residuos de envases plásticos en la ciudad de Sevilla, para ello se analizará cómo funciona el sistema integrado de gestión implementado hoy y cuáles son las carencias que presenta, ya que los porcentajes de reciclado y valorización de residuos de envases en España no superaron el 48% para envases plásticos en el año 2017 (MITECO, 2017).

Se presentará una alternativa de mejora, haciendo hincapié en cómo funcionaría y que se necesitará para su implementación. A su vez se mencionarán casos de aplicación concretos en España que ofrezcan una comparativa en cuanto a los rendimientos de este nuevo sistema, sus costes y agentes.

Abstract

The production of packaging is necessary and in many cases unavoidable. In the Spanish market, as in the rest of Europe and the world, we can find thousands of types, materials and sizes. Packaging has established a solid place in the market, and I daresay they are here to stay.

Considering that the generation of packaging is essential, we will concentrate on managing the waste that these generate once their life cycle has been completed. What is the current situation in Spain in managing them?

The present work aims to evaluate the implementation of a new system that provides improvements in the management of plastic packaging waste in the city of Seville, for this it will analyze how the integrated management system implemented today works and what are the shortcomings it presents that the percentages of recycling and recovery of packaging waste in Spain did not exceed 48% for plastic packaging in 2017 (MITECO, 2017).

An improvement alternative will be presented, emphasizing how it would work and what will be needed for its implementation. In turn, specific application cases in Spain will be mentioned that offer a comparison regarding the performance of this new system, its costs and agents.

Contenido

1 OBJETIVOS Y ALCANCE	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
1.3 ALCANCE	1
2 ANTECEDENTES	3
3 SITUACIÓN ACTUAL	5
3.1 PLÁSTICOS: PRODUCCIÓN MUNDIAL Y EUROPEA.....	5
3.2 RESIDUOS: GENERACIÓN DE RESIDUOS EN ESPAÑA.....	9
3.3 RESIDUOS DE ENVASES EN ESPAÑA	12
3.4 RESIDUOS DE ENVASES EN ANDALUCÍA	13
3.5 ENVASES: QUE SON	16
3.6 MODELOS DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS ACTUALMENTE EN ESPAÑA.....	18
3.7 SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN EN ESPAÑA	19
3.8 RESPONSABILIDAD AMPLIADA DEL PRODUCTOR	21
3.9 MODELO ECOEMBES.....	24
3.10 ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS.....	25
4 SISTEMA ACTUAL DE GESTIÓN	28
4.3.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL EN LA CIUDAD DE SEVILLA	28
4.3.1 BALANCES DE ENVASES PLÁSTICOS	30
5 CASO DE ESTUDIO: SDDR, ALTERNATIVA AL SISTEMA ACTUAL	34
5.1 EL SISTEMA DE DEPÓSITO, DEVOLUCIÓN Y RETORNO	34
5.2 CÓMO FUNCIONA EL SISTEMA	35
5.3 FLUJO ECONÓMICO DEL SISTEMA	37
5.4 BALANCES DE ENVASES PLÁSTICOS CON EL SDDR	38
6 PROPUESTA DE MEJORA	39
6.1 CONTENEDORES INTELIGENTES.....	40
6.2 TECNOLOGÍA DISPONIBLE.....	41
6.3 IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA	42

6.4 COSTES DE IMPLANTACIÓN	44
6.5 PRUEBAS PILOTO APLICADAS EN CIUDADES DE ESPAÑA	45
6.6 APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE SEVILLA PARA LA RECOGIDA DE ENVASES LIGEROS	47
7 CONCLUSIONES	50
8 REFERENCIAS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Crecimiento en la producción mundial de plásticos 1950-2014. PlasticsEurope, Plastics –the Facts (2013); PlasticsEurope, Plastics – the Facts (2015).....	6
Ilustración 2. Distribución de la producción de plásticos a nivel mundial. Imagen: Plastics Europe, 2019.	7
Ilustración 3. Demanda de plásticos por sectores. Imagen: Plastics Europe, 2019.	8
Ilustración 4. Principales tipos de resinas plásticas y sus aplicaciones en envases. Ellen MacArthur Foundation, 2016.....	9
Ilustración 5. Tratamiento de RSU en España (MITECO, 2017). Elaboración propia.	12
Ilustración 6. Situación actual por Comunidad Autónoma. Fuente MITECO, 2017.	14
Ilustración 7. Contenedores ubicados en la ciudad de Sevilla.	19
Ilustración 8. Tipos de envases ligeros a depositar en el contenedor amarillo. Coordinación Española de Polígonos Empresariales.....	20
Ilustración 9. Ciclo de gestión de residuos de envases. MITECO.....	20
Ilustración 10. Modelo de negocio de Ecoembes. Ecoembes.....	24
Ilustración 11. Costes del Punto Verde de Ecoembes. Ecoembes.	25
Ilustración 12. Balance de residuos de envases ligeros en la provincia de Sevilla en 2017. Elaboración propia. Fuente: MITECO, 2017.....	31
Ilustración 13. Balance de residuos de envases recuperados en instalaciones de triaje y compostaje en la provincia de Sevilla en 2017. Elaboración propia. Fuente: MITECO, 2017.	32
Ilustración 14. Porcentaje de plásticos PET(botellas plásticas) contenidos en las fracciones de envases ligeros y plásticos de las instalaciones clasificación de envases y de las instalaciones de triaje y compostaje. Elaboración propia.	33
Ilustración 15. Diagramas de funcionamiento del SDDR. Ciclo interno y ciclo externo. Imagen de Retorna ONG.	37
Ilustración 16. Balance de recuperación de envases plásticos según el SDDR. Elaboración propia.....	38
Ilustración 17. Comparación de la variación de impacto entre SDDR y SIG (ABEJÓN, R., et al, 2020).....	40
Ilustración 18. Llaveros tag con el que se abrirían los contenedores.....	43
Ilustración 19. Contenedores cerrados de apertura con llavero tag.	44
Ilustración 20. Costes de implementación del sistema RFID. SALEH D., et al, 2018.....	45
Ilustración 21. Aumento en la recogida selectiva de la ciudad de Olaberria e Idiazabal luego de la implementación del sistema RFID. SALEH et. al, 2018.	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generación y Gestión de Residuos de Envases en España (MITECO, 2017).	10
Tabla 2. Cantidad de Residuos de Competencia Municipal Recogidos en España. MITECO, 2017.....	11
Tabla 3. Evolución del reciclado y valorización de residuos de envases en España (MITECO).	12
Tabla 4. Evolución de reciclado y valorización para distintos tipos de residuos de envases. Elaboración propia.	12
Tabla 5. Recogida selectiva de envases ligeros en Andalucía, 2017. Consejería de Agricultura, Pesca, Ganadería y Desarrollo Sostenible, 2016.	15
Tabla 6. Reciclado de envases ligeros en Andalucía, 2017. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenibles.	15
Tabla 7. Tipos de envases definidos con su código LER en la lista Europea de Residuos..	17
Tabla 8. Modelos de separación de residuos de competencia municipal implantados en España. FO: Fracción Orgánica; Resto: fracción indiferenciada no considerada (MAGRAMA, 2015).	18
Tabla 9. Recogida selectiva de envases ligeros en la provincia de Sevilla. Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, 2017.	28
Tabla 10. Recogidas Selectivas por Comunidad Autónoma (t). MITECO, 2017.	29
Tabla 11. Recogida selectiva de envases mezclados en España y en Andalucía.	30
Tabla 12. Instalaciones de Clasificación de envases ligeros en la provincia de Sevilla. Memoria anual de generación y gestión de residuos. Residuos de Competencia Municipal 2017. (MITECO, 2017).....	30
Tabla 13. Instalaciones de triaje y compostaje de residuos mezclados. MITECO, 2017.	32
Tabla 14. Porcentajes de los materiales utilizados para la fabricación de botellas plásticas. Plastics the Facts 2019.	33

1 OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad de implementación del sistema de depósito, devolución y retorno en el tratamiento de residuos de envases para incrementar los porcentajes de reciclado y valorización de los mismos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la cantidad de residuos de envases plásticos anualmente en España.
- Describir el sistema actual de gestión de residuos.
- Evaluar los impactos de la generación de residuos de envases y sus posibilidades de valorización.
- Describir cómo funciona el sistema de contenedores inteligentes con sistema de tarjetas RFID.
- Comparativa de casos de estudio aplicados en España con el sistema de mejora propuesto.

1.3 ALCANCE

Este proyecto se sustenta sobre la base de valorización de residuos de envases a fin de contribuir con los objetivos de desarrollo sostenible como también aportar al desarrollo de una economía circular. Evaluará la posibilidad de instalar un nuevo sistema a fin de recoger un mayor porcentaje de envases y posteriormente valorizarlo.

Este proyecto no se adentrará en las modificaciones del sistema de recogida actual de residuos como tampoco en la modificación de procesos de valorización de los materiales de envases, sino que se enfocará en la comparativa técnica de dos sistemas de recogida de envases a fin de evaluar su funcionalidad.

2 ANTECEDENTES

El presente trabajo surge bajo la motivación de aportar una alternativa al sistema actual de recolección de envases, con el fin de incrementar lo mayor posible que los residuos de envases generados lleguen a una planta de tratamiento y posteriormente sean valorizados.

Contemplando la situación actual mundial, donde se requieren acciones concretas que colaboren y promuevan un desarrollo más sostenible, es necesario realizar mejoras en los sistemas existentes de tratamiento de residuos. A su vez, la valorización de residuos forma parte de uno de los pilares fundamentales de la Economía Circular, y se reconoce que este nuevo sistema económico favorece a que el flujo lineal de residuos se convierta en un círculo cerrado, volviendo a darle valor a los materiales utilizados y disminuyendo así el impacto que estos generan al convertirse en desechos.

El desarrollo de este proyecto se enfocará en proponer mejoras para incrementar la valorización de los residuos de envases que se generan en la ciudad de Sevilla, para eso se pretende una gestión adecuada de separación de los mismos como también motivar la participación de los consumidores.

La valorización actualmente se lleva a cabo a través de contenedores donde los consumidores deben depositar sus residuos ya separados - preferentemente- y luego los ayuntamientos, acompañados de empresas gestoras de residuos como Ecoembes y Ecovidrio, le dan un tratamiento seguido de una valorización pero solo de aquellos materiales que logran recuperarse.

Como veremos a lo largo de la investigación realizada, los porcentajes no son muy alentadores y se han mantenido durante los años, pese a que algunas empresas declaran mejoras que no se reflejan en los informes oficiales. Siendo conscientes de

la necesidad del uso de ciertos productos como lo son los envases, se considera urgente y necesario proponer soluciones que optimicen los sistemas de tratamiento. Para esto se desarrollará y evaluará la funcionalidad del sistema de depósito, devolución y retorno, que ya ha sido implementado en diez países de la Unión Europea.

Durante el desarrollo de este proyecto se verá cuáles son los valores actuales que ofrece el sistema de gestión para residuos de envases, cuáles son los porcentajes de reciclado y valorización que logran obtenerse, y se propondrá un sistema alternativo de mejora.

3 SITUACIÓN ACTUAL

3.1 PLÁSTICOS: PRODUCCIÓN MUNDIAL Y EUROPEA.

Hoy en día, imaginar un mundo sin plásticos es casi imposible. Los plásticos se utilizan cada vez más en toda la economía, sirviendo como un facilitador clave para sectores tan diversos como embalaje, construcción, transporte, asistencia sanitaria y electrónica. Los plásticos ahora representan aproximadamente el 15% de un automóvil en peso y aproximadamente el 50% del Boeing Dreamliner (A. ANRADY AND M. NEAL, 2009). Los plásticos han aportado enormes beneficios económicos a estos sectores, gracias a su combinación de bajo costo, versatilidad, durabilidad y alta relación resistencia/ peso. El éxito de los plásticos se refleja en el crecimiento exponencial de su producción durante el último medio siglo. Desde 1964 la producción de plásticos se ha multiplicado por veinte, alcanzando 311 millones de toneladas en 2014, el equivalente a más de 900 Edificios Empire State. Se espera que la producción de plásticos se duplique nuevamente en 20 años y casi se cuadruplicará en 2050 (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2016). Esto puede observarse en la ilustración 1.

