



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Economía y Administración de Empresas

Área de Conocimiento: Organización de Empresas

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Estudio de viabilidad técnica y económica para la implantación de una planta de tratamiento de R.S.U en Vélez-Málaga.

Technical and economic feasibility study for the implementation of an urban solid waste treatment plant in Vélez-Málaga.

Máster en Ingeniería Industrial

Autor: M.^a Teresa Villanúa Rodríguez

Tutor: Dr. Rafael Arjona Jiménez

MÁLAGA, octubre de 2.023





Resumen

Con el propósito de cumplir con los objetivos establecidos por la Unión Europea con relación a la recogida selectiva y al tratamiento de residuos en proximidad al lugar de origen, se contempla la posibilidad de implementar una planta de tratamiento biológico en Vélez-Málaga. Esta planta estaría encargada de transformar la materia orgánica recolectada en compost, con el fin de facilitar su posterior reutilización por parte de los agricultores locales. A lo largo del presente estudio, se llevará a cabo una evaluación económica con el fin de determinar la viabilidad de esta implementación, tanto desde una perspectiva financiera como medioambiental.

Palabras clave: Tratamiento de residuos, planta de tratamiento biológico, materia orgánica, reutilización, medio ambiente, compost

Abstract

In order to comply with the objectives established by the European Union in relation to the selective collection and treatment of waste in proximity to the place of origin, the possibility of implementing a biological treatment plant in Vélez-Málaga is contemplated. This plant would be in charge of transforming the collected organic matter into compost, in order to facilitate its subsequent reuse by local farmers. Throughout this study, an economic evaluation will be carried out in order to determine the viability of this implementation, both from a financial and environmental perspective.

Keywords: Waste treatment, biological treatment plant, organic matter, reuse, environment, compost



Índice General

Índice de imágenes	7
Índice de tablas	8
1. Introducción	11
2. Marco legislativo	15
2.1. Marco legislativo comunitario	15
2.2. Marco legislativo estatal	16
2.3. Marco legislativo autonómico	18
2.4. Marco municipal	20
3. Situación actual	25
4. Contenedores de reciclaje. Tipos y clasificación	27
5. Recogida Separada de Materia Orgánica	30
6. Planta de recuperación de residuos	32
7. Tipo de tratamientos biológicos	34
8. Diseño planta de separación y tratamiento de residuos	35
9. Análisis de los sistemas de gestión de residuos	39
9.1 Modelo actual	39
9.2 Modelo propuesto	41
9.2.1 Primera etapa. Implantación activa del contenedor marrón	42
9.2.2 Segunda etapa. Recopilación y transporte	43
9.2.3 Tercera etapa. Tratamiento de residuos	43
9.2.4 Cuarta etapa. Transporte de la parte resto al complejo Valsequillo ..	43
10. Diseño de la planta	44
10.1 Descripción de las etapas del tratamiento de materia orgánica	45
10.1.1 Recepción y pretratamiento	45
10.1.2 Sistema de tratamiento biológico automático	48
11. Estudio económico	51
11.1 Modelo Actual	52
11.2 Modelo Propuesto	53
11.2.1 Coste del no transporte de materia orgánica	53
11.2.2 Maquinaria	54
11.2.2.1 Coste pretratamiento de residuos	54
11.2.2.2 Coste sistema de tratamiento biológico	55
11.2.3 Coste del mano de obra	55



11.2.4 Coste total	56
11.2.5 Venta del compost generado.....	57
11.2.6 Balance económico.....	58
11.2.7 Coste medio ambiental	59
12. Conclusiones.....	63
Bibliografía.....	65
Legislación básica consultada.....	67

Índice de imágenes

Imagen 1. Composición RSU. Fuente: Mancomunidad comarcal de pamplona mankomunitatea.....	28
Imagen 2. Tipos de contenedores. Fuente: ecoenvases.com.....	30
Imagen 3. % total de MO depositada en el 5º contenedor. Fuente: Fuente: Mancomunidad comarcal de pamplona mankomunitatea	31
Imagen 4. Situación planta transferencia "La Taramilla"	44
Imagen 5. Croquis disposición planta de tratamiento. Fuente: Elaboración Propia.	45
Imagen 6. Cinta transportadora de RSU. Fuente: macpresse.com	46
Imagen 7. Cinta de transporte fuera de foso con tolva. Fuente: macpresse.com	46
Imagen 8. Trómel de 40 mm. Fuente: Bianna.com.....	47
Imagen 9. Trómel de 40 mm. Fuente: Bianna.com.....	47
Imagen10.Renderizado disposición pretratamiento de residuos. Fuente: LIMASAN.....	48
Imagen 11. Sistema de tratamiento automático para la generación de compost.	50
Imagen 12. Diagrama de flujo del proceso. Fuente Elaboración propia.	51

Índice de tablas

Tabla 1. Municipio incluidos en el estudio. Fuente: Elaboración propia	40
Tabla 2. Cantidad de residuos generada por municipio en 2022. Fuente: Elaboración propia	41
Tabla 3. Recogida toneladas materia orgánica anual y coste. Fuente: Elaboración propia.	54
Tabla 4. Presupuesto pretratamiento de residuos. Fuente: Elaboración propia	54
Tabla 5. Presupuesto tratamiento de residuos. Fuente: Elaboración propia	55
Tabla 6. Costes mano de obra. Fuente: elaboración propia	55
Tabla 7. Coste total primer año. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 8. Costes económicos de los 10 primeros años de funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 9. Toneladas generadas de compost anualmente. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 10 Balance de costes. Fuente: Elaboración propia	58
Tabla 11. Resumen coste medio ambientas. Fuente: Elaboración propia.	59



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN



1. Introducción

El aumento de la generación de residuos por parte de la población es un fenómeno de creciente preocupación en la actualidad. A medida que nuestra sociedad evoluciona y se desarrolla, el consumo y la producción de bienes y servicios experimentan un incremento constante. Este aumento en la generación de residuos ha desencadenado una serie de efectos adversos sobre el medio ambiente, lo que convierte esta cuestión en un tema relevante y apremiante en la agenda ambiental y de sostenibilidad mundial.

Nuestro país, al igual que otras muchas naciones industrializadas, se enfrenta al desafío de manejar adecuadamente la creciente cantidad de residuos generados por su población. Este fenómeno se atribuye a múltiples factores, que incluyen el aumento demográfico, los cambios de patrones de consumo y la producción masiva de bienes de consumo. Estos residuos en su mayoría terminan en vertederos o incineradoras, lo que plantea serias amenazas para la calidad del aire, la salud pública y la sostenibilidad de recursos naturales.

Este proyecto se genera por la necesidad de estudiar, analizar y proponer una alternativa al tratamiento de los residuos sólidos urbanos de forma más sostenible y cumpliendo con las normativas y objetivos marcados por la unión europea.

Se llevará a cabo una evaluación de la viabilidad técnica y de mercado para la implantación de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos, esencialmente de materia orgánica en el término municipal de Vélez-Málaga.

Este estudio se centra en la zona litoral este de la provincia de Málaga. En la actualidad, la gestión de los R.S.U de la zona se lleva a cabo mediante la transferencia de estos de la estación “La Taramilla” ubicada en Vélez-Málaga, al consorcio provincial de residuos sólidos urbanos ubicada en el complejo medioambiental de Valsequillo, Antequera.

Con esta nueva implantación, se pretende disminuir el impacto ambiental actual, ya que parte de estos residuos, concretamente la materia orgánica, se procesaría y sería convertida en compost, de esta forma, esos residuos se volverían a aprovechar utilizándolos como abono para la tierra, recurso necesario en la zona debido al alto porcentaje de terreno dedicado a la agricultura, especialmente al cultivo de aguacates y mangos.

Por otro lado, el resto de los residuos, correspondientes a los recolectados del contenedores verde, amarillo y azul, seguirán realizando la misma ruta, siendo gestionados por Ecoembes.



También se realizará un estudio económico para determinar si la implantación de una nueva planta de tratamiento de residuos es factible, de esta forma se optimizaría la gestión actual reduciendo los costes ambientales y económicos.

Con el fin de estimar la inversión requerida, se diseñará un modelo de planta de tratamiento mecánico biológico capaz de manejar la cantidad de residuos generados. A partir de este diseño se calculará la inversión inicial y los costes operativos obteniendo de esta forma la rentabilidad económica del nuevo modelo de gestión propuesto.



CAPÍTULO II: MARCO LEGISLATIVO



2. Marco legislativo

En este apartado se describirán brevemente las distintas normativas y legislaciones vigentes en cuestión de gestión de residuos, economía circular, sostenibilidad, gestión de residuos, tanto a nivel europeo, estatal, autonómico y municipal necesarias para la realización de este estudio.

2.1 Marco legislativo comunitario

- 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.

Es una pieza fundamental en la legislación de la unión europea en el ámbito de la gestión de residuos. Esta directiva establece un marco integral para la gestión de residuos de la UE, y revoca ciertas directivas anteriores para consolidar y modernizar la legislación en este campo.

Uno de los principales objetivos de esta directiva es promover la transición hacia una economía sostenible y circular en la UE, reduciendo la generación de residuos y fomentando la reutilización y el reciclaje. Establece una jerarquía de residuos que prioriza la prevención seguida de la preparación para la reutilización, el reciclaje, otras formas de valorización y en última instancia la eliminación.

También establece requisitos específicos para la gestión de residuos peligrosos y regula la gestión de residuos en general, abordando cuestiones como la recogida separada, la responsabilidad del productor y el seguimiento de movimientos transfronterizos de residuos.

Además, enfatiza la importancia de la planificación a largo plazo y la adopción de programas de prevención de residuos a nivel nacional y regional.

- 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

Esta directiva establece metas ambiciosas para la gestión de residuos en la UE. Entre sus aspectos clave se encuentran:

1. **Prevención y reciclaje:** La directiva fomenta la prevención de residuos y la promoción del reciclaje. Establece un objetivo vinculante para que, en 2030, al menos el 55% de los residuos municipales se recicle, y se establece un objetivo específico del 65% de reciclaje para envases.
2. **Vertederos:** Limita la cantidad de residuos que se pueden enviar a vertederos y establece condiciones más estrictas para su gestión. El objetivo es reducir gradualmente la disposición de residuos en vertederos y promover alternativas más sostenibles.
3. **Responsabilidad del productor:** La directiva refuerza el principio de responsabilidad ampliada del productor (RAP), lo que significa que los fabricantes tienen una mayor responsabilidad en la gestión de los productos al final de su vida útil.
4. **Definición de residuos:** Modifica las definiciones de residuos para incluir la posibilidad de que un material sea considerado un subproducto si cumple ciertos criterios, lo que podría fomentar la reutilización.

2.2 Marco legislativo estatal

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Esta ley aborda la gestión de residuos y la protección de suelos contaminados con el fin de avanzar hacia una economía circular. Esta ley establece un marco normativo integral que promueve la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en el uso de recursos.

En cuanto a la gestión de residuos, la ley enfatiza la prevención y la reducción en la fuente, promoviendo la recogida separada de residuos orgánicos, papel, vidrio, plástico y metales. Se insta la responsabilidad ampliada del productor (RAP) para fomentar la recuperación y reciclaje de productos, implicando a fabricantes en la gestión de los residuos que se generan. Además, se prohíben ciertos productos de un solo uso y se promueve la reutilización y el ecodiseño.

La ley también aborda la gestión de suelos contaminados, estableciendo un régimen jurídico para identificar, evaluar y rehabilitar áreas afectadas, asegurando la recuperación de la calidad del suelo y la protección de la salud pública.

Se establecen sanciones para el incumplimiento de las obligaciones ambientales y se refuerza la colaboración entre administraciones públicas, empresas y sociedad civil.

