

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA MANCOMUNIDAD DE SAN MARKOS MEDIANTE HERRAMIENTAS MULTICRITERIO

—

Beñat Prieto Saralegui

Premio al mejor
trabajo científico sobre

**tratamientos
de residuos
sólidos
urbanos**

2015



OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA MANCOMUNIDAD DE SAN MARKOS MEDIANTE HERRAMIENTAS MULTICRITERIO



Beñat Prieto Saralegui

EDITAN

UNIA - Universidad Internacional de Andalucía

Monasterio de Santa María de las Cuevas

C/ Américo Vespucio, 2

Isla de la Cartuja. 41092 Sevilla

www.unia.es/publicaciones

RESUR Jaén

Diputación de Jaén



COPYRIGHT DE LA PRESENTE EDICIÓN

UNIA - Universidad Internacional de Andalucía, 2016.

COPYRIGHT

Beñat Prieto Saralegui.

EDICIÓN

200 ejemplares.

ISBN

978-84-7993-316-6

DÉPOSITO LEGAL

SE 1865-2016

IMPRESIÓN

Servigraf Artes Gráficas

MAQUETACIÓN Y DISEÑO

Ricardo Barquín Molero

Premio al mejor
trabajo científico sobre
**tratamientos
de residuos
sólidos
urbanos**
2015



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	09
1.1. Objeto del estudio	10
1.2. Conceptos previos: Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	10
1.2.1. Principales características de los RSU: generación y composición	11
1.2.2. Gestión de los RSU	12
2. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	15
2.1. Situación actual en el territorio de Gipuzkoa	16
2.2. Generación	20
2.2.1. Cantidades de recogida	20
2.2.2. Composición, eficiencia y pureza	24
2.3. Sistema de recogida	28
2.4. Transporte	30
2.5. Tratamiento	31
2.5.1. Planta de compostaje	31
2.5.2. Planta de clasificación de envases ligeros	32
2.5.3. Planta de clasificación de papel y cartón	32
2.5.4. Vertedero	33
2.6. Mapa conceptual: flujos de residuos	33
3. PLANEAMIENTO DE LAS DIFERENTES PROPUESTAS	37
3.1. Escenarios planteados	38
3.2. Descripción de las propuestas	40
3.3. Caracterización de tratamiento y recuperación de residuos	41
4. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO	45
4.1. Criterios para la toma de decisiones	46
4.1.1. Criterio económico	46
4.1.2. Criterio ambiental	49
4.1.3. Criterio social	51
4.2. Importancia relativa de los criterios	53
4.2.1. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)	53
4.2.2. Proceso de Agregación basado en Similaridades	55
4.3. Ranking de las propuestas	56
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
5.1. Matriz de decisión	60
5.2. Resultados globales	62
5.2.1. Escenario equilibrado	62
5.2.2. Preponderancia del criterio económico	65
5.2.3. Preponderancia del criterio ambiental	66
5.2.4. Preponderancia del criterio social	67
5.3. Resultados parciales	68

6. CONCLUSIONES	69
REFERENCIAS	71
ANEXO I: CANTIDADES DE RECOGIDA DE CADA MUNICIPIO	73
ANEXO II: CANTIDADES DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO	85
ANEXO III: COSTE ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS	93
ANEXO IV: EMISIONES AMBIENTALES DE LAS PROPUESTAS	99
ANEXO V: RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS	103

PALABRAS CLAVE

Gestión de Residuos; Análisis multicriterio; AHP; TOPSIS; Valoración de propuestas

RESUMEN

El presente estudio permite mejorar mediante un análisis multicriterio las diferentes alternativas planteadas para la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la Mancomunidad de San Markos (MSM) de la provincia de Gipuzkoa.

El método del análisis multicriterio, es una herramienta adecuada para ayudar en la toma de decisiones de la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU), ya que a partir de la combinación de los criterios económico, ambiental y social, se pueden valorar las distintas alternativas analizadas. Con el fin de obtener un resultado normalizado entre los tres criterios, este estudio plantea el empleo de una metodología que combina los métodos AHP (Analytic Hierarchy Process) y TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). El primero de ellos interviene en la ponderación de los criterios aplicando los procedimientos AHP y Agregación basado en Similaridades, respectivamente. El segundo, actúa en la valoración de un grupo de propuestas, en función de los tres criterios.

Las propuestas planteadas toman como referencia el diagnóstico detallado de la situación actual, donde los vertederos de la provincia están al borde de su capacidad y se carece de plantas de tratamiento para valorizar la fracción resto. Considerando integralmente la línea de gestión de RSU, en cada alternativa se sugieren distintos tipos de recogida, tratamiento y eliminación de residuos. Los tipos de recogida de residuos considerados varían según se trate de emplear cuatro contenedores, cinco contenedores o del tipo puerta a puerta (PaP). En estos sistemas la recogida de las fracciones de residuos es selectiva (materia orgánica, papel y cartón, envases ligeros y vidrio) aunque en el de cuatro contenedores, la fracción resto se recoge en mezcla ya que no se recoge selectivamente la materia orgánica. En cuanto a los tratamientos, se han planteado el compostaje, la incineración y el tratamiento mecánico biológico proponiendo la construcción de diferentes plantas, como alternativas de análisis. La combinación tanto de los tipos de recogida como las diferentes formas de tratamiento de los residuos, han dado como resultado diecisiete propuestas que se han analizado.

Igualmente, esta metodología permite caracterizar y resolver la problemática que supone la gestión de los RSU, así como analizar diferentes escenarios. Para el cálculo de los costes del criterio económico y emisiones ambientales se ha basado en diversos informes mientras que para determinar los valores del criterio social se han realizado encuestas. Los escenarios planteados corresponden a situaciones en las que la preponderancia de los criterios empleados es distinta.

Finalmente, según los resultados el sistema actual de gestión residuos es deficiente desde el punto de vista de la sostenibilidad. En cuanto a la mejor propuesta, esta se da cuando todas las fracciones de residuos se recogen selectivamente y se tratan por una parte los residuos reciclables (papel y cartón y envases ligeros) y biodegradables (materia orgánica) y por otra los residuos de fracción resto, mecánica y biológicamente. No obstante, las propuestas planteadas, en general, tienen margen para mejorar hasta alcanzar valores más cercanos a la solución ideal teórica.

1. INTRODUCCIÓN



El modelo de consumo que impera en nuestra sociedad, produce una gran cantidad de desechos que generan problemas desde el punto de vista económico como de salud pública y medioambiental.

No obstante, se está impulsando una nueva vía de gestión con las nuevas políticas sobre prevención y reciclado de los residuos para reducir el impacto medioambiental. Tal y como se indica en la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo la jerarquía de gestión de residuos empieza con la prevención (reducción) seguido de reutilización, reciclado, otro tipo de valorización y eliminación (ver **Figura 1**). Además, el comisario europeo de Medio Ambiente, Janez Potočnik, en un informe de 2012 declaró que “necesitamos considerar que los residuos son un recurso y enterrar ese recurso es más que miope” (Potočnik, 2012). Sin embargo, la falta de una tecnología adecuada para el reciclaje y el aprovechamiento de los residuos como la dificultad de comercialización de los materiales recuperados, bien por su elevado coste, por la inexistencia de mercados o su baja calidad hacen carecer de nulo el valor económico de los residuos.

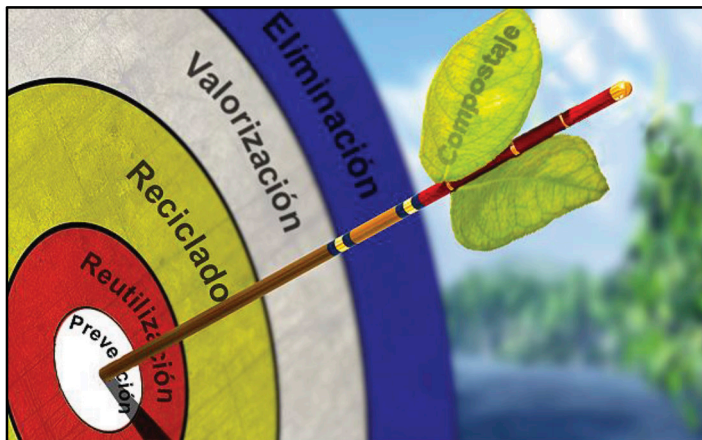


Figura 1. La jerarquía de residuos según la Directiva 2008/98/CE

1.1. OBJETO DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene por objeto analizar mediante un análisis multicriterio las diferentes alternativas para optimizar el aprovechamiento de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la Mancomunidad de San Markos (MSM) de Gipuzkoa. Las distintas alternativas consisten en definir tanto diferentes infraestructuras como diversos sistemas de recogida. Con el análisis multicriterio se pretende combinar indicativos de criterios económicos, ambientales y sociales y así comparar las opciones analizadas.

1.2. CONCEPTOS PREVIOS: LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Según la definición general, la palabra residuo (con origen en el latín residuum) describe al material que pierde utilidad tras haber cumplido con su misión o servido para realizar un determinado trabajo. Por esto, esta palabra es ampliamente utilizada en multitud de contextos.

Así pues, los Residuos Sólidos Urbanos son los que se originan en la actividad doméstica y comercial de ciudades y pueblos. Conforme la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados, los residuos domésticos se definen como “los generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias.

Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria. Tendrán la consideración de residuos domésticos los residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados”. (Ley 22/2011).

1.2.1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS RSU: GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN

El estudio de las cantidades generadas y recogidas de residuos de una determinada población o región, es el punto de partida de la gestión de los RSU. Desde mediados del siglo XX hasta la actualidad, el incremento en la generación de residuos ha sido la tónica general de las grandes ciudades en los países desarrollados lo cual se refleja en el aumento del volumen de basuras generadas por los ciudadanos como se puede observar en la **Figura 2** (PNIR, *Plan Nacional Integrado de Residuos*, 2007-2015).

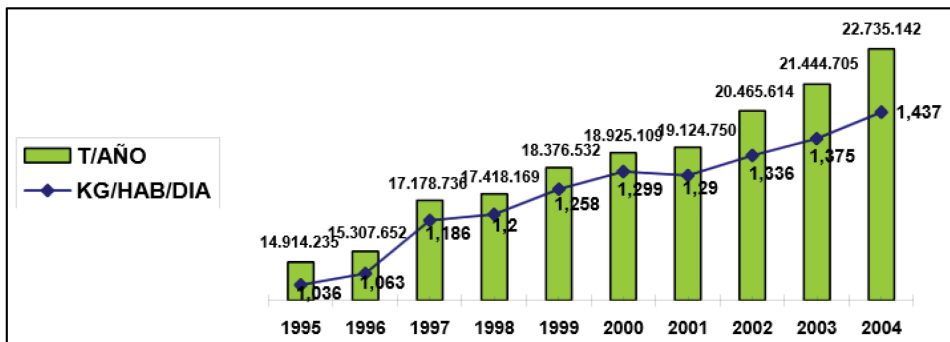


Figura 2. Evolución de la generación de RSU en España.

Asimismo, es importante conocer la composición de los RSU para realizar una correcta gestión de estos. Su alta variedad de fuentes de generación hace que los residuos tengan una composición muy variada y heterogénea.

La composición de los residuos varía dependiendo del modo y nivel de vida de cada lugar, actividad y características de la población o climatología y estacionalidad de cada zona. Esto es, en núcleos de poblaciones rurales aumenta la composición de materia orgánica (MO) mientras que en ciudades grandes disminuye y se incrementa la composición de envases. Este efecto se contempla en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Composición de las fracciones de residuos dependiendo del tamaño del municipio.

Fracción	COMPOSICIÓN RSU	
	Muni. > 20.000 hab.	Muni. <20.000 hab.
Orgánica	33,06%	45,93%
Papel/Cartón	19,62%	16,62%
Envases lig.	16,02%	13,04%
Vidrio	12,07%	14,21%

1.2.2. GESTIÓN DE LOS RSU

Una vez se ha caracterizado la generación y composición de los RSU de la zona a estudiar llega la hora de gestionarlos. La gestión de residuos se define (según la Ley 22/2011) como “la recogida, el transporte y el tratamiento de los residuos incluida la vigilancia de estas operaciones, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos.” (Ley 22/2011). Para realizar una gestión eficaz se debe reducir la generación de residuos en origen (prevención, y reutilización) y optimizar los siguientes procesos intermedios antes de su disposición final. Es decir, optimizar al máximo la pirámide de gestión de residuos al principio comentada.

Los elementos o subsistemas que forman el sistema de gestión son todas aquellas actividades asociadas a la gestión. Se pueden dividir en seis elementos funcionales relacionados según se representa en la **Figura 3** (Tchobanoglous et al., 1994).

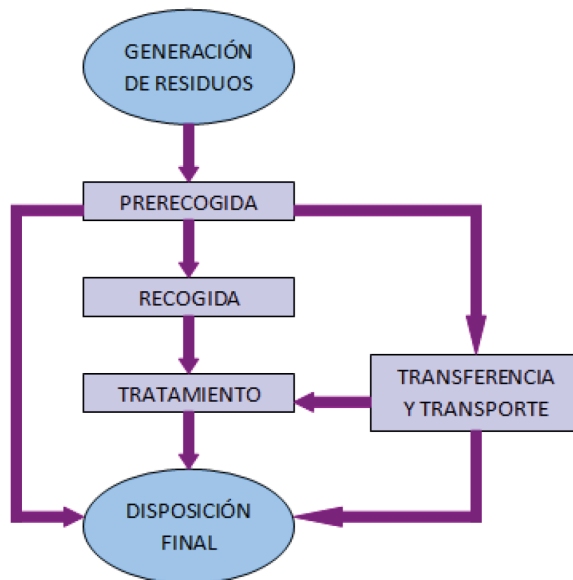


Figura 3. Esquema general de sistema de gestión de RSU (Tchobanoglous et al., 1994)

- **Generación de residuos:** En esta etapa se conoce el problema de la gestión analizando y estudiando las cantidades generadas, la composición, las variaciones temporales, etc. Con estos datos se podrá afrontar el diseño de las etapas posteriores.

- **Prerrecojida:** Supone las actividades de separación, almacenamiento y procesamiento en origen hasta que los residuos son depositados en el punto de recojida. Es la gestión realizada por el generador de residuos y es importante a la hora de establecer unas mínimas condiciones higiénico - sanitarias y de facilidad.

- **Recojida:** Comprende las labores de carga y transporte de los residuos en las áreas de aportación.

- **Transferencia y transporte:** Es la actividad por medio de la cual los residuos se alejan de la zona de generación. Comprende la transferencia desde la zona de recojida hasta la estación de transferencia donde se trasladan a otro camión de mayor capacidad que realiza el transporte, normalmente más largo, hasta el lugar de eliminación.

- **Tratamiento:** Comprende los procesos de separación, procesado y transformación de los residuos. La separación y procesado de los residuos se realiza en instalaciones de recuperación de materiales, donde los residuos llegan en masa o separados en origen. Allí pasan por una serie de procesos: separación de voluminosos, separación manual o automática de componentes, separación mecánica y empaquetado, obteniéndose una corriente de productos destinada al mercado de subproductos y otra de rechazo destinado a vertedero o tratamiento térmico. Los procesos de transformación se emplean para reducir el volumen y el peso de los residuos y para obtener productos y energía. Los más extendidos son el compostaje, la incineración, la pirolisis o la gasificación.

- **Evacuación:** Es el destino final de los residuos o rechazos de instalaciones de transformación y procesado, normalmente vertederos controlados.

2.

DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL



2.1. SITUACIÓN ACTUAL EN EL TERRITORIO DE GIPUZKOA

En primer lugar y para que se coloque en su contexto, la Mancomunidad de San Markos (MSM) se ubica al noroeste de la provincia de Gipuzkoa, como se puede apreciar en la **Figura 4**.

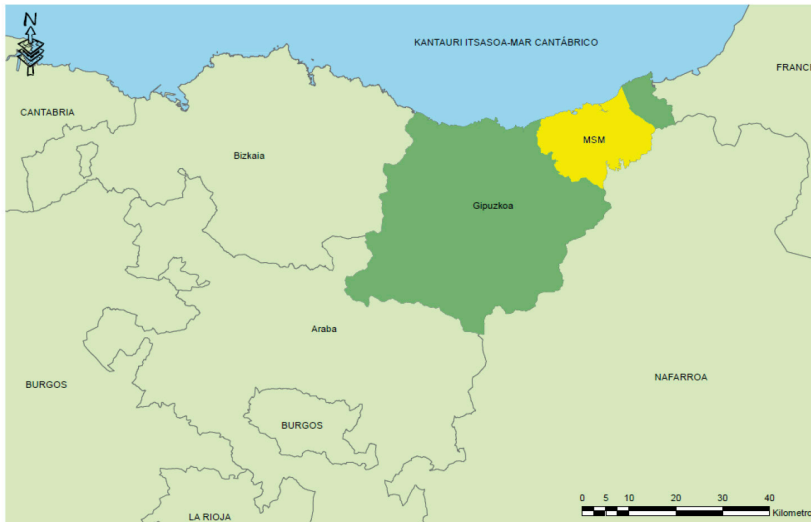


Figura 4. Emplazamiento de la MSM

La provincia de Gipuzkoa está dividida en ocho mancomunidades Debagoiena, Debarrena, San Markos, Sasieta, Urola Erdia, Urola Kosta, Tolosaldea y Txingudi (ver **Figura 5**) que a su vez se asemejan a las comarcas. La gestión de los residuos se complementa con las infraestructuras que hay en la provincia:

- **Vertederos:** En estas instalaciones ubicadas en las Mancomunidades de Urola Medio (vertedero de Lapatx) y Sasieta (vertedero de Sasieta) se depositan los residuos urbanos y asimilables para su eliminación controlada, en concreto residuos urbanos (domiciliarios, mercados, voluminosos, limpieza viaria...) y residuos de origen industrial con base orgánica (alimentarias, mataderos, centros comerciales...). Actualmente están al borde de su capacidad y dan servicio a todo el territorio de Gipuzkoa. Los vertederos son gestionados por las propias Mancomunidades donde se encuentran ubicados.

- **Estaciones de transferencia (ET):** Una instalación en la cual se descargan los residuos con el único fin de posibilitar la reducción del volumen de los mismos, mediante un sistema de compactado. Es decir, estos puntos intermedios se construyen cuando las distancias entre los puntos de recogida y el punto final de vertido o tratamiento son considerables, y hagan inviable técnica y económicamente que los vehículos recolectores hagan esos desplazamientos para su vaciado, por lo que se disponen varias de estas instalaciones en Gipuzkoa que son gestionadas por las propias Mancomunidades.

- **Plantas de clasificación de envases ligeros:** La provincia de Gipuzkoa cuenta con dos plantas de selección de envases ligeros, una en Urnieta (MSM) y otra en Legazpi (Mancomunidad de Sasieta). La planta de Urnieta es gestionada directamente por la mancomunidad de San Markos y trata los envases de San Markos, Txingudi y Tolosaldea, mientras que lo recogido en el resto de mancomunidades se trata en la planta de Legazpi, gestionada por el Consorcio de Residuos de Gipuzkoa (GHK).

- **Planta de clasificación de papel y cartón:** La planta de papel y Cartón localizada en Donostia/San Sebastián está gestionada por las empresas privadas “Despanorsa” y “Saica”. En ella se trata el papel y cartón procedente de los municipios de la provincia.

- **Planta de compostaje:** Existe una única planta de compostaje situada en la Mancomunidad de Urola Medio (planta de compostaje de Lapatx) y para finales de 2015 se pretende abrir otra planta en la Mancomunidad del Alto Deba (planta de Epele). En esta planta se trata parte de la materia orgánica reciclada en los municipios de Gipuzkoa, ya que sólo tiene una capacidad anual de 3.500 toneladas.

- **Garbigunes (puntos limpios):** Es una infraestructura con el objetivo fundamental de facilitar a la ciudadanía la correcta gestión de los residuos domésticos que no son objeto de recogida selectiva ordinaria a través de otros servicios. Se localizan en toda la provincia y son gestionadas por las correspondientes Mancomunidades.