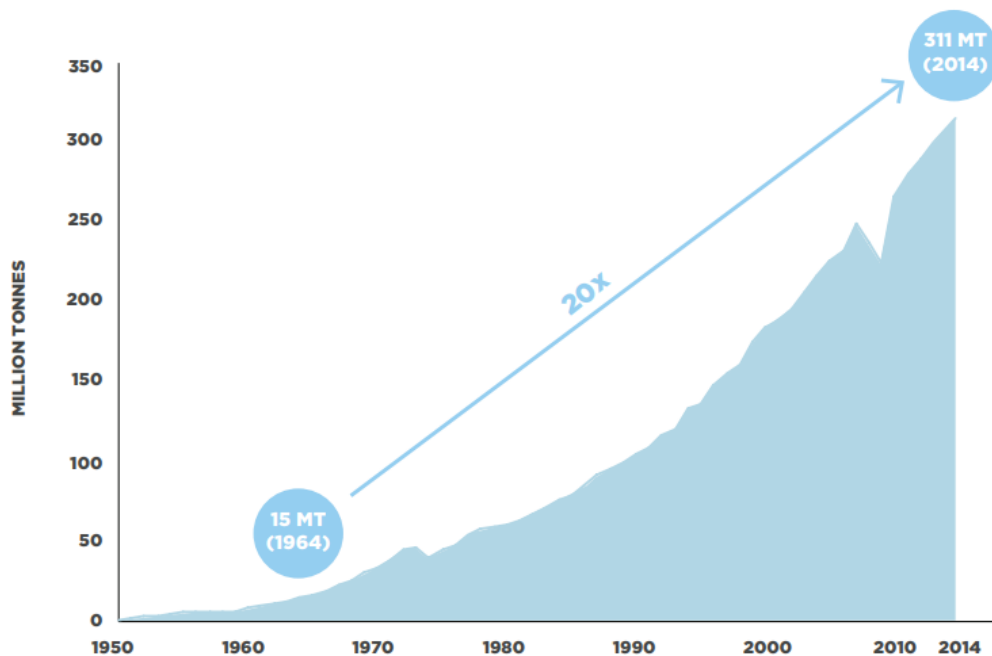


Ilustración 1. Crecimiento en la producción mundial de plásticos 1950-2014. PlasticsEurope, *Plastics – the Facts* (2013); PlasticsEurope, *Plastics – the Facts* (2015).

En datos más actuales, la asociación empresarial del plástico, Plastic Europe, publicó en su último informe *Plastics The Facts*, que la producción mundial de plásticos alcanzó unos 359 millones de toneladas en el año 2018, incrementándose en un 1.03% en relación al 2017.

Asia generó un 51% de esa totalidad, siendo China uno de los mayores generadores de plásticos, produciendo de esta forma el 30% del plástico a nivel mundial. En la lista lo sigue NAFTA (tratado Estado Unidos, Canadá y México) con un 18% del total y luego Europa con un 17%. Según el informe, la industria Europea del plástico generó en 2018 unas 61,8 millones de toneladas de plástico, con una facturación positiva de más de 15 billones de euros, lo que resulta de importancia mencionar ya que es uno de los factores que hoy alientan al uso de envases plásticos para cada vez más productos. La industria del plástico generó en Europa 1,6 millones de puestos de trabajo en el año 2018, operando cerca de 60.000 compañías. En la producción europea, España ocupa el cuarto lugar con un 7,6% generado (4,69 millones de toneladas).

En la ilustración 2 puede observarse cuál fue la distribución de la producción de plásticos a nivel mundial en el año 2018.

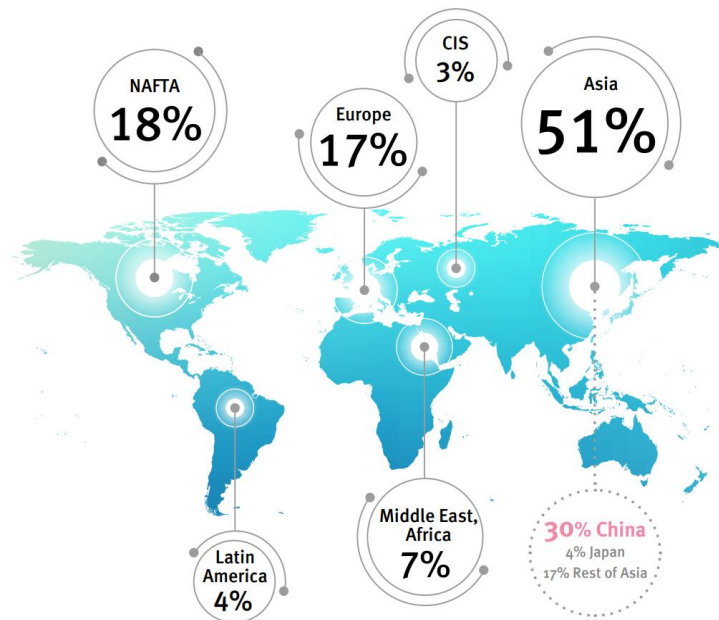


Ilustración 2. Distribución de la producción de plásticos a nivel mundial. Imagen: Plastics Europe, 2019.

Las cantidades de residuos plásticos depositados en vertederos o incinerados siguen siendo altas: 31% y 39% respectivamente, y aunque el vertido ha disminuido, la incineración ha aumentado. Se estima que el 95% del valor de los envases de plástico, a saber entre 70.000 y 105.000 millones de euros al año, se pierde para la economía tras un muy corto ciclo de primer uso (PAYNE, 2006).

La demanda de plásticos por sectores en 2018 puede observarse en la ilustración 3.



Ilustración 3. Demanda de plásticos por sectores. Imagen: Plastics Europe, 2019.

Como puede apreciarse la industria de envases plásticos domina los números. El envasado con plástico es la aplicación más grande de los plásticos, representando el 26% del volumen total (G. PLASTICSEUROPE, CONVERSIO MARKET & STRATEGY (2015). Plastics - the Facts). Como materiales de envasado, los plásticos son especialmente económicos, livianos y de alto rendimiento. Los envases de plástico también pueden beneficiar al medio ambiente: su bajo peso reduce el consumo de combustible en el transporte, y sus propiedades de barrera mantienen los alimentos frescos por más tiempo, lo que reduce el desperdicio de alimentos. Como resultado de estas características, los plásticos están reemplazando cada vez más a otros materiales de embalaje. Entre 2000 y 2015, la proporción de envases de plástico como parte de los volúmenes globales de envases aumentó del 17% al 25% (EUROMONITOR, 1015) impulsada por un fuerte crecimiento en el mercado global de envases de plástico (TRANSPARENCY MARKET RESEARCH , 2015). En 2013, la industria puso 78 millones de toneladas de envases de plástico en el mercado, con un valor total de \$260.000 millones de dólares. Se espera que los volúmenes de envases de plástico continúen su fuerte

crecimiento, duplicándose en 15 años y más del cuádruple para 2050, llegando a 318 millones de toneladas anuales, más que toda la industria del plástico en la actualidad. (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY WORLD ENERGY OUTLOOK, 2015).

Los principales tipos de resinas plásticas y sus aplicaciones en envases pueden observarse en la ilustración 4.



Ilustración 4. Principales tipos de resinas plásticas y sus aplicaciones en envases. Ellen MacArthur Foundation, 2016.

3.2 RESIDUOS: GENERACIÓN DE RESIDUOS EN ESPAÑA

En el año 2017 se generaron en España un poco más de 22 millones de toneladas de residuos, de las cuales unas 7.5 millones de toneladas pertenecen a envases (MITECO, 2017).

Tabla 1. Generación y Gestión de Residuos de Envases en España (MITECO, 2017).

GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS DE ENVASES EN ESPAÑA 2017 (toneladas)										
MATERIAL	Residuos de envases generados	Valorizadas o incineradas en instalaciones de incineración de residuos con recuperación de energía por							% reciclado	% valorización
		Reciclado de materiales	Otras formas de reciclado	Total reciclado	Recuperación de energía	Otras formas de valorización	Incineración	Total valorización		
VIDRIO	1.482.862	992.297	79.066	1.071.363	0	0	0	1.071.363	72,25	72,25
PLÁSTICO	1.608.873	771.269	0	771.269	40.500	0	218.277	1.030.046	47,94	64,02
TOTAL PAPEL Y CARTÓN	3.711.999	2.769.419	0	2.769.419	0	0	0	2.769.419	74,61	74,61
METALES	377.201	320.936	0	320.936	0	0	0	320.936	85,08	85,08
MADERA	340.341	229.590	0	229.590	21.227	0	10.082	266.899	67,46	78,42
OTROS	13.068	0	0	0	0	0	602	602	0	4,61
TOTAL	7.534.343	5.083.511	79.066	5.162.577	67.727	0	228.961	5.459.265	68,52	72,46

Lo primero que me planteé a la hora de empezar a desarrollar esta investigación fueron las siguientes preguntas. ¿Cuántos residuos de envases se generan en España anualmente? ¿Cuántos de estos envases logran valorizarse?

Vamos a abordar la primera pregunta. En 2017 se generaron en España 22.017.864 de toneladas de residuos, según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto demográfico (en adelante MITECO), publicado en su informe Memoria Anual de Gestión y Generación de Residuos de Competencia Municipal. De las 22 millones de toneladas, 4 millones lograron reciclarse, unas 3,9 millones de toneladas fueron a compostaje, otros 11 millones fueron a vertederos y el resto a incineración. El porcentaje más alto es lo que se vierte, con un 51,2%, situación que se debería revertirse para lograr los objetivos planteados de Economía circular. El sector de los residuos ha generado en 2018 en España, una emisión total de CO₂ eq de 13471 (MITECO, 2020).

En la tabla 2 puede observarse que de las 22 millones de toneladas recogidas, **660.932** corresponden a envases ligeros. Estos números se obtienen de lo que actualmente se deposita en el contenedor de color amarillo, y la información es suministrada por los sistemas de gestión que veremos más adelante.

Tabla 2. Cantidad de Residuos de Competencia Municipal Recogidos en España. MITECO, 2017.

Fuente	Código LER - RESIDUO	Generación	Reciclado	Compostaje	Vertido	Incineración	
MITECO	20 03 01	Mezclas de residuos municipales	17.457.709	660.153	3.307.618	10.840.858	2.649.080
	20 01 01	Papel y cartón	1.061.380	1.061.380	0	0	0
	20 01 02	Vidrio	13.176	13.176	0	0	0
	20 01 08	Residuos biodegradables de cocinas y restaurantes	610.043	0	443.046	105.115	61.882
	20 02 01	Residuos biodegradables de parques y jardines	266.779	0	167.371	87.883	11.525
	15 01 06	Envases mezclados	660.932	471.525		148.591	40.816
	15 01 07	Envases de vidrio	802.706	802.706			
INE	20 01 40	Residuos metálicos	20.940	20.925	0	15	0
	20 01 39	Residuos de plástico	24.571	17.337	0	6.573	661
	20 01 38	Residuos de madera	189.733	166.05	0	2.878	20.805
	20 01 10 20 01 11	Residuos textiles	39.235	24.047	0	14.395	793
	20 01 21 20 01 23 20 01 35 20 01 36	Equipos desechados	54.599	48.264	0	6.335	0
	20 01 33 20 01 34	Residuos de pilas y acumuladores	1.78	1.78	0	0	0
	20 03 02 20 03 07	Residuos de mercados Residuos voluminosos	814.281	745.594	0	50.774	17.913
	20 02 02	Tierras y piedras de parques y jardines	0	0	0	0	0
Total		22.017.864	4.032.938	3.916.035	11.263.416	2.803.475	
%			18,3	17,8	51,2	12,7	

En cuanto a los porcentajes de tratamiento pueden observarse en la ilustración 5.

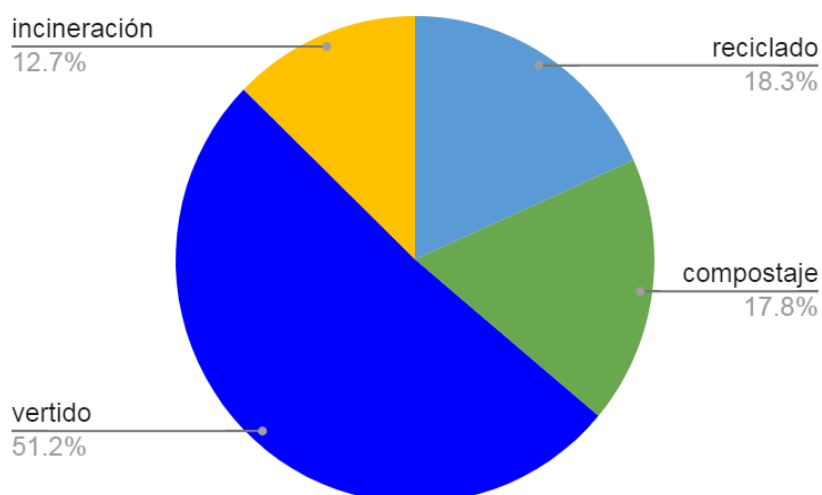


Ilustración 5. Tratamiento de RSU en España (MITECO, 2017). Elaboración propia.

Uno de los principales objetivos de este trabajo, es brindar una alternativa para aumentar los porcentaje de reciclado y disminuir aquellos materiales que van a vertido.

3.3 RESIDUOS DE ENVASES EN ESPAÑA

Se ha realizado una comparativa de cuál fue la evolución de los porcentajes de reciclado y valorización de residuos de envases en España, publicados por la Memoria Anual de MITECO entre el año 2012 y el año 2017. Esta comparativa puede observarse en la tabla 3. El reciclaje promueve el cierre del ciclo de los residuos de envases, y su posterior utilización para producir nuevos productos, sustituyendo las materias primas minerales y fósiles utilizadas. Mientras que la valorización incluye el reciclaje y la incineración de residuos con recuperación de energía.

Tabla 3. Evolución del reciclado y valorización de residuos de envases en España (MITECO).