Esta ley tiene como objetivo principal promover una gestión más sostenible de los residuos y la protección de los suelos contaminados, impulsando una economía circular en España mediante la reducción, la reutilización y el reciclaje de recursos y la mitigación de impactos ambientales.

- Real decreto 208/2022, de 22 de marzo, sobre las garantías financieras en materia de residuos

Su objetivo principal es asegurar que las instalaciones que generan residuos peligrosos, como vertederos o instalaciones de tratamiento, dispongan de los recursos financieros necesarios para hacer frente a las obligaciones de cierre y postcierre de dichas instalaciones. Este tipo de garantías financieras se establecen como una precaución para prevenir y gestionar posibles daños ambientales o problemas de contaminación que puedan surgir en el futuro.

El decreto establece las condiciones y requisitos para la constitución de garantías financieras incluyendo la evaluación de riesgos y costos asociados al cierre y postcierre de las instalaciones, así como la periodicidad de revisión y ajuste de las garantías. También establece el procedimiento para su liberación una vez que se demuestre que las obligaciones de cierre y postcierre se han cumplido adecuadamente.

Además, este real decreto promueve la transparencia y la participación pública, al requerir la información accesible al público sobre las garantías financieras, al fomentar la participación de la sociedad en los procesos de autorización y seguimiento de las instalaciones generadoras de residuos peligrosos.

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

Su objetivo es mejorar la gestión de los residuos, minimizar los impactos ambientales y promover la transición hacia una economía circular. El decreto establece normas y requisitos para la operación y supervisión de áreas afectadas.

Una de las principales disposiciones del decreto es la prohibición del depósito de residuos reciclables o valorizables en vertederos, promoviendo así su recuperación y reciclaje. Además, se fomenta la separación previa de residuos en origen para reducir la cantidad de desechos destinados a vertederos.

El real decreto 646/2020 introduce medidas para garantizar la seguridad y controlar los vertederos existentes, incluyendo la motorización de emisiones y la prevención de posibles impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente.

Asimismo, se establecen criterios técnicos para la ubicación y diseño de nuevos vertederos, con el fin de minimizar su impacto en el entorno. Se promueve la restauración de las áreas afectadas por vertederos que hayan dejado de operar, asegurando su rehabilitación y regeneración.

2.3 Marco legislativo autonómico

- Decreto 131/2021, de 6 de abril, por el que se aprueba el plan integral de residuos de Andalucía. Hacia una economía circular en el horizonte 2030.

Este plan representa un marco estratégico que establece las directrices y medidas clave para la gestión sostenible de residuos en Andalucía hasta el año 2030.

El plan se estructura en torno a varios ejes fundamentales:

1. Prevención y reducción de residuos: El plan promueve una reducción significativa en la generación de residuos, fomentando la economía circular y la minimización de recursos en la producción y consumo. Esto incluye estrategias para reducir los envases y envoltorios innecesarios, así como promover la reutilización y el diseño ecológico de productos.
2. Reciclaje y valorización: Se establecen metas ambiciosas para aumentar las tasas de reciclaje y valorización de residuos. Se busca mejorar la recogida selectiva, aumentar la calidad de los materiales reciclados y promover tecnologías avanzadas de tratamiento de residuos.
3. Residuos peligrosos y suelos contaminados: El plan aborda la gestión segura de residuos peligrosos y establece medidas para rehabilitación de suelos contaminados, protegiendo así la salud pública y el medio ambiente.
4. Responsabilidad ampliada del productor (RAP): Se implementa un enfoque de responsabilidad compartida entre productores, distribuidores y consumidores, con el fin de garantizar que los productos sean gestionados adecuadamente al final de su vida útil. Esto incentiva la ecoeficiencia y la responsabilidad ambiental de las empresas.

5. Participación y sensibilización: El plan promueve la participación activa de la sociedad civil y las partes interesadas en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de residuos, y busca aumentar la concienciación pública sobre la importancia de la gestión sostenible de los residuos.

El plan integral de residuos de Andalucía se alinea con las directrices europeas y nacionales sobre residuos y sostenibilidad, buscando avanzar hacia una economía circular en la región.

- Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el reglamento de residuos de Andalucía

Este decreto proporciona un marco normativo detallado para la gestión y tratamiento de residuos en Andalucía.

Este reglamento establece una serie de disposiciones clave:

1. Definiciones y clasificación de residuos: Define los diferentes tipos de residuos y los clasifica según su peligrosidad origen y otras características relevantes, lo que facilita la gestión adecuada y la toma de decisiones.
2. Responsabilidad de los productores y generadores: Establece las obligaciones de los productores y generadores de residuos para minimizar la generación de residuos y garantizar la correcta gestión de los mismo y cumplir con la responsabilidad ampliada del productor (RAP).
3. Gestión de residuos peligrosos: Establece requisitos específicos para la gestión segura de residuos peligrosos, incluyendo su almacenamiento, transporte y tratamiento, para proteger la salud humana y el medio ambiente.
4. Instalaciones de gestión de residuos: Regula la autorización, funcionamiento y control de las instalaciones de tratamiento y eliminación de residuos, como vertederos, plantas de reciclaje y otras infraestructuras.
5. Planificación y programas de gestión de residuos: Exige la elaboración y aplicación de planes y programas de gestión de residuos a nivel regional y local, garantizando una gestión coordinada y sostenible de los residuos en Andalucía.
6. Educación ambiental y sensibilización: Promueve la educación ambiental y la concienciación pública sobre la gestión adecuada de los residuos y la importancia de la economía circular.

- Ley 3/2023, de 30 de marzo, de economía circular de Andalucía

Esta ley representa un paso significativo hacia un desarrollo más sostenible en la región. Su principal objetivo es la promoción de la economía circular, un enfoque que busca reducir al máximo los desperdicios y aprovechar los recursos de manera eficiente.

Esta legislación establece un marco integral para avanzar hacia una economía circular en Andalucía, abordando aspectos clave.

En primer lugar, se enfoca en la prevención de residuos como prioridad alentando la eco-innovación y el diseño sostenibles de productos y procesos. Asimismo, fomenta el reciclaje y la valorización de residuos, reduciendo la cantidad de desechos destinados a vertederos. La responsabilidad ampliada del productor es otro aspecto importante, incentivando a las empresas a asumir un papel activo en la gestión de productos al final de su vida útil.

La ley también tiene un fuerte enfoque en la educación y la concienciación, promoviendo la importancia de la economía circular entre la población y las empresas. Además, busca estimular la colaboración entre el sector público y privado para impulsar la investigación y la innovación en prácticas y tecnologías circulares.

- Orden de 4 de septiembre de 2023 por la que se establecen las bases reguladoras de la concesión de subvenciones, en régimen de concurrencia competitiva, destinadas a proyectos de implantación, ampliación o mejora de la recogida separada de biorresiduos destinados a instalaciones específicas de tratamiento biológico, dentro del plan de apoyo a la implementación de la normativa de residuos, en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia, financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU.

2.4 marco municipal

- Ordenanza de la limpieza pública y gestión municipal de residuos urbanos

Marco legal que regula la gestión de residuos y la limpieza de espacios públicos en el municipio. Esta normativa establece directrices para la recolección, tratamiento y disposición de los residuos, con la intención de promover una gestión eficiente y sostenible de los mismos. Se enfatiza la



importancia de la separación de residuos en origen para fomentar el reciclaje y reducir la cantidad de desechos enviados a vertederos. La ordenanza también incluye disposiciones para la gestión adecuada de residuos peligrosos y establece horarios para la disposición de basura en los contenedores públicos.





CAPÍTULO III: CONTEXO PREVIO



3. Situación actual

La gestión de residuos se ha convertido en uno de los desafíos más relevantes en la sociedad actual, a medida que su producción aumenta y su impacto en el entorno y en la economía se vuelve más notorio.

En los últimos años, hemos observado como a pesar de que hay mucho camino por recorrer, debido a una concienciación de la población, los residuos recolectados han ido disminuyendo poco a poco.

En España en el año 2020 se recogieron un total de 22,4 millones de toneladas de residuos, un 1,5% menos que en el año 2019. Como se puede observar en la gráfica 1. También podemos observar la tendencia decreciente en los últimos años. En términos per cápita, en España en 2020 se recogieron 473,3 Kg de residuos por persona.

Recogida de residuos urbanos

Unidad: millones de toneladas

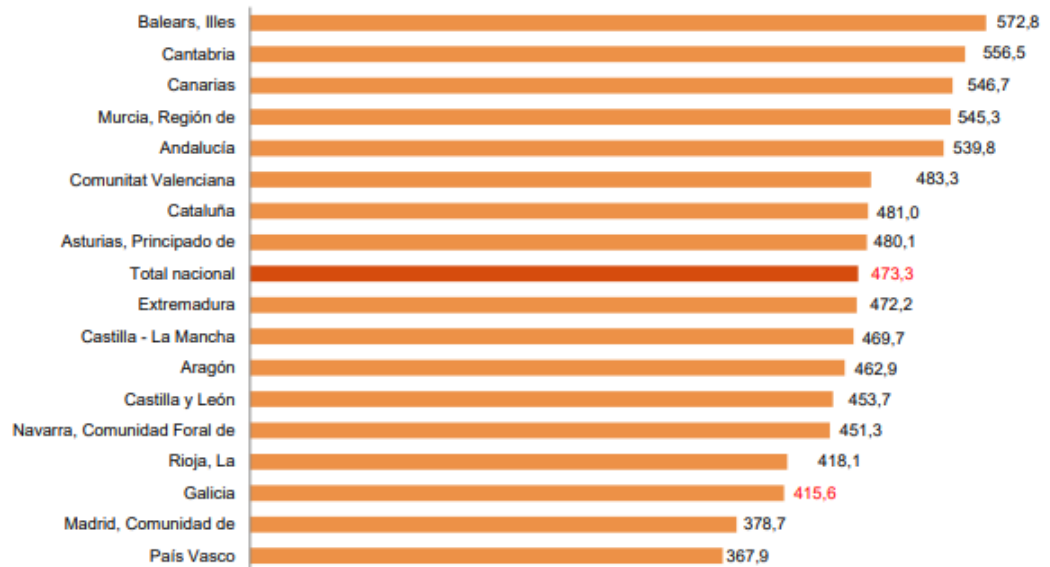


Gráfica 1: Millones de toneladas generadas a nivel nacional. Fuente: https://www.ine.es/prensa/residuos_2020

Centrándonos en Andalucía, en el año 2020, se recogieron un total de 4.579,8 millones de toneladas de residuos, y cada persona generó un total de 539,8 kg de residuos, siendo este valor bastante más elevado que la media nacional, concretamente un 12,3% mayor.

Recogida de residuos urbanos por comunidad autónoma. Año 2020

Unidad: kilogramos por habitante



Gráfica 2: Recogida de residuos urbanos por comunidad autónoma. Año 2020. Fuente: https://www.ine.es/prensa/residuos_2020.pdf

La disposición predominante de estos desechos es en vertederos, una opción que es poco aconsejable tanto desde la perspectiva ambiental como por la fuerte presión territorial en algunas regiones. La legislación en el ámbito de los desechos, como la directiva 2008/98/CE y la Ley de Residuos y Suelos Contaminados (Ley 22/2011), establece una jerarquía en el tratamiento de desechos, con la siguiente secuencia de prioridades:

1. Prevención
2. Preparación para la reutilización
3. Reciclaje
4. Otras formas de revalorización, como la revalorización energética
5. Eliminación

En consecuencia, en el corto y medio plazo, se tornará necesario construir infraestructuras para el pretratamiento, clasificación y valorización material y energético, así como para la eliminación de los residuos no aprovechables antes de recurrir al vertedero. Esto resulta especialmente importante en ciudades como Málaga, donde el espacio disponible para la disposición de desechos se está agotando. Todo esto conllevará a una nueva situación en la que los enfoques de producción serán distintos a los que conocemos, y la eficiencia se convertirá en un aspecto fundamental.