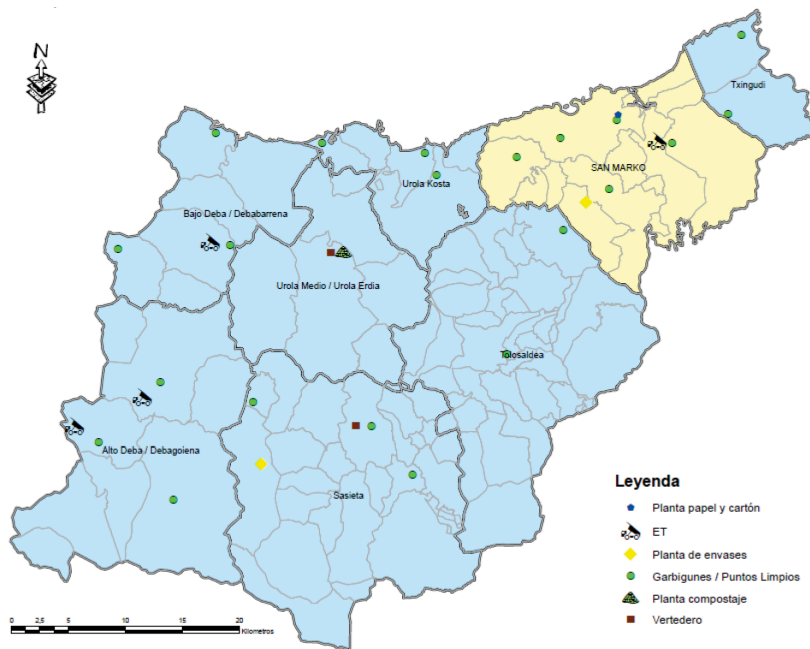


Figura 5. Mancomunidades de Gipuzkoa y las infraestructuras para la gestión de RSU.

En cuanto a los planes de residuos, en el ámbito de Gipuzkoa se llevó a cabo la redacción del Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Gipuzkoa (*Diputación Foral de Gipuzkoa, 2002-2016*) que posteriormente ha sufrido dos modificaciones en los escritos de Documento de Progreso (DdP) del PIGRUG en 2008 (*Diputación Foral de Gipuzkoa, 2008*) y en la Estrategia de Desarrollo del DdP del PIGRUG en 2012 (*Diputación Foral de Gipuzkoa, 2012*). En ellos se recopilan y analizan los datos de gestión de residuos en Gipuzkoa, se desarrollan las previsiones de generación de residuos en el futuro, se incorporan las determinaciones contenidas en las nuevas normativas y estrategias relativas a la prevención y gestión de residuos, se evalúan los contenidos de la planificación de la gestión de residuos en vigor y se exponen los objetivos de gestión integrada.

Asimismo, la Diputación Foral de Gipuzkoa y las mancomunidades de Gipuzkoa excepto la mancomunidad de Txingudi, crearon en el año 2007 el Consorcio de Residuos de Gipuzkoa (GHK) con el objetivo de llevar a cabo la gestión “en alta” de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

La gestión “en alta” se refiere a la gestión de los residuos una vez que las mancomunidades han depositado los residuos en las Estaciones de Transferencia para su transporte a las plantas de tratamiento final, en contraposición de la gestión “en baja”, o recogida barrio a barrio y pueblo a pueblo, de la que se hace cargo cada municipio o mancomunidad.

Por lo tanto, la gestión de residuos “en baja” de la provincia de Gipuzkoa llevada a cabo por cada una de las ocho Mancomunidades en sus respectivas regiones mientras que el Consorcio de Residuos se encarga de la gestión “en alta”.

La Mancomunidad de San Markos es la más grande de las ocho mancomunidades de Gipuzkoa en cuanto a población se refiere, un total de 312.816 habitantes (año 2014). Esto es, abarca la población de un 43,3% de toda la provincia y por tanto, es donde mayor cantidad de residuos se deben gestionar. La mancomunidad la conforman diez municipios: Donostia/San Sebastián, Rentería/Errenteria, Pasajes/Pasaia, Oiartzun, Lezo, Astigarraga, Lasarte-Oria, Usurbil, Urnieta y Hernani.

Cada habitante de la Mancomunidad produce una media de 1,05 kg de residuos por día. En el entorno se sitúan cinco garbigunes, una planta de envases ligeros, una planta de reciclaje de papel y cartón y una ET tal y como se ve más en detalle en la **Figura 6**.

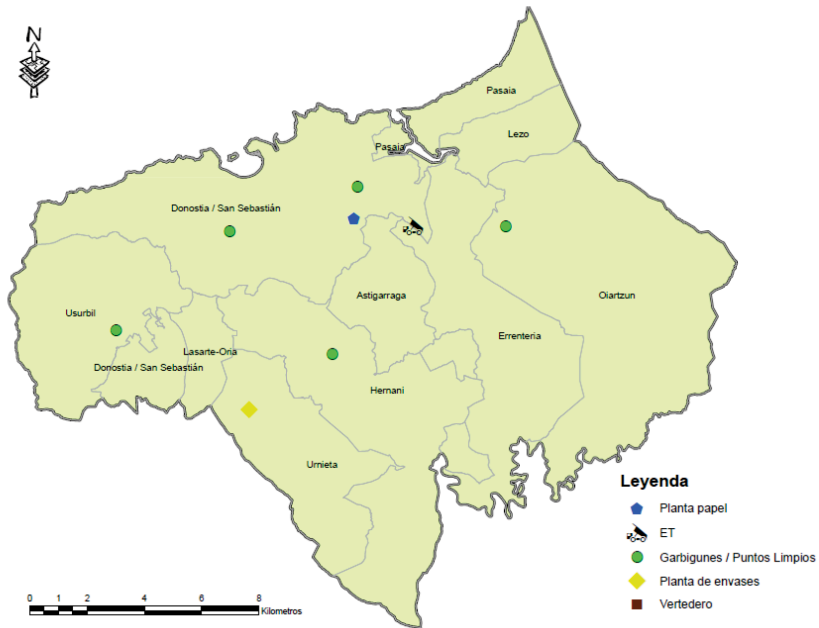


Figura 6. MSM: municipios e infraestructuras de gestión de residuos

En el año 2012, después de más de 40 años en funcionamiento, se clausuró el vertedero de San Markos donde se depositaban los residuos. Este recinto de 25 hectáreas y 40 metros de alto recibía los residuos de la propia mancomunidad y de las mancomunidades de Txingudi y Tolosaldea, unas 100.00 toneladas de rechazo al año que hoy en día se tienen que depositar en otros vertederos. Actualmente el movimiento de los camiones de residuos por la zona del vertedero es constante, ya que en este lugar se ubica la estación de transferencia (ver **Figura 7**).



Figura 7. Ubicación de la ET (en rojo) situada junto al vertedero clausurado.

2.2. GENERACIÓN

2.2.1. CANTIDADES DE RECOGIDA

El punto de partida de la gestión de los RSU comienza en el análisis de las cantidades generadas y recogidas de estos, como se ha comentado anteriormente. Así pues, se ha caracterizado la recogida de cada fracción de residuos de todos los municipios de la mancomunidad desde el año 2007 (datos obtenidos de los informes anuales publicados por la MSM con datos mensuales de la recogida de residuos en la mancomunidad --> (ver **Anexo I**). Como ejemplo, la **Tabla 2** muestra la evolución de la recogida de cada fracción de residuo del municipio de Hernani:

Tabla 2. Evolución de la recogida de los RSU en el municipio de Hernani

	Sist. Reco.	4. Contenedores			PaP				
	Población	19.119	19.229	19.289	19.285	19.296	19.284	19.354	19.601
	AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocomp.	P (kg)	86.295	103.235	111.072	330.705	386.460	397.342	103.866	103.866
	P. esp. (kg/h./año)	4,5	5,4	5,8	17,1	20,0	20,6	5,4	5,3
Orgánica	P (kg)	0	0	0	917.820	1.478.750	1.514.260	1.503.360	1.481.060
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	47,6	76,6	78,5	77,7	75,6
PyC	P (kg)	788.876	874.156	850.876	850.918	717.796	640.960	627.430	629.796
	P. esp. (kg/h./año)	41,3	45,5	44,1	44,1	37,2	33,2	32,4	32,1
Envases lig.	P (kg)	232.480	277.359	305.513	440.000	515.020	537.160	542.580	555.640
	P. esp. (kg/h./año)	12,2	14,4	15,8	22,8	26,7	27,9	28,0	28,3
Vidrio	P (kg)	512.354	498.829	525.471	585.717	599.785	702.686	656.416	640.954
	P. esp. (kg/h./año)	26,8	25,9	27,2	30,4	31,1	36,4	33,9	32,7
Otros	P (kg)	833.640	779.691	783.846	531.958	657.989	541.452	352.558	324.494
	P. esp. (kg/h./año)	43,6	40,5	40,6	27,6	34,1	28,1	18,2	16,6
Rechazo	P (kg)	5.399.185	5.358.280	5.219.020	2.369.220	1.129.540	1.198.280	1.161.580	1.115.240
	P. esp. (kg/h./año)	282,4	278,7	270,6	122,9	58,5	62,1	60,0	56,9
TOTAL	P (kg)	7.766.535	7.788.315	7.684.726	5.695.633	5.098.880	5.134.798	4.843.924	4.747.184
	P. esp. (kg/h./año)	406,2	405,0	398,4	295,3	264,2	266,3	250,3	242,2
Recogido select	P (kg)	2.453.645	2.533.270	2.576.778	3.657.118	4.355.800	4.333.860	3.786.210	3.735.810
	%	31,59	32,53	33,53	64,21	85,43	84,40	78,16	78,70
Recogido mezcla	P (kg)	5.399.185	5.358.280	5.219.020	2.369.220	1.129.540	1.198.280	1.161.580	1.115.240
	%	69,52	68,80	67,91	41,60	22,15	23,34	23,98	23,49

A partir del año 2010 se implantó el sistema de recogida Puerta a Puerta (PaP), por lo que se empezó a recoger selectivamente la fracción orgánica de residuos. Asimismo, la cantidad recogida en mezcla disminuye, como consecuencia de recoger selectivamente la parte de materia orgánica. La recogida de las demás fracciones de residuos se mantiene prácticamente constante a lo largo de estos siete años (ver **Figura 8**).

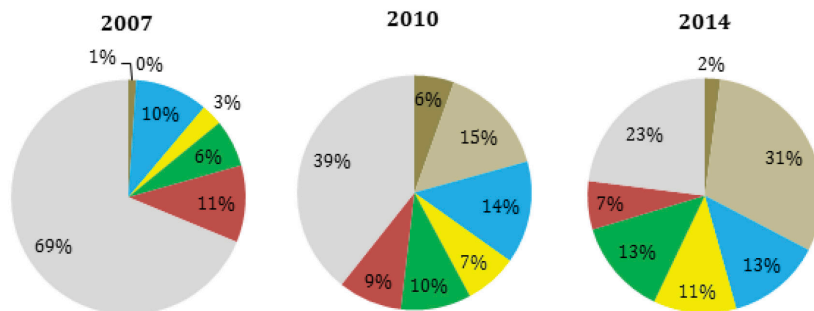


Figura 8. Porcentajes de cada fracción de residuos en los años 2007, 2010 y 2014 en Hernani

Existen tres tipos de sistemas de recogida de RSU en la MSM (ver **apartado 2.2.2**): sistema de 4 contenedores, de 5 contenedores y Puerta a Puerta. Estas, varían según el municipio:

- Sistema de 4 contenedores:

- Donostia/San Sebastián.
- Rentería.
- Lasarte-Oria.
- Pasajes.

- Sistema de 5 contenedores:

- Urnieta.

- Sistema de PaP:

- Pasajes.
- Lezo.
- Astigarraga.
- Oiartzun.
- Hernani.
- Usurbil.

El municipio de Pasajes se divide en 3 regiones (Pasajes San Pedro, Pasajes San Juan y Pasajes Antxo) y hasta el año 2014 el sistema PaP sólo se había implantado en Pasajes Antxo.

Agrupando los datos de recogida de residuos por tipos de sistemas de recogida (ver **Figura 9**) se deduce como la cantidad de rechazo en el sistema de 4 contenedores es mucho mayor que en el PaP, ya que la materia orgánica no se recoge selectivamente.

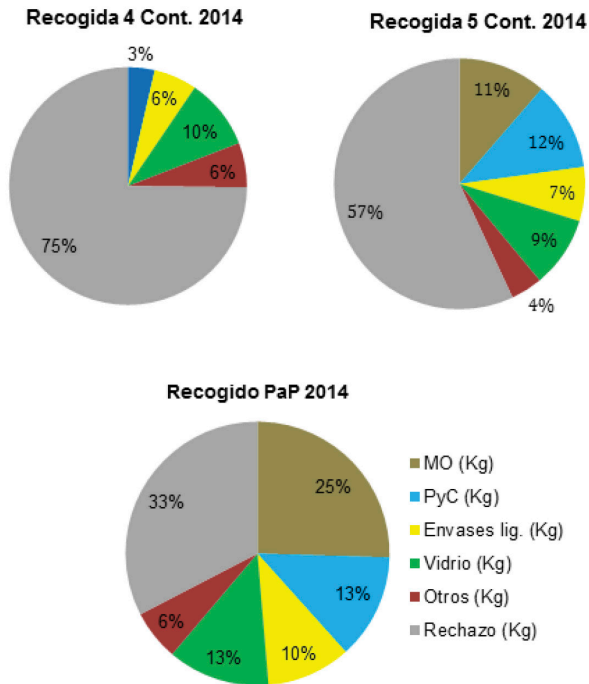


Figura 9. Recogida de residuos según el tipo de sistema utilizado en la MSM

En general, independientemente del sistema de recogida de cada municipio y viendo la evolución de la recogida de los RSU en la MSM, se puede asumir que esta no variara a lo largo de los próximos años (ver **Figura 10**). Por consiguiente, en el estudio de las alternativas propuestas la cantidad de recogida de RSU durante los años del estudio se supondrá constante.

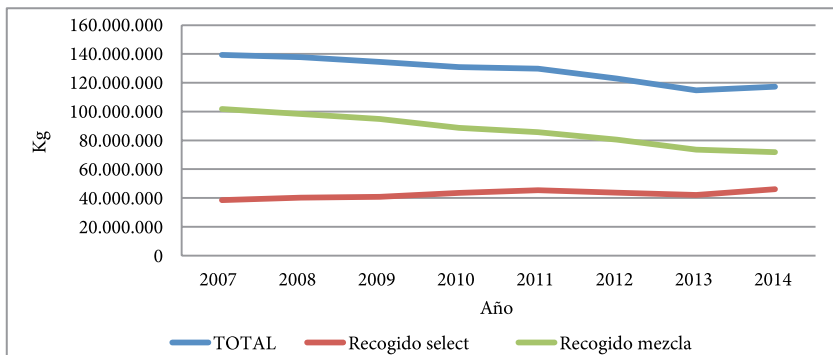


Figura 10. Evolución de la recogida de residuos en la MSM

2.2.2. COMPOSICIÓN, EFICIENCIA Y PUREZA

Además de determinar las cantidades de residuos recogidos en cada municipio, como se ha anunciado en el anterior punto, para la adecuada y correcta gestión de estos es fundamental conocer la composición de los mismos, ya que en función de los componentes, se pueden dimensionar los sistemas de recogida y de tratamiento.

Por lo tanto, determinar la composición consiste en conocer el porcentaje de cada fracción de residuos (M.O, PyC, envases ligeros, vidrio, rechazo...) respecto toda la cantidad de basura generados.

Para ello, existe una gran cantidad de bibliografía que proporciona valores aproximados de composiciones de residuos para diferentes regiones, épocas, niveles de población etc. No obstante, en el presente estudio se ha partido de un estudio realizado por la Diputación Foral de Gipuzkoa para caracterizar la fracción resto de los RSU en el año 2012 (*Diputación Foral de Gipuzkoa, 2012*) y así determinar la composición de los RSU en la MSM .

Antes de describir la metodología empleada en la obtención de la composición es preciso aclarar el concepto de pureza. La pureza de una fracción de residuo recogido selectivamente es el cociente entre el reciclable recogido separadamente y el total recogido de esa fracción. Así pues, cuanto más se acerque este resultado a la unidad mayor pureza tendrá la fracción de esos residuos; por ejemplo, si la pureza de residuos de papel y cartón es un 90% quiere decir que de 10 kg recogidos del contenedor azul 9 kg son papel y cartón. Los valores de las purzas para cada tipo de recogida se han obtenido de los documentos de PIGRUG (*Diputación Foral de Gipuzkoa, 2002-2016*) y de la Agencia de Residuos de Catalunya (*Agencia de Residuos de Catalunya, 2013*) (ver **Tabla 3**).

Tabla 3. Pureza de las fracciones de residuos respecto al tipo de recogida.

Fracción	4 cont.	5 cont.	PaP
Orgánica	0,00%	86,00%	95,00%
PyC	97,31%	97,31%	97,31%
Envases lig.	87,20%	87,20%	87,20%
Vidrio	98,00%	98,00%	98,00%

El procedimiento seguido en el cálculo de la composición de residuos, ha sido el siguiente:

- (1) Obtención de los porcentajes de la fracción resto para cada sistema de recogida en la MSM del informe (*Diputación Foral de Gipuzkoa, 2012*) (ver **Tabla 4**)

Tabla 4. Porcentaje de la fracción resto para cada tipo de recogida en la MSM

	4 cont.	5 cont.	PaP	GIPUZKOA
Orgánica	54,79%	56,86%	13,91%	54,41%
PyC	9,82%	9,24%	2,88%	8,45%
Envases lig.	12,82%	12,85%	3,41%	12,68%
Vidrio	4,88%	5,39%	0,85%	5,28%
Rechazo	5,67%	5,20%	4,58%	5,26%
Mat. Mixto	12,01%	10,46%	74,36%	13,41%

(2) Distribución en la misma proporción el rechazo para cada fracción de residuos (ver **Tabla 5**). Se supone que el rechazo para cada fracción se dará en los mismos porcentajes.

Tabla 5. Ejemplo para el tipo de recogida de 4 contenedores

COMPOSICION FRACCION RESTO (4 cont)		PyC	
Orgánica	54,79%	54,79%	60,76%
PyC	9,82%	12,82%	14,22%
Envases lig.	12,82%	4,88%	5,41%
Vidrio	4,88%	5,67%	6,29%
Rechazo (rechazo+mat. Mixto)	12,01%	12,01%	13,32%
	100,00%	90,17%	100,00%

(3) Cálculo de las cantidades de impurezas de cada fracción de residuos y de cada municipio (ver **Tabla 6**).

Impurezas = $Recogido_i \cdot (1 - Pureza_i)$; donde i = tipo de fracción de residuo. (1)

(4) . Multiplicar el rechazo por las impurezas de cada fracción (ver **Tabla 6**).

(5) Finalmente calcular la composición de residuos de cada municipio (ver **Tabla 6**).

Composición = $Recogido_i / TOTAL\ recogido$ (2)

Tabla 6. Ejemplo de composición de residuos en Donostia/San Sebastián

Contenedores	Recogido (kg)	Impurezas (kg)	PyC real (Kg)	Env. Lig. real (kg)	Vidrio real (kg)
Orgánica	2.367.960				
PyC	9.595.354	258.115	9.337.239	36.698	13.969
Envases lig.	3.940.003	504.320	56.813	3.435.683	28.233
Vidrio	6.769.839	135.397	13.980	18.250	6.634.442
Otros	3.893.902	3.893.902			
Rechazo	53.549.290	53.549.290	6.388.702	8.340.443	3.174.833
TOTAL	80.116.348	Recogido	15.796.734	11.831.074	9.851.478
		COMPOSICIÓN	19,72%	14,77%	12,30%

Analizando las composiciones de residuos obtenidas de cada municipio y comparándolas con los datos del Documento de Progreso del PIGRUG se contempla como la composición varía según el sistema de recogida (ver **Tabla 7**).

Tabla 7. Composición de residuos. Comparativa.