	GESTIÓN Y GENERACIÓN DE RESIDUOS DE ENVASES EN ESPAÑA											
	2017		2016		2015		2014		2013		2012	
MATERIAL	% REC	%VAL	% REC	%VAL	% REC	%VAL	% REC	%VAL	% REC	%VAL	% REC	%VAL
VIDRIO	72	72	72	74	70	70	70	70	67	70	69	69
PLÁSTICO	48	64	45	62	44	61	43	59	41	59	35	53
PAPEL Y CARTÓN	75	75	80	84	77	78	78	83	75	79	78	83
METALES	85	85	83	83	80	80	81	81	81	81	78	78
MADERAS	67	78	67	78	65	76	63	75	64	74	58	65
OTROS	0	5	0	4	0	4	0	0	0	5	0	2

Haciendo una comparativa entre los porcentajes obtenidos en el 2012 y entre el último año publicado hasta la actualidad por MITECO, se puede observar la evolución en la tabla 4.

Tabla 4. Evolución de reciclado y valorización para distintos tipos de residuos de envases. Elaboración propia.

MATERIAL	Diferencia 2012-2017	
	Reciclado	Valorización
VIDRIO	3	3
PLÁSTICO	13	11

PAPEL Y CARTÓN	-3	-9
METALES	7	7
MADERAS	10	13
OTROS	0	2

- Vidrio: los porcentajes se incrementaron un 3 %.
- Plástico: ha aumentado un 13% el reciclado de dicho material, y un 11% su valorización. Aun así, son los envases plásticos los que tienen un menor porcentaje de valorización (64%) y reciclado (45%), no teniendo en cuenta la categoría otros.
- Papel y cartón: tuvieron un mejor porcentaje en el año 2016, pero disminuyó en el 2017 dando peores resultados que cinco años antes.
- Metales: los porcentajes han ido aumentando a lo largo de este período, debido probablemente a los métodos utilizados para la separación de estos materiales en las plantas de separación (separación magnética).

3.4 RESIDUOS DE ENVASES EN ANDALUCÍA

En la ilustración 6 puede observarse cuál fue la situación de cada Comunidad Autónoma en relación al porcentaje de las operaciones computables para conseguir el objetivo del 50% de preparación para la reutilización y reciclado de los residuos domésticos y similares en 2020 (MITECO, 2017).

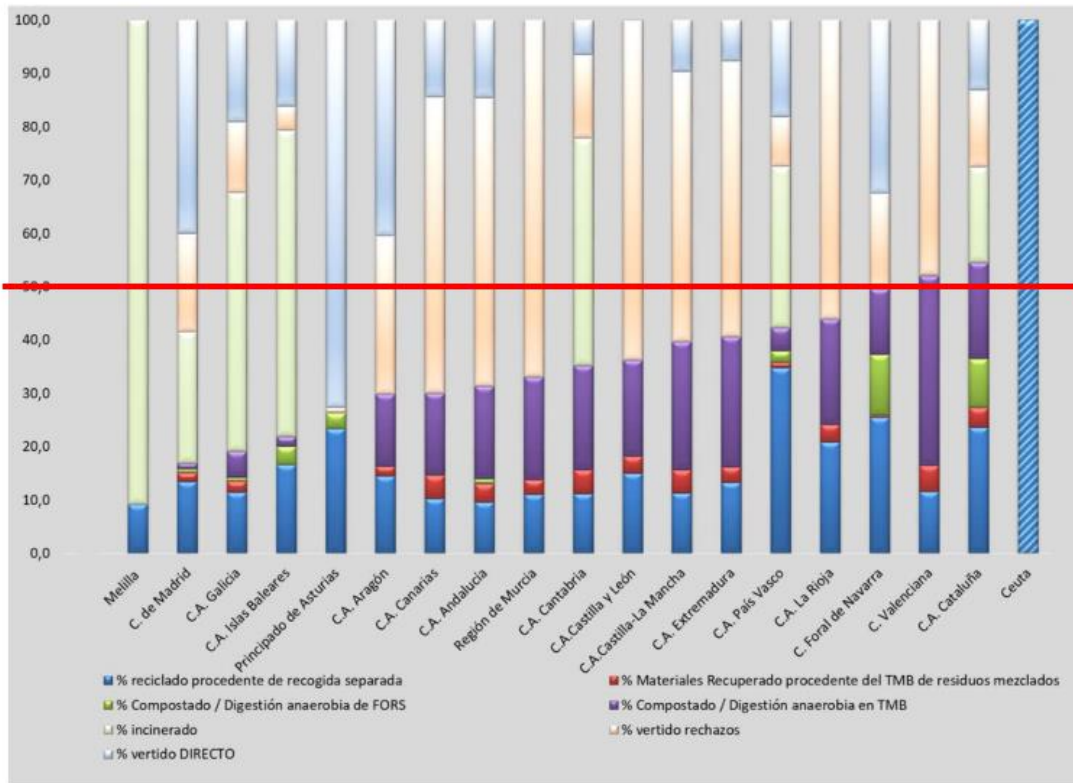


Ilustración 6. Situación actual por Comunidad Autónoma. Fuente MITECO, 2017.

Puede notarse que la Comunidad Autónoma de Andalucía alcanza aproximadamente un 30% con las operaciones de reciclado procedente de la recogida separada, el porcentaje de compostado y materiales recuperados de las plantas de triaje para el año 2017.

Para conocer los datos de la recogida selectiva de envases ligeros en Andalucía, se recurre a los datos brindados por la Consejería de Agricultura, Pesca, Ganadería y Desarrollo Sostenible. En Andalucía en el año 2017, se recogieron un total de 85.614 toneladas de residuos de envases ligeros, estimándose que cada habitante ha recogido cerca de unas 11 toneladas en el año. Sobre ese total, la ciudad de Sevilla colaboró con unas 16.297 toneladas (un 19%), siendo de los valores más bajos en cuanto a recogida por habitante junto con las provincias de Almería y Huelva. Estos datos pueden observarse en la tabla 5.

Tabla 5. Recogida selectiva de envases ligeros en Andalucía, 2017. Consejería de Agricultura, Pesca, Ganadería y Desarrollo Sostenible, 2016.

Recogida selectiva de envases ligeros en Andalucía, 2017							
Provincia	Población	Cantidad recogida (t)	Cantidad recogida por habitante (t)	Número de contenedores	Habitantes por contenedor	Capacidad contenedor	Litros por habitante
Almería	706.672	4.854	7	2.683	263	6.642.717	9
Cádiz	1.239.435	13.021	11	7.928	156	15.864.768	13
Córdoba	462.303	6.444	14	5.196	89	7.443.078	16
Granada	912.938	9.35	10	3.993	229	11.229.137	12
Huelva	518.93	4.367	8	4.664	111	8.354.773	16
Jaén	643.484	7.304	11	3.763	171	9.780.957	15
Málaga	1.630.615	23.977	15	9.76	167	19.893.503	12
Sevilla	1.939.527	16.297	8	10.435	186	20.171.081	10
Andalucía	8.053.904	85.614	11	48.422	166	99.063.019	12

En cuanto al reciclado de envases ligeros en Andalucía, pueden observarse las toneladas recicladas por provincia en la tabla 6.

Tabla 6. Reciclado de envases ligeros en Andalucía, 2017. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenibles.

Provincia	Reciclado de envases ligeros en Andalucía 2017 (t)		
	Entrada total planta	Envases reciclados	Envases reciclados por habitante
Almería	4.854	2.785	4
Cádiz	13.021	8.303	7
Córdoba	6.444	4.412	10
Granada	9.35	6.831	7
Huelva	4.367	2.483	5
Jaén	7.304	5.924	9
Málaga	23.977	16.787	10
Sevilla	16.297	10.905	6
Andalucía	85.614	58.43	7
Total Andalucía	137.058	69.542	

3.5 ENVASES: QUE SON

¿De qué hablamos cuando hablamos de envases? En la Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases, en su artículo 3 define a los envases como:

“Todo producto fabricado con cualquier material de cualquier naturaleza que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, y desde el fabricante hasta el usuario o el consumidor. Se considerarán también envases todos los artículos «desechables» utilizados con este mismo fin.”

“Los envases incluyen únicamente:

a) «envase de venta o envase primario»: todo envase diseñado para constituir en el punto de venta una unidad de venta destinada al consumidor o usuario final;

b) «envase colectivo o envase secundario»: todo envase diseñado para constituir en el punto de venta una agrupación de un número determinado de unidades de venta, tanto si va a ser vendido como tal al usuario o consumidor final, como si se utiliza únicamente como medio para reaprovisionar los anaqueles en el punto de venta; puede separarse del producto sin afectar a las características del mismo;

c) «envase de transporte o envase terciario»: todo envase diseñado para facilitar la manipulación y el transporte de varias unidades de venta o de varios envases colectivos con objeto de evitar su manipulación física y los daños inherentes al transporte. El envase de transporte no abarca los contenedores navales, viarios, ferroviarios ni aéreos.”

Dentro de la Lista Europea de Residuos, encontramos con el código LER 15 los distintos tipos de residuos de envases que se consideran como tal. Pueden observarse en la tabla 7.

Tabla 7. Tipos de envases definidos con su código LER en la lista Europea de Residuos.

15 RESIDUOS DE ENVASES; ABSORBENTES, TRAJOS DE LIMPIEZA; MATERIALES DE FILTRACION Y ROPAS DE PROTECCION NO ESPECIFICADOS EN OTRA CATEGORÍA
15 01 Envases (incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal)
15 01 01 Envases de papel y cartón
15 01 02 Envases de plástico
15 01 03 Envases de madera
15 01 04 Envases metálicos
15 01 05 Envases compuestos
15 01 06 Envases mezclados
15 01 07 Envases de vidrio
15 01 09 Envases textiles
15 01 10* Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas
15 01 11* Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz sólida y porosa peligrosa (por ejemplo, amianto)
15 02 Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras
15 02 02* Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas
15 02 03 Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02

A su vez, el Ministerio para la Transición Ecológica refiere que el residuo de envase es todo envase o material que forma parte del envase, del cual se desprende su poseedor o tenga la obligación de desprenderse según la normativa vigente. Dentro de este grupo, los envases ligeros, son aquellos envases que como característica común tienen una baja relación peso/volumen. Está fundamentalmente constituida por botellas y botes de plástico, plástico film, latas y briks, cartón para bebidas u otros envases mixtos.

Si hay algo que tienen en común los distintos tipos de envases es que están diseñados para ser livianos, fáciles de manipular y en su gran mayoría destinados a un solo uso. Son conocidos los esfuerzos de algunas empresas, como Coca Cola o Heineken, que invirtieron recursos y esfuerzos en reducir los pesos de sus envases, asumiendo que de esta forma se generarían menores cantidades de residuos, lo cual es acertado.

Coca cola llegó a reducir las botellas pequeñas entre un 8% y un 12% respecto a los datos de 2010, la botella PET de 2 litros ha pasado de 72 gramos a los actuales

46,7 gramos, dando una reducción del 35%. En el caso de Heineken se ha reducido un 30% del peso de su clásica botella de vidrio de 1 litro, comparado desde el año que rige con el año 2000.

Estas acciones generan aportes, aunque sería más interesante utilizar esos esfuerzos para asegurarse y cumplir con la obligación de que todos los residuos que generan sus productos lleguen a una planta de tratamiento. Además, queda en evidencia que para una empresa el hecho de reducir el packaging - o envases- de sus productos, resulta en una disminución de costos de materias primas, con lo cual es una acción que no está principalmente motivada por reducir el impacto ambiental negativo de los residuos que generan.

3.6 MODELOS DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS ACTUALMENTE EN ESPAÑA

En España actualmente se cuenta con 6 modelos de separación de residuos de competencia municipal atendiendo a las distintas fracciones que se recogen de forma separada (MAGRAMA, 2015). Puede observarse en la tabla 8.

Tabla 8. Modelos de separación de residuos de competencia municipal implantados en España. FO: Fracción Orgánica; Resto: fracción indiferenciada no considerada (MAGRAMA, 2015).

Tipo 1- 5 fracciones	Tipo 2 Húmedo-seco	Tipo 3 Multiproducto	Tipo 4 - 4 fracciones + poda	Tipo 5 - 4 fracciones	Tipo 6 - 3 fracciones
Vidrio	Vidrio	Vidrio	Vidrio	Vidrio	Vidrio
Papel-cartón	Papel-cartón	Papel-cartón + envases ligeros	Papel-cartón	Papel-cartón	Papel-cartón
Envases ligeros	Resto + envases ligeros		Envases ligeros	Envases ligeros	-
Resto		Resto	Resto (incluye FO)	Resto (incluye FO)	Resto (incluye FO + envases ligeros)
Fracción orgánica	Fracción orgánica	Fracción orgánica	Residuos de jardinería	-	-

Los modelos tipo 1 y tipo 5 son los más habituales actualmente en España. A pesar de la separación por fracción, suelen venir envases mezclados con la fracción resto a causa de la falta de separación en hogares. Por tal, para saber cuál es la totalidad de envases que fueron generados como residuos en España en el año 2017,

tendremos en cuenta los porcentajes definidos por el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos - en adelante PEMAR- (2016-2022). Esta composición promedio se ha obtenido a partir de la caracterización de los distintos contenedores realizada en el estudio “Plan Piloto de Caracterización de Residuos Urbanos de origen domiciliario” (MAGRAMA, 2015).

3.7 SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN EN ESPAÑA

El sistema de gestión de residuos en España actualmente se gestiona mediante fraccionamiento. Se asigna un contenedor para la fracción resto (contenedor gris), un contenedor para envases ligeros (contenedor amarillo), un contenedor para papel y cartón (contenedor azul) y un contenedor para vidrio (contenedor verde). Pueden observarse en la ilustración 7.