Por lo tanto, la gestión de desechos deberá adoptar nuevos enfoques que busquen sistemas más eficientes para toda la cadena de gestión, desde la recolección selectiva hasta los diversos tipos de tratamiento, y culminando con la reintroducción de los productos recuperados de los desechos. En definitiva, se trata de seleccionar para cada tipo de residuo aquel sistema que, con el menor

consumo de recursos (energía, recursos económicos, etc.), logre mejorar los aspectos ambientales y la protección de la salud humana.

4. Contenedores de reciclaje. Tipos y clasificación

Los contenedores de reciclaje desempeñan un papel esencial en la gestión de residuos. Facilitan la recolección selectiva de diferentes tipos de materiales, lo que a su vez permite su procesamiento y reciclaje, contribuyendo a la conservación de recursos naturales, la reducción de la contaminación y la mitigación del impacto ambiental.

Antes de enumerar los distintos tipos de contenedores existentes vamos a describir la composición de los desechos urbanos, estos varían según tres factores: El nivel de vida de la población, sus actividades y el clima de la región. Estos factores influyen en los productos consumidos y utilizados, que en última instancia generan los correspondientes residuos. En España, la producción promedio de los diversos componentes de los desechos urbanos se desglosa de la siguiente manera:

- A) Materia Orgánica (33,7%): Procedente de restos de alimentos y actividades relacionadas con la jardinería, como poda, rastrillado de campo, corte de césped...
- B) Papel y cartón (16,9%): Esta fracción cada vez más se recoge en la fuente de origen, ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años.
- C) Plástico (8,8%): Es un material de uso generalizado en la sociedad actual. Debido a su versatilidad, bajo costo, facilidad de producción y resistencia a factores ambientales, se utiliza en una amplia gama de productos, desde bolsas de plástico hasta ordenadores y partes de vehículos.
- D) Vidrio (9%): Se estima que el consumo de vidrio en España es de 33 kilogramos por persona y año aproximadamente lo que contribuye significativamente al volumen total de desechos urbanos.
- E) Metales férricos y no férricos (3,9%): La hojalata, que se usa en envases de alimentos y contenedores industriales, es el compuesto principal de hierro en los residuos urbanos. El aluminio, utilizado en envases de bebidas y envases tipo Tetra Brik, es el material no férrico más abundante.

- F) Madera (2,9%): por lo general, se presenta en forma de muebles.
- G) Otros (12,6%): Este grupo es variado y algunos de sus elementos pueden considerarse residuos peligrosos debido a su naturaleza diversa, lo que requiere una atención y gestión especial.

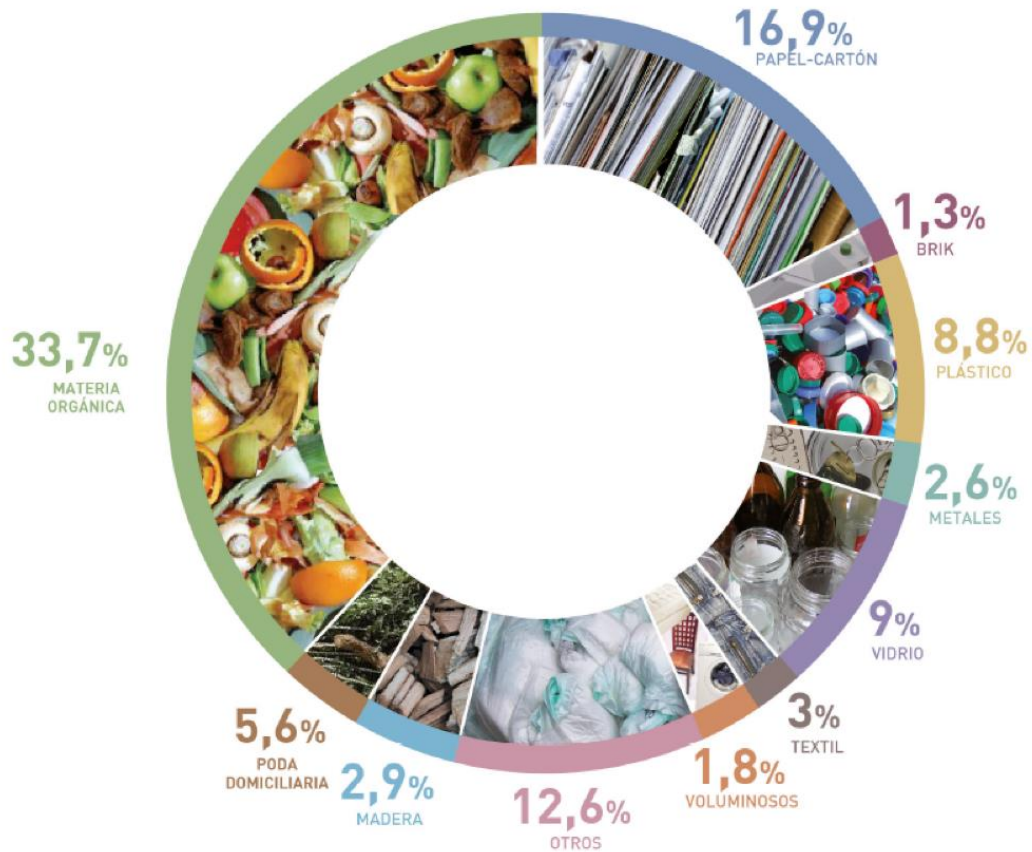


Imagen 1. Composición RSU. Fuente: Mancomunidad comarcal de Pamplona. mankomunitatea

Una vez detallada la composición de los residuos sólidos urbanos se van a describir los principales tipos de contenedores de reciclaje utilizados en España:

1. Contenedor de papel y cartón (contenedor azul)

Este contenedor está destinado a la recolección de productos de papel y cartón, como periódicos, revistas, cajas de cartón, folletos y otros envases de papel. Estos materiales se recogen de forma separada para su posterior reciclaje, donde se convierten en nuevos productos.

2. Contenedor de vidrio (contenedor verde)

Los contenedores de vidrio se utilizan para la recogida selectiva de botellas, frascos y otros envases de vidrio. Después de su recolección, el vidrio se lava,

se funde y se moldea, convirtiéndose en nuevos envases, reduciendo de esta forma la necesidad de fabricar nuevos envases disminuyendo de esta forma la huella ambiental.

3. Contenedor de plástico (contenedor amarillo)

Los contenedores de plástico permiten la separación de envases de alimentos, botellas y otros envases de plástico. Los plásticos recolectados se reciclan convirtiéndose en otros envases, textiles y componentes automotrices.

4. Contenedor de residuos orgánicos (contenedor marrón)

El contenedor marrón se utiliza para la recolección de residuos orgánicos. Los residuos orgánicos son materiales biodegradables, como restos de comida, cáscaras de fruta y verdura, posos de café y otros desechos de origen natural.

El propósito principal de este contenedor es facilitar el reciclaje de los residuos orgánicos, los cuales, sometidos a un proceso de compostaje, se convierten en fertilizante mejorando la calidad del suelo.

El uso de contenedores marrones y el compostaje de residuos orgánicos tiene los siguientes beneficios:

- Reducción de residuos en vertederos; Al reciclar los residuos orgánicos, se reduce la cantidad de residuos que terminan en vertederos lo que contribuye a la prolongación de la vida útil y a la disminución de la contaminación ambiental.
- Productos de compost: El compost obtenido se utiliza para enriquecer el suelo, mejorar la estructura u aumentar la capacidad de retención de agua, lo que beneficia a la agricultura y la jardinería.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero: La minimización del vertido de residuos orgánicos, permite que no exista fermentación de los mismos, consiguiendo que disminuya la producción de metano, y por tanto, que el mismo pueda emitirse a la atmósfera.

5. Contenedor resto (contenedor gris)

El contenedor de residuos gris se utiliza para la disposición de residuos no reciclables o residuos mixtos, que no pueden ser reciclados a través de los contenedores de reciclaje específicos como colillas, pañales, compresas, polvo...

6. Contenedores especiales

Además de los contenedores más comunes mencionados anteriormente, también existen otros menos comunes como son:

- Contenedor de metales
- Contenedor de pilas y baterías
- Contenedor de ropa y textiles
- Contenedor de aceite de cocina
- Contenedor de residuos peligrosos
- Contenedor de residuos de construcción
- Contenedor de residuos de jardinería

La imagen 2 muestra los distintos tipos de contenedores explicados anteriormente.



Imagen 2. Tipos de contenedores. Fuente: ecoenvases.com

5. Recogida Separada de Materia Orgánica.

Como veremos más adelante, se va a proponer implantar el uso del contenedor marrón, destinado a la recogida de la materia orgánica de forma más extendida, por lo que vamos a estudiar el método de implantación en Pamplona donde ha obtenido buenos resultados.

En 2016 se realizó un proyecto piloto en los barrios de Azpilagaña y nuevo Artica en el cual se pone en práctica la recolección de materia orgánica mediante el contenedor marrón. Para realizar este cambio de manera adecuada se implementó con un sistema de control de acceso a los contenedores mediante una tarjeta magnética, para que el porcentaje de impropios (residuos depositados incorrectamente en un contenedor) se mínimo.

Se realizó una fase de información y distribución de tarjetas, informando a la población de qué forma realizar la separación de estos residuos y realizando un proceso de concienciación. Esta fase de información se desarrolló a partir de mayo de 2018 con duración hasta junio de 2019.

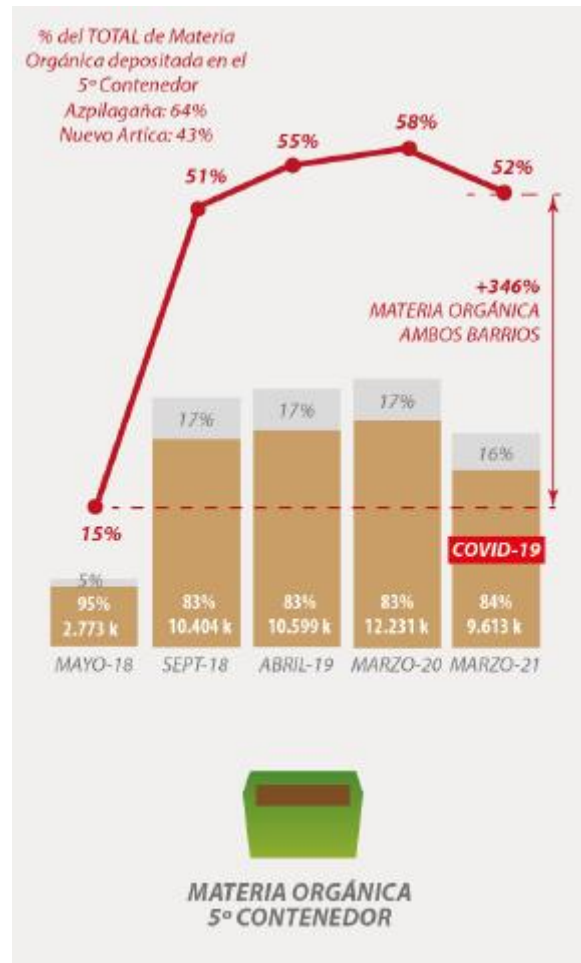


Imagen 3. % total de MO depositada en el 5º contenedor. Fuente: Mancomunidad comarcal de Pamplona mankomunitatea

Podemos observar cómo en mayo de 2018 hubo una pobre participación por parte de la población debido a que todavía no había surgido efecto la fase de información y concienciación, pero en septiembre se consiguió aumentar el porcentaje de materia orgánica depositada en el contenedor marrón de un 15 a un 51%, obteniendo un porcentaje de impropios del 17 %. En los meses sucesivos estos valores de materia orgánica recolectada han ido aumentando hasta llegar a marzo de 2021, que con la llegada de la pandemia se han visto reducidos.