Fracción	DdP del PIGRUG		Composición de los RD 2014		
	Composición de los RD 2001	Composición de los RD 2007	4 cont.	5 cont.	PaP
Orgánica	33,36%	33,06%	33,06%	49,07%	45,93%
PyC	24,01%	19,12%	19,62%	17,84%	16,62%
Envases lig.	16,32%	15,83%	16,02%	15,30%	13,04%
Vidrio	10,67%	11,05%	12,07%	12,89%	14,21%

No obstante, el sistema de recogida no puede ser la causa de haber diferentes composiciones de residuos. Los municipios con los sistemas de 5 contenedores y PaP son rurales, por lo que se concluye que la composición varía según grado de urbanización de municipio y no por el tipo de recogida (ver **Tabla 8**).

Tabla 8. Composición de residuos según población.

Fracción	Muni. > 20.000 hab.	Muni. <20.000 hab.
Orgánica	33,06%	45,93%
Papel/Cartón	19,62%	16,62%
Envases lig.	16,02%	13,04%
Vidrio	12,07%	14,21%

Por último, es preciso definir el concepto de eficiencia. La eficiencia se expresa como el cociente entre la cantidad recogida real (sin las impurezas) de una fracción de residuos y la cantidad generada real de esa fracción. En la **Tabla 9** se pueden ver los valores de eficiencia de cada fracción de residuos según el sistema de recogida.

Tabla 9. Eficiencia de cada fracción según el tipo de recogida.

Fracción	4. cont	5. cont	PaP
Orgánica	0,00%	21,30%	70,43%
PyC	58,13%	67,05%	82,81%
Envases lig.	35,01%	46,63%	74,33%
Vidrio	69,70%	63,22%	94,06%

Definidos los conceptos de composición, pureza y eficiencia, se puede caracterizar los residuos recogidos en cada propuesta (ver **sección 3**), ya que el total recogido de cada municipio sigue constante a lo largo de los próximos años, tal y como se ha explicado anteriormente. Los pasos a seguir para obtener la cantidad de residuos recogida de cada fracción, cada municipio y cada propuesta planteada son los siguientes:

(1) Cálculo de la generación de cada fracción de residuos:

$$Generación_i = Composición_i / TOTAL\ recogido \quad (3)$$

(2) Cálculo de lo recogido puro de cada fracción:

$$Recogido\ puro_i = Generado_i \cdot Eficiencia_i \quad (4)$$

(3) Cálculo de lo recogido de cada fracción:

$$Recogido_i = Recogido\ puro_i / Pureza_i \quad (5)$$

2.3. SISTEMA DE RECOGIDA

Como se ha explicado anteriormente la prerrecogida y la recogida de los residuos son etapas fundamentales en la gestión de los mismos. En los municipios de la MSM se emplean diferentes de sistemas de recogida de residuos. La recogida de residuos se realiza mediante sistemas de 4 contenedores en Donostia/San Sebastián, Rentería y Lasarte-Oria; mediante 5 contenedores en Urnieta y mediante Puerta a Puerta (PaP) en el resto de municipios. Todos ellos son sistemas basados en la recogida selectiva.

El modo de recogida basado en 4 contenedores consiste en dividir los residuos en papel y cartón (contenedor azul), envases ligeros (contenedor amarillo), vidrio (iglú verde) y resto (contenedor verde) (ver **Figura 11**). Estos contenedores se distribuyen por las calles y la recogida es diaria.



Figura 11. Sistema de recogida selectiva mediante 4 contenedores en acera.

En el sistema de 5 contenedores se añade el contenedor marrón para depositar el residuo de materia orgánica o biorresiduo, que incluye los residuos de alimentos y de jardín (ver **Figura 12**). En este caso se requiere un grado mayor de concienciación y educación a la hora de separar los residuos.



Figura 12. Vista de contenedor orgánico.

La principal característica del sistema de recogida Puerta a Puerta es que cada vivienda recoge de manera separada los residuos que produce. Se separan el papel y cartón, envases ligeros, vidrio, materia orgánica y resto como en el caso anterior. Sin embargo, en vez de depositar los residuos en contenedores cada hogar o edificio tiene un recipiente destinado a cada fracción de residuo (ver **Figura 13**) y estos se depositan en sitios habilitados en la vía pública.

En el sistema implantado en Gipuzkoa, cada día se recoge un tipo de residuo, la materia orgánica se recoge tres días a la semana, el papel y cartón un día, los envases ligeros dos días y el resto otro día. Los iglús de vidrio siguen existiendo.



Figura 13. Recogida PaP en el municipio de Astigarraga (cubos de MO).

2.4. TRANSPORTE

En esta etapa se realiza el transporte de los residuos hacia las plantas de clasificación, aprovechamiento o vertedero. Depende de la distancia final de disposición de los residuos estos pasan previamente o no por una estación de transferencia. La materia orgánica recogida selectivamente en los municipios de 5 contenedores y PaP pasa por la estación de transferencia de San Marko para ser transportada a las plantas de compostaje de Lapatx, Funes (Navarra) o Itxassou (Francia) que se sitúan a más de 20 kilómetros de distancia de las zonas de recolección. Esto hace que sea necesario utilizar la estación de transferencia para trasladar estos residuos a camiones con mayor capacidad y así ahorrar costes de transporte. La planta de compostaje de Lapatx no tiene capacidad suficiente para tratar toda la materia orgánica de Gipuzkoa, por lo que parte de se trata en otras plantas, como la de Funes o Itxassou, fuera de la provincia. Los residuos de papel y cartón y envases ligeros se tratan en las plantas de Martutene (Donostia/San Sebastián) y Urnieta respectivamente. La planta de envases ligeros de Urnieta es propiedad de la MSM mientras que la de papel y cartón la gestionan los entes privados “Despanorsa” y “Sayca”. En este caso, los residuos no pasan por la estación de transferencia por la cercanía de las plantas respecto de los municipios.

La fracción resto se transporta a los vertederos de Urteta (cerrado a finales de 2014), Lapatx y Sasieta todos ellos fuera de la mancomunidad. Por consiguiente, primeramente estos residuos se trasladan a la estación de transferencia para que finalmente sean depositados en alguno de los tres vertederos.

Por último, se debe indicar que el vidrio lo recoge y trata la empresa “Ecovidrio”. Así pues, esta fracción de residuo no será objeto de análisis, pues su gestión es independiente del resto de residuos urbanos.

El transporte de residuos se realiza en camiones específicos para esta labor. Estos varían en tamaño dependiendo de la zona en la que trabajan, y compactan los residuos mediante el sistema de recogida trasera. Los residuos llevados a la estación de transferencia se depositan en tolvas, se compactan y se disponen en contenedores mayores para su posterior transporte (ver **Figura 14**). La materia orgánica no se puede comprimir, por lo que únicamente se traslada a un contenedor mayor.



Figura 14. Vista de la ET de la MSM. Camión de residuos y contenedores más grandes

Mientras que de la gestión de la recogida y transporte de residuos en los municipios de 4 y 5 contenedores se encarga la MSM en los municipios de PaP la gestión de recogida y transporte es de cada municipio. La responsabilidad del transporte de los residuos a partir de la estación de transferencia es del Consorcio de Residuos de Gipuzkoa.

2.5. TRATAMIENTO

Es la etapa final del proceso antes del reciclaje o eliminación de los residuos. Para ello, se disponen de diferentes plantas, como se describe anteriormente (ver **apartado 2.1**).

2.5.1. PLANTA DE COMPOSTAJE

El destino de la materia orgánica separada en la recogida es el compostaje. El compostaje, es un proceso biológico aerobio (con presencia de oxígeno) que, bajo condiciones de ventilación, humedad y temperatura controladas, transforma los residuos orgánicos degradables en un material estable e higienizado llamado compost, que se puede utilizar como enmienda orgánica. En el funcionamiento de la planta de compostaje de Lapatx (ver **Figura 15**), por ejemplo se incluyen las etapas que se describen a continuación:

A su llegada a la planta, el biorresiduo se descarga en la zona habilitada para ello y a continuación se carga sobre una máquina abre bolsas, separándose manualmente las bolsas de plástico no biodegradables y otros materiales impropios que suelen acompañar a los biorresiduos.

El biorresiduo se deposita sobre un lecho de material estructurante (normalmente residuos de poda), a fin de evitar la formación de lixiviados y la emisión de malos olores. La mezcla compuesta de biorresiduo y material estructurante se realiza con una pala cargadora, configurando pilas que se identifican mediante posición y fecha de generación (*Consortio de Residuos de Gipuzkoa, 2011*).

En esta primera fase se realizan volteos periódicos para la correcta aireación y homogenización de la mezcla. Los primeros quince días se realizan como mínimo 5 volteos y para asegurar las condiciones de higienización se asegura que la temperatura sea superior a los 55 °C. Durante este periodo se controla periódicamente la temperatura y la humedad de la mezcla.

En general, una vez que se ha superado la fase termofílica, en la explanada se lleva a cabo el proceso de maduración en fase mesófila.

Finalizado el periodo de maduración, el compost sufre un proceso de afino mediante un sistema de cribado que separa el compost del material estructurante. Una vez se ha cribado el compost, se almacena y se realizan los controles analíticos del mismo.

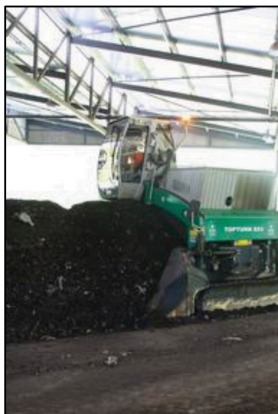


Figura 15. Planta compostaje de Lapatx

2.5.2. PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE ENVASES LIGEROS

Esta planta ubicada en Urnieta (ver **Figura 16**) trata los residuos de las mancomunidades de San Markos, Txingudi y Tolosaldea, 10.000 toneladas anuales aproximadamente (*Mancomunidad de San Markos*).

El proceso de clasificación está completamente automatizado (ver **Figura 16**) exceptuando el primer paso de separar los materiales voluminosos. La automatización comienza desde la recepción de los residuos en la cinta transportadora que tras pasar por el abridor de bolsas permite iniciar una progresiva selección de los residuos discriminando los materiales de acuerdo a su tamaño, color y naturaleza (polietileno de alta y baja densidad, PET, PVC, metálicos férricos, aluminio, brick y otros productos residuales).

La primera selección atiende al tamaño y la forma gracias al separador balístico que cuenta con orificios de 80mm. Una segunda forma de separación son los imanes que separan los elementos férricos para su posterior prensado, y quizás, el mayor avance tecnológico se cifra en la clasificación automática mediante reconocimiento óptico. Este mecanismo cuenta con lectores ópticos capaces de identificar los diferentes materiales en función del color, la forma y el tamaño que una vez identificados el sistema los separa del resto aplicando corrientes de aire.

La interacción de estos mecanismos de selección junto a otros separadores balísticos y magnéticos aplicados al flujo constante de material que empujan las cintas transportadoras así como el reprocesado del material permiten obtener una elevada eficacia en el proceso de separación y clasificación.



Figura 16. Planta de clasificación de envases ligeros de Urnieta

2.5.3. PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN

En la planta ubicada en el barrio de Martutene de Donostia/San Sebastián se sigue un procedimiento que consiste en la recepción de las distintas fracciones de papel y cartón procedentes del contenedor azul, su selección y posterior preparación para exportación a plantas de reciclaje externas (ver **Figura 17**), así como la gestión del rechazo existente en la fracción recogida y su preparación para envío a vertedero de residuos no peligrosos de “Despanorsa”.

La selección se realiza por un proceso combinado de selección manual y mecánico, basándose tanto en el tamaño habitual de las distintas fracciones, como en propiedades intrínsecas de los mismos.

La recepción, selección y almacenamiento se realiza en nave cubierta y cerrada, manejándose los materiales y productos finales con pala cargadora.

El transporte de estos residuos lo realiza la mancomunidad y los municipios (en sus respectivos casos) llevando hasta la planta lo recogido en los contenedores y las bolsas azules.



Figura 17. Funcionamiento de la planta de clasificación PyC

2.5.4. VERTEDERO

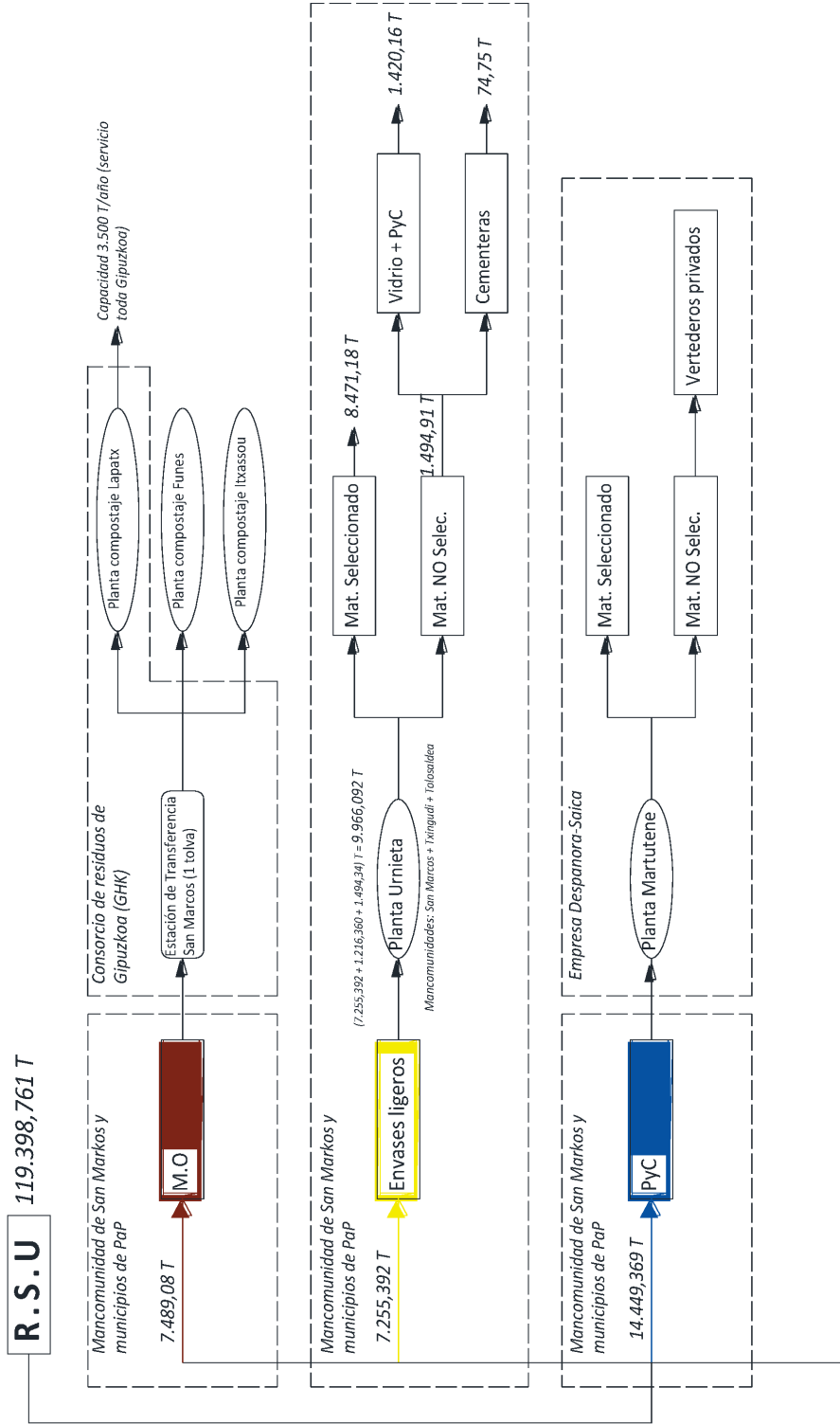
Hasta el año 2014 había tres vertederos en funcionamiento en toda Gipuzkoa que recibían los residuos de todos los municipios de la provincia. A finales de ese mismo año se clausuró el vertedero de Urteta de la mancomunidad de Urola Kosta. En la actualidad, los dos vertederos en funcionamiento están al borde de su capacidad, de hecho, el relleno sanitario de Sasieta (en la mancomunidad de Sasieta) esta temporalmente cerrado, ya que una zona se está impermeabilizando para que pueda acoger más cantidad de residuos.

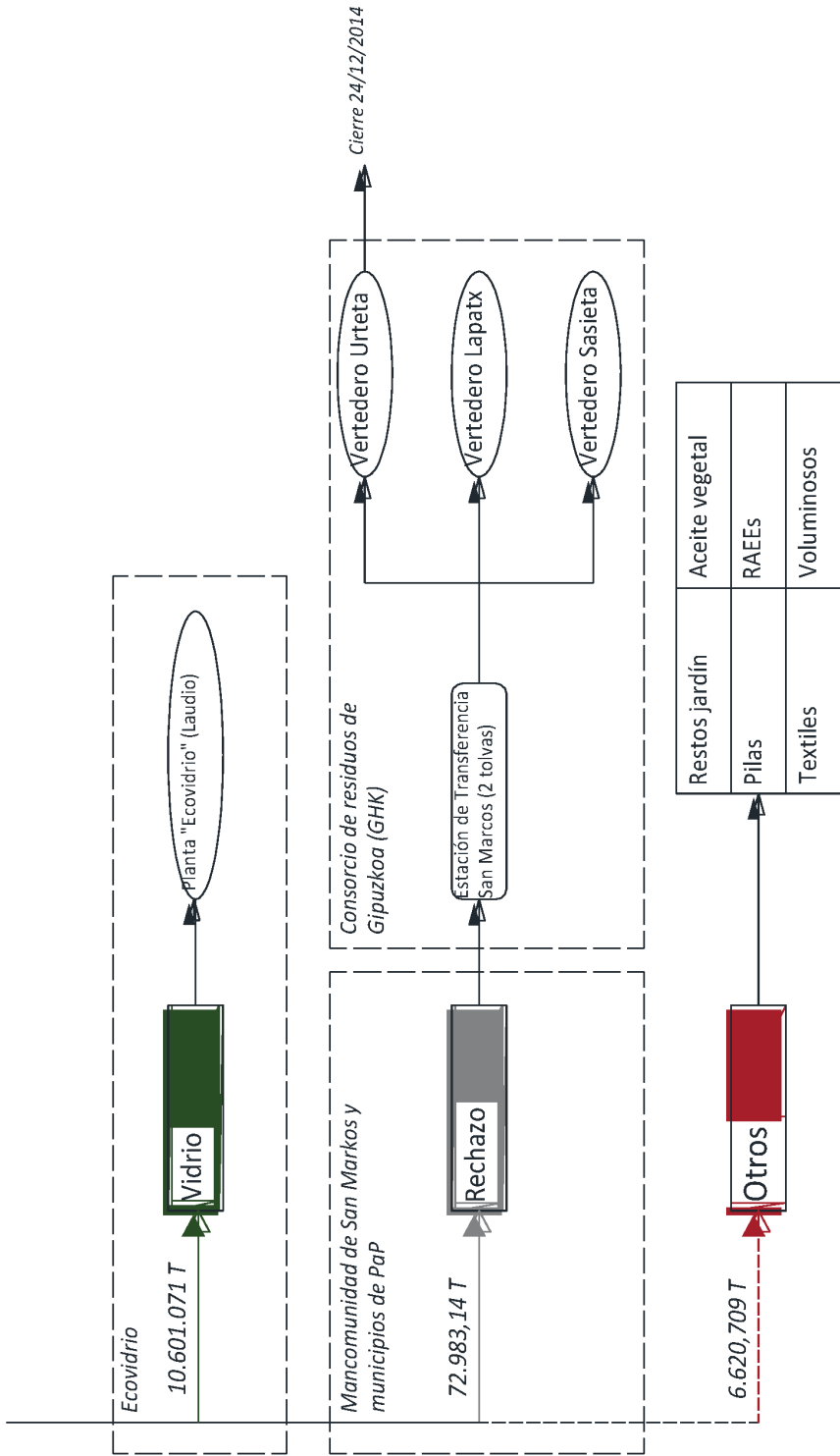
Asimismo, durante los años 2010-2011, se trasladaron parte de los residuos de la fracción resto a la incineradora de Zabalgardi (en Bilbao) mediante un acuerdo que firmaron las Diputaciones Forales de Gipuzkoa y Bizkaia.

En general, en estos dos vertederos se depositan los residuos de la fracción resto de la mancomunidad de San Markos que previamente pasan por la estación de transferencia. Una vez han llegado a su ubicación los residuos se esparcen en el terreno por capas.