Ilustración 7. Contenedores ubicados en la ciudad de Sevilla.

En lo que a envases respecta, en el contenedor amarillo se deben depositar envases ligeros, estos son: envases de plástico, envases metálicos y cartón para bebidas. Esto puede observarse en la ilustración 8.



Ilustración 8. Tipos de envases ligeros a depositar en el contenedor amarillo. Coordinación Española de Polígonos Empresariales.

En la ilustración 9 puede observarse un esquema de cuál es el ciclo actual de gestión que siguen los distintos tipos de residuos en sus respectivos contenedores.

Ciclo de gestión de residuos de envases

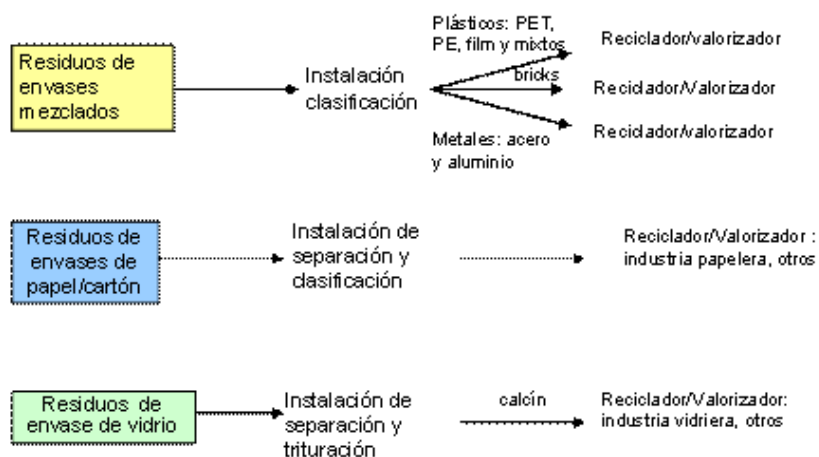


Ilustración 9. Ciclo de gestión de residuos de envases. MITECO.

El contenedor amarillo requiere de una instalación de clasificación, donde podrán separarse los materiales de distintos tipos: plásticos, bricks y metales. Resulta interesante apuntar que son estos materiales los que tienen menores tasas de reciclado, relacionado con el proceso de separación por el que debe pasar esta fracción. A su vez se generan rechazos, lo cual impacta en lo que finalmente se valoriza.

¿Qué ocurriría si se contara con un sistema que permitiera que el consumidor los separe en vez de depositarlos todos juntos? En 2017 se recogieron en Sevilla 16.297 toneladas de envases ligeros. Luego del proceso de separación de acuerdo al material (plásticos, compuestos, metales, papel, vidrio) quedó un rechazo de 6.512 toneladas, es decir un 39.9% no fueron valorizados (MITECO, 2017). Es necesario un sistema que incentive al usuario a depositar los envases ligeros en su contenedor correspondiente para facilitar así los posteriores procesos de reciclado y valorización.

3.8 RESPONSABILIDAD AMPLIADA DEL PRODUCTOR

La responsabilidad ampliada del productor se basa en un enfoque de política ambiental en el que la responsabilidad del productor (física o financiera) de un producto se extiende a la etapa posterior al consumo del ciclo de vida de un producto. Esta perspectiva implica dos consecuencias principales: el cambio de responsabilidad hacia el productor y lejos de los municipios, y los incentivos para que los productores incluyan consideraciones ambientales en el diseño de sus productos. Los productores pueden seleccionar entre dos alternativas para cumplir con sus responsabilidades: un productor puede hacer su propio plan e implementar su sistema individual para recolectar y administrar los materiales de embalaje derivados de sus productos o puede transferir las responsabilidades a una organización autorizada mediante el pago de una tarifa (ABEJÓN, R et al., 2020).

Al abordar la temática de envases es importante mencionar cuáles son las responsabilidades con las que deben cumplir los productores de envases. Una empresa como tal que pone en el mercado una cierta cantidad de envases, debe

responder y hacerse cargo de la gestión de los residuos que sus productos generan una vez cumplidos su ciclo de consumo.

En la ley 22/2011, de 28 de Julio, de residuos y suelos contaminados, se dedica el artículo 17 a expresar las obligaciones del productor relativa a la gestión de sus residuos. Lo significativo de este artículo es que se establece por primera vez un marco legal sistematizado y coherente, en el cual los productores de envases que luego se convertirán en residuos quedan sujetos al principio de *quien contamina paga*, y con esto se los involucra en la prevención y gestión de los residuos producidos por sus industrias.

En el artículo 17 de la ley 22/2011, encontramos las obligaciones a las que el productor u otro poseedor inicial deben responder y son las siguientes:

1) *“El productor u otro poseedor inicial de residuos, para asegurar el tratamiento adecuado de sus residuos, estará obligado a:*

a) Realizar el tratamiento de los residuos por sí mismo.

b) Encargar el tratamiento de sus residuos a un negociante, o a una entidad o empresa, todos ellos registrados conforme a lo establecido en esta Ley.

c) Entregar los residuos a una entidad pública o privada de recogida de residuos, incluidas las entidades de economía social, para su tratamiento.

Dichas operaciones deberán acreditarse documentalmente.”

En relación a este primer punto, actualmente hay empresas gestoras que se encargan de la recogida de residuos de envases. Dichos sistemas se denominan Sistemas Integrados de Gestión y están siendo dirigidos por entidades sin ánimo de lucro que pueden adoptar diferentes formas jurídicas como la de asociación, sociedad anónima, etc., y las empresas que deciden cumplir sus obligaciones a través de ellos deben colaborar en la financiación del funcionamiento del sistema. Actualmente funcionan los siguientes:

- 1) Ecoembes: gestiona envases ligeros, papel y cartón.
- 2) Ecovidrio: gestiona envases de productos de vidrio.
- 3) Sigfito: gestiona envases de la industria agraria.
- 4) AEVAE: gestiona envases de productos fitosanitarios y fertilizantes.

- 5) Sigre: gestiona envases de medicamentos y medicamentos caducados.
- 6) Signus y TNU: gestionan neumáticos fuera de uso.
- 7) Fundación ecopilas: gestiona pilas y acumuladores.
- 8) SIGAUS Y SIGPI: gestionan aceites industriales usados

En la Ley 11/1997, de 24 de Abril, de Envases y Residuos de Envases, podemos encontrar la Sección 2ª dedicada a Sistemas integrados de gestión de residuos de envases y envases usados. Allí se exponen algunos puntos claves con los que deben cumplir las empresas que decidan optar por este tipo de gestión. Resulta de interés para este trabajo hacer foco en cómo se financian estos sistemas, ya que más adelante se verá cuál es la financiación del sistema SDDR.

Según la ley encontramos:

“Artículo 10. Financiación.

1. Los sistemas integrados de gestión se financiarán mediante la aportación por los envasadores de una cantidad por cada producto envasado puesto por primera vez en el mercado nacional, acordada, en función de los diferentes tipos de envases, por la entidad a la que se le asigne la gestión del sistema, con los agentes económicos participantes en el mismo.”

En contraste a esta parte de lo que expone la ley, es que las empresas actualmente pagan, por ejemplo a Ecoembes, lo que suponen que conlleva el tratamiento y recogida de los envases que lleguen a los contenedores amarillos. Solo eso. Es decir que no se está considerando el tratamiento de aquellos envases que nunca llegan a dichos contenedores. A su vez, resulta difícil encontrar sumas oficiales por parte de las empresas de cuáles son los números reales de envases que sacan al mercado cada año. También es importante recalcar, que Ecoembes y Ecovidrio, reciben más dinero para la gestión mientras más envases “salgan al mercado”, lo cual resulta contradictorio para el objetivo de tratar de disminuir esa cantidad para evitar más residuos en vertedero y gastos de gestión.

En lo que respecta a residuos de envases, tenemos a Ecoembes y a Ecovidrio, siendo las entidades que se encargan actualmente de la gestión. Veremos cómo funciona el modelo de Ecoembes y en qué invierte sus ingresos para poder luego compararlo con el sistema propuesto por este trabajo.

3.9 MODELO ECOEMBES

En la ilustración 10 se presenta un esquema del Modelo de negocio con el que funciona Ecoembes. Se puede ver el circuito que siguen los envases hasta llegar a los puntos de separación colocados por las entidades locales (ayuntamientos); una vez en este punto son gestionados por la entidad, que se encarga de la recogida selectiva como también de las campañas de sensibilización de los consumidores. Los ingresos de la entidad sin fines de lucro están dados por la venta de materiales a recicladores como a distribuidores y envasadores a los que se le retorna envases o material para volverlos a introducir en su cadena productiva.

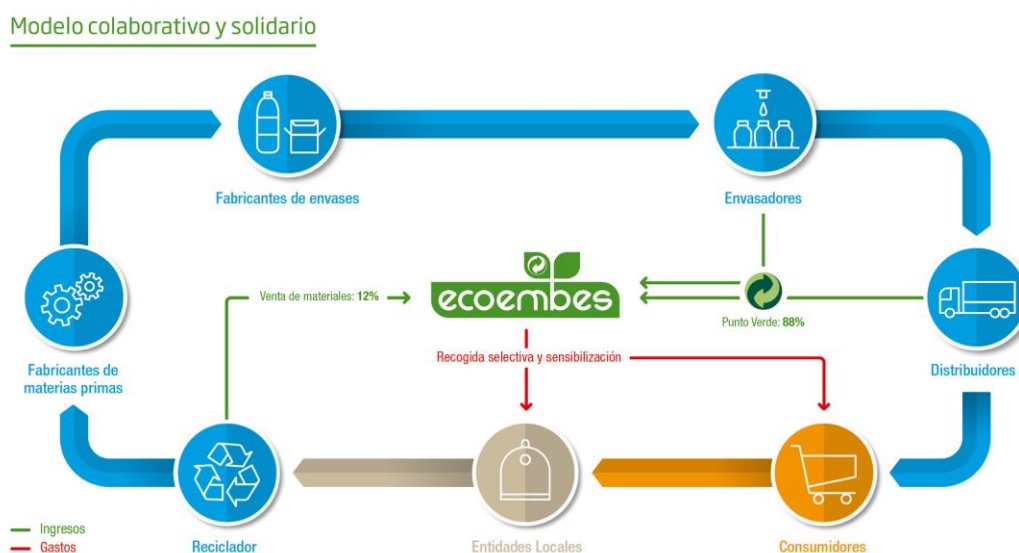


Ilustración 10. Modelo de negocio de Ecoembes. Ecoembes.

Respecto a los costes del punto verde donde se realiza la separación, se resumen en la ilustración 11. En lo que respecta a costes directos, el mayor porcentaje de costes está destinado a la selección y tratamiento de los residuos de envases, seguido por los gastos de recogida desde contenedores hasta el punto verde. Y en costes indirectos, la entidad declara que invierte en Investigación y Desarrollo, y el menor de los porcentajes se invierte en sensibilización ciudadana.

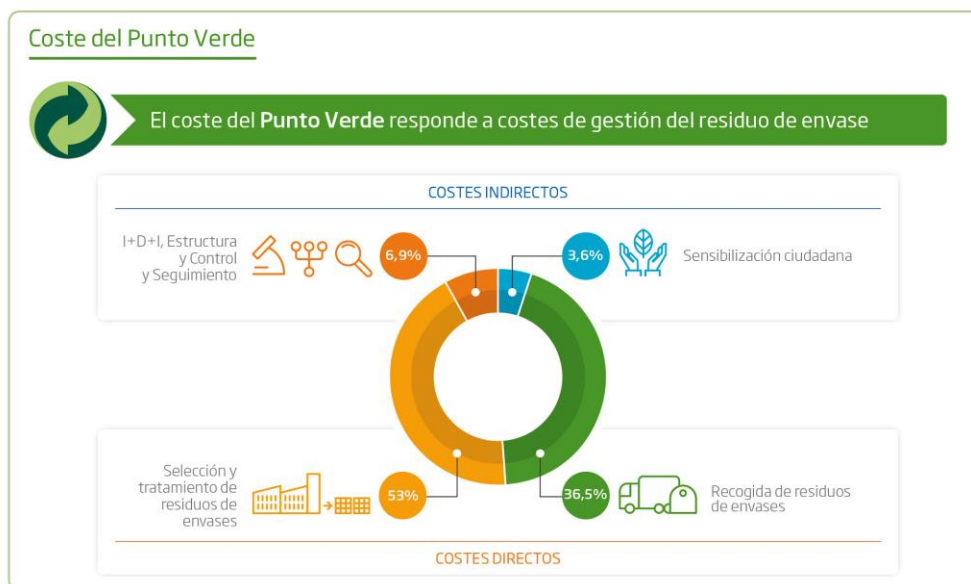


Ilustración 11. Costes del Punto Verde de Ecoembes. Ecoembes.

Actualmente en España, 12.623 empresas financian el sistema de reciclaje a través del pago del punto verde (ECOEMBES, 2019). La empresa gestora declara que recogió 1.505.661 toneladas de residuos de envases en el año 2019 (la tasa de reciclaje de envases adheridos a ecoembes fue del 80.2%). Ecoembes calcula el porcentaje de reciclado de acuerdo a una fórmula que relaciona las toneladas de envases recogidos en sus contenedores frente a la totalidad de envases puestos en el mercado por las empresas que colaboran con ellos. A tener en cuenta que en ningún lado se declara cual es la cantidad de envases puestos en el mercado.