6. Planta de recuperación de residuos

Una planta de recuperación de residuos constituye un centro especialmente concebido para procesar y recuperar elementos valiosos provenientes de los desechos sólidos urbanos y otros tipos de residuos. El propósito de estas instalaciones es la segregación, clasificación y tratamiento de diversos tipos de materiales reciclables, con el fin de disminuir la cantidad de residuos destinados a depósitos de desechos y fomentar la reutilización de recursos.

Existen varios tipos de plantas de recuperación de residuos, cada una con enfoques y tecnologías específicas. Entre los tipos más frecuentes se encuentran:

- A. Plantas de clasificación manual: En estas instalaciones, trabajadores participan en la separación manual de materiales reciclables de los desechos. Los operarios seleccionan y separan diferentes tipos de materiales según su composición (plástico, papel, vidrio, metales, etc.).
- B. Plantas de clasificación automatizada: Estas plantas emplean tecnologías como cintas transportadoras, sensores y separadores magnéticos para automatizar el proceso de separación. Estos sistemas son capaces de identificar y separar materiales en función de sus propiedades físicas y magnéticas.
- C. Plantas de triaje mecánico-Biológico (MBT): Combinan la clasificación mecánica y biológica. Los residuos se someten a procesos de cribado, separación y compostaje con el fin de recuperar materiales reciclables y materia orgánica.
- D. Plantas de valorización energética: Estas instalaciones concentran sus esfuerzos en convertir los residuos en energía. Mediante incineración controlada de los desechos, se produce calor que posteriormente puede transformarse en electricidad o en calor útil.

Las etapas habituales de una planta de recuperación de residuos pueden variar según el tipo de instalación y los procedimientos que involucre. Aun así, algunas etapas comunes son:

1. Recepción y almacenamiento: Los desechos son recibidos y almacenados temporalmente en la instalación para su posterior procesamiento.

2. Pretratamiento: Los desechos pueden someterse a operaciones de triturado, cribado y eliminación de impurezas antes de pasar a las etapas de clasificación.
3. Clasificación y separación: Ya sea empleando métodos manuales, automáticos o una combinación de ambos, se agrupan los materiales en reciclables y no reciclables.
4. Compresión y embalaje: Los materiales reciclables son compactados y empaquetados en fardos, con objetivo de simplificar su transporte y comercialización.
5. Tratamiento de materia orgánica: En situaciones de Plantas de triaje mecánico-biológico o en plantas de compostaje, los componentes orgánicos son descompuestos para generar compost o biogás.
6. Tratamiento de los desechos no reciclables: Aquellos desechos que no pueden ser recuperados o reciclados pueden ser tratados para su valorización energética, tal y como ocurre en el caso de la incineración.
7. Gestión de subproductos: Los materiales recuperados, como el papel, cartón, plásticos, vidrio y metales, son gestionados con miras a su posterior comercialización y reciclaje.
8. Control y supervisión: A lo largo de todo el proceso, se efectúan controles de calidad y supervisión para garantizar que los materiales cumplan con los estándares y que el proceso transcurra de manera segura y eficiente.

Las instalaciones de recuperación de residuos desempeñan un papel esencial en la gestión sostenible de los desechos, contribuyendo a reducir la cantidad de materiales enviados a vertederos y a fomentar la reutilización y el reciclaje de recursos valiosos.

7. Tipo de tratamientos biológicos

El tratamiento biológico de los residuos de entrada es un proceso que utiliza microorganismos y procesos biológicos para descomponer y transformar los residuos orgánicos en materiales más estables y menos contaminantes. Este método es especialmente adecuado para tratar residuos orgánicos como restos de alimentos, desechos vegetales, papel, cartón, y otros materiales biodegradables.

Existen varios enfoques dentro del tratamiento biológico de residuos de entrada:

1. **Compostaje:** en este proceso los residuos orgánicos se mezclan y se someten a condiciones controladas de temperatura, humedad y oxigenación. Los microorganismos, como bacterias y hongos, descomponen los materiales orgánicos en compost, que es un producto final rico en nutrientes y útil como fertilizante para el suelo
2. **Digestión anabólica:** En esta técnica, los residuos orgánicos se descomponen en ausencia de oxígeno mediante la acción de microorganismos anaeróbicos. Esto genera biogás, que está compuesto principalmente de metano y dióxido de carbono, y se puede utilizar como fuente de energía.
3. **Lombricompostaje:** Las lombrices se utilizan para descomponer los residuos orgánicos en un proceso conocido como vermicompostaje. Las lombrices consumen los residuos y excrementan un material llamado vermicompost, que es altamente nutritivo y beneficioso para el suelo.
4. **Tratamiento de aguas residuales:** en el caso de residuos líquidos, como aguas residuales municipales, se utilizan procesos biológicos para descomponer los contaminantes orgánicos presentes en el agua. Estos procesos incluyen lodos activados, lagunas de estabilización y sistemas de fangos activados.

El tratamiento biológico es una forma eficaz de gestionar los residuos orgánicos, ya que reduce la cantidad de residuos que van a los vertederos y minimiza la liberación de gases de efecto invernadero y olores desagradables asociados a la descomposición anaeróbica en vertederos. Además, puede generar productos útiles, como compost y biogás, que pueden ser utilizados en la agricultura como fuente de energía renovable. Sin embargo, se requiere un control adecuado de las condiciones del proceso para asegurar un tratamiento efectivo y evitar problemas ambientales.

8. Diseño planta de separación y tratamiento de residuos

Diseñar una planta de separación y tratamiento de residuos implica considerar varios aspectos para asegurar su eficiencia, seguridad y cumplimiento de regulaciones ambientales. A continuación, se presenta una estructura para el diseño de este tipo de planta:

1. Ubicación y diseño

Para elegir una ubicación apropiada es crucial analizar factores como la accesibilidad, proximidad a áreas urbanas y el cumplimiento de las normativas locales. Además, es necesario planificar como se distribuirá el terreno y las estructuras, definiendo zonas específicas para la recepción clasificación, procesamiento almacenamiento y distribución de los residuos.

2. Recepción y almacenamiento inicial

En esta fase, se debe diseñar una zona de recepción que cuente con básculas y áreas de descarga destinadas a los residuos entrantes. También es esencial crear espacios de almacenamiento temporal para los desechos antes de que comience su proceso de tratamiento.

3. Pretratamiento

Para lograr una adecuada preparación de los residuos, es necesario incorporar equipos que permitan triturar, cribar y eliminar elementos no deseados como contaminantes y objetos no reciclables de gran tamaño.

4. Clasificación y separación

El diseño debe contemplar áreas específicas tanto para la clasificación manual como para automatizada de los residuos. En esta etapa, se emplearán cintas transportadoras, tambores de cribado, separadores magnéticos y otros dispositivos para separar de manera eficaz los diversos tipos de materiales.

5. Compactación y embalaje

Para facilitar el almacenamiento y transporte de los materiales reciclables, es fundamental crear espacios que permitan su compactación eficiente y el embalaje adecuado del mismo.

6. Tratamiento de materia orgánica

En el caso de aptar por el compostaje, es indispensable diseñar áreas específicas con control preciso de humedad y temperatura, Además se deben incorporar equipos como volteadoras de compost y zonas de maduración para garantizar el éxito de esta fase.

7. Gestión de subproductos

Para asegurar una gestión efectiva de los subproductos, es necesario planificar espacios para el almacenamiento y manejo de materiales como papel, cartón, plásticos, vidrio y metales. Además, se deben considerar áreas específicas para el almacenamiento y gestión del compost generado.

8. Infraestructura de subproductos

La inclusión de espacios destinados a oficinas administrativas, vestuarios y zonas de descanso para el personal es esencial en cualquier diseño. Además, asegurar el suministro de agua, electricidad y sistemas de tratamiento de aguas residuales es fundamental para el funcionamiento óptimo de la planta.

9. Control y monitoreo

La instalación de sistemas de monitoreo para supervisar procesos, emisiones y seguridad es esencial para asegurar un funcionamiento eficiente y seguro. Asimismo, es importante diseñar áreas destinadas a laboratorios que permitan controlar la calidad de los procesos.

10. Seguridad y normativas ambientales

Cumplir con las regulaciones locales y nacionales relacionadas con el tratamiento de residuos y las emisiones es un aspecto crítico. Además, es fundamental diseñar medidas de seguridad que prevengan accidentes y mitiguen riesgos.

11. Capacitación y sensibilización

Para un funcionamiento exitoso, se deben definir espacios destinados a la capacitación del personal en temas relacionados con la seguridad, el manejo de residuos y los procedimientos propios de la planta.

12. Sostenibilidad y eficiencia

La integración de prácticas de eficiencia energética y gestión de recursos en el diseño de la planta es esencial para reducir el impacto ambiental.

13. Plan de emergencia y contingencia

Diseñar protocolos de actuación que aborden situaciones de emergencia como incendios, fugas químicas y otros eventos similares es fundamental para garantizar la seguridad y la integridad de la planta y su entorno.



CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS



9. Análisis de los sistemas de gestión de residuos

En este apartado se describirán cada uno de los procesos que forman parte en este estudio. Por un lado, se analizará el modelo actualmente en funcionamiento, enumerando los municipios que forman parte de este análisis y las etapas en las que se descompone el sistema de tratamiento. También se detallará el sistema de tratamiento propuesto reseñando las diferencias principales en cuanto al modelo actual.

9.1 Modelo actual

Para la realización de este proyecto se ha llevado a cabo un estudio del proceso actual que siguen los residuos generados por la población hasta llegar al vertedero.

En primer lugar, es necesario definir los distintitos municipios que forman parte del estudio para poder determinar el alcance del mismo. A continuación, se muestra una tabla en la se contemplan los distintos municipios incluidos en este estudio y el número de habitantes que lo componen.

MUNICIPIO	N.º HABITANTES
Alcaucín	2.487
Algarrobo	6.625
Almáchar	1.840
Árchez	396
Arenas	1.249
Benamargosa	1.519
Benamocarra	3.085
El Borge	921
Canillas de Aceituno	1.722
Canillas de Albaida	796
Comares	1.320
Cómpeta	3.814
Cútar	590
Frigiliana	3.282
Iznate	899
Macharaviaya	513
Moclinejo	1.243
Nerja	21.450
Rincón de la Victoria	50.569

Salares	175
Sayalonga	1.564
Sedella	598
Torrox	19.997
Totalán	750
Vélez-Málaga	83.899
La Viñuela	2.106
TOTAL	213.409

Tabla 1. Municipio incluidos en el estudio. Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar, el estudio está compuesto por 26 municipios y un total de 231.409 habitantes, datos obtenidos en el año 2022.

El siguiente dato necesario para continuar es el número de toneladas recogidas al año en cada uno de estos municipios. En la siguiente tabla se muestra el número total de Kg de residuos recogidos en el contenedor gris en el año 2022 en cada uno de los municipios mencionados. Se obtiene un total de 97.167,407 Kg recogidos por el contenedor gris en el año 2022 o lo que es lo mismo, 97.167 toneladas de residuos.