2.6. MAPA CONCEPTUAL: FLUJOS DE RESIDUOS

En el siguiente esquema se puede observar los flujos de residuos, infraestructuras de tratamiento y los gestores de los mismos.





Restos jardín	Aceite vegetal
Pilas	RAEEs
Textiles	Voluminosos

3. **PLANEAMIENTO DE LAS DIFERENTES PROPUESTAS**



3.1. ESCENARIOS PLANTEADOS

Una vez caracterizada la situación actual de la MSM, es hora de definir las propuestas planteadas para el estudio. Los nuevos escenarios deben tener coherencia entre la recogida y el tratamiento de los residuos; es decir, no se puede proponer una alternativa que no recoja selectivamente la materia orgánica y plantear la construcción de una planta de compostaje. Asimismo, se ha propuesto la construcción de un nuevo vertedero para la provincia de Gipuzkoa, ya que los dos restantes (Lapatx y Sasieta) están al borde de su capacidad. Las infraestructuras existentes, como son las plantas de clasificación de envases ligeros y papel y cartón, serán parte de las propuestas sugeridas, puesto que se conservan en un estado óptimo y tienen suficiente capacidad para tratar los residuos tratados. Por lo tanto, combinado tipos de recogida y tratamiento posibles se han obtenido 17 escenarios (ver **Tabla 10**):

Tabla 10. Planeamiento de las propuestas.

P#	INFRAESTRUCTURAS	TIPO DE RECOGIDA
P1	Estado actual	Actual (4. cont.+5. cont.+PaP)
P2	Planta de compostaje *	5. cont. en todos los municipios
P3	Planta de compostaje *	5. cont. [Donostia+Renteria] + PaP [resto muni.]
P4	Planta de compostaje *	PaP en todos los municipios
P5	Planta de compostaje + TMB*	Actual (4. cont.+5. cont.+PaP)
P6	Planta de compostaje + TMB*	4. cont. [Donostia+Renteria]+5. cont. [resto muni.]
P7	Planta de compostaje + TMB*	5. cont. en todos los municipios
P8	Planta de compostaje + TMB*	5. cont. [Donostia+Renteria] + PaP [resto muni.]
P9	Planta de compostaje + TMB*	PaP en todos los municipios
P10	Incineradora + TMB*	4.cont. en todos los municipios
P11	Incineradora +TM B+ compostaje*	Actual (4. cont.+5. cont.+PaP)
P12	Incineradora + TMB+ compostaje*	4. cont. [Donostia+Renteria]+5. cont. [resto muni.]
P13	Incineradora + TM+ compostaje *	Actual (4. cont.+5. cont.+PaP)
P14	Incineradora + TM+ compostaje *	4. cont. [Donostia+Renteria]+5. cont. [resto muni.]
P15	Incineradora + TM+ compostaje *	5. cont. en todos los municipios
P16	Incineradora + TM+ compostaje *	PaP en todos los municipios
P17	TMB *	4.cont. en todos los municipios

** Estas propuestas comprenden las infraestructuras existentes, como son las Plantas de Clasificación de envases ligeros de Urnieta y de papel y cartón de Martutene, así como un nuevo vertedero en la localidad de Zestoa en la Mancomunidad de Urola Kosta.*

Se ha supuesto oportuno combinar los diferentes tipos de recogida para una misma propuesta, ya que cabe la posibilidad de que se produzca esta situación. En algunas propuestas no se ha cambiado el sistema de recogida actual para que así los cambios sean menores.

Es preciso definir los nuevos conceptos empleados en los tratamientos de residuos propuestos:

- **Tratamiento Mecánico Biológico (TMB):** procesos físicos y biológicos para el tratamiento de los residuos o fracciones de residuos con contenido significativo de materia orgánica procedente de la fracción rechazo. Así pues, se separa los materiales reciclables (envases ligeros, papel y cartón vidrio etc.) y se bioestabiliza la materia orgánica. La parte que queda de rechazo se deposita en un vertedero o se incinera.
- **Tratamiento Mecánico (TM):** procesos físicos para el tratamiento de residuos procedente de la fracción resto siempre que previamente se hayan recogido selectivamente las demás fracciones de residuos.
- **Incineración:** proceso de tratamiento térmico destinado a la reducción en volumen de los residuos mediante la aplicación de energía calorífica en hornos apropiados con aprovechamiento de la energía producida.

Las nuevas infraestructuras para el tratamiento de residuos planteadas, se ubican en una parcela del barrio de Zubieta en Donostia/San Sebastián (ver **Figura 18**). Este emplazamiento se adecuó para la construcción de una incineradora, en el año 2010. Finalmente, con el cambio de gobierno en la Diputación (año 2011) este proyecto se paralizó y se propuso la construcción de una TMB más una planta de compostaje. No obstante, los dos proyectos siguen paralizados a día de hoy.

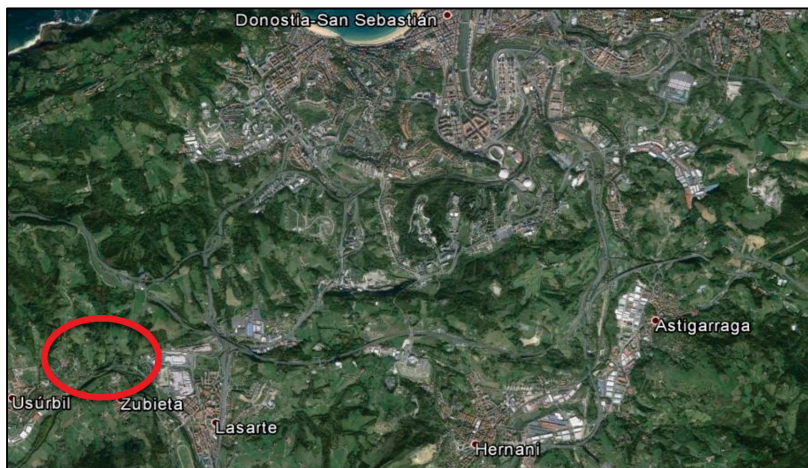


Figura 18. Ubicación de la parcela (en rojo) para la construcción de TMB, incineradora o planta de compostaje.

El nuevo vertedero se ubicará en la cantera clausurada del municipio de Zestoa en la Mancomunidad de Urola Kosta. La Diputación Foral de Gipuzkoa ha planteado la posibilidad de adecuar la vieja cantera con el fin de albergar un nuevo vertedero en el que se depositarían los residuos no peligrosos procedentes de un posible TMB. Sin embargo, para este estudio y viendo la necesidad de un vertedero en la provincia de Gipuzkoa, se considera adecuada la ubicación del nuevo vertedero, ya que es un sitio no muy lejano de la MSM (unos 30 km) y además, pueda dar servicio a otras mancomunidades de la provincia.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS PROPUESTAS

Las alternativas proyectadas se pueden agrupar en seis bloques dependiendo del proceso de tratamiento propuesto.

- **P1 (estado de actual):** escenario vigente de la MSM en el año 2014.
- **P2 / P3 / P4:** En estas alternativas todas las fracciones de residuos se recogen selectivamente. Por lo tanto, se deberá definir una planta de compostaje que tenga capacidad para tratar toda la materia orgánica recogida. La fracción de rechazo deberá pasar por la ET debido a la distancia al nuevo vertedero de Zestoa.
- **P5 / P6 / P7 / P8 / P9:** Se plantean diferentes sistemas de recogida. Sin embargo, toda la fracción de rechazo pasará por la TMB donde se clasificará en materiales reciclables, la materia orgánica se bioestabilizará y el resto se llevará al nuevo vertedero.
- **P10:** Los envases ligeros, el papel y cartón y el vidrio se recogen selectivamente mientras que el todo el rechazo se recoge en mezcla. Una vez hayan pasado los residuos del contenedor de resto por la TMB el rechazo se incinerará.
- **P11 / P12:** La materia orgánica recogida selectivamente de algunos municipios se lleva a la planta de compostaje. Los demás residuos siguen el mismo proceso que en la anterior propuesta.
- **P13 / P14 / P15 / P16:** Los residuos siguen el mismo proceso que las anteriores alternativas (P11 y P12), pero no son estabilizados biológicamente por lo que se incinerará más cantidad de residuos. Se plantea el tratamiento mecánico de los residuos de fracción resto para poder separar los materiales reciclables y no sean incinerados directamente.
- **P17:** similar a la propuesta 10. No obstante, en este caso no se incineran los residuos por lo que habrá más cantidad de rechazo para depositar en el vertedero.

3.3. CARACTERIZACIÓN DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE RESIDUOS

A partir de diversa bibliografía y datos de la MSM se han caracterizado las cantidades tratadas y recuperadas de cada fracción de residuos en sus respectivas plantas.

En la planta de compostaje se tratarán los residuos procedentes de la recogida selectiva de materia orgánica de los sistemas de 5 contenedores o PaP. La materia orgánica pasa por varios procesos y así se consigue un material estable e higienizado llamado compost, que se puede utilizar como enmienda orgánica. De toda la materia orgánica tratada casi la mitad del volumen se pierde en forma de gases (ver **Tabla 11**) de acuerdo con los datos de la planta de compostaje de la mancomunidad de Montejurra (*Mancomunidad de Montejurra*).

Tabla 11. Porcentajes de pérdidas en la planta de compostaje de Montejurra

Planta compostaje	
Compost	52%
Pérdidas	48%

En cuanto a la planta de clasificación de envases ligeros de Urnieta, de toda la cantidad de residuos de los contenedores o cubos amarillos que llega, el 85% es material seleccionado (ver **Tabla 12**). El rechazo sobrante se utiliza para la combustión de las cementeras. Estos datos se han obtenido de la MSM (*Mancomunidad de San Markos*) y del Centro de Recuperación y Reciclaje de El Mazo en Torrelavega (*MARE*).

Tabla 12. Porcentaje de recuperación de materiales de la planta de envases lig. de Urnieta

Planta de clasificación de envases ligeros	
Material seleccionado	85%
HDPE	12%
PET	21%
Envases férricos	19%
Envases de aluminio	1%
Material NO seleccionado	15%
Vidrio + PyC	95%
Mat. Para cementeras	5%

Por último, las cantidades recuperadas en una TMB o TM varían en función de si se dispone de una incineradora o no. Así pues en las siguientes tablas (ver **Tabla 13**, **Tabla 14** y **Tabla 15**) se muestra estos valores obtenidos de las comparativas del “Estudio de la situación actual de las plantas de tratamiento mecánico-biológico en España” (*Izquierdo, 2014*). El material bioestabilizado obtenido de las TMBs no se ha tenido en cuenta, ya que carece de valor económico.

Tabla 13. Residuos recuperados de una TMB con incineradora

TMB con INCINERACIÓN	
Material seleccionado	4,4%
PyC	46,0%
Envases ligeros	53,0%
Bioestabilización	8,4%
Rechazo	68,5%
Vertedero	57,2%
Incineradora	42,78%

Tabla 14. Residuos recuperados de una TMB sin incineradora

TMB sin INCINERACIÓN	
Material seleccionado	2,6%
PyC	36,0%
Envases ligeros	62,0%
Bioestabilización	6,7%
Rechazo	75,8%
Vertedero	100,0%

Tabla 15. Residuos recuperados de una TM con incineradora.

TM con incineración	
Material seleccionado	4,4%
PyC	46,0%
Envases ligeros	53,0%
Rechazo	76,9%
Vertedero	57,2%
Incineradora	42,78%

Finalmente, en la **Tabla 16** se pueden ver las cantidades de residuos recogidas, tratadas y el material recuperado de la propuesta P11.

Tabla 16. Cantidades de residuos tratados, recogidos y material recuperado para P13.

	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	5.121.120,00	Planta comp.	5.121.120,00	Compost	2.662.982,40
PyC	14.449.369,00	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	7.184.920,00	Planta Env. Lig.	7.184.920,00	Envases lig.	6.107.182,00
				PyC + vidrio	1.005.888,80
Rechazo	72.983.140,00	TM	72.983.140,00	Envases lig.	1.678.612,22
		Incineradora	24.011.453,06	-	-
		Vertedero	32.112.581,60	-	-

En el **Anexo II** se representan las cantidades de residuos recogidas de cada propuesta, así como las cuantías de residuos tratadas en las plantas. Las cantidades recogidas se han obtenido como se ha explicado anteriormente en el apartado **2.2.2**.

4. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO



El método del análisis multicriterio, empleado en el presente estudio, es una herramienta adecuada para ayudar en la toma de decisiones de la gestión de los RSU, ya que, a partir de la combinación de varios criterios, se puede obtener una solución óptima. Este método se basa en analizar los factores económicos, ambientales y sociales. Con el fin de obtener un resultado normalizado entre las tres variables y poder valorar las propuestas planteadas, se ha empleado una metodología que combina los métodos AHP (*Analytic Hierarchy Process*) y TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) para facilitar el proceso de toma de decisiones.

4.1. CRITERIOS PARA LA TOMA DE DECISIONES

Los aspectos económicos, ambientales y sociales se han evaluado por separado para cada propuesta, ya que estas consideran distintas unidades de medida. Finalmente se han homogeneizado en un mismo resultado para escenarios diferentes y poder comparar cada alternativa entre sí.

4.1.1. CRITERIO ECONÓMICO

Las etapas en la gestión de los RSU originan tanto costes como beneficios económicos. Es importante definir el adecuado número de subcriterios (ver **Tabla 17**) para una correcta caracterización de los escenarios propuestos. Los subcriterios que reflejan los costes y beneficios son expresados en las mismas unidades (€).

Tabla 17. Criterio y subcriterios económicos

C #	CRITERIO	SC #	SUBCRITERIO	UNIDADES
C 1	ECONÓMICO	SC 1.1	Coste de recogida	€
		SC 1.2	Coste de transporte	€
		SC 1.3	Coste de tratamiento	€
		SC 1.4	Recuperación en tratamiento	€
		SC 1.5	Coste de inversión	€

Para obtención de los primeros cuatro costes (SC 1.1, SC 1.2, SC 1.3 y SC 1.4) se han empleado el informe elaborado por la Comisión Europea “*Costs for Municipal Waste Management in the EU*” (Hogg, 2001) y los precios de papel para reciclar de “Aspapel” (*ASpapel*).

El primer subcriterio (SC 1.1) considera el coste de transporte en los municipios de la recogida y paradas necesarias en función de los contenedores. Los costes de recogida se expresa en €/ton (ver **Tabla 18**), por lo que se deberá multiplicar la cantidad recogida por este coste unitario y así obtener el coste total de recogida de cada municipio y propuesta.

Tabla 18. Coste de recogida (€/ton)

Fracción	Recogida	Coste recogida (€/tn)
Resto	4 Cont.	54
	5 Cont.	65
	PaP	74
Inertes	4 Cont.	129
	5 Cont.	155
	PaP	200
M.O	4 Cont.	43
	5 Cont.	54
	PaP	70

En el segundo subcriterio (SC 1.2) se deben de definir las distancias a los destinos finales de las fracciones de residuos, ya que el coste de transporte se expresa en €/ton-km (ver **Tabla 19**). Así pues multiplicando este coste por la distancia y la cantidad recogida se obtendrá el coste total transporte.

Tabla 19. Costes de transporte (€/ton·km)

Fase	Coste de Transporte (€/ton· km)
Desde recogida	0,36
Desde ET	0,21
A vertedero	0,21

Los siguientes subcriterios (SC 1.3 y SC 1.4) también se expresan en unidades de €/ton. El coste de tratamiento variara según el proceso empleado para tratar cada fracción de residuos (ver **Tabla 20**). En el caso de la fracción de papel y cartón, el coste de tratamiento será nulo, puesto que es una empresa privada la que se encarga de este proceso. Respecto al tratamiento de los residuos peligrosos de la incineración, está incluido en el coste de tratamiento (*International Solid Waste Association, 2006*).

Tabla 20. Coste de tratamiento (€/ton)

Tratamiento	Coste tratamiento (€/tn)
M.O (Compostaje)	40
Envases lig.	221
Rechazo (TMB)	60
Rechazo (Incinerar)	64
Rechazo (Vertedero)	56

El subcriterio 1.4, es el beneficio obtenido de la recuperación de los materiales recogidos selectivamente (ver **Tabla 21**). Como es obvio el residuo depositado en los vertederos es el único que no produce ningún beneficio.

Tabla 21. Amortización de los residuos

Tratamiento	Amortización (€/tn)
M.O (Compostaje)	5
PyC	61
Envases lig.	200
Vidrio (rechazo env. Lig)	200
Rechazo (Incineradora)	12
Rechazo (Vertedero)	0

Por último, es preciso determinar el coste de inversión para la construcción y mantenimiento de las nuevas instalaciones. En el planeamiento de las propuestas se han definido las infraestructuras necesarias para gestionar los residuos de cada alternativa. Se ha analizado para una vida de 20 años, por lo que para obtener el coste por año se ha dividido el total de inversión y mantenimiento por veinte (ver **Tabla 22**). Además, se han distinguido tres tipos de plantas para cada infraestructura según la capacidad.

Los costes recogidos en el informe utilizado como fuente de datos económicos (*Hogg, 2001*) se han comparado con los datos de otras infraestructuras construidas o proyectadas. Por ejemplo, los costes de una planta de compostaje se han comparado con los de la nueva planta de en construcción en la Mancomunidad del Alto Deba (*Consortio de Residuos de Gipuzkoa, 2011*) y los costes de una TMB con los de la nueva TMB de Bilbao (*Retema, 2013*). La información sobre el coste de un vertedero se ha obtenido del artículo de *Landfill ER Revenues versus Landfill Costs* (*Cointreau, 2008*). Las infraestructuras proyectadas tendrán una capacidad para tratar los residuos procedentes tanto de la propia MSM como de las otras mancomunidades de la provincia.

Tabla 22. Coste de las infraestructuras propuestas según su capacidad

Infraestructura	Coste TOTAL (€)	Coste/año (€)	Capacidad (ton)
Planta compostaje	400.000	20.000	8.000
	1.260.000	63.000	20.000
	7.500.000	375.000	70.000
Planta TMB	11.700.000	585.000	80.000
	18.795.000	939.750	140.000
	19.200.000	960.000	180.000
Incineradora	21.000.000	1.050.000	80.000
	39.000.000	1.950.000	140.000
	88.000.000	4.400.000	180.000
Vertedero	4.525.000	226.250	100 ton/día
	9.050.000	452.500	400 ton/día
	15.385.000	769.250	500 ton/día

En el **Anexo III** se representan los costes de cada subcriterio y propuesta.

4.1.2. CRITERIO AMBIENTAL

En cuanto al criterio ambiental, se ha dividido en tres subcriterios (ver **Tabla 23**). Igualmente, los subcriterios afectan a los periodos de transporte, tratamiento y disposición final de los residuos.

Tabla 23. Criterio y subcriterios ambientales

C #	CRITERIO	SC #	SUBCRITERIO	UNIDADES
C 2	AMBIENTAL	SC 2.1	Emisiones durante transporte	kg CO2 eq.
		SC 2.2	Emisiones durante tratamiento	kg CO2 eq.
		SC 2.3	Contaminación de aguas	L

Los dos primeros subcriterios, hacen referencia al flujo total de emisiones atmosféricas producidas por la solución bajo análisis, fruto de integrar las emisiones de CO2 (fósil y de ciclo corto), C secuestrado, CH4 y N2O, tanto en transporte (SC 2.1) como en tratamiento (SC 2.2). Estos datos obtenidos del informe *Waste Management Options and Climate Change (AEA Technology, 2001)* reflejan las emisiones de transporte y tratamiento de los residuos hasta su disposición final respecto a las emisiones correspondientes que generan de forma convencional. Por esto, estos valores de emisiones durante tratamiento pueden ser negativos, puesto que si los residuos son reciclados, se produce un ahorro respecto al ciclo natural de contaminación. Por ejemplo, los envases de plástico reciclados suponen un ahorro de contaminación atmosférica respecto su generación, ya que se cierra el ciclo. Además los valores de las emisiones durante el transporte (SC 2.1) habrá que multiplicarlos por la cantidad de residuos recogidos y la distancia hasta su disposición final (ver **Tabla 24**).