Para cumplir con la Ley de residuos de envases, la mayoría de las empresas están optando por la contratación de un Sistema integrado de gestión a través de las entidades mencionadas al principio de este apartado, es por eso que es necesario y urgente asegurar que dichas empresas pagan por todos los envases que ponen en el mercado y buscar una nueva metodología que permita a estas entidades lograr valorizar la totalidad de envases que se declaran, algo que con el sistema actual de recogida no se está logrando.

3.10 ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS

La Comisión Europea ha propuesto un plan de acción para *cerrar el círculo*: un cambio para la economía lineal que hasta ahora se venía siguiendo en los procesos de producción -producir, usar, tirar. En el plan se establece un programa de acción

concreto y ambicioso que abarca todo el ciclo, desde la producción hasta los residuos que esta genera y el mercado de materias primas secundarias.

El objetivo de este plan que se impulsó en 2015, es garantizar que se disponga de un marco normativo adecuado para el desarrollo de la economía circular en el mercado, y orientar a los operadores económicos como a la sociedad en general sobre las acciones que deben seguirse para reducir los residuos y disminuir el impacto que generan. Estas acciones amplias y ambiciosas pero concretas se propusieron a implementarse en un plazo de 5 años. Hacer realidad la economía circular requiere de un compromiso a todos los niveles y de todos los actores que intervienen en la cadena de valor, tomando acciones desde el inicio de vida de los productos.

El plan consta de 54 medidas para lograr una economía sostenible, competitiva, hipocarbónica y eficiente en el uso de los recursos.

Las medidas afectan (MITECO, 2017):

- A las diferentes etapas del ciclo de vida de los productos (diseño y producción, consumo, gestión de residuos y aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos mediante su reintroducción en la economía) y
- A cinco áreas que la Comisión considera prioritarias (los plásticos, el desperdicio alimentario, las materias primas críticas, la construcción y la demolición y la biomasa y productos con base biológica).

La Estrategia de la UE (COMISIÓN EUROPEA SECRETARÍA GENERAL, 2018) para los plásticos en la economía circular, ha puesto en marcha un conjunto integral de iniciativas que responden a un desafío de grave preocupación pública. Sin embargo, dado que se espera que el consumo de plásticos se duplique en los próximos 20 años, la Comisión tomará más medidas específicas para abordar los desafíos de sostenibilidad planteados por este material omnipresente y continuará promoviendo un enfoque concertado para abordar la contaminación por plásticos a nivel mundial según lo establecido.

Para aumentar la absorción de plásticos reciclados y contribuir al uso más sostenible de los plásticos, la Comisión propondrá requisitos obligatorios para el contenido reciclado y medidas de reducción de residuos para productos clave como

envases, materiales de construcción y vehículos, también teniendo en cuenta las actividades de la Circular.

Además de las medidas para reducir la basura plástica, la Comisión abordará la presencia de microplásticos en el medio ambiente mediante:

- Restringir los microplásticos añadidos intencionalmente teniendo en cuenta la opinión de la Agencia Europea de Sustancias Químicas;
- Desarrollar medidas de etiquetado, estandarización, certificación y regulación sobre la liberación no intencional de microplásticos, incluidas medidas para aumentar la captura de microplásticos en todas las etapas relevantes del ciclo de vida de los productos;
- Seguir desarrollando y armonizando métodos para medir microplásticos liberados involuntariamente, especialmente de neumáticos y textiles, y entregar datos armonizados sobre las concentraciones de microplásticos en el agua de mar;
- Cerrar las brechas en el conocimiento científico relacionado con el riesgo y la ocurrencia de microplásticos en el medio ambiente, el agua potable y los alimentos.

4 SISTEMA ACTUAL DE GESTIÓN

En este apartado se analizarán los resultados que se obtienen actualmente con el Sistema Integral de Gestión en la Provincia de Sevilla. Se priorizará para el análisis la gestión de envases plásticos, en especial los porcentajes de separación de botellas plásticas.

4.3.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL EN LA CIUDAD DE SEVILLA

Para el análisis de aplicación del SDDR, se desarrollará un balance de los residuos de envases que fueron generados en el año 2017 en Sevilla. Se toma ese año de referencia ya que son los últimos datos actualizados por MITECO, de donde se tomará gran parte de la información.

Tabla 9. Recogida selectiva de envases ligeros en la provincia de Sevilla. Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, 2017.

Provincia	Población	Cantidad recogida por habitante (kg/hab)	Nº de contenedores de envases ligeros	Habitantes por contenedor	Capacidad de contenedores (l)
Sevilla	1.939.527	8	10.435	186	20.171.081

En la Memoria anual de Generación y Gestión de Residuos publicada por Miteco, podemos encontrar los datos de las recogidas selectivas por Comunidad Autónoma. Para adentrarnos en lo que compete a este trabajo, vemos cuáles son las cantidades de residuos de envases generados en la comunidad autónoma de Andalucía.

Tabla 10. Recogidas Selectivas por Comunidad Autónoma (t). MITECO, 2017.

RECOGIDAS SELECTIVAS POR COMUNIDAD AUTÓNOMA (t) 2017							
	22 01 01 / 15 01 01	20 01 02	20 01 08	20 02 01	15 01 06	15 01 07	TOTAL
CCAA	Papel/cartón	Vidrio	Residuos Biodegradables de cocinas y restaurantes	Residuos biodegradables de parques y jardines	Envases mezclados	Envases de vidrio	
Andalucía	102.877	0	78.36	13.685	85.646	91.57	372.138
Aragón	26.725	167	107	1.431	16.236	18.030	62.697
Asturias	53.924	42	2.515	15.711	11.443	32.089	115.723
Baleares	45.63	11	18.825	24.004	31.911	38.629	159.009
Canarias	31.954	42	514	21.298	20.067	38.845	112.722
Cantabria	4.053	196	0	3.035	5.748	10.784	23.816
Castilla de la Mancha	31.374	0	0	3.131	19.696	21.371	75.573
Castilla y León	45.179	0	0	4.204	23.634	48.353	121.37
Cataluña	296.067	10.406	405.183	60.047	141.409	172.354	1.085.466
Ceuta	3.896	0	0	0	0	326	4.221
Comunidad de Madrid	99.641	1.582	2.089	52.437	140.324	87.602	383.676
Comunidad Foral de Navarra	26.211	9	23.656	10.534	21.217	16.17	97.798
Comunidad Valenciana	60.081	484	24.978	39.105	44.216	82.286	251.15
Extremadura	31.576	0	0	0	11.776	7.943	51.295
Galicia	33.262	0	44.162	3.115	23.194	43.307	147.039
La Rioja	7.971	0	0	0	4.989	8.57	21.53
Melilla	2.81	0	0	0	0	0	2.81
País Vasco	139.386	212	9.654	10.228	43.283	59.691	262.454
Región de Murcia	18.764	25	0	4.812	16.144	24.785	64.529
TOTAL	1.061.380	13.176	610.043	266.779	660.932	802.706	3.415.016

Pasando en limpio los valores generados en Andalucía, teniendo en cuenta los totales y poniendo el énfasis en la fracción de envases mezclados, podemos observar los valores a continuación:

Tabla 11. Recogida selectiva de envases mezclados en España y en Andalucía.

2017	Recogida Selectiva de residuos (t)	
	Todos los envases	Envases mezclados (Contenedor amarillo)
España	3.415.016	660.932
CC.AA. Andalucía	372.138	85.646

De la cantidad de envases mezclados generados como residuo, en Andalucía se han recogido durante ese año el 12,96% del total en España.

4.3.1 BALANCES DE ENVASES PLÁSTICOS

Balance 1. Instalaciones de clasificación de envases ligeros.

En 2017, en las instalaciones de clasificación de envases ligeros, ingresaron en la provincia de Sevilla las cantidades que se detallan en la siguiente tabla. En la provincia de Sevilla se cuenta con 4 instalaciones de clasificación de envases (MITECO, 2017).

Tabla 12. Instalaciones de Clasificación de envases ligeros en la provincia de Sevilla. Memoria anual de generación y gestión de residuos. Residuos de Competencia Municipal 2017. (MITECO, 2017)

Instalaciones de Clasificación de envases ligeros. Datos 2017							
CC.AA- Provincia- Instalación	Entradas (t/año)	Salidas - Materiales clasificados (t/año)					
	Envases mezclados	Compuestos (bricks)	Metales	Plásticos	Papel/ Cartón	Vidrios	Rechazos (t/año)
Sevilla	16.297,30	1.218,50	1.505,80	8.194,94	-	-	6.512,18
Alcalá del Río	2.870,10	199,5	232,70	1.404,74			1.080,30
Alcalá de Guadaira (Montemarta-Cónica)	10.201,80	711,80	980,30	5.209,00			4.696,70

Marchena	2.793,00	-	246,00	1.285,00			668,00
Estepa	432,30	249,00	46,80	296,20			67,18

La entrada anual de envases ligeros fue de **16.297** toneladas, de las cuales 8.195 toneladas pertenecían a envases plásticos.

6.512 toneladas fueron a rechazos, un 39.95% del total, que al no poder valorizarse se destinan a vertederos o incineración.

Balance 1.

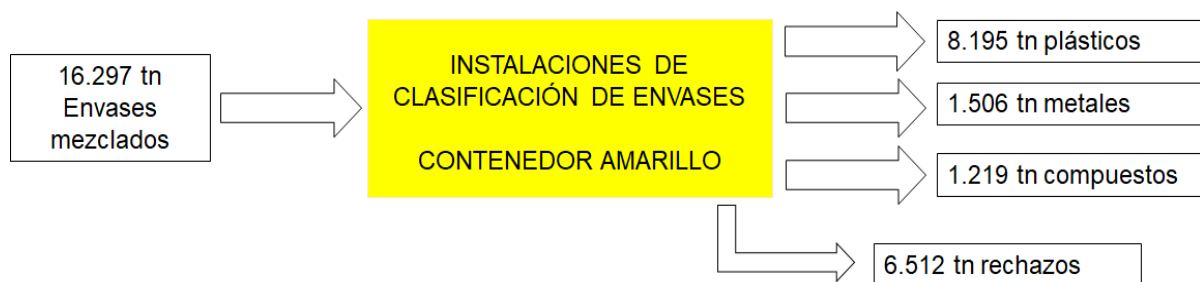


Ilustración 12. Balance de residuos de envases ligeros en la provincia de Sevilla en 2017. Elaboración propia. Fuente: MITECO, 2017.

La tasa de recuperación de envases plásticos en estas instalaciones es del 50,28%.

Balance 2. Instalaciones de Triaje y compostaje.

Para realizar el segundo balance, se contempla que hay envases que vienen mezclados con otros residuos municipales (fracción resto, contenedor gris). Para esto se consideran las Instalaciones de triaje y compostaje de residuos mezclados en la provincia de Sevilla. En estas instalaciones se reciben los residuos mezclados de competencia municipal, se recupera la materia orgánica en el triaje y se destina a compostaje. Los materiales recuperados se destinan a reciclaje y el rechazo se destina a vertedero o incineración.

Para este balance se utilizan los datos brindados la última publicación de la memoria de MITECO, al igual que el balance anterior.

Tabla 13. Instalaciones de triaje y compostaje de residuos mezclados. MITECO, 2017.

Instalaciones de triaje y compostaje. Datos 2017					
	Entrada Triaje (t) Residuos en masa	Materiales recuperados en el triaje (t)			
		Plásticos	Metales	Compuestos	Papel/cartón
Andalucía	2.771.929	41.336	34.925	5.664	30.203
Sevilla	522.558	4.193	4.184	386	4.867

Balance 2.

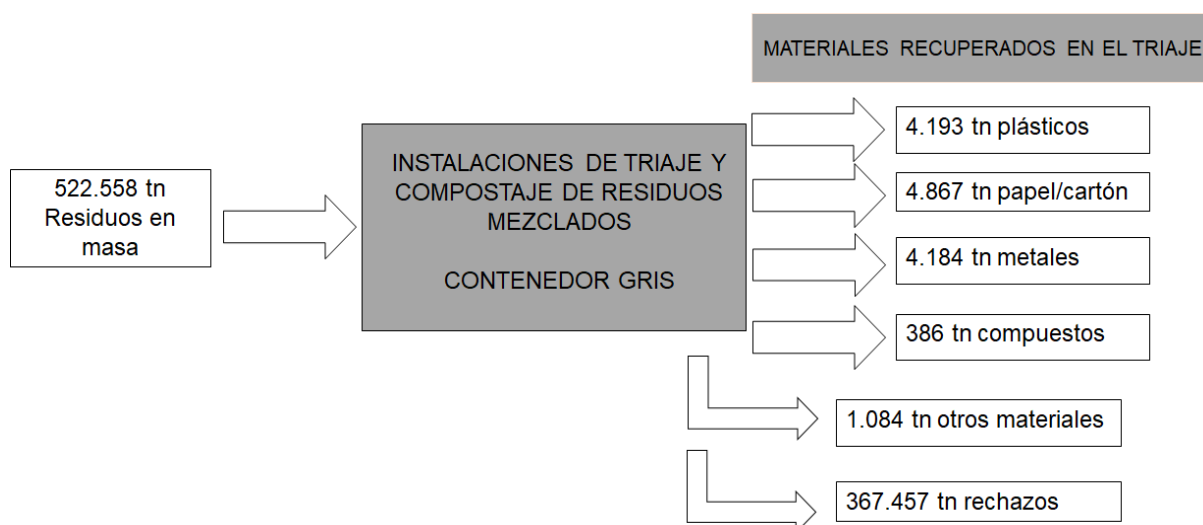


Ilustración 13. Balance de residuos de envases recuperados en instalaciones de triaje y compostaje en la provincia de Sevilla en 2017. Elaboración propia. Fuente: MITECO, 2017.