MUNICIPIO	POBLACIÓN	TOTAL ANUAL/KILOS
Alcaucín	2.366	1.459.510
Algarrobo	6.551	3.650.070
Almáchar	1.843	599.039
Árchez	398	154.159
Arenas	1.181	457.443
Benamargosa	1.535	498.928
Benamocarra	3.030	984.854
El Borge	906	294.482
Canillas de Aceituno	1.704	1.312.843
Canillas de Albaida	811	314.129
Comares	1.349	613.380
Cómpeta	3.866	1.487.880
Cútar	602	195.671
Frigiliana	3.198	1.238.697
Iznate	912	296.431
Macharaviaya	524	170.318
Moclinejo	1.244	404.342
Nerja	21.018	13.077.560
Rincón de la Victoria	49.790	19.036.270
Salares	173	67.008
Sayalonga	1.614	625.158

Sedella	592	229.303
Torrox	18.937	7.604.055
Totalán	725	235.650
Vélez-Málaga	82.967	41.382.270
La Viñuela	2.045	777.957
Total Kg/año		97.167.407
Total Tn/ año		97.167

Tabla 2. Cantidad de residuos generada por municipio en 2022. Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar, que esta cantidad de residuos corresponden exclusivamente a los residuos depositados en el contenedor gris, para este estudio no tenemos en cuenta los demás tipos de residuos (cartón, papel, vidrio, envases...) ya que, aunque son recolectados por el servicio municipal de recogida de residuos, Ecoembes es la encargada de su tratamiento y reciclaje.

El sistema de gestión actual se divide en dos etapas. La primera etapa implica la recopilación y transporte de residuos desde los distintos municipios hasta la estación de transferencia "La Taramilla". Este transporte se realiza mediante vehículos recolectores convencionales, capaces de almacenar hasta 9 m³ de RSU.

En cuanto a la segunda etapa, esta comprende el transporte de todos los residuos recogidos por el contenedor gris desde la estación de transferencia "La Taramilla" hasta la planta de tratamiento de Valsequillo. En este proceso se utilizan vehículos de transferencia, con una capacidad máxima de 30 m³. La planta de transferencia "La Taramilla" recibe diariamente en torno a 260 toneladas de residuos.

Esto implica que 97.167 toneladas de residuos son transportadas 98.2km desde Vélez-Málaga hasta el complejo medio ambiental Valsequillo, lo que supone un impacto medioambiental alto generando una gran huella de carbono y el incumplimiento de lo dictado por la unión europea, cuyos principales objetivos en cuanto a gestión de residuos son el tratamiento de residuos lo más cercano posible al punto de generación, la reutilización de los residuos y la disminución de vertido a vertederos.

9.2 Modelo propuesto

El sistema de gestión de residuos propuesto consta de cuatro partes. La primera consiste en una implantación más activa del uso del contenedor marrón, poco visible en la zona en la actualidad.

Una segunda etapa contemplaría la recopilación y transporte de los residuos hasta la nueva planta de tratamiento de materia orgánica ubicada en “La Taramilla”.

La tercera parte constaría del tratamiento de esa materia orgánica y su proceso para convertirse en compost. Por último, habría una parte de esos residuos (resto) que se transportaría a la planta de tratamiento de Valsequillo.

Para lograr en cumplimiento de los objetivos establecidos por la unión europea, como es la base de la economía circular, el fomento de la reutilización de los materiales y la reducción de residuos descargados en vertederos, se pretende diseñar una estrategia que contemple una mejora en la separación de los residuos generados por la población, un mayor aprovechamiento de los recursos y una disminución de la huella de carbono generada por el transporte de los residuos.

9.2.1 Primera etapa. Implantación activa del contenedor marrón

En cuanto a la recogida selectiva, en la Axarquía ya se ha implantado el contenedor marrón, responsable de la recogida de materia orgánica, pero la presencia de estos contenedores todavía no es muy notable, lo que supone que gran parte de la población no conoce la existencia de estos contenedores ni cuál es su principal función. Para impulsar el uso de este contenedor y optimizar la recogida selectiva en el origen se proponen las siguientes actuaciones:

- Campaña informativa y de concienciación ciudadana por medio de radio y repartiendo folletos informativos. También se propone dar charlas informativas en los colegios e institutos para concienciar a los niños de la importancia del reciclaje y la separación de los residuos.
- Fomentar el compostaje doméstico y comunitario en áreas rurales donde las cantidades de residuos son reducidas y la distancia recorrida para la recolección de los residuos es elevada.
- Repartir kits gratuitos para el reciclaje, como cubos para separar los distintos tipos de residuos o bolsas compostables.
- Aumentar el número de contenedores de materia orgánica para dar más visibilidad y facilitar su uso a la población.

Estas acciones no se llevarán a cabo en todos los municipios a la vez, sino que se realizará una prueba piloto en los centros de los municipios con mayor

densidad de población y poco a poco se irá haciendo extensible a otras zonas hasta acabar implantándose en la totalidad del territorio.

Con todas estas modificaciones se pretende mejorar la recogida selectiva de residuos y que esta sea de mayor calidad. Estas acciones deben de ser observadas y controladas para poder estudiar y verificar su impacto real en la población.

9.2.2 Segunda etapa. Recopilación y transporte

En cuanto a la recopilación y transporte de los residuos desde las distintas localidades hasta la planta de tratamiento “La Taramilla” no habrá cambios, ya que este mismo transporte sigue siendo necesario para la gestión de los residuos.

9.2.3 Tercera etapa. Tratamiento de residuos

Esta etapa es la más importante ya que es en la que se centra este estudio, aquí será donde los residuos pasen por un tratamiento para separar la materia orgánica de otros residuos que no pueden ser tratados por este sistema y se realizará el tratamiento biológico convirtiendo la materia orgánica en compost. En el apartado 10 (Diseño de la planta) se realizará un estudio en profundidad de esta etapa.

9.2.4 Cuarta etapa. Transporte de la parte resto al complejo Valsequillo

Como hemos visto a lo largo del proceso de tratamiento de la materia orgánica, hemos ido almacenado resto de material que por diversas razones no han podido ser aprovechadas para la generación de compost y no pueden ser reutilizadas.

Estos residuos, depositados en tolvas, serán recogidos por camiones de transferencia y conducidos hasta el vertedero de Valsequillo en Antequera. Esta etapa es idéntica a la que se está realizando actualmente, con la diferencia que, con este modelo propuesto, se transportará una cifra considerablemente inferior de residuos.

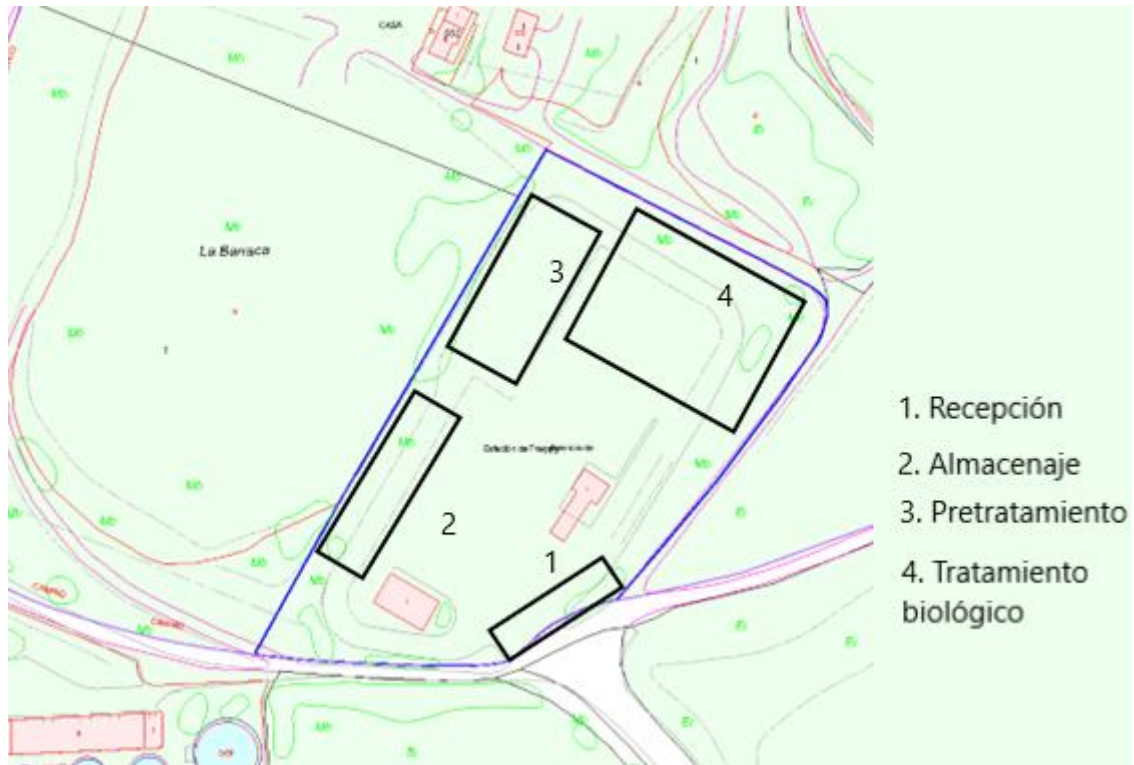


Imagen 5. Croquis disposición planta de tratamiento. Fuente: Elaboración Propia.

10.1 Descripción de las etapas del tratamiento de materia orgánica

En este apartado vamos a diferenciar dos zonas, por un lado, la recepción y el pretratamiento de los residuos y por otro lado el tratamiento biológico de la materia orgánica.

10.1.1 Recepción y pretratamiento

La zona de recepción estará equipada con tecnología que facilita la supervisión de la cantidad de residuos ingresados al centro, estará constituida por una barrera de acceso al recinto automatizada y un área de pesaje con el que se realizará el control del número total de toneladas recolectadas de cada tipo de residuo.

A continuación, los residuos serán almacenados. Los residuos tipo envases, papel/cartón y vidrio serán recogidos en tolvas preparados para ser recogidos por Ecoembes, encargada de su tratamiento.

Los residuos almacenados en el contenedor marrón serán almacenados en un depósito a la espera de pasar a la siguiente estación de tratamiento. De ahí serán transportados mediante un vehículo de pala a la cinta de alimentación de la máquina abre bolsas, a continuación, pasarán por un trómel de criba de 40 mm, también se instalará un separador magnético que retire del proceso los restos metálicos.

SERIE PP: RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS



16

Imagen 6. Cinta transportadora de RSU. Fuente: macpresse.com



Imagen 7. Cinta de transporte fuera de foso con tolva. Fuente: macpresse.com

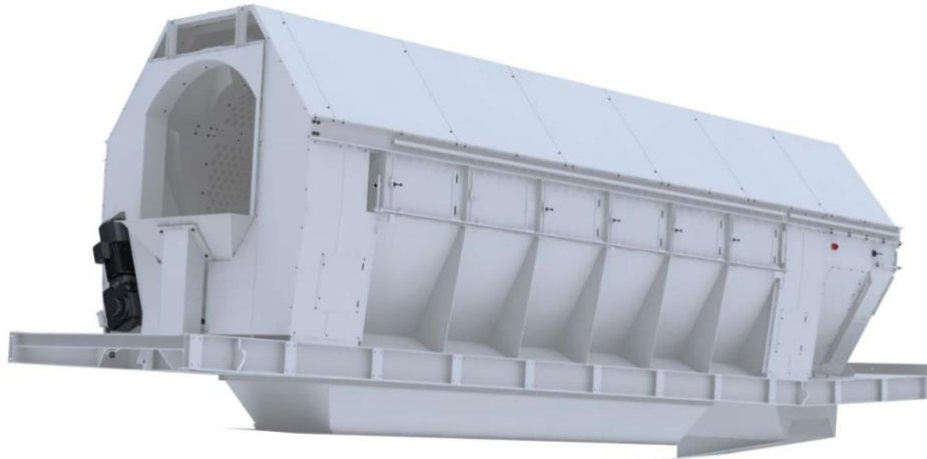


Imagen 8. Trómel de 40 mm. Fuente: Bianna.com

En el trómel se realizará una separación del material, la materia orgánica pasará por los espacios de la criba cayendo a una cinta que los transportará hasta el sistema de tratamiento biológico. Mientras que los residuos de mayor tamaño, no materia orgánica, saldrán del proceso de tratamiento como parte del resto, que se almacenarán para ser transportados al vertedero.