Tabla 24. Emisiones en el transporte

Fase	Emisión de transporte (kg CO2 eq./tn*km)
Desde recogida	0,105
Desde ET	0,08
A vertedero	0,08

En el caso de emisiones durante el tratamiento, los valores obtenidos de los envases ligeros (HDPE, PET, envase férricos y envases de aluminio) se han unificado en un único valor según la cantidad a tratar. Asimismo, estos valores se han multiplicado por la cantidad de residuos recogida de cada municipio y propuesta (ver **Tabla 25**).

Tabla 25. Emisiones durante tratamiento

Tratamiento	Residuo	Total GHG Flux (kg CO2 eq./tn)
Reciclaje	PyC	-600
	HDPE	-491
	PET	-1761
	Envases férricos	-1487
	Envases aluminio	-9074
Compostaje	M.O	-37
TMB	M.O	-224
	PyC	-559
	Envases plásticos	27
	Envases metálicos	-3006
	Otros residuos	-143
Incineración	M.O	-224
	PyC	-691
	Envases plásticos	310
	Envases metálicos	-1346
	Otros residuos	-241
Vertedero	M.O	730
	PyC	223
	Envases plásticos	8
	Envases metálicos	8
	Otros residuos	237

Finalmente, la contaminación de las aguas superficiales (SC 2.3) se dará en los residuos depositados en el vertedero que pueden originar lixiviados. Para el cálculo de este subcriterio se han tomado las siguientes hipótesis (ver **Tabla 26**), considerando siempre la zona de estudio.

Tabla 26. Hipótesis para el cálculo de la contaminación de aguas

Densidad del residuo de vertedero (ton/m3)	0,8
Altura del vertedero (m)	30
Precipitación (mm/año)	1500
Porcentaje de lixiviados (%)	20%

Así pues, conociendo la cantidad de residuos depositado en el vertedero en cada propuesta se podrá obtener la cantidad de lixiviados producido.

En el **Anexo IV** se plasman los datos de emisiones atmosféricas y al agua de cada propuesta.

4.1.3. CRITERIO SOCIAL

El último de los criterios se ha dividido en otros cuatro subcriterios (ver **Tabla 27**). Tres de ellos se expresan mediante puntuaciones (o porcentajes) mientras que el subcriterio de generación de empleo se mide según los trabajos producidos al gestionar 1000 toneladas de residuos.

Tabla 27. Criterio y subcriterios sociales.

C #	CRITERIO	SC #	SUBCRITERIO	UNIDADES
C 3	SOCIAL	SC 3.1	Aceptación social (reco.+trat.)	Puntuación
		SC 3.2	Generación de empleo	trabajos/1000 ton
		SC 3.3	Adaptabilidad	Puntuación
		SC 3.4	Cumplimiento de objetivos	Puntuación

El primer subcriterio (SC 3.1) mide el grado de aceptación social generado tanto en la etapa de recogida como en la de tratamiento de los residuos. Para la evaluación de este subcriterio, se realizó una encuesta a varias personas entre expertos y ciudadanos (**Anexo V**). Por un lado, se comparaba el grado de aceptación social de un tipo de recogida respecto a otro (mucho menor, menor, similar, mayor o mucho mayor) y por otro, el grado de aceptación social de un sistema de tratamiento respecto a otro (siguiendo mismos criterios). Fundamentándose en las encuestas y aplicando el método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) (ver **apartado 4.2.1**) y un sistema de Agregación basado en Similaridades (*Distance-Based Aggregation*) (ver **apartado 4.2.2**) se obtienen unos resultados. Estos valores obtenidos se multiplican por la cantidad de residuos recogida y tratada por cada propuesta y así se calculan los valores de aceptación social, tanto de recogida como de tratamiento.

El segundo subcriterio (SC 3.2) determina el ratio de generación de empleo que produce cada una de las propuestas sometidas a estudio. Como se puede ver en la **Tabla 28** cada tipo de recogida o tratamiento genera diferente número de trabajos, así al conocer la cantidad recogida y tratada se puede estimar los empleos creados en cada propuesta (*Tellus Institute, 2010*).

Tabla 28. Generación de trabajos según la recogida y tratamiento

Tipo recogida / tratamiento	Trabajos (Trab./1000 tn)
Selectiva cualquier residuo	1,67
Mezcla	0,56
Compostaje	0,5
TMB	0,5
Incineración	0,1
Reciclaje	2
Vertedero	0,1

Por otra parte, dentro del marco de planificación existente en materia de gestión de residuos, tanto a nivel municipal como nacional, se citan una serie de objetivos a satisfacer, cuyo cumplimiento se evalúa mediante el tercer subcriterio social (SC 3.3). En el presente caso, se han seguido los objetivos planteados en la Estrategia de Desarrollo del Documento de Progreso del PIGRUG 2008 – 2016 (*Diputación Foral de Gipuzkoa, 2012*):

- Alcanzar, el 60% de recogida selectiva sobre el total generado para cada tipología de generador RD
- Alcanzar el 10% de recogida selectiva de envases ligeros sobre el total generado.
- Implantar la recogida selectiva de la MOC en todos los municipios de Gipuzkoa con resultados >15% sobre el total generado y con un porcentaje de impropios <5%.

Por último, es importante evaluar el grado de adaptabilidad que puede tener una nueva propuesta en la sociedad (SC 3.4). El cálculo de la adaptabilidad se ha basado en determinar para cada propuesta el porcentaje de la población afectada por el cambio del tipo de recogida.

Los resultados de las encuestas se muestran en el **Anexo V**.

4.2. IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS CRITERIOS

Una vez quedan definidos los criterios y subcriterios (apartado 4.1), se plantean cuatro posibles escenarios para analizar los resultados:

- a) **Equilibrado:** los tres criterios descritos tienen el mismo peso. Es decir, los valores obtenidos al unir los subcriterios en los tres bloques (económico, ambiental y social) tienen un peso del 33%.
- b) **Preponderancia económica:** tiene mayor peso el criterio económico respecto a los otros dos, esto es, un 60% para el económico y 20% para los criterios de ambiental y social.
- c) **Preponderancia ambiental:** tiene mayor peso el criterio ambiental (60%) respecto a los otros dos (20%).
- d) **Preponderancia social ambiental:** tiene mayor peso el criterio social (60%) respecto a los otros dos (20%).

Asimismo, los cuatro subcriterios económicos se han sumado englobándose así un criterio único expresado en la misma unidad (€) teniendo el mismo peso para todos los subcriterios. No obstante, el criterio ambiental se ha dividido en dos grupos de subcriterios diferenciándose por una parte las emisiones de transporte (SC 2.1) y de tratamiento (SC 2.2) y por otra las emisiones al agua (SC 2.3). A la hora de normalizar los resultados, la suma de SC 2.1 y SC 2.2 se le ha dado un peso del 75% y al tercer subcriterio un 25%. En el caso del criterio social los pesos para cada subcriterio se han obtenido a partir de una encuesta que compara por pares los subcriterios sociales, por ejemplo, cuanta importancia tiene SC 3.1 respecto SC 3.2 (mucho menor, menor, similar, mayor o mucho mayor). Se ha empleado el método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) y un sistema de Agregación basado en Similitudes (*Distance-Based Aggregation*) para obtener los pesos de estos cuatro últimos subcriterios. Igualmente, se han valorado las alternativas parciales, es decir, se han normalizado los resultados de cada propuesta analizando cada criterio por separado.

4.2.1. PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

Este método originalmente creado por Saaty (*Saaty, 1980*) tiene por objeto determinar la importancia relativa del conjunto de criterios analizados por pares. Para ello Saaty propuso una escala de comparación con los siguientes valores (ver **Tabla 29**):

Tabla 29. Escala de comparación de Saaty.

Término lingüístico (i respecto a j)	Valor numérico	
	a_{ij}	a_{ji}
Absolutamente menos importante	1/9	9
Mucho menos importante	1/7	7
Menos importante	1/5	5
Ligeramente menos importante	1/3	3
Igualmente importante	1	1
Ligeramente más	3	1/3
Más importante	5	1/5
Mucho más importante	7	1/7
Absolutamente más importante	9	1/9

En el caso de estudio se ha simplificado la escala de Saaty con el fin de facilitar a los encuestados su trabajo y se ha propuesto la siguiente escala (ver **Tabla 30**):

Tabla 30. Escala simplificada

Término lingüístico (i respecto a j)	Valor numérico	
	a_{ij}	a_{ji}
Mucho menos importante / Mucho más importante	1/5	5
Menos importante / Más importante	1	3
Igualmente importante	1	1

La persona encargada de rellenar la encuesta sólo tiene que marcar con una 'X' en cada fila de la tabla en las que se comparan por pares, la aceptación social de recogida y tratamiento y la importancia relativa de los subcriterios sociales (**apartado 4.1.3**). Los resultados se representan en una matriz [C] cuyos elementos verifican la expresión $c_{ij} \cdot c_{ji} = 1$, es decir se obtiene una matriz recíproca (ver **Tabla 31**).

Tabla 31. Ejemplo de la matriz [C] con los resultados de una encuesta

AI	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	0,33333
5 C	3	1	0,33333
PaP	3	3	1
	4,3589	3,1798	1,10554

La matriz de comparación es totalmente consistente cuando el autovalor máximo de la matriz (λ_{\max}) es igual a n, de modo que la inconsistencia aumenta a medida que el autovector crece. Con el objetivo de valorar este aspecto, Saaty desarrolló el concepto de relación de consistencia (C.R.):

$$C. R. = \frac{C. I.}{R. I.} < 0.1 \quad (6)$$

donde C.I es el índice de consistencia:

$$C. I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

y R.I es el índice de consistencia aleatoria (ver **Tabla 32**)

Tabla 32. Índice de consistencia aleatoria (R.I)

Tamaño de la matriz (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.25	1.49

4.2.2. PROCESO DE AGREGACIÓN BASADO EN SIMILARIDADES

Una vez definido la matriz de comparación [C], es el momento de aplicar el método de Agregación basado en Similaridades. Primeramente, se pasan los resultados de la matriz de comparación (triángulo superior derecha de la matriz marcado en amarillo en el **Tabla 31**) a logaritmos neperianos. Esto se hace para poder calcular la “distancia” entre las opiniones de cada par de encuestados, de forma que se agrupen de acuerdo a lo similares que sean entre ellas. Es decir, si una persona ha puesto valoraciones que son muy parecidas a las que han puesto otros muchos de los encuestados, la opinión de esa persona tendrá un peso grande. Luego, se calcula la “distancia” entre las opiniones de cada par de encuestados utilizando el método de D. Euclídea:

$$s_{e_k e_l} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{j1j2,e_k} - x_{j1j2,e_l})^2}$$

donde $s_{e_k e_l}$ es la “distancia” entre las opiniones de cada par de encuestados, x_{j1j2,e_k} y x_{j1j2,e_l} son los valores pasados a logaritmos neperianos de los encuestados.

Después de calcular las distancias los resultados se colocarán en una matriz simétrica de $p \times p$ [P] siendo p el número de encuestados y se calculan los pesos de cada encuestado:

$$w_{e_k} = \frac{1 / \sum_{k=1}^p s_{e_k e_l}}{\sum_{k=1}^p \left(1 / \sum_{k=1}^p s_{e_k e_l} \right)}$$

Luego, se obtienen los valores de la matriz [C] según los pesos de cada encuestado.

$$a_{ij}^* = c_i^{w_{e_k}}$$

Finalmente, normalizando y ponderando se hallan los pesos finales de los criterios sociales (aceptación social y ponderación de alternativas). La obtención del vector de pesos a partir de una matriz de comparación consistente [C] = <C1, C2, ..., Cm> se realiza mediante una ponderación normalizada de los elementos de la matriz (ver Eqs. (11) y(12)):

$$c_i^* = \left(\prod_{j=1}^m a_{ij}^* \right)^{1/m} \quad (11)$$

$$w_i = \frac{c_i^*}{\sum_{i=1}^m c_i^*} \quad (12)$$

4.3. RANKING DE LAS PROPUESTAS

El objetivo final y fundamental es poder realizar una valoración comparando las propuestas planteadas. Para la valoración de las propuestas respecto a los criterios se ha empleado el método TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*). El procedimiento TOPSIS, originalmente desarrollado por Hwang y Yoon (Yoon, 1981) se basa en el principio de que la mejor propuesta está a la distancia más corta de la solución ideal positiva (PIS – *Positive Ideal Solution*) y a la distancia más larga a la solución negativa (NIS – *Negative Ideal Solution*). La arquitectura del método TOPSIS se desarrolla de acuerdo a los siguientes pasos:

- (1) Definición de la matriz de decisión [D] (ver **Tabla 33**): esta matriz relaciona las propuestas con los criterios. Esta matriz define en el **apartado 5.1** (ver **Tabla 34**).

Tabla 33. Matriz de decisión [D].

$$D = \begin{array}{c|cccc} & SC_1 & SC_2 & \cdots & SC_{11} \\ \hline P_1 & x_{1,1} & x_{1,2} & \cdots & x_{1,11} \\ P_2 & x_{2,1} & x_{2,2} & \cdots & x_{2,11} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_m & x_{m,1} & x_{m,2} & \cdots & x_{m,11} \end{array}$$

- (2) Normalizar la matriz [D]:

$$n_{ij} = (x_{ij} - \min x_{i,j}) - \sum_{j=1}^m (x_{i,j}), \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

- (3) Determinar la matriz de decisión ponderada normalizada:

$$v_{ij} = w_j \times n_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

donde el peso w_j se ha definido al principio del **apartado 4.2**.

- (4) Calcular la Solución Ideal Positiva (PIS) y la Negativa (NIS):

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \forall j \in J \right) \mid \left(\min_i v_{ij} \forall j \in J' \right) \right\} \quad (15)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \forall j \in J \right) \mid \left(\max_i v_{ij} \forall j \in J' \right) \right\} \quad (16)$$

- (5) Determinar la distancia de cada propuesta a A^+ y A^- :

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (18)$$

(6) Finalmente calcular la distancia a la solución relativa ideal de cada propuesta y cada escenario:

$$R_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (19)$$

Así pues, cuanto más se acerque la solución de una propuesta a la unidad mejor será el sistema de gestión planteado.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



5.1. MATRIZ DE DECISIÓN

Una vez definida la situación actual, planteadas las propuestas, determinadas las cantidades de recogida y tratamiento y calculados los valores de cada subcriterio, es hora de construir la matriz de decisión. En la **Tabla 34** se pueden ver los valores que forman dicha matriz de decisión [D]:

Tabla 34. Matriz de decisión donde se relacionan los resultados de los criterios con las propuestas.

PROP.	Económico	Ambiental		Social			
	Coste (€)	Emisiones [trans.+tra] (kg CO2 eq.)	Emisiones al agua (L)	Aceptación [recogida + tratamiento]	Trabajos	Adapt. (%)	Obj. (%)
P#1	11.356.007	4.271.554	912.289	25.086	141	0%	53%
P#2	14.513.835	16.626.705	862.929	56.860	159	98%	73%
P#3	14.394.290	10.318.933	756.584	53.426	166	84%	89%
P#4	15.569.318	-15.061.868	399.192	44.305	218	0%	100%
P#5	13.106.076	-16.820.199	691.515	39.639	172	28%	53%
P#6	13.644.764	-16.191.961	646.779	45.338	169	28%	41%
P#7	14.179.108	-18.930.197	579.679	65.847	192	98%	73%
P#8	14.133.244	-19.365.882	499.070	62.171	199	84%	89%
P#9	13.322.233	-23.324.706	274.852	49.064	236	84%	100%
P#10	15.577.852	-51.640.643	394.109	24.740	165	18%	32%
P#11	15.255.693	-48.414.592	357.617	39.725	171	0%	53%
P#12	15.833.582	-50.817.163	379.865	44.232	168	28%	41%
P#13	15.407.637	-49.097.834	401.407	28.535	172	0%	53%
P#14	18.447.452	-51.605.887	426.379	32.347	169	28%	41%
P#15	17.136.271	-51.287.324	379.689	56.332	192	98%	73%
P#16	16.955.890	-29.560.001	161.729	46.549	226	84%	100%
P#17	13.557.196	-15.463.353	762.078	37.995	162	18%	32%

Los cinco subcriterios económicos se han unificado en la matriz, ya que se expresan en las mismas unidades y tienen los mismos pesos (**Tabla 35**). En este criterio se puede ver claramente cómo en las alternativas plantean la construcción de nuevas plantas el coste aumenta considerablemente (ver **Tabla 22**). Por ejemplo, si se compara la P1 con P11 o P13, que tienen los mismos tipos de recogida, se aprecia el aumento del coste económico. Por lo tanto, se puede afirmar que el subcriterio del coste de inversión es una variable importante al valorar alternativas que incluyen cambios en sistemas de tratamiento.

Los subcriterios ambientales SC 2.1 y SC 2.2 (emisiones atmosféricas en la recogida y tratamiento) también se unifican en un único valor de emisiones atmosféricas. En este caso ocurre lo contrario que en el criterio económico: en las propuestas en las que se proponen más plantas de tratamiento (más reciclaje) los valores de emisión obtenidos son más negativos (ver **Tabla 24** y **Tabla 25**) y por lo tanto, mejores. Evidentemente, cuanto menos residuos de tipo rechazo se deposite en el vertedero, menor será la cantidad de lixiviados generada.

En cuanto al primer subcriterio social (aceptación de recogida y tratamiento), se aprecia el elevado valor que se otorga al reciclaje comparando, por ejemplo, la P10 y P7. En la primera, el sistema de recogida es del tipo de 4 contenedores mientras que en la segunda de todas las fracciones de residuos se recogen selectivamente mediante un sistema de 5 contenedores. En cuanto a los empleos, las propuestas con el sistema PaP generan más puestos de trabajo (ver **Tabla 28**). La adaptabilidad de una alternativa está unida al cambio que supone un nuevo sistema de recogida en un municipio. Así pues, cualquier cambio propuesto en los municipios con muchos habitantes (claro ejemplo en Donostia/San Sebastián) implica mayor necesidad de adaptación. Por último, el cumplimiento de los objetivos sigue la línea de mejorar la recogida selectiva, por lo que las propuestas que mayor cantidad de residuos recogen selectivamente, esto es los de mayor eficiencia y mayor pureza (PaP > 5 Cont. > 4 Cont.), son los óptimos en ese sentido. Además, este subcriterio es el que mayor peso tiene, sobre los otros tres con un 34% como se ve **Tabla 35**:

Tabla 35. Pesos de los subcriterios.

C 1		C 2				C 3					
SC 1.1	SC 1.2	SC 1.3	SC 1.4	SC 1.5	SC 2.1	SC 2.2	SC 2.3	SC 3.1	SC 3.2	SC 3.3	SC 3.4
0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,375	0,375	0,250	0,18	0,25	0,23	0,34

Los pesos de los subcriterios económicos y ambientales se han obtenido del artículo “Análisis multicriterio integral para optimizar la gestión de residuos sólidos municipales” (Daniel Jato-Espino, Amaya Lobo-García de Cortázar, 2014). En el presente estudio las encuestas realizadas estaban orientadas para determinar la aceptación social de tipos de recogida y tratamiento y ponderación de los subcriterios sociales. Esta última encuesta la respondieron ocho expertos en la gestión de residuos.

Actualmente, las Directivas europeas son contundentes en cuanto a los cumplimientos de objetivos de residuos y esto se refleja en el peso de este subcriterio. Además, en la presente situación, donde la tasa de desempleados es muy elevada, el subcriterio de generación de empleo tiene más peso (25%). Por el contrario, el subcriterio de adaptación social (SC 3.1) es el que menor peso tiene, ya que tarde o temprano la sociedad se adapta a un cambio como este a no ser que haya un rechazo muy elevado.