La tasa de recuperación de envases plásticos en las instalaciones de triaje y compostaje es del 0,80%.

Balance 3. Botellas plásticas.

Para este trabajo se tendrán en consideración envases de botellas plásticas para consumo humano como pueden ser botellas de agua o zumos. Por esto se tendrá en cuenta el plástico tipo PET (Polietileno de Tereftalato), que es el material utilizado para la fabricación de este tipo de envases.

Para considerar los porcentajes de plástico PET, se utilizarán los datos brindados por el último informe *Plastics The Facts 2019* (G. PLASTICSEUROPE, CONVERSIO MARKET & STRATEGY, 2019).

Tabla 14. Porcentajes de los materiales utilizados para la fabricación de botellas plásticas. Plastics the Facts 2019.

PET	7.7%	Botellas para agua, jugos, bebidas sin alcohol
PP	19.3%	Envasado de alimentos y botellas de zumos
PE-LD, PE-LLD	17.5%	Bolsas reutilizables
PE-HD, PE-MD	12.2%	Juguetes, botellas de leche
PVC	10%	Tuberías, pisos, revestimientos
PUR	7.9%	Aislamiento de edificios
PS/EPS	6.4%	Envasado de alimentos

Balance 3.

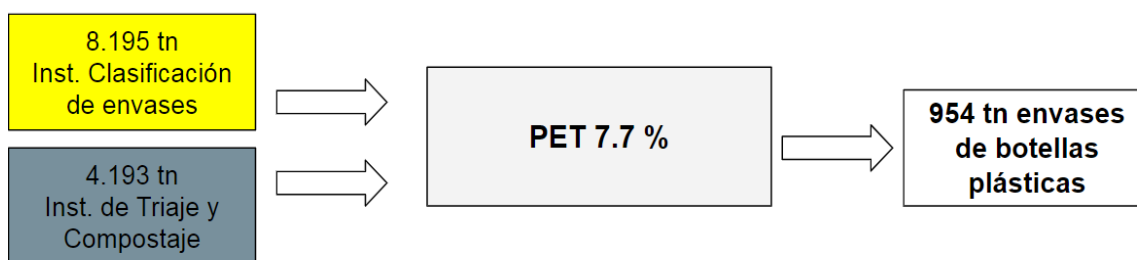


Ilustración 14. Porcentaje de plásticos PET(botellas plásticas) contenidos en las fracciones de envases ligeros y plásticos de las instalaciones clasificación de envases y de las instalaciones de triaje y compostaje. Elaboración propia.

5 CASO DE ESTUDIO: SDDR, ALTERNATIVA AL SISTEMA ACTUAL

Los sistemas de depósito, devolución y retorno para envases (estos sistemas se usan con mucha frecuencia para bebidas) combinan dos tipos de incentivos económicos. Primero, se aplica un recargo a la compra del envase, lo que refleja el potencial de eliminación ineficiente o contaminante (entierro en un vertedero o tirar basura en espacios públicos). Luego, se proporciona un reembolso, que cubre parte del recargo, a quien devuelva el envase al sistema, en perfectas condiciones para ser identificado, a fin de ser administrado de la manera ambientalmente preferida. Este enfoque tiene la intención de financiar la gestión de residuos, pero también de aumentar las tasas de recuperación y desviar ciertos materiales del flujo de residuos municipales mixtos, reduciendo los vertederos y la basura (ABEJÓN, R. et al., 2020).

5.1 EL SISTEMA DE DEPÓSITO, DEVOLUCIÓN Y RETORNO

El Sistema de Depósito, Devolución y Retorno - en adelante SDDR- es conocido como un sistema de retorno de envases, que ya ha sido aplicado en algunos países como Alemania, Dinamarca, Croacia, Holanda y Noruega, donde ha tenido gran éxito en su aplicación.

El *Depósito* hace referencia a un valor económico asociado a cada envase, que no es un impuesto, sino una forma de garantía para asegurar que ese envase regrese al ciclo de producción en las mejores condiciones posibles. De esta forma, el consumidor al comprar un envase paga por él un depósito, que recuperará luego.

La *Devolución* hace referencia al reintegro de ese valor económico que se paga por el envase a la hora de su compra. El consumidor recibe ese monto a cambio de devolver el envase de nuevo en el comercio.

El *Retorno* habla del regreso del envase a la cadena de producción, es decir, que vuelve a formar parte del ciclo productivo convirtiéndose nuevamente en materia prima, es de nuevo un producto, lo que hace que el ciclo se cierre, no hay residuos.

Este sistema es un sistema de gestión de residuos, que en estos casos se aplica muy bien para envases. Según la organización Retorna, abocada especialmente a mejorar el sistema actual de recogida de envases, las cifras que este sistema brinda en aquellos países donde ha sido implementado son por lo menos, mucho más altas que en España, donde aún el sistema no se aplica. En Alemania actualmente la tasa de retorno de envases -en general- es del 98,5%, y se aplica el SDDR para algunos envases y el sistema de responsabilidad ampliada del productor para otros. En Dinamarca se ha alcanzado el 99,5% de reciclaje en envases de cervezas y bebidas carbonatadas, un 99% para PET reutilizable, un 60% para licores y un 80% para envases de vinos (RETORNA, 2012).

5.2 CÓMO FUNCIONA EL SISTEMA

La función de cada agente que interviene en el ciclo productivo como de consumo de envases es primordial a la hora de aplicar este sistema, ya que cada uno debe cumplir una función que hará que el ciclo continúe y logre cerrarse. Hay un ciclo externo, que lo componen los consumidores y comercios, y otro interno, que funciona con la colaboración de productores, operadores del sistema, embotelladores y plantas de reciclaje.

- **Productores:** embotelladores, distribuidores y los mismos productores pagan un depósito al operador del sistema por cada envase que pongan en el mercado.
- **Comercios:** supermercados, comercios medianos y pequeños, y cualquier sitio que los comercializa, compran tanto el producto como el envase a los productores, es decir que pagan por el producto y hacen un depósito por cada envase. Los comercios también cobran a los consumidores y les retornan dicho depósito cuando les devuelven los envases.
- **Consumidores:** compran el producto y pagan el depósito por el envase, el cual se les devolverá en caso de que retornen el envase vacío en condiciones. Si el consumidor no devolviese el envase, este depósito queda dentro del sistema ayudando a financiarlo.

- Operador del sistema: le devuelve a los comercios lo que han pagado a los consumidores según se van registrando los retornos. Es el operador el que compensa a los agentes que intervienen en el sistema. Son los operadores los que coordinan la logística que deben seguir los envases, la recuperación de los materiales y control del flujo económico.

Pueden observarse los distintos flujos como los agentes que participan en el sistema en la ilustración 15.



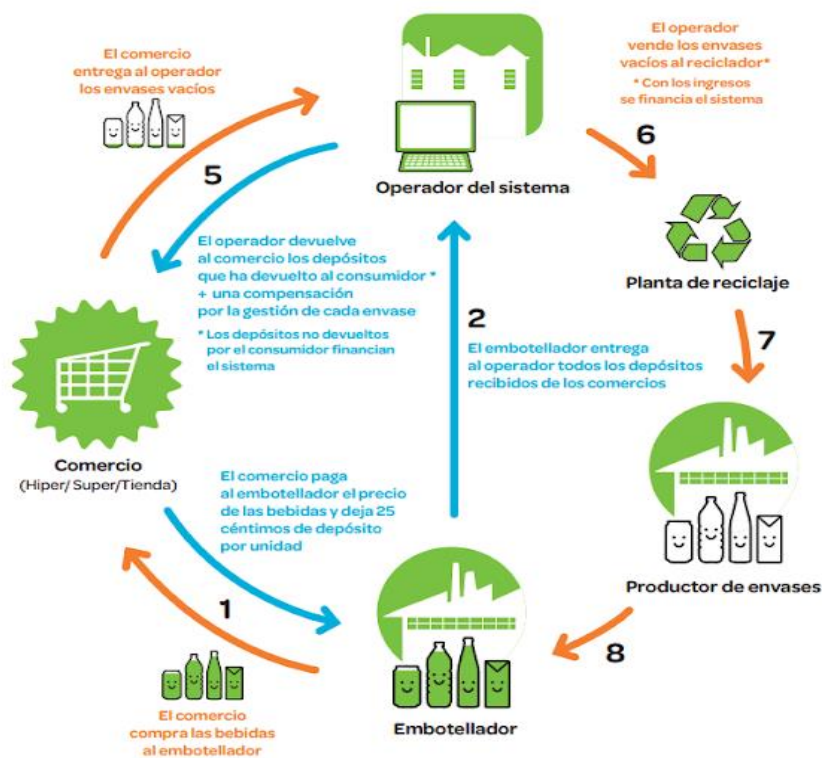


Ilustración 15. Diagramas de funcionamiento del SDDR. Ciclo interno y ciclo externo. Imagen de Retorna ONG.

5.3 FLUJO ECONÓMICO DEL SISTEMA

- Ciclo externo. Cuando el consumidor compra un producto, deja un depósito de 25 céntimos por unidad. Si el consumidor devuelve los envases vacíos, el comercio le devuelve el depósito de acuerdo a la cantidad de productos entregados (RETORNA, 2011).
- Ciclo interno. El comercio compra las botellas al embotellador, paga el precio por cada unidad de producto y deja a su vez un depósito de 25 céntimos por unidad. El embotellador entrega los depósitos recibidos de los comercios al operador del sistema.

Luego los comercios retornarán al operador del sistema los envases vacíos recibidos, y es entonces cuando el operador devuelve a los comercios los depósitos que ha devuelto el consumidor más una compensación por la gestión de cada envase. Los depósitos que no devuelven los consumidores financian el sistema.

El operador vende los envases vacíos al reciclador. Con estos ingresos se financia el sistema (RETORNA, 2011).

5.4 BALANCES DE ENVASES PLÁSTICOS CON EL SDDR

Teniendo en cuenta las toneladas recogidas por el sistema actual, se realiza un nuevo balance considerando la tasa de retorno del sistema alternativo presentado. Para esto se considera un 80% de tasa de retorno de envases, valor definido por retorna en su estudio de Análisis de Ciclo de Vida (Sevigné Itoiz, E, 2010).



Ilustración 16. Balance de recuperación de envases plásticos según el SDDR. Elaboración propia.

6 PROPUESTA DE MEJORA

A lo largo de esta investigación, he notado que el SDDR no es una novedad. En España viene intentando implementarse desde 2011 con propuestas de ONGs u otras propuestas de proyectos de investigación. Uno de los factores que tiene en contra este sistema es que requiere de una altísima inversión. Aun así, incentiva la alta tasa de retorno de envases que promete. Otro punto que no termina de motivar la implantación del sistema, es el hecho de que existe actualmente un sistema de gestión integral que funciona, y que, con mejoras aunque lentas, progresivas, parece empezar a dar mejores números en cuanto a recogida selectiva nos referimos.

Adicionalmente, en un análisis de ciclo de vida realizado con el fin de evaluar el impacto ambiental de la implementación de un SDDR en España (ABEJON R., et al, 2020) se expusieron como conclusiones finales que dicho sistema tampoco resulta en beneficios ambientales a comparación del sistema implementado actualmente. Como puede observarse en la ilustración 18, los impactos ambientales totales de ambos sistemas se relativizaron a ofrecer una perspectiva más fácilmente comparable a los resultados obtenidos, tomando como base la EPRS (responsabilidad ampliada del productor) actual. Para todas las categorías de impacto excepto el ADP (potencial de agotamiento abiótico), los resultados asociados a la responsabilidad ampliada del productor fueron mejores que los del nuevo sistema, ya que tienen un valor negativo más alto.

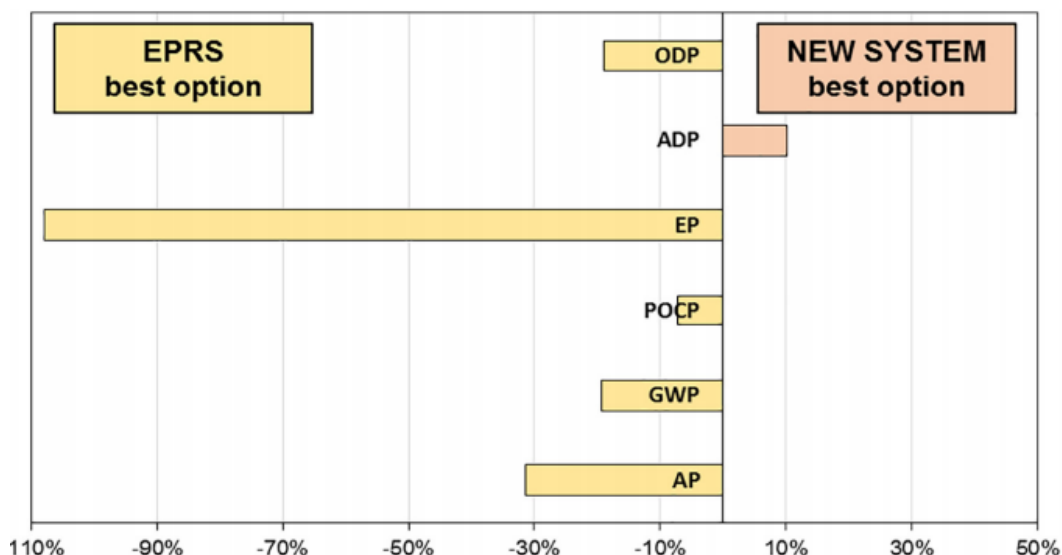


Ilustración 17. Comparación de la variación de impacto entre SDDR y SIG (ABEJÓN, R., et al, 2020).