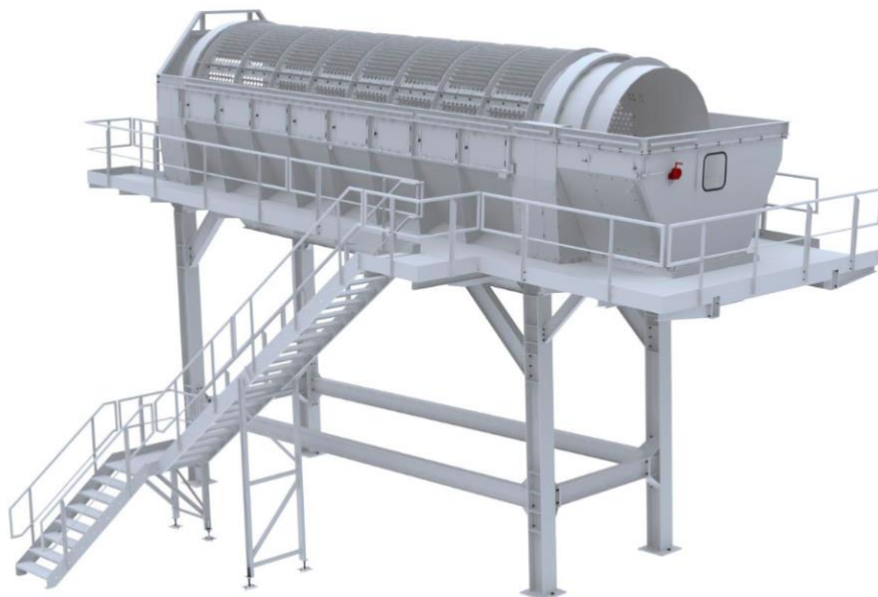


Imagen 9. Trómel de 40 mm. Fuente: Bianna.com

A continuación, se muestra una renderización del proceso que hemos definido en este apartado.



Imagen 10. Renderizado disposición pretratamiento de residuos. Fuente: LIMASAN

En el siguiente apartado se estudiará el proceso que recorre la materia orgánica que ha pasado por la criba y ha sido transportada hasta la entrada del sistema de tratamiento biológico.

10.1.2 Sistema de tratamiento biológico automático

Para realizar este proceso confiaremos en la empresa Sorain Cecchini Tecno, especializada en la construcción de plantas de tratamiento de biorresiduos. Esta firma internacional tiene más de 65 años de experiencia en asuntos relacionados con el tratamiento de residuos y se ha destacado como una de las principales empresas de Europa en su sector, habiendo construido instalaciones de tratamiento de residuos sólidos urbanos en todo el mundo.

Sorain Cecchini pone un fuerte énfasis en la innovación en tecnologías relacionadas con los biorresiduos, teniendo la capacidad de diseñar y construir plantas de tratamiento de residuos con una gran flexibilidad. La eficacia de sus plantas se ha demostrado a nivel mundial, además ponen un fuerte énfasis en el tratamiento integral de los residuos, destacando la recuperación de materiales. Entre sus tecnologías propias destacan el tratamiento de olores a través filtros, la ventilación forzada del reactor de biomasa entre otras.

En cuanto al manejo del material en el reactor de fermentación, se realiza de forma automática, lo que, aunque supone un costo adicional en comparación con un reactor estándar, elimina la necesidad de una volteadora y por ende un operario adicional para poder realizar esta tarea. Las demás etapas mantienen un alto grado de automatización, con cintas transportadoras para el movimiento de materiales dentro de la planta.

Este sistema se compone de un reactor que lleva a cabo el tratamiento de la materia orgánica de manera dinámica y continua, mediante giros sucesivos y aireación forzada por succión.

El suelo en esta instalación está configurado por una capa de grava, ya que este material no es compacto y permite la adecuada circulación de aire. Bajo la capa de grava, se encuentra una capa de material arcilloso diseñada para prevenir la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas. La superficie del suelo presenta una inclinación que dirige los lixiviados hacia un lateral del reactor.

En el puente se sitúan dos pares de sinfines conectados a un elemento llamado carro. Estos sinfines giran y trasladan el material de un punto a otro a lo largo del reactor para asegurar una distribución uniforme del material. El puente volteador también está equipado con un sistema de riego que se activa cuando se detecta una disminución en la humedad de la biomasa. Este proceso llamado fermentación tiene una duración de unos 15 a 20 días.

Una vez terminado el proceso de fermentación, la materia orgánica va hacia la zona de descarga, donde se ubicará la sección destinada al almacenaje del compost. En el caso de que por alguna circunstancia específica el operario encargado de la supervisión de que el compost se obtiene con la calidad adecuada observe que parte de esta todavía necesite más tiempo de fermentación, la volverá a incluir este de nuevo a la zona de entrada repitiendo el proceso, aunque este caso es poco común. Con este tratamiento de materia orgánica se podrá reutilizar un 30 % de la materia total que se procese.

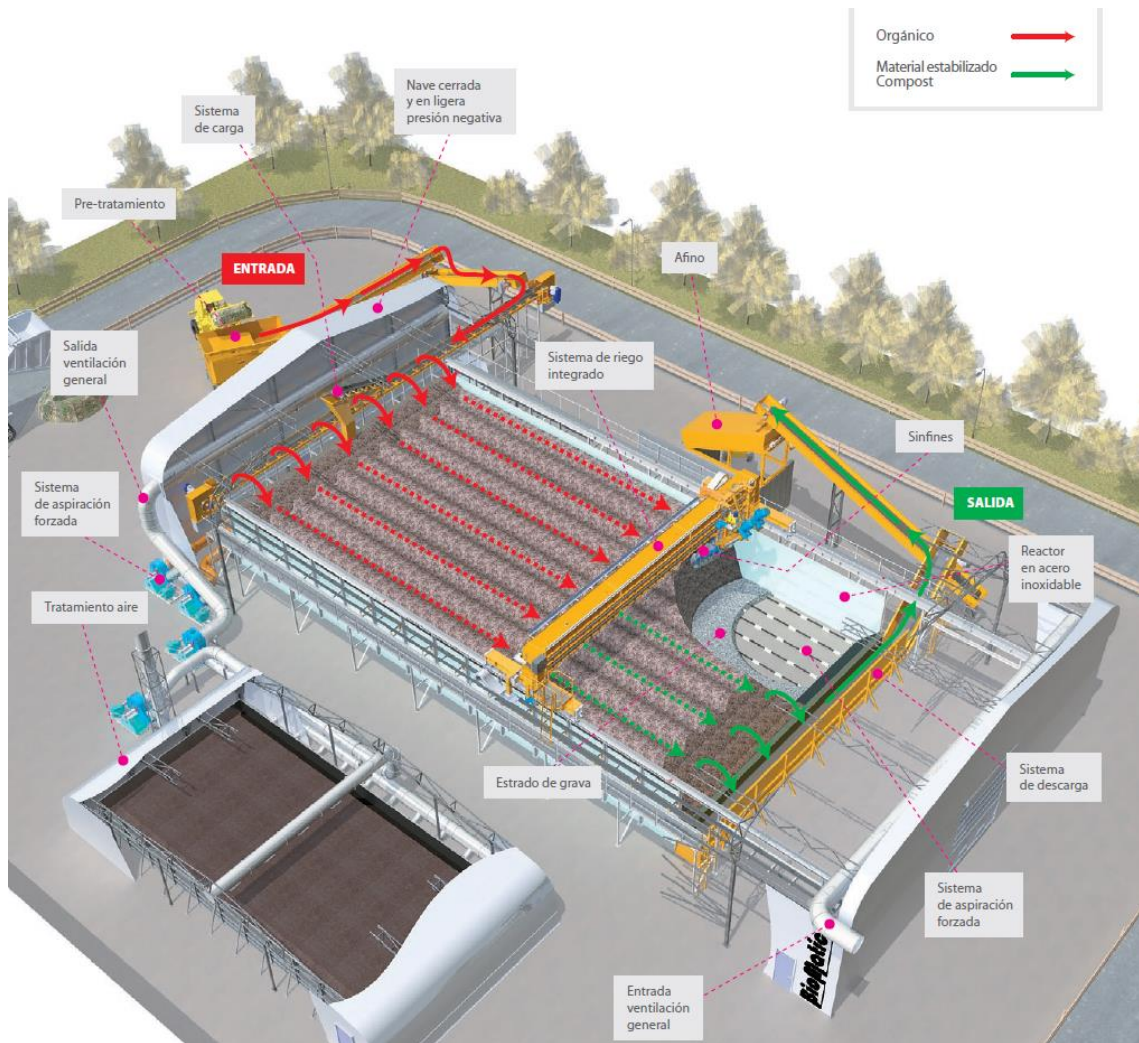


Imagen 11. Sistema de tratamiento automático para la generación de compost. Fuente: www.sctecno.com

Todo este proceso necesita un sistema de eliminación de olores, en este caso se utilizará un filtro biológico el cual está formado por corteza de pino y desempeña un papel fundamental al retener eficazmente sustancias contaminantes y eliminar cualquier posible generación de olores. Para garantizar la eficacia del biofiltro, es esencial mantener un control preciso sobre la humedad de la corteza.

El riego del biofiltro debe ajustarse de manera que la humedad se mantenga uniforme en todos los puntos, manteniéndola dentro de un rango del 55-70 %. Mantener la humedad demasiado alta, >70%, no es aconsejable, ya que podría aumentar la presión en la entrada del biofiltro, lo que a su vez reduciría el caudal de aire aspirado por los ventiladores del sistema de tratamiento de aire.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo donde se puede observar el recorrido que realizan los residuos durante todo el proceso.