5.2. RESULTADOS GLOBALES

5.2.1. ESCENARIO EQUILIBRADO

Después de analizar los valores de los resultados de cada criterio, se aplica el método TOPSIS. En las siguientes tablas (ver **Tabla 36**, **Tabla 37**, **Tabla 38** y **Tabla 39**) se observa las etapas empleadas (ver apartado 4.3) para llegar al resultado final del escenario equilibrado, donde los tres criterios se ponderan por igual:

Tabla 36. Valores normalizados

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
P1	0,000	0,819	1,000	0,008	0,000	0,000	0,317	
P2	0,445	1,000	0,934	0,781	0,196	1,000	0,600	
P3	0,428	0,908	0,793	0,698	0,272	0,856	0,837	
P4	0,594	0,536	0,316	0,476	0,818	0,000	1,000	
P5	0,247	0,510	0,706	0,362	0,331	0,285	0,317	
P6	0,323	0,519	0,646	0,501	0,298	0,285	0,135	
P7	0,398	0,479	0,557	1,000	0,541	1,000	0,600	
P8	0,392	0,473	0,449	0,911	0,611	0,856	0,837	
P9	0,277	0,415	0,151	0,592	1,000	0,856	1,000	
P10	0,595	0,000	0,310	0,000	0,256	0,185	0,000	
P11	0,550	0,047	0,261	0,365	0,325	0,000	0,317	
P12	0,631	0,012	0,291	0,474	0,292	0,285	0,135	
P13	0,571	0,037	0,319	0,092	0,332	0,000	0,317	
P14	1,000	0,001	0,353	0,185	0,299	0,285	0,135	
P15	0,815	0,005	0,290	0,769	0,542	1,000	0,600	
P16	0,790	0,323	0,000	0,531	0,903	0,856	1,000	
P17	0,310	0,530	0,800	0,322	0,225	0,185	0,000	
w	0,333	0,250	0,083	0,060	0,082	0,078	0,114	1,000

Tabla 37. Valores normalizados ponderados (PIS y NIS)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
P1	0,000	0,205	0,083	0,001	0,000	0,000	0,036
P2	0,148	0,250	0,078	0,047	0,016	0,078	0,068
P3	0,143	0,227	0,066	0,042	0,022	0,066	0,095
P4	0,198	0,134	0,026	0,028	0,067	0,000	0,114
P5	0,082	0,128	0,059	0,022	0,027	0,022	0,036
P6	0,108	0,130	0,054	0,030	0,025	0,022	0,015
P7	0,133	0,120	0,046	0,060	0,045	0,078	0,068
P8	0,131	0,118	0,037	0,054	0,050	0,066	0,095
P9	0,092	0,104	0,013	0,035	0,082	0,066	0,114
P10	0,198	0,000	0,026	0,000	0,021	0,014	0,000
P11	0,183	0,012	0,022	0,022	0,027	0,000	0,036
P12	0,210	0,003	0,024	0,028	0,024	0,022	0,015
P13	0,190	0,009	0,027	0,006	0,027	0,000	0,036
P14	0,333	0,000	0,029	0,011	0,025	0,022	0,015
P15	0,272	0,001	0,024	0,046	0,045	0,078	0,068
P16	0,263	0,081	0,000	0,032	0,074	0,066	0,114
P17	0,103	0,132	0,067	0,019	0,018	0,014	0,000
A+	0,000	0,000	0,000	0,060	0,082	0,078	0,000
A-	0,333	0,250	0,083	0,000	0,000	0,000	0,114

Tabla 38. Distancias máximas

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	d+
P1	0,000	0,042	0,007	0,004	0,007	0,006	0,001	0,258
P2	0,022	0,063	0,006	0,000	0,004	0,000	0,005	0,316
P3	0,020	0,051	0,004	0,000	0,004	0,000	0,009	0,299
P4	0,039	0,018	0,001	0,001	0,000	0,006	0,013	0,279
P5	0,007	0,016	0,003	0,001	0,003	0,003	0,001	0,188
P6	0,012	0,017	0,003	0,001	0,003	0,003	0,000	0,197
P7	0,018	0,014	0,002	0,000	0,001	0,000	0,005	0,200
P8	0,017	0,014	0,001	0,000	0,001	0,000	0,009	0,207
P9	0,009	0,011	0,000	0,001	0,000	0,000	0,013	0,182
P10	0,039	0,000	0,001	0,004	0,004	0,004	0,000	0,227
P11	0,034	0,000	0,000	0,001	0,003	0,006	0,001	0,215
P12	0,044	0,000	0,001	0,001	0,003	0,003	0,000	0,229
P13	0,036	0,000	0,001	0,003	0,003	0,006	0,001	0,224
P14	0,111	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,000	0,348
P15	0,074	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,005	0,284
P16	0,069	0,007	0,000	0,001	0,000	0,000	0,013	0,300
P17	0,011	0,018	0,004	0,002	0,004	0,004	0,000	0,206

Tabla 39. Distancias mínimas

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	d-
P1	0,111	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,345
P2	0,034	0,000	0,000	0,002	0,000	0,006	0,002	0,212
P3	0,036	0,001	0,000	0,002	0,000	0,004	0,000	0,210
P4	0,018	0,013	0,003	0,001	0,005	0,000	0,000	0,201
P5	0,063	0,015	0,001	0,000	0,001	0,000	0,006	0,294
P6	0,051	0,014	0,001	0,001	0,001	0,000	0,010	0,279
P7	0,040	0,017	0,001	0,004	0,002	0,006	0,002	0,269
P8	0,041	0,017	0,002	0,003	0,003	0,004	0,000	0,266
P9	0,058	0,021	0,005	0,001	0,007	0,004	0,000	0,311
P10	0,018	0,063	0,003	0,000	0,000	0,000	0,013	0,312
P11	0,023	0,057	0,004	0,000	0,001	0,000	0,006	0,300
P12	0,015	0,061	0,003	0,001	0,001	0,000	0,010	0,302
P13	0,020	0,058	0,003	0,000	0,001	0,000	0,006	0,297
P14	0,000	0,062	0,003	0,000	0,001	0,000	0,010	0,276
P15	0,004	0,062	0,003	0,002	0,002	0,006	0,002	0,285
P16	0,005	0,029	0,007	0,001	0,006	0,004	0,000	0,227
P17	0,053	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,284

Finalmente se obtienen los resultados. Estos se han representado gráficamente para que se vean más claras las diferencias entre las propuestas (ver **Figura 19**).

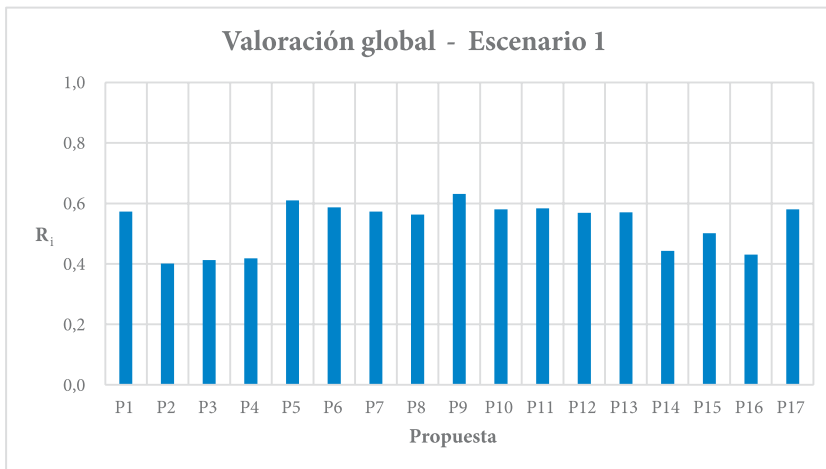


Figura 19. Valores globales de R_i de las 17 alternativas; Escenario 1

Recapitulando, una propuesta es mejor cuanto mayor sea R_i , ya que está a la distancia más corta de la solución ideal positiva.

En primer lugar se aprecia como las propuestas en las que no se plantea ningún tratamiento para la fracción resto (P2 – P4) son las peores. Aunque todas las fracciones de residuos se recogen selectivamente la fracción resto se deposita directamente en el vertedero. Por ejemplo, en la propuesta P2 se vierten aproximadamente 69.000 ton de residuos mientras que en la propuesta P9, después de un tratamiento mecánico biológico, menos de la mitad 33.000 ton, además de recuperarse menos materiales.

Este hecho no concuerda con la propuesta P1 de la situación actual, puesto que en este caso también no existe ningún tipo de tratamiento para los residuos de la fracción resto. Sin embargo, la situación actual es deficiente desde el punto de vista de la sostenibilidad, ya que no se da ninguna solución al problema de la gestión de residuos de la MSM. Esto es, los vertederos están al borde de su capacidad y sólo existe una planta de compostaje que trata los residuos de toda la provincia. La mejor solución para este escenario se produce para la propuesta P9 donde le sigue muy de cerca la alternativa P5. En estas se plantea tratar la materia orgánica y la fracción resto en sus respectivas plantas. No obstante, al no haber propuestas cercanas a $R_i = 1$ se concluye que todavía queda margen para mejorar la gestión de RSU hasta alcanzar valores más cercanos a la solución ideal teórica.

5.2.2. PREPONDERANCIA DEL CRITERIO ECONÓMICO

En el segundo escenario, donde el criterio económico tiene mayor peso, se han seguido los mismos pasos comentados previamente para llegar al resultado final. En este caso se le ha dado un peso del 60% al criterio económico y 20% a los otros dos. El resultado se representa en la siguiente **Figura 20**:

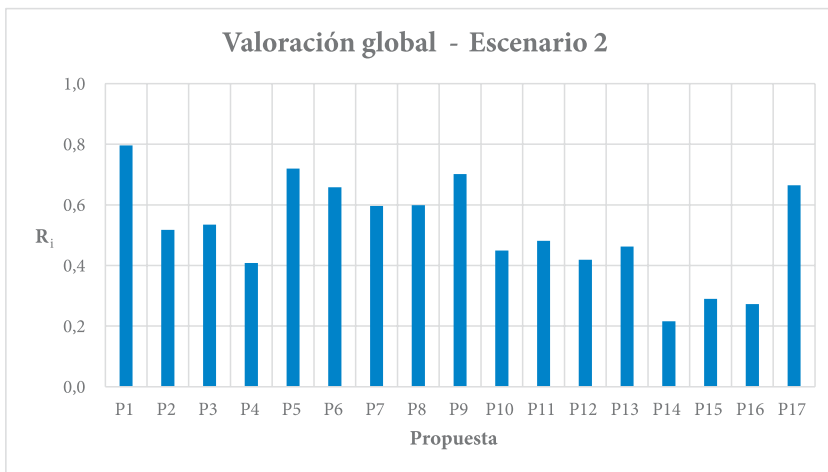


Figura 20. Valores globales de R_i de las 17 alternativas; Escenario 2

En esta ocasión se aprecia una gran variabilidad entre las propuestas, ya que los costes varían entre una propuesta y otra. Se aprecia como la propuesta P1 es la que mejor valor de R_i obtiene debido a su nula inversión en nuevas plantas.

La construcción de una incineradora supone unos costes muy elevados, y así se refleja en los resultados de este segundo escenario. Por consiguiente, las propuestas P10 – P16 tienen valores muy bajos de R_i . Las diferencias entre las propuestas de un mismo bloque (bloques definidos en el apartado 3.2), son más evidentes en este escenario, ya que estos se fundamentan en la construcción de tipos de plantas de tratamiento (SC 1.5), que a su vez es el subcriterio que más influencia tiene dentro de los costes económicos. En las propuestas del tercer bloque, P5 – P9 el beneficio obtenido de la recuperación de materiales es mayor, ya que la fracción resto se trata mecánica y biológicamente. Así pues, estas propuestas en este escenario están más cerca de la solución ideal.

5.2.3. PREPONDERANCIA DEL CRITERIO AMBIENTAL

En este tercer escenario, el criterio ambiental tiene un peso del 60% y el 40% restante se divide igualmente entre el criterio económico y social. En la siguiente **Figura 21** se pueden ver los resultados:

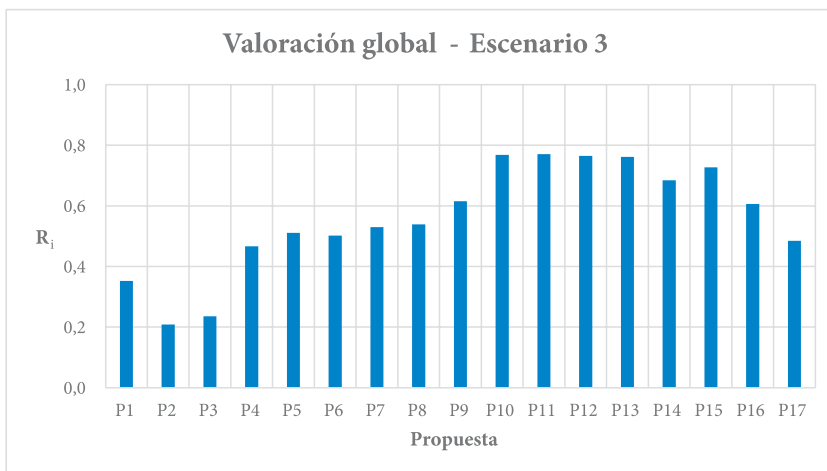


Figura 21. Valores globales de R_i de las 17 alternativas; Escenario 3

En esta ocasión los mejores resultados se obtienen de las propuestas en las que se construye una incineradora. Esto es debido a que se depositan menos residuos en el vertedero y las emisiones atmosféricas se están evaluando de acuerdo a la cantidad de gases de efecto invernadero producidos en esas propuestas, por lo que el vertedero es mucho peor que la incineración. Esto es, se valoriza mayor cantidad de residuos de la fracción resto. Sin embargo, su incineración produce dióxido de carbono, cuyo efecto es 23 veces menos perjudicial para la atmósfera que el del metano.

Aunque en la propuesta P2 haya una recogida selectiva, los residuos de la fracción de rechazo se depositan directamente en el vertedero. Las cantidades de resto recogidas con el sistema de 5 contenedores son mayores (69.034 ton), que el sistema de PaP (32.935 ton) o un sistema mixto de 5 contenedores más PaP (60.526,7 ton). Esto sucede por los bajos valores de eficiencia de las fracciones de residuos en el tipo de recogida de 5 contenedores.

Las propuestas P10 y P12 son las que mejores valores de R_i tienen. Además de tener mejores valores en las emisiones atmosféricas, al depositar poca cantidad de residuos en el vertedero (31.528,7 ton) producen menos lixiviados.

5.2.4. PREPONDERANCIA DEL CRITERIO SOCIAL

Para finalizar se ha planteado un cuarto escenario. En este caso el criterio social tienen mayor peso (60%) respecto a los otros dos (20% cada uno). En la siguiente **Figura 22** se muestran los resultados:



Figura 22. Valores globales de R_i de las 17 alternativas; Escenario 4

En general, en este escenario se alcanzan valores de R_i más bajos. Esto se debe a que algunos subcriterios sociales son contrarios. Por ejemplo, la consecución de objetivos se facilita si se producen una serie de cambios en la gestión de residuos que requieren esfuerzos importantes de adaptación por parte de la ciudadanía además de aceptación social.

Este escenario se encuentra muy lejos de la solución ideal. Para ello, es preciso realizar campañas educativas y de concienciación para que los cambios sociales supongan una clara mejora en la gestión de residuos sólidos urbanos.

5.3. RESULTADOS PARCIALES

Finalmente, se presentan los resultados parciales de cada criterio (ver **Figura 23**).

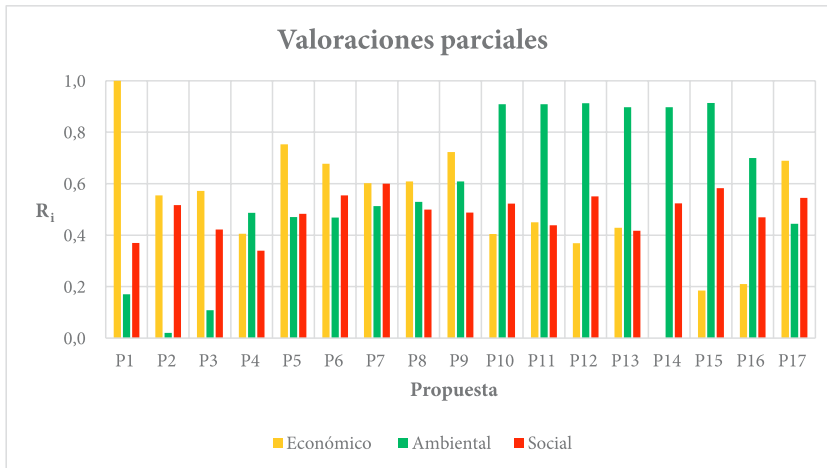


Figura 23. Valores parciales de R_i de las 17 alternativas

En estos resultados se pueden apreciar las claramente las diferencias entre los criterios de cada propuesta.

Estos resultados muestran una clara ventaja económica por parte de la propuesta P1, fruto de sus bajos costes de recogida, transporte, tratamiento y su nula inversión en infraestructuras. Por razones exactamente opuestas (gran inversión y elevados costes de recogida, transporte y tratamiento), la peor propuesta económicamente es la P15.

En términos ambientales, la propuesta con mayores valores de R_i es el número 12. Esto es debido a la reducción de la cantidad de residuos con destino a vertedero que se consigue al incinerar los residuos del contenedor de restos, es decir se valoriza mayor cantidad de residuos. Asimismo, se reducen la cantidad de lixiviados, ya que se depositan menores cantidades de residuos en el vertedero.

Por último, la mejor propuesta desde el punto de vista social es la P7. Sin embargo no existe una gran variabilidad del criterio social entre las propuestas planteadas, ya que, como se ha explicado anteriormente, algunos subcriterios sociales son contrarios.

6. CONCLUSIONES



Este estudio plantea la utilización de herramientas multicriterio para optimizar la gestión de residuos sólidos urbanos. Así pues, se pretende unir en un mismo análisis los criterios económicos, ambientales y sociales que afectan a esta problemática y mediante la combinación de los métodos de AHP y TOPSIS facilitar el proceso de toma de decisiones. Los resultados obtenidos para la Mancomunidad de San Markos reflejan como todavía queda margen de mejora hasta alcanzar situaciones más óptimas.

Partiendo de una situación de partida (situación actual), se proponen diversas alternativas de gestión de residuos, con el fin de valorar los criterios económicos, ambientales y sociales. Las propuestas definidas combinan diferentes tipos de recogida con sistemas de tratamiento de residuos. De los resultados obtenidos, se determina que el sistema de gestión de residuos actual es deficiente desde el punto de vista de la sostenibilidad, ya que no se da ninguna solución al problema de la gestión de residuos. En cuanto a la mejor propuesta, esta se da cuando todas las fracciones de residuos se recogen selectivamente y se tratan por una parte los residuos reciclables (papel y cartón y envases ligeros) y biodegradables (materia orgánica) y por otra los residuos de fracción resto, mecánica y biológicamente. Los resultados para esta propuesta se evidencian cuando se le da mayor peso al criterio económico. Cuando la preponderancia del criterio ambiental es mayor, los mejores resultados se obtienen para las alternativas que valorizan los residuos, que son el caso de las propuestas que incineran los residuos. En general, los valores de los criterios sociales para cada propuesta son bajos, ya que algunos subcriterios sociales son contrarios. Es decir, la consecución de los objetivos de residuos se facilita si se producen cambios en el tipo de recogida lo que produce esfuerzos importantes de adaptación de la ciudadanía.

Finalmente, es preciso señalar que aunque las propuestas planteadas mejoran las condiciones del estado actual, su diferencia con la situación ideal teórica es evidente. Esta circunstancia hace pensar que existe todavía margen de mejora en el diseño de sistemas de gestión de residuos capaces de armonizar los tres criterios principales y acercarse a esa solución óptima. Por último, la metodología desarrollada es extrapolable a cualquier otra área o región, dado que su flexibilidad facilita la adaptación de las características de los criterios y subcriterios a las necesidades específicas de la Administración o entidad encargada de la gestión de residuos sólidos urbanos.