Teniendo en cuenta la incertidumbre inherente de los datos, las diferencias de impacto entre ambos sistemas superiores al 30% pueden considerarse significativas, mientras que las superiores al 10% deben considerarse indicativas y las inferiores al 10% insignificantes. En estas condiciones, la implementación de SDDR (sistema de depósito, devolución y retorno) causaría una mejora indicativa en ADP pero supondría un empeoramiento significativo en EP (potencial de eutrofización) y AP (potencial de acidificación) y un empeoramiento indicativo en GWP (potencial de calentamiento global) y ODP (potencial de agotamiento del ozono), (ABEJÓN, R., et al, 2020).

Bajo este reciente análisis de ciclo de vida, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se presenta una alternativa para aprovechar los recursos ya disponibles que utiliza el SIG actualmente y contemplando la responsabilidad ampliada del productor.

6.1 CONTENEDORES INTELIGENTES

Al inicio de este proyecto se pretendía en primer lugar proponer una mejora para que las tasas de recogida y posterior valorización de envases plásticos se incrementaran. Es por esto que la alternativa propuesta en este proyecto consistirá en aprovechar la idea del SDDR -la propuesta de personalizar el reciclado y generar

mayor compromiso de parte de los ciudadanos-, y los recursos del sistema implementado actualmente: uso de contenedores diferenciado por fracciones.

Lipasam ha instalado a principios de 2019, 150 contenedores con tarjetas electrónicas en Sevilla Este, con la finalidad de incrementar la recogida de fracción orgánica. Los contenedores inteligentes funcionan con tarjetas individuales que cada ciudadano puede solicitar de forma gratuita a la empresa. El objetivo es que los residuos orgánicos que se depositan en los contenedores marrones puedan ser valorizados y transformados en compost para lo que es importante que el ciudadano haya realizado previamente una correcta separación de los residuos. Y el uso de tarjeta pretende lograr una personalización y cierto compromiso ya que las tarjetas están vinculadas con la persona que deposita el residuo.

La identificación de los usuarios puede ayudar a conseguir un grado elevado de separación en origen y disminuir los niveles de generación de residuos. Un sistema de identificación de usuarios está basado en mecanismos mediante los cuales el usuario del servicio de recogida de basuras es identificado y su generación de residuos queda registrada (SALEH D., et al, 2018).

La inversión de estos 150 contenedores fue de 274.000 euros, dónde están incluidas acciones de promoción y difusión de este nuevo sistema.

6.2 TECNOLOGÍA DISPONIBLE

Actualmente se conocen tres tecnologías.

- 1) El sistema RFID, que es un sistema que funciona por radiofrecuencia y donde el contenedor para ser abierto necesita una tarjeta o llavero con chip que sea reconocido por el contenedor. Es el más extendido actualmente.
- 2) El sistema NFC, que es un sistema que funciona mediante el reconocimiento de dispositivos electrónicos tipo teléfono inteligente, por lo que hace necesario el uso de un teléfono móvil que disponga de esta tecnología.
- 3) Los códigos QR, ya sean pegados al contenedor, a los que hay que hacer una foto para dejar constancia del uso, o códigos QR pegados a las bolsas con lectura mediante lectores instalados en los contenedores.

Se optará por el sistema RFID, ya que presenta las siguientes ventajas:

- Cualquier persona puede acceder a una tarjeta o llavero, siendo de esta forma más extensivo a toda la población.
- Pueden identificar, autenticar y guardar datos con el mínimo de intervención humana.
- Pueden utilizarse contenedores cerrados, evitando así que se depositen residuos al azar.
- Los contenedores podrían equiparse con sensores de peso o de nivel de llenado, y optimizar de esta forma el sistema de recogida.

6.3 IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA

La identificación por radio frecuencia, conocida como RFID, es un método para identificar inequívocamente elementos mediante radiofrecuencia. Los requerimientos mínimos son una antena, un lector y un tag. El lector envía una señal al tag a través de la antena, a la cual el tag responde con su información única. La RFID se puede utilizar para identificar, autenticar y guardar datos con el mínimo de intervención humana. Está pensada para ser resistente a la manipulación gracias a la utilización de algoritmos criptográficos (SALEH D., et al, 2018).

Los tags de RFID pueden ser activos o pasivos:

Los tags RFID ACTIVOS contienen su propia fuente de energía que les proporciona la capacidad de emitir ondas leíbles hasta los 100 m de distancia. El gran alcance de lectura de los tags RFID activos los hace idóneos cuando la ubicación del objeto o las mejoras logísticas son importantes. Un ejemplo de uso de esta tecnología está en los peajes. Son bastante más caros que los tags de RFID pasivos.

Los tags RFID PASIVOS no tienen su propia fuente de energía, son alimentados por la energía electromagnética transmitida desde el lector RFID. Puesto que se requieren ondas de radio lo bastante potentes como para alimentar los tags pasivos, el alcance de lectura es inferior, desde el casi contacto hasta los 25 metros. La longitud de la onda emitida por el lector RFID determina la aplicación de este:

- Alta frecuencia (High Frequency (HF)): frecuencia media con un alcance típico de lectura desde 1 centímetro hasta 1 metro. El ejemplo de uso de este rango de frecuencias sería para la identificación de usuarios mediante tarjeta RFID en los contenedores de acera (que contendrían el lector).

- Muy alta frecuencia (Ultra High Frequency (UHF)): una longitud de onda muy corta permite llegar a una mayor distancia de lectura de los tags RFID: desde 1 metro hasta los 5-6 metros (algunos pueden llegar hasta los 30 metros). La identificación de tags ubicados en cubos de basura gracias a la antena del camión o la muñequera que pueden llevar los operarios utilizará esta longitud de onda (SALEH D., et al, 2018).



Ilustración 18. Llaveros tag con el que se abrirían los contenedores

Los residuos depositados en contenedores de uso colectivo podrían ser controlados mediante la instalación de lectores de RFID y sistemas de cierre electrónico, a partir del uso de tarjetas RFID pasivas (smart cards) los usuarios se identificarán y con esa identificación se produce la apertura del contenedor.

El funcionamiento es el siguiente: cuando una tarjeta RFID pasiva se acerca al panel RFID, se comprueba la identificación, y si es aceptada, se procede a la apertura del contenedor para poder depositar los residuos. Cada uso queda registrado. Los contenedores pueden ser equipados con sensores de peso o de nivel de llenado, hecho que puede ayudar a obtener datos más precisos de los patrones de comportamiento de los ciudadanos y optimizar el sistema de recogida de basuras (SALEH D., et al, 2018).



Ilustración 19. Contenedores cerrados de apertura con llavero tag.

6.4 COSTES DE IMPLANTACIÓN

Saleh et al, 2018 (SALEH D., et al, 2018) detalla los costes estimados para la tecnología de cierre de contenedores presentado por Abejon. Al inicio los costes de implementación pueden ser altos debido a la instalación de infraestructura necesaria en los contenedores y a la adaptación de la existente. El rango de precios se obtuvo de 5 fabricantes y proveedores tecnológicos en el año 2017.

PRECIOS ESTIMADOS DE LA TECNOLOGÍA DE CIERRE DE CONTENEDORES			
	Rango de precios para sistemas de identificación de usuarios	Rango de precios para el sistema de cámara	
Tecnología por contenedor	355 € - 900 €	1382 € - 1400 €	
Instalación por contenedor	90 € - 100 €	50 €	
Mantenimiento del hardware	5 €/ contenedor/mes	9 €/contenedor/mes	
Tarjetas RFID o tarjetas inteligentes	1,35 € - 3,76 €		
Tags inteligentes	2,65 €		
Sensores volumétricos	325 € - 390 €		
Parrilla metálica para limitar el volúmen de los residuos	193 €		
SOFTWARE	A	Software online (mantenimiento incluido)	8 €/contenedor/mes - 0,25 €/mes/tarjeta inteligente
		Licencia de software	1950 € - 6900 €
		Instalación del software	1000 € - 6000 € (por 3000 habitante)
	B	Mantenimiento de software y hardware	150 - 472 €/mes
		Proyecto de implementación	700 € - 6500 €

Ilustración 20. Costes de implementación del sistema RFID. SALEH D., et al, 2018

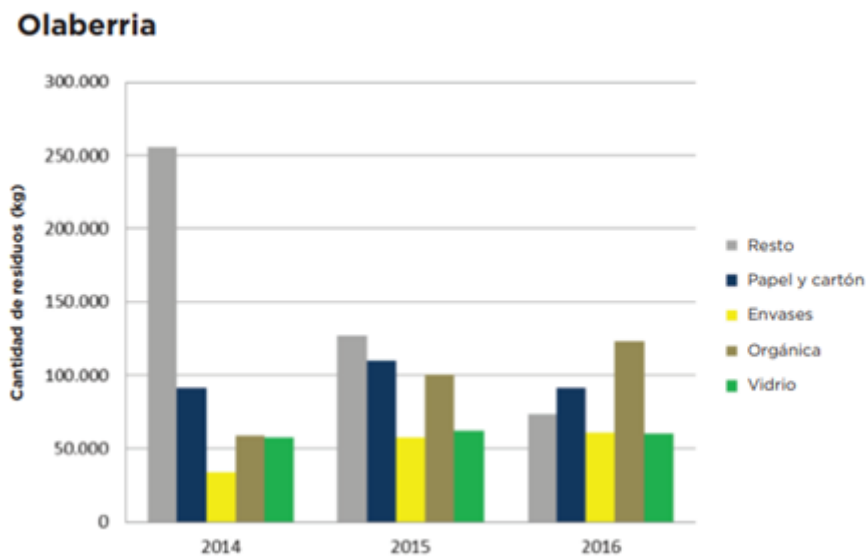
6.5 PRUEBAS PILOTO APLICADAS EN CIUDADES DE ESPAÑA

Para el estudio realizado por Saleh et. al 2018, se han llevado a cabo pruebas pilotos. Una de ellas en la ciudad de Sasieta, al norte de España. Se presenta esta prueba ya que en esta ciudad se aplicó el sistema RFID, sistema propuesto en este trabajo. En dicha ciudad residían al momento de la prueba 60.984 habitantes.

El sistema previo se basaba en puntos de recogida con cinco contenedores abiertos para recoger las fracciones de residuos orgánicos, envases, vidrio, papel y cartón y resto. El nuevo sistema implementado consiste en cambiar el contenedor abierto de la fracción resto y mantener la recogida selectiva igual. Los antiguos contenedores abiertos de color verde se cambian por contenedores de color gris con sistema de cierre (SALEH et. al, 2018).

Los resultados fueron positivos, presentando incrementos en la recogida selectiva (70% para el caso de envases) y disminución de la fracción resto (en un 50%). A su vez disminuyeron los costes de recogida, ya que la fracción resto pasó de 4 días a sólo 1 día de recogida.

En Idiazabal y Olaberria, dos años después de la implementación, la cantidad de recogida selectiva ha aumentado del 45% al 75% y del 49% al 82%, respectivamente (SALEH et. al, 2018). Pueden observarse en la ilustración 22.



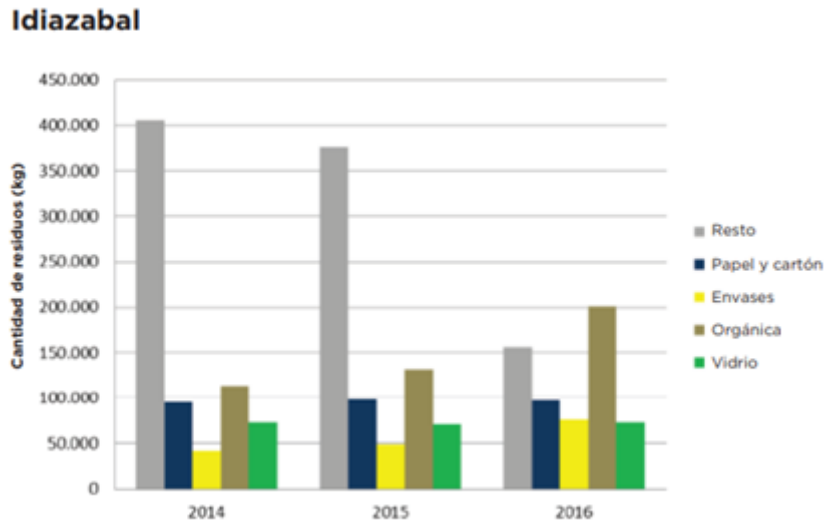


Ilustración 21. Aumento en la recogida selectiva de la ciudad de Olaberria e Idiazabal luego de la implementación del sistema RFID. SALEH et. al, 2018.