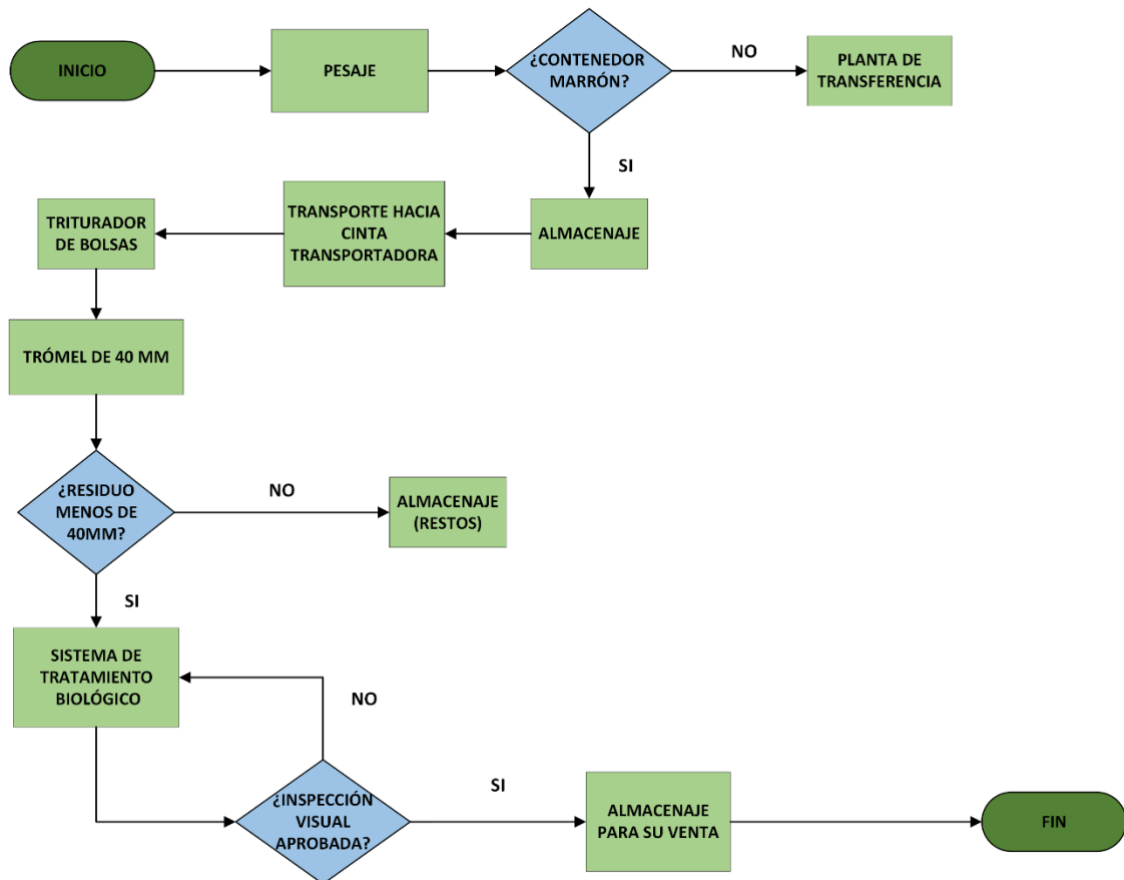


Imagen 12. Diagrama de flujo del proceso. Fuente Elaboración propia.

11. Estudio económico

A continuación, realizaremos un estudio económico de ambos modelos, el que está en funcionamiento actualmente y el propuesto descrito en los apartados anteriores, para una vez obtenidos los costes totales poder llevar a cabo una comparación y definir la viabilidad del nuevo modelo.

Cabe destacar que en este estudio económico no se tendrá en cuenta el proceso de recogida de los residuos desde cada uno de los municipios hasta el recinto “La Taramilla”, ya que este proceso es exactamente el mismo en ambos modelos.

11.1 Modelo Actual

Como ya se ha explicado en el apartado anterior, una vez recolectados los residuos, estos se transportan hasta el complejo medioambiental Valsequillo, Antequera. Por lo que debemos calcular el coste de transporte de estos residuos anualmente. El consorcio provincial de residuos sólidos urbanos de Málaga tiene establecido un canon de transporte de residuos desde Vélez- Málaga hasta Antequera de 54,96 €/Tonelada. Por lo que una vez conocido este dato obtenemos:

$$\text{Coste de transporte} = 54,96 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} \cdot 97.167 \text{ Tn}$$

$$\text{Coste de transporte} = \mathbf{5.340.298,32 \text{ €}}$$

Aparte del coste económico también nos interesa conocer el coste medioambiental de este proceso, ya que es un punto muy importante a tener en cuenta. Por lo que vamos a calcular el número total de litros de combustible necesario para transportar las 97.167 Tn.

Teniendo en cuenta que los vehículos de transferencia tienen una capacidad de 30 m³ y que la densidad de la materia orgánica oscila entre los 0,6-0,8 Tn/m³ podemos obtener el número total de viajes que se harían en un año.

$$\text{Capacidad vehículo Tn} = 0,7 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3} \cdot 30 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidad vehículo Tn} = 21 \text{ Tn}$$

$$\text{N}^\circ \text{ viajes} = \frac{97.167 \text{ Tn}}{21 \text{ Tn}} = 4.627 \text{ viajes}$$

Con el número total de viajes y sabiendo que el vehículo de transferencia consume un total de 27 L a los 100km podemos obtener el número de litros de combustible empleado y a partir de este dato los Kg de CO₂ expulsados a la atmósfera.

$$\text{Km por viaje (ida + vuelta)} = 98,2 \cdot 2 = 196,4 \text{ Km}$$

$$\text{Km totales recorridos} = 196,4 \cdot 4627 = 908.742 \text{ Km}$$

$$\text{Litro de combustible total} = 908742 \cdot 0,27 = 245.360,56 \text{ L}$$

$$\text{Kg CO}_2 \text{ generados} = 245.360,56 \cdot 2,68 = \mathbf{657.566,29 \text{ Kg CO}_2}$$

11.2 Modelo Propuesto

En este apartado procedemos a desarrollar los cálculos pertinentes para realizar una comparativa entre el modelo actual y el que proponemos para analizar la viabilidad de la planta de tratamiento biológico.

11.2.1 Coste del no transporte de materia orgánica

En primer lugar, se deben calcular las toneladas de materia orgánica recogidas por el contenedor marrón. Para obtener unos datos fiables, es necesario realizar los cálculos a largo plazo, ya que la implantación del contenedor marrón se ejecutará de forma progresiva y este tendrá un proceso de asimilación por parte de la población y que, con el transcurso de los años, este porcentaje irá aumentando.

De esta forma vamos a llevar a cabo una estimación del porcentaje de recogida anual de materia orgánica en los próximos 10 años, partiendo en el primer año de un 25% de materia orgánica depositada en el contenedor marrón, este porcentaje irá aumentando hasta alcanzar el 60% en el décimo año.

Cabe destacar, como hemos comentado en el apartado 4 (Contenedores de reciclaje. Tipos y clasificación) que a 100 Kg de residuos le corresponden aproximadamente el 33,7% de materia orgánica. Por lo que en este caso si se recolectara el 100% de la materia orgánica obtendríamos un total de 32.745,279 toneladas anuales.

Con estas toneladas totales anuales, el siguiente paso es calcular el coste de no transporte de estas al complejo medioambiental de Valsequillo, esta cantidad será clave, ya que nos marca el límite a partir del cual el sistema no sería viable económicamente.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos durante los diez primeros años de funcionamiento de la planta de tratamiento.

	% Mat.Org recogida	Materia orgánica recogida (Tn)	Ahorro de transporte Mat. Org tratada
Primer año	25%	8.186,32	449.920,13 €
Segundo año	32%	10.478,49	590.295,22 €
Tercer año	38%	12.443,21	718.499,96 €
Cuarto año	43%	14.080,47	833.365,41 €
Quinto año	48%	15.717,73	953.525,07 €
Sexto año	52%	17.027,55	1.058.810,14 €

Séptimo año	55%	18.009,90	1.147.892,72 €
Octavo año	57%	18.664,81	1.219.375,13 €
Noveno año	59%	19.319,71	1.293.714,23 €
Décimo año	60%	19.647,17	1.348.532,63 €

Tabla 3: Recogida toneladas materia orgánica anual y coste. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla, hay una gran diferencia tanto en toneladas recogidas como en el ahorro debido al no transporte de la materia orgánica tratada, partiendo el primer año de un total de 8.186,32 toneladas con un ahorro de 449.920,13€ a 19.647,17 toneladas y un ahorro de 1.348.532,63 € el décimo año.

11.2.2 Maquinaria

En cuanto al coste de la maquinaria vamos a descomponerlo en dos partes, por un lado, la maquinaria necesaria para realizar el pretratamiento de los residuos y por otro lado la maquinaria que compone el sistema de tratamiento biológico.

Cabe destacar que el presupuesto está calculado para adquirir maquinaria capaz de procesar hasta un máximo de 20.000 toneladas, que es aproximadamente la cantidad máxima obtenida en los diez años estimados anteriormente. Además, este sistema es fácilmente ampliable mediante la instalación en paralelo de otro sistema de tratamiento biológico de las mismas características si fuera necesario en el futuro.

11.2.2.1 Coste pretratamiento de residuos

En la siguiente tabla se muestran los precios desglosados de cada una de las maquinarias que componen el proceso de pretratamiento de los residuos.

PRESUPUESTO PRETRATAMIENTO DE RESIDUOS			
1	SISTEMA DE CINTAS TRANSPORTADORAS	248.578,00 €	285.864,70 €
2	TRITURADOR ROMPE BOLSAS	42.000,00 €	48.300,00 €
3	SEPARADOR MAGNÉTICO	38.451,00 €	44.218,65 €
4	ESTRUCTURAS DE SOPORTE Y PLATAFORMAS DE MANTENIMIENTO	154.832,00 €	178.056,80 €
5	CIRCUITO ELECTRÓNICO Y DE CONTROL	49.560,00 €	56.994,00 €
Coste Total			613.434,15 €

Tabla 4: Presupuesto pretratamiento de residuos. Fuente: Elaboración propia

11.2.2.2 Coste sistema de tratamiento biológico

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto desglosado de cada una de las máquinas que componen el proceso de tratamiento biológico de los residuos.

PRESUPUESTO TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS			
1	Sistema automático de carga y descarga	57.268,00 €	65.858,20 €
2	Sistema BIOMATIC COMP B20	1.221.472,00 €	1.404.692,80 €
3	Sistema de aspiración forzada	51.243,00 €	58.929,45 €
4	Sistema de riego	48.321,00 €	55.569,15 €
5	Paredes del embalse del reactor	62.780,00 €	72.197,00 €
12	Estructura de soporte y plataformas de mantenimiento	115.482,00 €	132.804,30 €
13	Montaje y puesta en marcha	165.247,00 €	190.034,05 €
14	Instalación eléctrica	105.862,00 €	121.741,30 €
15	Transporte hasta instalación	32.147,00 €	36.969,05 €
16	Documentación	27.000,00 €	31.050,00 €
Coste Total			2.169.845,30 €

Tabla 5: Presupuesto tratamiento de residuos. Fuente: Elaboración propia

Podemos concluir que el coste del conjunto de la maquinaria necesaria para realizar el tratamiento de la materia orgánica es 2.783.279,45€. Todos los costes calculados están realizados sin incluir el IVA.

11.2.3 Coste del mano de obra

Para que el nuevo sistema de tratamiento funcione correctamente será necesario cuatro trabajadores, dos maquinistas encargados del transporte de los residuos y dos oficiales de primera encargados de que el proceso se desarrolle correctamente, y de las tareas de mantenimiento de la maquinaria.

El coste anual de los cuatro trabajadores es el siguiente:

PRESUPUESTO MANO DE OBRA		
1	Maquinista 1	37.800,00 €
2	Maquinista 2	37.800,00 €
3	Operario 1	24.570,00 €
4	Operario 2	24.570,00 €
Coste total mano de obra		124.740,00 €

Tabla 6: Costes mano de obra. Fuente: elaboración propia

El horario de funcionamiento de la planta de tratamiento será de lunes a viernes con un turno de 8 horas en horario de mañana, con una totalidad de 40 horas por semana.

11.2.4 Coste total

Una vez se han obtenido todos los costes desglosados, se va a proceder a calcular la suma de cada uno de ellos para obtener el coste total anual. Obteniendo los siguientes resultados:

Primer año	
Amortización de maquinaria+ financiación 4% (10 años)	329.954,95 €
Mano de obra	124.740,00 €
Mantenimiento (10%)	32.995,50 €
Gastos generales (5%)	16.497,75 €
Coste Total	504.188,20 €

Tabla 7: Coste total primer año. Fuente: Elaboración propia.

El primer año de funcionamiento se obtiene un coste de 504.188,20€, con una amortización de la maquinaria a 10 años y con una financiación del 4 %. A este valor se le suma el coste de mano de obra, un coste del 10% en mantenimiento y del 5% en gastos generales.