REFERENCIAS



1. AEATechnology. (2001). *Waste Management Options*. Comisión Europea.
2. Agencia de Residuos de Catalunya. (2013). *La gestión de la fracción orgánica de los residuos*.
3. ASpapel. (s.f.). <http://www.aspapel.es>
4. Cointreau, S. (2008). *Landfill ER Revenues versus Landfill Costs*.
5. Consorcio de Residuos de Gipuzkoa. (2011). <http://www.ghk.eus>
6. Daniel Jato-Espino, Amaya Lobo-García de Cortázar. (2014). *Análisis multicriterio integral para optimizar la gestión de residuos sólidos municipales*.
7. Diputación Foral de Gipuzkoa. (2008). *Documento de Progreso (DdP) del PIGRUG*.
8. Diputación Foral de Gipuzkoa. (2002-2016). *Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Gipuzkoa (PIGRUG)*.
9. Diputación Foral de Gipuzkoa. (2012). *Caracterización de la fracción resto de los residuos domésticos de Gipuzkoa*.
10. Diputación Foral de Gipuzkoa. (2012). *Estrategia de Desarrollo del Documento de Progreso del PIGRUG 2008 – 2016*.
11. Environmental Planning and Management. (s.f.). <http://www.epem.gr/waste-c-control/database>
12. Hogg, D. D. (2001). *Costs for Municipal Waste Management*. Comisión Europea.
13. International Solid Waste Association. (2006). *Destination of residues: landfill for hazardous waste 200 km away*.
14. Izquierdo, A. G. (2014). *Estudio de la situación actual de las plantas de tratamiento mecánico-biológico en España*. CONAMA.
15. Ley22/2011 . (2013). *Ley22/2011 de residuos y suelos contaminados*.
16. Mancomunidad de Montejurra. (s.f.). <http://www.montejurra.com/portal/seccion.aspx?N=87&P=81>
17. Mancomunidad de San Markos. (s.f.). <http://www.sanmarkos.eus>
18. MARE. (s.f.). <http://www.mare.es/Tratamientoresiduos>
19. (2007-2015). *PNIR, Plan Nacional Integrado de Residuos*.
20. Potočník, J. (2012). *Residuos: atajo hacia la creación de puestos de trabajo y unos costes menores*. Comisión Europea.
21. Retema. (2013). <http://www.retema.es/articulos-reportajes/planta-de-tratamiento-mecnico-biologico-tmb-en-monte-arritz-bilbao>
22. Saaty, T. (1980). *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation*, M cGraw-Hill.
23. Tchobanoglous et al. (1994). *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*.
24. Tellus Institute. (2010). *More Jobs, Less Pollution: Growing the Recycling Economy in the U.S.*
25. Yoon. (1981). <https://en.wikipedia.org/wiki/TOPSIS>

ANEXO I

CANTIDADES DE RECOGIDA DE CADA MUNICIPIO

En este anexo se muestran los datos de cantidades de residuos recogidos en los municipios de la Mancomunidad de San Markos desde el año 2007 hasta el año 2014. Esta información se ha obtenido de la MSM (*Mancomunidad de San Markos*) y del Consorcio de Residuos de Gipuzkoa (*Consortio de Residuos de Gipuzkoa, 2011*).



DONOSTIA/SAN SEBASTIÁN

		Sist. Rec .	4. Contenedores							
		Pobl.	183.090	184.248	185.357	185.506	186.185	186.409	186.500	186.126
		AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autoco mpos	P (kg)	234.351	278.202	280.617	325.099	317.075	317.075	317.075	317.075	317.076
	P. esp. (kg/h./año)	1,3	1,5	1,5	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
MO	P (kg)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PyC	P (kg)	9.873.434	10.706.205	9.896.299	10.525.083	10.492.423	9.793.863	9.448.730	9.595.354	
	P. esp. (kg/h./año)	53,9	58,1	53,4	56,7	56,4	52,5	50,7	51,6	
Enva . lig.	P (kg)	2.548.178	2.781.116	2.931.628	3.019.908	3.597.932	3.625.804	3.572.978	3.940.003	
	P. esp. (kg/h./año)	13,9	15,1	15,8	16,3	19,3	19,5	19,2	21,2	
Vidrio	P (kg)	6.301.491	6.179.773	6.000.820	6.110.993	6.319.854	6.583.435	6.653.893	6.769.839	
	P. esp. (kg/h./año)	34,4	33,5	32,4	32,9	33,9	35,3	35,7	36,4	
Otros	P (kg)	4.420.323	4.494.301	4.513.329	4.339.807	4.273.949	3.421.928	3.305.873	3.893.902	
	P. esp. (kg/h./año)	24,1	24,4	24,3	23,4	23,0	18,4	17,7	20,9	
Resto	P (kg)	64.946.550	62.327.000	62.656.588	61.134.330	60.231.340	55.770.620	54.572.390	53.549.290	
	P. esp. (kg/h./año)	354,7	338,3	338,0	329,6	323,5	299,2	292,6	287,7	
TOTAL	P (kg)	88.089.976	86.626.325	86.277.016	85.440.461	85.428.992	79.966.340	78.434.224	80.116.348	
	P. esp. (kg/h./año)	481,1	470,2	465,5	460,6	458,8	429,0	420,6	430,4	
Rec. Select .	P (kg)	23.377.777	24.577.527	23.901.045	24.631.230	25.514.727	24.512.795	24.178.909	26.884.134	
	%	26,54	28,37	27,70	28,83	29,87	30,65	30,83	33,56	
Rec. mezcla.	P (kg)	64.946.550	62.327.000	62.656.588	61.134.330	60.231.340	55.770.620	54.572.390	53.549.290	
	%	73,73	71,95	72,62	71,55	70,50	69,74	69,58	66,84	

LASARTE-ORIA

	Sist. Rec.	4. Contenedores							
	Pobl.	17.592	17.694	17.782	17.856	17.889	17.922	18.024	18.082
	AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocompos	P (kg)	22.763	27.362	30.231	46.525	46.525	46.525	46.525	46.525
	P. esp. (kg/h./año)	1,3	1,5	1,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
MO	P (kg)	0	0	0	0	0	0	0	0
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PyC	P (kg)	835.076	915.323	870.420	797.818	856.654	804.967	789.571	765.086
	P. esp. (kg/h./año)	47,5	51,7	48,9	44,7	47,9	44,9	43,8	42,3
Envases lig.	P (kg)	283.136	340.103	383.952	368.706	393.180	399.644	437.372	453.339
	P. esp. (kg/h./año)	16,1	19,2	21,6	20,6	22,0	22,3	24,3	25,1
Vidrio	P (kg)	399.395	409.935	502.108	489.741	516.465	523.029	499.986	496.254
	P. esp. (kg/h./año)	22,7	23,2	28,2	27,4	28,9	29,2	27,7	27,4
Otros	P (kg)	464.995	373.780	479.394	418.384	426.123	411.242	392.092	379.566
	P. esp. (kg/h./año)	26,4	21,1	27,0	23,4	23,8	22,9	21,8	21,0
Resto	P (kg)	5.186.620	5.864.220	4.451.560	4.240.300	3.845.700	4.059.660	3.975.440	4.043.320
	P. esp. (kg/h./año)	294,8	331,4	250,3	237,5	215,0	226,5	220,6	223,6
TOTAL	P (kg)	7.169.222	7.903.361	6.687.434	6.314.949	6.038.122	6.198.542	6.094.461	6.137.565
	P. esp. (kg/h./año)	407,5	446,7	376,1	353,7	337,5	345,9	338,1	339,4
Rec. select	P (kg)	2.005.365	2.066.503	2.266.105	2.121.174	2.238.947	2.185.407	2.165.546	2.140.770
	%	27,97	26,15	33,89	33,59	37,08	35,26	35,53	34,88
Rec. mezcla	P (kg)	5.186.620	5.864.220	4.451.560	4.240.300	3.845.700	4.059.660	3.975.440	4.043.320
	%	72,35	74,20	66,57	67,15	63,69	65,49	65,23	65,88

ERRENTERIA/RENTERÍA

		Sist. Rec.	4. Contenedores							
		Pobl.	38.336	38.505	38.767	39.020	39.217	39.324	39.178	39.230
		AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocompos	P (kg)	16.071	20.490	21.615	26.578	26.578	26.578	26.578	25.776	
	P. esp. (kg/h./año)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
MO	P (kg)	0	0	0	0	0	0	0	0	
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
PyC	P (kg)	1.521.103	1.763.288	1.705.380	1.606.228	1.631.800	1.460.556	1.418.896	1.457.625	
	P. esp. (kg/h./año)	39,7	45,8	44,0	41,2	41,6	37,1	36,2	37,2	
Enva. lig.	P (kg)	539.028	621.248	661.729	645.394	687.511	693.208	712.169	779.868	
	P. esp. (kg/h./año)	14,1	16,1	17,1	16,5	17,5	17,6	18,2	19,9	
Vidrio	P (kg)	1.055.950	1.039.137	1.016.115	967.735	910.953	905.309	907.345	984.201	
	P. esp. (kg/h./año)	27,5	27,0	26,2	24,8	23,2	23,0	23,2	25,1	
Otros	P (kg)	1.374.009	1.326.934	1.419.178	1.291.382	1.305.655	1.219.702	1.075.006	1.058.653	
	P. esp. (kg/h./año)	35,8	34,5	36,6	33,1	33,3	31,0	27,4	27,0	
Resto	P (kg)	10.780.200	10.197.340	9.763.750	9.724.680	9.713.440	9.173.580	9.064.340	9.261.750	
	P. esp. (kg/h./año)	281,2	264,8	251,9	249,2	247,7	233,3	231,4	236,1	
TOTAL	P (kg)	15.270.290	14.947.947	14.566.152	14.235.419	14.249.359	13.452.355	13.177.756	13.542.097	
	P. esp. (kg/h./año)	398,3	388,2	375,7	364,8	363,3	342,1	336,4	345,2	
Rec. select	P (kg)	4.506.161	4.771.097	4.824.017	4.537.317	4.562.497	4.305.353	4.139.994	4.306.123	
	%	29,51	31,92	33,12	31,87	32,02	32,00	31,42	31,80	
Rec. mezcla	P (kg)	10.780.200	10.197.340	9.763.750	9.724.680	9.713.440	9.173.580	9.064.340	9.261.750	
	%	70,60	68,22	67,03	68,31	68,17	68,19	68,79	68,39	

PASAIA/PASAJES (4. CONTENEDORES)

		4. Contenedores							
Sist. Reco.									
Población		16091	15996	15990	15977	15945	15885	15846	15929
AÑOS		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocompos	P (kg)	7.919	9.503	9.838	11.317	11.317	11.317	5.659	0
	P. esp. (kg/h./año)	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,4	0,0
MO	P (kg)	0	0	0	0	0	0	0	0
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PyC	P (kg)	655.855	756.380	754.040	838.823	833.918	769.355	595.130	320.526
	P. esp. (kg/h./año)	40,8	47,3	47,2	52,5	52,3	48,4	37,6	20,1
Envases lig.	P (kg)	195.643	221.552	258.960	292.734	305.080	310.829	276.372	210.096
	P. esp. (kg/h./año)	12,2	13,9	16,2	18,3	19,1	19,6	17,4	13,2
Vidrio	P (kg)	370.930	477.877	514.064	591.261	559.830	518.793	436.250	289.049
	P. esp. (kg/h./año)	23,1	29,9	32,1	37,0	35,1	32,7	27,5	18,1
Otros	P (kg)	535.076	508.430	536.234	495.009	430.179	393.430	334.592	213.963
	P. esp. (kg/h./año)	33,3	31,8	33,5	31,0	27,0	24,8	21,1	13,4
Resto	P (kg)	5.275.150	4.825.300	4.412.250	4.265.520	4.195.060	4.121.060	3.275.492	1.710.112
	P. esp. (kg/h./año)	327,8	301,7	275,9	267,0	263,1	259,4	206,7	107,4
TOTAL	P (kg)	7.032.654	6.789.539	6.475.548	6.483.347	6.324.067	6.113.467	4.917.837	2.743.746
	P. esp. (kg/h./año)	437,1	424,5	405,0	405,8	396,6	384,9	310,4	172,2
Rec. select	P (kg)	1.765.423	1.973.742	2.073.136	2.229.144	2.140.324	2.003.724	1.648.004	1.033.634
	%	25,10	29,07	32,01	34,38	33,84	32,78	33,51	37,67
Rec. mezcla	P (kg)	5.275.150	4.825.300	4.412.250	4.265.520	4.195.060	4.121.060	3.275.492	1.710.112
	%	75,01	71,07	68,14	65,79	66,33	67,41	66,60	62,33

PASAIA/PASAJES (PAP)

		Sist. Reco.		4. Contenedores					
Población		16091	15996	15990	15977	15945	15885	15846	15929
AÑOS		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocompos	P (kg)	7.919	9.503	9.838	11.317	11.317	11.317	5.659	0
	P. esp. (kg/h./año)	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,4	0,0
MO	P (kg)	0	0	0	0	0	0	0	0
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PyC	P (kg)	655.855	756.380	754.040	838.823	833.918	769.355	595.130	320.526
	P. esp. (kg/h./año)	40,8	47,3	47,2	52,5	52,3	48,4	37,6	20,1
Envases lig.	P (kg)	195.643	221.552	258.960	292.734	305.080	310.829	276.372	210.096
	P. esp. (kg/h./año)	12,2	13,9	16,2	18,3	19,1	19,6	17,4	13,2
Vidrio	P (kg)	370.930	477.877	514.064	591.261	559.830	518.793	436.250	289.049
	P. esp. (kg/h./año)	23,1	29,9	32,1	37,0	35,1	32,7	27,5	18,1
Otros	P (kg)	535.076	508.430	536.234	495.009	430.179	393.430	334.592	213.963
	P. esp. (kg/h./año)	33,3	31,8	33,5	31,0	27,0	24,8	21,1	13,4
Resto	P (kg)	5.275.150	4.825.300	4.412.250	4.265.520	4.195.060	4.121.060	3.275.492	1.710.112
	P. esp. (kg/h./año)	327,8	301,7	275,9	267,0	263,1	259,4	206,7	107,4
TOTAL	P (kg)	7.032.654	6.789.539	6.475.548	6.483.347	6.324.067	6.113.467	4.917.837	2.743.746
	P. esp. (kg/h./año)	437,1	424,5	405,0	405,8	396,6	384,9	310,4	172,2
Rec. select	P (kg)	1.765.423	1.973.742	2.073.136	2.229.144	2.140.324	2.003.724	1.648.004	1.033.634
	%	25,10	29,07	32,01	34,38	33,84	32,78	33,51	37,67
Rec. mezcla	P (kg)	5.275.150	4.825.300	4.412.250	4.265.520	4.195.060	4.121.060	3.275.492	1.710.112
	%	75,01	71,07	68,14	65,79	66,33	67,41	66,60	62,33

	Sist. Reco.	4. Contenedores						PaP	
	Población	5.966	6.022	6.003	5.988	6.028	6.027	6.054	6.007
	AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocompos	P (kg)	9.004	10.677	11.081	13.178	13.178	13.178	13.178	13.178
	P. esp. (kg/h./año)	1,5	1,8	1,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
MO	P (kg)	0	0	0	0	0	0	305.140	481.740
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	0,0	0,0	0,0	50,4	80,2
PyC	P (kg)	244.345	238.733	223.707	206.396	212.226	195.576	186.890	177.117
	P. esp. (kg/h./año)	41,0	39,6	37,3	34,5	35,2	32,4	30,9	29,5
Envases lig.	P (kg)	90.616	101.734	113.913	95.200	99.990	102.687	144.075	162.040
	P. esp. (kg/h./año)	15,2	16,9	19,0	15,9	16,6	17,0	23,8	27,0
Vidrio	P (kg)	153.295	135.839	153.483	136.642	135.105	174.383	199.873	189.479
	P. esp. (kg/h./año)	25,7	22,6	25,6	22,8	22,4	28,9	33,0	31,5
Otros	P (kg)	182.815	203.623	166.409	185.497	178.324	109.421	154.078	157.463
	P. esp. (kg/h./año)	30,6	33,8	27,7	31,0	29,6	18,2	25,5	26,2
Resto	P (kg)	1.718.600	1.692.520	1.637.790	1.629.580	1.624.300	1.500.340	619.280	218.700
	P. esp. (kg/h./año)	288,1	281,1	272,8	272,1	269,5	248,9	102,3	36,4
TOTAL	P (kg)	2.389.671	2.372.449	2.295.302	2.253.315	2.249.945	2.082.407	1.609.336	1.386.539
	P. esp. (kg/h./año)	400,5	394,0	382,4	376,3	373,2	345,5	265,8	230,8
Recogido select	P (kg)	680.075	690.606	668.593	636.913	638.823	595.245	1.003.234	1.181.017
	%	28,46	29,11	29,13	28,27	28,39	28,58	62,34	85,18
Recogido en mezcla	P (kg)	1.718.600	1.692.520	1.637.790	1.629.580	1.624.300	1.500.340	619.280	218.700
	%	71,92	71,34	71,35	72,32	72,19	72,05	38,48	15,77

ASTIGARRAGA

	Sist. Reco.	4. Contenedores						PaP	
	Población	4.386	4.522	4.678	4.709	4.818	4.999	5.304	5.535
	AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocompos	P (kg)	18.802	21.447	21.740	22.840	22.840	22.840	32.985	83.545
	P. esp. (kg/h./año)	4,3	4,7	4,6	4,9	4,7	4,6	6,2	15,1
Orgánica	P (kg)	0	0	0	0	0	0	364.080	516.640
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	0,0	0,0	0,0	68,6	93,3
PyC	P (kg)	144.334	169.588	169.137	205.555	211.749	227.928	202.161	213.620
	P. esp. (kg/h./año)	32,9	37,5	36,2	43,7	43,9	45,6	38,1	38,6
Envases lig.	P (kg)	42.146	56.508	59.300	73.438	82.119	92.499	133.974	147.820
	P. esp. (kg/h./año)	9,6	12,5	12,7	15,6	17,0	18,5	25,3	26,7
Vidrio	P (kg)	166.111	169.142	192.189	196.137	185.561	212.699	218.057	218.292
	P. esp. (kg/h./año)	37,9	37,4	41,1	41,7	38,5	42,5	41,1	39,4
Otros	P (kg)	87.600	84.384	82.426	94.177	153.598	103.155	75.118	80.248
	P. esp. (kg/h./año)	20,0	18,7	17,6	20,0	31,9	20,6	14,2	14,5
Rechazo	P (kg)	1.741.600	1.550.240	1.600.580	1.529.500	1.658.640	1.552.420	609.760	229.100
	P. esp. (kg/h./año)	397,1	342,8	342,2	324,8	344,3	310,5	115,0	41,4
TOTAL	P (kg)	2.181.791	2.029.862	2.103.632	2.098.807	2.291.667	2.188.701	1.603.150	1.405.720
	P. esp. (kg/h./año)	497,4	448,9	449,7	445,7	475,6	437,8	302,3	254,0
Recogido select	P (kg)	458.993	501.069	524.792	592.147	655.867	659.121	1.026.375	1.260.165
	%	21,04	24,68	24,95	28,21	28,62	30,11	64,02	89,65
Recogido en mezcla	P (kg)	1.741.600	1.550.240	1.600.580	1.529.500	1.658.640	1.552.420	609.760	229.100
	%	79,82	76,37	76,09	72,87	72,38	70,93	38,04	16,30

	Sist. Reco.	4. Contenedores			PaP				
	Población	9.806	9.846	9.894	9.947	10.006	10.018	9.995	9.970
	AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocompos	P (kg)	88.693	103.986	107.706	373.189	477.927	467.264	484.554	486.778
	P. esp. (kg/h./año)	9,0	10,6	10,9	37,5	47,8	46,6	48,5	48,8
MO	P (kg)	0	0	0	444.500	770.380	769.000	791.740	811.100
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	44,7	77,0	76,8	79,2	81,4
PyC	P (kg)	380.257	397.432	397.340	424.023	503.960	363.940	369.000	377.490
	P. esp. (kg/h./año)	38,8	40,4	40,2	42,6	50,4	36,3	36,9	37,9
Envases lig.	P (kg)	137.602	154.198	181.818	256.628	291.760	278.010	295.100	312.360
	P. esp. (kg/h./año)	14,0	15,7	18,4	25,8	29,2	27,8	29,5	31,3
Vidrio	P (kg)	364.497	375.655	404.165	380.494	362.617	415.490	394.852	425.544
	P. esp. (kg/h./año)	37,2	38,2	40,8	38,3	36,2	41,5	39,5	42,7
Otros	P (kg)	233.320	234.670	273.540	224.698	334.507	282.203	258.417	152.146
	P. esp. (kg/h./año)	23,8	23,8	27,6	22,6	33,4	28,2	25,9	15,3
Resto	P (kg)	3.446.760	3.370.480	3.079.590	1.566.960	1.058.940	1.005.700	782.340	633.000
	P. esp. (kg/h./año)	351,5	342,3	311,3	157,5	105,8	100,4	78,3	63,5
TOTAL	P (kg)	4.562.436	4.532.435	4.336.453	3.297.303	3.322.164	3.114.343	2.891.449	2.711.640
	P. esp. (kg/h./año)	465,3	460,3	438,3	331,5	332,0	310,9	289,3	272,0
Recogido select	P (kg)	1.204.369	1.265.941	1.364.569	2.103.532	2.741.151	2.575.907	2.593.663	2.565.418
	%	26,40	27,93	31,47	63,80	82,51	82,71	89,70	94,61
Recogido en mezcla	P (kg)	3.446.760	3.370.480	3.079.590	1.566.960	1.058.940	1.005.700	782.340	633.000
	%	75,55	74,36	71,02	47,52	31,88	32,29	27,06	23,34