En comparación con los balances realizados en el capítulo 4, donde el actual sistema de recogida tiene una tasa de recuperación del 50,28%, con este nuevo sistema de contenedores se alcanzarían tasas de entre 75% y 82% teniendo en cuenta los valores aportados por las pruebas piloto aplicadas en las ciudades de Olaberria e Idiazabal. Esto supondría un aumento de hasta un 25% más en las tasas de recuperación.

6.6 APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE SEVILLA PARA LA RECOGIDA DE ENVASES LIGEROS

En relación al sistema RFID propuesto y contemplando la efectividad de los sistemas implementados en las ciudades de España presentadas en el punto 6.5 de éste capítulo, se definen los siguientes puntos para este trabajo:

- La propuesta consiste en aplicar la tecnología RFID mediante el uso de llaveros tag en una zona delimitada de la ciudad de Sevilla. Se considera que sería beneficioso implementar la prueba piloto en Sevilla. Este donde la población ya ha probado un sistema similar para la recogida de los residuos orgánicos. En cuanto a la cantidad de contenedores se recomienda comenzar con una cantidad reducida, que podría ser de 150 contenedores como lo implementado en el caso mencionado anteriormente.

- Para iniciar la prueba piloto se propone que los contenedores sean destinados para depositar sólo **envases ligeros**. Para esto se propone utilizar los contenedores amarillos ya existentes en el actual sistema de gestión, incorporándole a éstos la tecnología propuesta y distribuyendo entre los usuarios un llavero tag. El costo aproximado según los datos brindados por Saleh et. al, 2018, para implementar esta tecnología es de 8.680 euros por contenedor.
- En cuanto a las personas que utilicen estos contenedores, se propone realizar una encuesta en un horario pico a los usuarios que se acerquen a los puntos de recogida seleccionados para colocar dichos contenedores. La encuesta estaría enfocada en recolectar cuál es la participación que podrían tener estos usuarios en caso de concretarse la aplicación de dicho sistema. Una vez recogida esta información, se valorará si la zona elegida para la implementación de este sistema es la óptima para empezar la prueba piloto.
- Se conoce que en las ciudades donde ha sido implementado, luego de la validación y monitorización se ha logrado reducir la frecuente de recogida de estos contenedores. Esto permite un ahorro importante en la factura de gestión de residuos, lo cual puede aprovecharse para incentivar a los usuarios otorgándoles una recompensa. Se les comunicará a los usuarios que los costes que logren disminuirse en la logística de los camiones podrán ser impactados en sus facturas de la gestión de los residuos que se hará anualmente. Para esto se identificará a los usuarios a través de su llavero tag y se contemplará una cantidad mínima semanal para que puedan acceder al beneficio. Por ejemplo, en la ciudad de Urgellet al norte de Cataluña, las reducciones en las tasas de residuos se veían influenciadas por la cantidad de bolsas que depositara el ciudadano. En este caso, si la persona depositaba como mínimo una bolsa de residuos de envases ligeros a la semana, se le descontaban 2 euros de la tasa de residuos que pagaba mensualmente, existiendo un máximo de 60 euros anuales; a su vez esta recompensa solo se mantenía en caso de que el ciudadano mantuviera ese comportamiento durante 30 semanas.

Es de gran importancia mencionar que un punto clave en la implementación de esta prueba piloto para el nuevo sistema de recogida de envases ligeros debe estar

acompañado de una campaña de comunicación del nuevo sistema y de concienciación a la población. Los objetivos establecidos en las legislaciones que exigen disminuir los porcentajes de envases que se destinan a vertedero sólo lograrán cumplirse cuando cada ciudadano este comprometido con ello y hago uso de los recursos y servicios que brinda cada ciudad para alcanzar estas metas.

7 CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha reflejado cuál es la situación actual de la valorización de residuos de envases en la ciudad de Sevilla. Se han reflejado las actuales ventajas que presenta el actual sistema integrado de gestión como así también sus fallas, reflejadas en unos bajos porcentajes de recogida en especial cuando hablamos de aquellos residuos que tienen como destino el contenedor amarillo.

Estamos ante una emergencia ambiental, sobre la que actuar resulta urgente y necesario, y brindar nuevas soluciones para disminuir los residuos de envases ligeros que van a parar a vertedero es una obligación a cumplir por parte de los ayuntamientos para cumplir con las normativas y los objetivos fijados a nivel Europa. Además, al aplicar el innovador y sostenible acuerdo de economía circular le otorga más sentido aún al tratamiento de estos residuos para lograr valorizarlos y convertirlos en nuevas fuentes de materia prima, consiguiendo así cerrar el círculo productivo y haciendo más viable tanto económica como ambientalmente.

En los inicios de este trabajo, se consideró oportuno comparar el actual sistema con la posibilidad de implementar un Sistema de Depósito, Devolución y Retorno, lo cual luego del análisis y una continua investigación, se revelaron las constantes propuestas de parte de distintas organizaciones en querer implementarlo y unos claros rechazos en su implementación por los elevados costes de inversión que requieren, las posibles complicaciones logísticas y la oposición de los actuales gestores encargados de esta recogida.

Con la atención en mejorar los porcentajes actuales alcanzados en reciclado y valorización, se propone un sistema de contenedores inteligentes que pueden brindar un seguimiento al compromiso de la población como también permitirá controlar las frecuencias de recogida lo cual se reflejará en los costes que esto implica en la logística. La valorización de los distintos materiales de envases ligeros resulta en una buena alternativa de economía circular, asegurando la reutilización

de estos en otros procesos productivos, disminuyendo de esta manera el impacto ambiental negativo que conlleva una constante extracción de materiales naturales como el petróleo, la celulosa, el carbón y el gas natural, entre otros.

Para una adecuada evaluación de como resultaría el sistema de contenedores inteligentes mediante tarjetas RFID propuesto en la ciudad de Sevilla, se recomienda realizar una prueba piloto para comprobar el compromiso que los ciudadanos puedan establecer con el nuevo sistema. A fin de lograr los objetivos propuestos en acuerdos internacionales como en las normativas y legislaciones nacionales, es preciso generar más acciones de concienciación a la población que sean acompañadas por acciones que recuerden la obligatoriedad como sociedad en cumplir estos acuerdos, ya que somos y seremos siempre responsables del impacto que causen nuestras acciones, decisiones y el uso de recursos en que incurrimos para vivir de la manera que deseamos.

8 REFERENCIAS

MITECO (2017). *Memoria Anual de Generación y Gestión de Residuos de Competencia Municipal 2017*. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/memoriaanualdegeneracionygestionderesiduosresiduosdecompetenciamunicipal2017_tcm30-505953.pdf

MAGRAMA (2015). Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos, PEMAR 2016-2022.

A. ANRADY AND M. NEAL (2009). Applications and societal benefits of plastics (Philosophical Transactions of the Royal Society B).

MITECO (2017). *Economía Circular en la Comisión Europea. Plan de Acción*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/comision-europea/>

TRANSPARENCY MARKET RESEARCH (2015). Plastic Packaging Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2014–2020 (2015).

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY WORLD ENERGY OUTLOOK (2015). Basado en la tasa de crecimiento de 4.8% 2013–2020 (pronóstico de Technavio de abril de 2015 para el crecimiento del mercado durante el período 2014–2019); 4.5% para 2021-2030 (ICIS) y 3.5% para 2031–2050, utilizando un supuesto conservador de crecimiento más allá de 2030 siguiendo la tendencia a largo plazo en el crecimiento del PIB global de 3.5% anual.

CONSEJERIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE (2020). *Visor de Estadísticas Medioambientales*.

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/vem/?c=Menu/sel>

Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases. Publicado en Eur-lex por Parlamento Europeo bajo el núm.1992/0436/COD de 20/12/1994. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A31994L0062>

Decisión de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, que sustituye a la Decisión 94/3/CE por la que se establece una lista de residuos de conformidad con la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos y a la Decisión 94/904/CE del Consejo por la que se establece una lista de residuos peligrosos en virtud del apartado 4 del artículo 1 de la Directiva 91/689/CEE del Consejo relativa a los residuos peligrosos.

Publicado en BOE núm. 226 de 6 de Septiembre de 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2019. Catálogo de publicaciones oficiales de la Administración General del Estado, España en cifras 2019.

https://www.ine.es/prodyser/espa_cifras/2019/7/#zoom=z

ECOEMBES (2019). *Ecoembes Hacia La Revolución Circular Resumen Somos Circular*. (Recuperado en fecha Julio, 2020).

https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_publicaciones_ecoembes/resumen-ejecutivo-2019.pdf

ECOEMBES (2017). Información a las comunidades autónomas del año 2017.

EUROMONITOR (2015). Off-trade and retail plastics packaging volume.

GREENPEACE 2020. *Datos sobre la producción de plásticos*. (Recuperado en fecha Julio, 2020).

<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>

ECOEMBES (2020). *Datos de reciclaje en España*. <https://www.ecoembes.com/es/ciudadanos/envases-y-proceso-reciclaje/datos-de-reciclaje-en-espana> (Recuperado en fecha Julio, 2020).

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Publicado en BOE núm. 181 de 29 de Julio de 2011.

PAYNE, ANTHONY (2006). Debates clave en la nueva economía política.

G. PLASTICSEUROPE, CONVERSIO MARKET & STRATEGY (2019). *Plastics - the Facts*.

G. PLASTICSEUROPE, CONVERSIO MARKET & STRATEGY (2015). *Plastics - the Facts*.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2009). Plan Nacional Integral de Residuos. BOE núm. 49 de 26 de Febrero de 2009.

MITECO (2020). Informe de Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/es-2020-nir_tcm30-508122.pdf

Normativa europea

Informe Plastic The facts, 2019. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2016). *Rethinking the future of plastics: the new plastics economy*.

RETORNA (2011). *Fundación Retorna*. <http://www.retorna.org/es/>

LIPASAM (2018). *La gestión de los residuos municipales en la ciudad de Sevilla*.

MITECO (2020). *Planes y programas*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/Planes-y-Programas.aspx>

TRAVELER, CONDÉ NAST (2020). *Dinamarca bate récord de reciclaje: 1.400 mil millones de botellas y latas en 2019*. <https://www.traveler.es/naturaleza/articulos/dinamarca-record-reciclaje-de-botellas-y-latas-en-2019/18141>

DANK RETURN SYSTEM (2020). *Vores pantsystem*. <https://danskretursystem.dk/>

ABEJÓN, R., LASO, J., MARGALLO, M., ALDACO, R., BLANCA-ALCUBILLA, G., BALA, A., FULLANA-I-PALMER, P. (2020). Environmental impact assessment of the implementation of a Deposit-Refund System for packaging waste in Spain: A solution or an additional problem?

RESIDUOS PROFESIONAL E(2019). *Valorando la magnitud del cambio hacia contenedores inteligentes en las ciudades*. <https://www.residuosprofesional.com/magnitud-cambio-contenedores-inteligentes/>

SEVIGNÉ ITOIZ, EVA (2010). Análisis de Ciclo de Vida de la gestión de envases de PET , latas y bricks mediante SIG y SDDR en España.

EUROSTAT (2017). *Residuos municipales depositados en vertederos, incinerados, reciclados y compostados, EU-28, 1995-2017*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_landfilled,_incinerated,_recycled_and_composted,_EU-28,_1995-2017.png

SALEH D., et al (2018). Identificación de los usuarios en la recogida de residuos municipales en contextos con alta densidad de población.

EL DIARIO (2018). *A la sombra de Ecoembes: grandes empresas reciclan tu basura con una facturación de 494 millones*. https://www.eldiario.es/economia/negocio-detras-ecoembes_1_1164940.html

[Heineken reduce un 30% el peso de sus envases en los últimos 20 años](#)
[Envases sostenibles de Coca-Cola en España](#)

Economía Circular según la Comisión Europea.

[https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/priority-themes-eu-cities/circular-economy-cities_es#:~:text=El%20paquete%20de%20medidas%20sobre,mercado%20de%20materias%20primas%20secundarias.](https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/priority-themes-eu-cities/circular-economy-cities_es#:~:text=El%20paquete%20de%20medidas%20sobre,mercado%20de%20materias%20primas%20secundarias)

TARJETAS ELECTRÓNICAS PARA CONTENEDORES

https://sevilla.abc.es/sevilla/sevi-tarjetas-electronicas-para-tirar-basura-sevilla-este-201812131414_noticia.html

https://sevilla.abc.es/sevilla/sevi-lipasam-instalara-contenedores-inteligentes-bonificaciones-para-sevillanos-mas-reciclen-201808061442_noticia.html#vca=mod-sugeridos-p1&vmc=relacionados&vso=lipasam-instalara-contenedores-inteligentes-con-bonificaciones-para-quienes-mas-reciclen&vli=noticia.video.sevilla

https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/compra-botellas-plastico-mayoria-vertederos_1_3309129.html

JUNTA DE ANDALUCÍA (2006). *Residuos urbanos: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del territorio.*

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=ab57ef7e80f1d110VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=2229b8f8606b8210VgnVCM10000055011eacRCRD&rating=4>