En cuanto al resto de años estimados hay que tener en cuenta que el coste de la mano de obra, el de mantenimiento y los gastos generales van a sufrir una subida de coste con respecto al IPC de cada año. Por lo que en este caso supondremos una subida del 2,5% anual. Obteniendo los siguientes costes anuales:

	Coste económico
Primer año	504.188,20 €
Segundo año	508.544,03 €
Tercer año	513.008,75 €
Cuarto año	517.585,10 €
Quinto año	522.275,85 €
Sexto año	527.083,88 €
Séptimo año	532.012,10 €
Octavo año	537.063,53 €
Noveno año	542.241,24 €
Décimo año	547.548,40 €

Tabla 8: Costes económicos de los 10 primeros años de funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.

11.2.5 Venta del compost generado

La última etapa de este sistema es la elaboración de compost para poder ser utilizada por los agricultores de la zona. En la siguiente tabla se pueden observar las toneladas obtenidas anualmente en los diez primeros años de funcionamiento de la planta.

	Toneladas generadas de compost	Beneficio venta compost
Primer año	2.455,90	61.397,40 €
Segundo año	3.143,55	78.588,67 €
Tercer año	3.732,96	93.324,05 €
Cuarto año	4.224,14	105.603,52 €
Quinto año	4.715,32	117.883,00 €
Sexto año	5.108,26	153.247,91 €
Séptimo año	5.402,97	162.089,13 €
Octavo año	5.599,44	167.983,28 €
Noveno año	5.795,91	173.877,43 €
Décimo año	5.894,15	176.824,51 €

Tabla 9. Toneladas generadas de compost anualmente. Fuente: Elaboración propia.

Realizando un estudio del coste económico del compost se ha analizado que su coste en el mercado por tonelada varía mucho dependiendo de la calidad del producto, observando un coste entre los 25 y 34 €/Tn.

Con el sistema de tratamiento biológico Biomat se obtiene un producto de una calidad muy elevada, pero para introducirnos en el mercado y debido a que la función de esta planta no es obtener beneficio ya que es una empresa pública, se establecerá un precio de 25 € por tonelada los 5 primeros años, realizando una subida hasta los 30 € por toneladas hasta el décimo año. Dicho esto, los beneficios obtenidos con la venta de compost pueden observarse en la tabla anterior.

11.2.6 Balance económico

En este apartado se realizará un balance económico con el objetivo de evaluar la viabilidad de la planta de tratamiento de materia orgánica propuesta a lo largo de este estudio.

	Coste económico	Ahorro transporte materia orgánica	Beneficio venta compost	Beneficio	Rentabilidad %
Primer año	504.188,20 €	449.920,13 €	61.397,40 €	7.129,33 €	1,41
Segundo año	508.544,03 €	590.295,22 €	78.588,67 €	160.339,86 €	31,53
Tercer año	513.008,75 €	718.499,96 €	93.324,05 €	298.815,25 €	58,25
Cuarto año	517.585,10 €	833.365,41 €	105.603,52 €	421.383,84 €	81,41
Quinto año	522.275,85 €	953.525,07 €	117.883,00 €	549.132,23 €	105,14
Sexto año	527.083,88 €	1.058.810,14 €	153.247,91 €	684.974,17 €	129,96
Séptimo año	532.012,10 €	1.147.892,72 €	162.089,13 €	777.969,75 €	146,23
Octavo año	537.063,53 €	1.219.375,13 €	167.983,28 €	850.294,88 €	158,32
Noveno año	542.241,24 €	1.293.714,23 €	173.877,43 €	925.350,42 €	170,65
Décimo año	547.548,40 €	1.348.532,63 €	176.824,51 €	977.808,73 €	178,58

Tabla 10. Balance de costes. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla, la propuesta es viable económicamente generando un beneficio considerable, partiendo de un 1,41% de rentabilidad el primer año de funcionamiento, creciendo ampliamente gracias al aumento del porcentaje de materia orgánica recogida en los años sucesivos.

11.2.7 Coste medio ambiental

En este apartado se procede a calcular la cantidad de toneladas de CO₂ que hemos evitado emitir a la atmósfera mediante la implantación de la planta de tratamiento de materia orgánica estudiada.

	Tn de mat. Org recogida	Km recorridos	Litros de combustible	Tn co2	Coste emisiones co2
Primer año	8.186,32	76.596,00	20.680,92	55,42	4.742,15 €
Segundo año	10.478,49	98.003,60	26.460,97	70,92	6.067,52 €
Tercer año	12.443,21	116.465,20	31.445,60	84,27	7.210,50 €
Cuarto año	14.080,47	131.784,40	35.581,79	95,36	8.158,93 €
Quinto año	15.717,73	147.103,60	39.717,97	106,44	9.107,36 €
Sexto año	17.027,55	159.280,40	43.005,71	115,26	9.861,24 €
Séptimo año	18.009,90	168.511,20	45.498,02	121,93	10.432,73 €
Octavo año	18.664,81	174.599,60	47.141,89	126,34	10.809,67 €
Noveno año	19.319,71	180.688,00	48.785,76	130,75	11.186,61 €
Décimo año	19.647,17	183.830,40	49.634,21	133,02	11.381,16 €
Totales	153.575,36	1.436.862,40	387.952,85	1.039,71	88.957,90

Tabla 11. Resumen coste medio ambiental. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla, además del cálculo de toneladas de CO₂ también se ha calculado el coste de su no emisión de CO₂, marcando el mercado de CO₂ un valor medio en 2023 de 85,56 € por tonelada de CO₂.





CAPÍTULO V: CONCLUSIONES



12. Conclusiones

Este estudio se centra en la evaluación del impacto, tanto económico como medioambiental que se derivaría de la implementación de un sistema de tratamiento de materia orgánica en Vélez-Málaga.

Desde una perspectiva económica, se ha llegado a la conclusión de que la inversión en esta planta es totalmente viable, con resultados de rendimiento aceptables. Es esencial señalar que, al tratarse de una empresa pública el objetivo no es generar beneficios monetarios en sí mismo, ya que la administración no tiene la necesidad de obtener ganancias directas de esta tarea. Sin embargo, es importante que no ocasione pérdidas al erario público, para que los ciudadanos no tengan que hacer frente a un sobre coste por el mismo servicio.

Es relevante mencionar que, en la realización del análisis económico, no se ha tenido en cuenta la posible financiación por parte de la Unión Europea a través de los fondos Next Generation destinados a este tipo de instalación. Esta fuente de financiamiento potencial podría tener un impacto significativo en la viabilidad económica del proyecto.

Por otro lado, los objetivos establecidos por la Unión Europea, como la recogida selectiva del 50 % de materia orgánica, hacen aún más imperativa la introducción del contenedor marrón, siguiendo las etapas detalladas en este estudio para su implantación y, como consecuencia, la puesta en marcha de la planta de tratamiento biológico. Esto no solo ayudaría a cumplir con los requisitos europeos, sino que también facilitaría el tratamiento de los residuos generados en el lugar de origen. La proximidad del proceso de tratamiento reduciría la necesidad de transportar los residuos hasta el complejo medioambiental de Valsequillo, optimizando los recursos y reduciendo la huella ambiental.

Desde la perspectiva medioambiental, es innegable que la cantidad de combustible y las toneladas de dióxido de carbono que dejarían de ser liberadas a la atmósfera serían considerables. Esto podría traducirse en un ahorro significativo de 88.957,90€ en emisiones de acuerdo con el mercado de CO₂ durante los 10 primeros años de funcionamiento. La implementación de un sistema de tratamiento de materia orgánica no solo reduciría la contaminación del aire, sino que también contribuiría al cumplimiento de los compromisos internacionales en la lucha contra el cambio climático y la reducción de gases de efecto invernadero.

En resumen, la implantación de un sistema de tratamiento de materia orgánica en Vélez-Málaga se muestra como una inversión económicamente viable, con beneficios tangibles tanto desde una perspectiva financiera como



medioambiental. Además, contribuiría al cumplimiento de las normativas europeas y a la reducción de emisiones de CO₂, promoviendo así un entorno más sostenible y saludable para la comunidad.

Bibliografía

- Codrington, A. (2022, septiembre 9). Precio del carbono: definición y estado actual. CARBON NEUTRAL +. <https://www.carbonneutralplus.com/precio-de-carbono-interno/>
- Complejo Medioambiental Valsequillo. (2023, octubre 25). Consorciorsumalaga.com. <https://www.consorciorsumalaga.com/5945/complejo-medioambiental-valsequillo>
- De residuos municipales, P. y. G. (s/f). Guía de apoyo a la planificación local en materia de Economía Circular. Juntadeandalucia.es. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/2015/1/1518548/GUI%CC%81A_PLANES+EC_pgrrmm_V1.pdf/6dfff565-89fc-2f6a-0c12-afdd9a7e7a57?t=1683099640547
- Ecologistasenaccion.org. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2021/02/informe-reciclaje-rsu.pdf>
- GESTIÓN DE RESIDUOS MUNICIPALES. LA OPINIÓN DE LOS TÉCNICOS. Fundacionconama.org. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de https://www.fundacionconama.org/wp-content/uploads/2022/01/informe_residuos_municipales.pdf
- Gestión de residuos municipales. La opinión de los técnicos. (s/f). Gob.es. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de <https://www.miteco.gob.es/eu/ceneam/recursos/pag-web/gestion-residuos-municipales.html>
- Guía metodológica para la implantación de la recogida selectiva de la materia orgánica. (s/f). Castillalalamanca.es. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de https://www.castillalalamanca.es/sites/default/files/documentos/pdf/20200625/guia_recogida_selectiva_materia_organica_c-lm.pdf
- La prevención y correcta gestión son esenciales para evitar sus impactos negativos, a. G. de R. es U. de L. R. A. M. C. a. Q. se E. las S. M. E. I. en la G. de R. a. E. G. es C. (s/f). Diagnóstico del Sector Residuos en España Diagnóstico del Sector Residuos en España. Gob.es. Recuperado



el 25 de octubre de 2023, de
https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/AyP_RESIDUOS_V10_tcm30-88410.pdf

- MICHELIN CONNECTED FLEET, el E. (2023, mayo 16). Cómo calcular las emisiones de CO2 de Vehículos. Michelin.com. <https://connectedfleet.michelin.com/es/blog/calcular-emisiones-de-co2->
- Precios CO2. (s/f). Sendeco2.com. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- Recycling, A. C. S. (2022, mayo 26). El mercado de derechos de emisión de CO2: qué es y cómo funciona. ACS Recycling. <https://acsrecycling.es/mercado-de-derechos-de-emision-de-co2-que-es/>
- Tratamiento, P., & de Residuos, C. Y. C. D. E. R. D. C. P. (s/f). COMPLEJO MEDIOAMBIENTAL VALSEQUILLO. Juntadeandalucia.es. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/2015/1/4123915/complejo_ambiental_valsequillo_pirec2030.pdf/af081b18-82a5-45a2-2c9f-d2b0cf6d1ad8?t=1624270423008

Legislación básica consultada

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular
- Ley 3/2023, de 30 de marzo, de economía circular de Andalucía
- Real decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real decreto 208/2022, de 22 de marzo, sobre las garantías financieras en materia de residuos
- Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el reglamento de residuos de Andalucía
- Decreto 131/2021, de 6 de abril, por el que se aprueba el plan integral de residuos de Andalucía. Hacia una economía circular en el horizonte 2030.
- 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.
- 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
- Ordenanza de Limpieza y Gestión de Residuos Urbanos, del ayuntamiento de Vélez- Málaga de 16 de agosto de 2006.