	Sist. Reco.	4. Contenedores		PaP					
	Población	5.718	5.793	5.919	6.013	6.062	6.090	6.111	6.168
	AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocompos	P (kg)	42.758	48.539	286.347	404.873	328.410	290.920	144.460	144.460
	P. esp. (kg/h./año)	7,5	8,4	48,4	67,3	54,2	47,8	23,6	23
MO	P (kg)	0	0	379.360	900.940	826.890	806.360	746.720	752.160
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	64,1	149,8	136,4	132,4	122,2	121,9
PyC	P (kg)	238.047	246.906	247.618	466.042	413.950	367.370	333.820	328.040
	P. esp. (kg/h./año)	41,6	42,6	41,8	77,5	68,3	60,3	54,6	53,2
Envases lig.	P (kg)	100.467	118.823	148.855	228.750	236.950	216.060	223.340	252.800
	P. esp. (kg/h./año)	17,6	20,5	25,1	38,0	39,1	35,5	36,5	41,0
Vidrio	P (kg)	253.900	258.831	263.287	255.259	239.863	227.105	230.035	225.061
	P. esp. (kg/h./año)	44,4	44,7	44,5	42,5	39,6	37,3	37,6	36,5
Otros	P (kg)	191.684	198.252	208.869	138.978	121.988	95.590	52.692	57.384
	P. esp. (kg/h./año)	33,5	34,2	35,3	23,1	20,1	15,7	8,6	9,3
Resto	P (kg)	1.901.500	1.998.870	680.100	694.320	453.700	286.260	484.920	481.380
	P. esp. (kg/h./año)	332,5	345,0	114,9	115,5	74,8	47,0	79,4	78,0
TOTAL	P (kg)	2.685.598	2.821.682	1.928.089	2.684.289	2.293.341	1.998.745	2.071.527	2.096.825
	P. esp. (kg/h./año)	469,7	487,1	325,7	446,4	378,3	328,2	339,0	340,0
Recogido select	P (kg)	826.856	871.351	1.534.336	2.394.842	2.168.051	2.003.405	1.731.067	1.759.905
	%	30,79	30,88	79,58	89,22	94,54	100,23	83,56	83,93
Recogido en mezcla	P (kg)	1.901.500	1.998.870	680.100	694.320	453.700	286.260	484.920	481.380
	%	70,80	70,84	35,27	25,87	19,78	14,32	23,41	22,96

URNIETA

	Sist. Reco.	4. Contenedores					5. Contenedores		
	Población	5.998	6.065	6.135	6.145	6.167	6.218	6.214	6.198
	AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocompos	P (kg)	50.888	53.765	55.365	57.013	57.013	57.013	57.013	57.014
	P. esp. (kg/h./año)	8,5	8,9	9,0	9,3	9,2	9,2	9,2	9,2
MO	P (kg)	0	0	0	0	0	20.020	242.380	262.360
	P. esp. (kg/h./año)	0	0	0	0,0	0,0	3,2	39,0	42,3
PyC	P (kg)	275.225	277.840	265.486	294.006	296.252	265.824	261.746	264.190
	P. esp. (kg/h./año)	45,9	45,8	43,3	47,8	48,0	42,8	42,1	42,6
Envases lig.	P (kg)	87.088	100.467	106.985	117.578	132.693	139.151	152.179	160.859
	P. esp. (kg/h./año)	14,5	16,6	17,4	19,1	21,5	22,4	24,5	26,0
Vidrio	P (kg)	243.877	238.737	245.537	190.840	223.553	189.523	194.248	211.394
	P. esp. (kg/h./año)	40,7	39,4	40,0	31,1	36,2	30,5	31,3	34,1
Otros	P (kg)	104.928	147.440	210.262	167.804	166.091	128.547	134.508	94.057
	P. esp. (kg/h./año)	17,5	24,3	34,3	27,3	26,9	20,7	21,6	15,2
Resto	P (kg)	1.789.640	1.553.540	1.556.140	1.653.860	1.750.800	1.629.140	1.298.500	1.313.720
	P. esp. (kg/h./año)	298,4	256,1	253,6	269,1	283,9	262,0	209,0	212,0
TOTAL	P (kg)	2.500.758	2.318.024	2.384.410	2.424.088	2.569.389	2.372.205	2.283.561	2.306.580
	P. esp. (kg/h./año)	416,9	382,2	388,7	394,5	416,6	381,5	367,5	372,1
Recogido select	P (kg)	762.006	818.249	883.635	827.241	875.602	800.078	1.042.074	1.049.874
	%	30,47	35,30	37,06	34,13	34,08	33,73	45,63	45,52
Recogido en mezcla	P (kg)	1.789.640	1.553.540	1.556.140	1.653.860	1.750.800	1.629.140	1.298.500	1.313.720
	%	71,56	67,02	65,26	68,23	68,14	68,68	56,86	56,96

ANEXO II

CANTIDADES DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LAS PROPUESTAS

En el presente anexo, se han determinado las cantidades de recogida, tratamiento y recuperación de los residuos de cada propuesta obtenidos a partir de los datos de composición, eficiencia y pureza.



P1						
Fracción residuo	Tipo recogida	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	4 cont	0,00	Planta comp.	5.121.120,00	Compost	2.662.982,40
	5 cont	262.360,00				
	PaP	4.858.760,00				
PyC	4 cont	12.138.590,50	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
	5 cont	264.190,00				
	PaP	2.046.588,50				
Envases lig.	4 cont	5.383.305,50	Planta Env. Lig.	8.071.591,65	Envases lig.	6.860.852,91
	5 cont	1.047.530,65			PyC + vidrio	1.130.022,83
	PaP	1.640.755,50				
Rechazo	4 cont	68.564.472,00	Vertedero	72.983.140,00	-	-
	5 cont	1.313.720,00				
	PaP	3.104.948,00				

P2					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	10.603.410,89	Planta comp.	10.603.410,89	Compost	5.513.773,66
PyC	15.619.269,84	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	9.821.257,16	Planta Env. Lig.	9.821.257,16	Envases lig.	8.348.068,58
				PyC + vidrio	1.374.976,00
Rechazo	69.034.287,19	Vertedero	69.034.287,19	-	-

P3						
Fracción residuo	Tipo recogida	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	5 Cont	7.667.331,01	Planta comp.	15.122.597,70	Compost	7.863.750,80
	PaP	7.455.266,69				
PyC	5 Cont	12.662.710,36	Planta PyC	-	Papel y Cartón	-
	PaP	3.311.676,32				
Envases lig.	5 Cont	8.021.078,49	Planta Env. Lig.	10.582.265,83	Envases lig.	8.994.925,95
	PaP	2.561.187,33			PyC+vidrio	1.481.517,22
Rechazo	5 Cont	54.321.898,10	Vertedero	60.526.687,97	-	-
	PaP	6.204.789,87				

P4					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	31.582.132,79	Planta comp.	31.582.132,79	Compost	16.422.709,05
PyC	19.270.427,62	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	15.715.206,43	Planta Env. Lig.	15.715.206,43	Envases lig.	13.357.925,46
				PyC + vidrio	2.200.128,90
Rechazo	32.935.344,12	Vertedero	32.935.344,12	-	-

P5						
Fracción residuo	Tipo recogida	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	4 cont	0,00	Planta comp.	5.121.120,00	Compost	2.662.982,40
	5 cont	262.360,00				
	PaP	4.858.760,00				
PyC	4 cont	12.138.590,50	Planta PyC	-	Papel y Carton	-
	5 cont	264.190,00				
	PaP	2.046.588,50				
Envases lig.	4 cont	5.383.305,50	Planta Env. Lig.	8.071.591,65	Envases lig.	6.860.852,91
	5 cont	1.047.530,65			PyC + vidrio	1.130.022,83
	PaP	1.640.755,50				
Rechazo	4 cont	68.564.472,00	TMB	72.983.140,00	Envases lig.	1.167.730,24
	5 cont	1.313.720,00			PyC + vidrio	656.848,26
	PaP	3.104.948,00	Vertedero	55.321.220,12	-	-

P6						
Fracción residuo	Tipo recogida	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	4 Cont	0,00	Planta comp.	2.936.079,88	Compost	1.526.761,54
	5 Cont	2.936.079,88				
PyC	4 Cont	11.052.979,00	Planta PyC	-	Papel y Carton	-
	5 Cont	2.956.559,48				
Envases lig.	4 Cont	4.719.871,00	Planta Env. Lig.	7.407.940,72	Envases Lig.	6.296.749,61
	5 Cont	2.688.069,72			PyC+vidrio	1.037.111,70
Rechazo	4 Cont	62.811.040,00	TMB	77.523.429,09	Envases Lig.	1.240.374,87
	5 Cont	14.712.389,09	Vertedero	58.762.759,25	PyC+vidrio	697.710,86
					-	-

P7					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	10.603.410,89	Planta comp.	10.603.410,89	Compost	5.513.773,66
PyC	15.619.269,84	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	9.821.257,16	Planta Env. Lig.	9.821.257,16	Envases lig.	8.348.068,58
				PyC + vidrio	1.374.976,00
Rechazo	69.034.287,19	TMB	69.034.287,19	Envases lig.	1.104.548,60
				PyC + vidrio	621.308,58
		Vertedero	52.327.989,69	-	-

P8					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	15.122.597,70	Planta comp.	15.122.597,70	Compost	7.863.750,80
PyC	15.974.386,68	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	10.582.265,83	Planta Env. Lig.	10.582.265,83	Envases lig.	8.994.925,95
				PyC + vidrio	1.481.517,22
Rechazo	60.526.687,97	TMB	60.526.687,97	Envases lig.	968.427,01
				PyC + vidrio	544.740,19
		Vertedero	45.879.229,48	-	-

P9					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	31.582.132,79	Planta comp.	31.582.132,79	Compost	16.422.709,05
PyC	19.270.427,62	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	15.715.206,43	Planta Env. Lig.	15.715.206,43	Envases lig.	13.357.925,46
				PyC + vidrio	2.200.128,90
Rechazo	32.935.344,12	TMB	32.935.344,12	Envases lig.	526.965,51
				PyC + vidrio	296.418,10
		Vertedero	24.964.990,84	-	-

P10					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	0,00	Planta comp.	-	Compost	-
PyC	13.771.934,52	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	6.203.432,27	Planta Env. Lig.	6.203.432,27	Envases lig.	5.272.917,43
				PyC + vidrio	868.480,52
Rechazo	80.430.421,88	TMB	80.430.421,88	Envases lig.	1.849.899,70
				PyC + vidrio	1.608.608,44
		Incineradora	23.566.113,61	-	-
		Vertedero	31.528.725,38	-	-

P11					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	5.121.120,00	Planta comp.	5.121.120,00	Compost	2.662.982,40
PyC	14.449.369,00	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	7.184.920,00	Planta Env. Lig.	7.113.070,80	Envases lig.	6.046.110,18
				PyC + vidrio	995.829,91
Rechazo	72.983.140,00	TMB	72.983.140,00	Envases lig.	1.678.612,22
				PyC + vidrio	1.459.662,80
		Incineradora	21.384.060,02	-	-
		Vertedero	28.609.390,88	-	-

P12					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	2.936.079,88	Planta comp.	2.936.079,88	Compost	1.526.761,54
PyC	14.009.538,48	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	6.520.049,66	Planta Env. Lig.	6.520.049,66	Envases lig.	5.542.042,21
				PyC + vidrio	912.806,95
Rechazo	77.523.429,09	TMB	77.523.429,09	Envases lig.	1.783.038,87
				PyC + vidrio	1.550.468,58
		Incineradora	22.714.364,72	-	-
		Vertedero	30.389.184,20	-	-

P13					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	5.121.120,00	Planta comp.	5.121.120,00	Compost	2.662.982,40
PyC	14.449.369,00	Planta PyC	-	Papel y cartón	14.449.369,00
Envases lig.	7.184.920,00	Planta Env. Lig.	7.184.920,00	Envases lig.	6.107.182,00
				PyC + vidrio	1.005.888,80
Rechazo	72.983.140,00	TM	72.983.140,00	Envases lig.	1.678.612,22
				PyC + vidrio	1.532.645,94
		Incineradora	24.011.453,06	-	-
		Vertedero	32.112.581,60	-	-

P14					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	2.936.079,88	Planta comp.	2.936.079,88	Compost	1.526.761,54
PyC	14.009.538,48	Planta PyC	14.009.538,48	Papel y cartón	-
Envases lig.	6.520.049,66	Planta Env. Lig.	6.454.849,17	Envases lig.	5.486.621,79
				PyC + vidrio	903.678,88
Rechazo	77.523.429,09	TMB	77.523.429,09	Envases lig.	1.783.038,87
				PyC + vidrio	1.550.468,58
		Incineradora	25.505.208,17	-	-
		Vertedero	34.110.308,80	-	-

P15					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	10.603.410,89	Planta comp.	10.603.410,89	Compost	5.513.773,66
PyC	15.619.269,84	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	9.821.257,16	Planta Env. Lig.	9.723.044,58	Envases lig.	8.264.587,90
				PyC + vidrio	1.361.226,24
Rechazo	69.034.287,19	TMB	69.034.287,19	Envases lig.	1.587.788,61
				PyC + vidrio	1.380.685,74
		Incineradora	22.712.280,49	-	-
		Vertedero	30.375.086,36	-	-

P16					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	31.582.132,83	Planta comp.	31.582.132,83	Compost	16.422.709,07
PyC	19.270.427,80	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	15.715.206,67	Planta Env. Lig.	15.558.054,60	Envases lig.	13.224.346,41
				PyC + vidrio	2.178.127,64
Rechazo	32.935.343,99	TMB	32.935.343,99	Envases lig.	757.512,91
				PyC + vidrio	658.706,88
		Incineradora	10.835.728,17	-	-
		Vertedero	14.491.551,36	-	-

P17					
Fracción residuo	Recogido (kg)	Plantas de tratamiento	Tratado (kg)	Mat. recuperado	Recuperado (kg)
Orgánica	0,00	Planta comp.	-	Compost	-
PyC	13.311.212,61	Planta PyC	-	Papel y cartón	-
Envases lig.	5.956.933,84	Planta Env. Lig.	5.956.933,84	Envases lig.	5.063.393,77
				PyC + vidrio	833.970,74
Rechazo	80.430.421,88	TMB	80.430.421,88	Envases lig.	1.286.886,75
				PyC + vidrio	723.873,80
		Vertedero	60.966.259,79	-	-

ANEXO III

COSTE ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS



P1							
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes			Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)			
Estado actual	Actual	Coste de recogida (€)	6.197.795,39		11.356.007,00	0,00	11.356.007,00
		Coste de transporte (€)	1.455.965,68				
		Coste de tratamiento (€)	5.879.767,96				
		Amortización (€)	2.177.522,04				

P2							
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes			Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)			
Planta compostaje	5 Cont.	Coste de recogida (€)	9.003.094,54		13.998.334,92	515.500,00	14.513.834,92
		Coste de transporte (€)	1.268.517,61				
		Coste de tratamiento (€)	6.460.554,35				
		Amortización (€)	2.733.831,58				

P3							
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes			Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)			
Planta compostaje	5 Cont. + PaP	Coste de recogida (€)	9.306.542,37		13.878.789,74	515.500,00	14.394.289,74
		Coste de transporte (€)	1.142.282,26				
		Coste de tratamiento (€)	6.333.079,18				
		Amortización (€)	2.903.114,08				

P4							
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes			Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)			
Planta compostaje	PaP	Coste de recogida (€)	11.645.091,57		14.968.067,86	601.250,00	15.569.317,86
		Coste de transporte (€)	805.653,67				
		Coste de tratamiento (€)	6.580.725,20				
		Amortización (€)	4.063.402,59				

P5						
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes		Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
Planta compostaje + TMB	Actual	Coste de recogida (€)	7.272.743,84	11.693.825,59	1.412.250,00	13.106.075,59
		Coste de transporte (€)	660.449,32			
		Coste de tratamiento (€)	6.171.700,52			
		Amortización (€)	2.411.068,09			

P6						
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes		Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
Planta compostaje + TMB	4 Cont. + 5 Cont.	Coste de recogida (€)	7.278.641,83	11.895.514,46	1.749.250,00	13.644.764,46
		Coste de transporte (€)	681.473,01			
		Coste de tratamiento (€)	6.209.779,92			
		Amortización (€)	2.274.380,29			

P7						
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes		Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
Planta compostaje + TMB	5 Cont.	Coste de recogida (€)	8.589.058,67	12.723.857,85	1.455.250,00	14.179.107,85
		Coste de transporte (€)	639.607,16			
		Coste de tratamiento (€)	6.429.998,26			
		Amortización (€)	2.934.806,24			

P8						
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes		Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
Planta compostaje + TMB	5 Cont. + PaP	Coste de recogida (€)	8.892.506,50	12.677.993,72	1.455.250,00	14.133.243,72
		Coste de transporte (€)	593.858,95			
		Coste de tratamiento (€)	6.268.492,69			
		Amortización (€)	3.076.864,42			

p9							
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes			Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)			
Planta compostaje + TMB	Pap	10.038.294,82			12.135.982,81	1.186.250,00	13.322.232,81
		412.505,65					
		5.794.297,01					
		Amortización (€)		4.109.114,66			

P10							
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes			Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)			
Incineradora + TMB	4 Cont.	6.920.065,10			12.798.601,96	2.779.250,00	15.577.851,96
		491.150,49					
		7.705.015,12					
		Amortización (€)		2.317.628,74			

P11							
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes			Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)			
Incineradora + TMB + Planta compostaje	Actual	7.272.743,84			12.793.442,78	2.462.250,00	15.255.692,78
		493.663,06					
		7.540.280,36					
		Amortización (€)		2.513.244,48			

P12							
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes			Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)			
Incineradora + TMB + Planta compostaje	4 Cont. + 5 Cont.	7.278.641,83			13.054.581,91	2.779.000,00	15.833.581,91
		495.353,92					
		7.663.499,26					
		Amortización (€)		2.382.913,10			

PI3								
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes				Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)	Amortización (€)			
Incineradora + Planta compostaje	Actual	7.272.743,84	517.204,51	7.708.433,52	2.513.244,48	12.985.137,38	2.422.500,00	15.407.637,38
		7.272.743,84	517.204,51	7.708.433,52	2.513.244,48			
		7.272.743,84	517.204,51	7.708.433,52	2.513.244,48			
		7.272.743,84	517.204,51	7.708.433,52	2.513.244,48			

PI4								
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes				Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)	Amortización (€)			
Incineradora + Planta compostaje	4 Cont. + 5 Cont.	7.278.641,83	520.359,88	7.842.113,24	2.382.913,10	13.258.201,85	5.189.250,00	18.447.451,85
		7.278.641,83	520.359,88	7.842.113,24	2.382.913,10			
		7.278.641,83	520.359,88	7.842.113,24	2.382.913,10			
		7.278.641,83	520.359,88	7.842.113,24	2.382.913,10			

PI5								
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes				Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)	Amortización (€)			
Incineradora + Planta compostaje	5 Cont.	9.003.094,54	528.788,28	8.190.277,45	3.051.389,30	14.670.770,97	2.465.500,00	17.136.270,97
		9.003.094,54	528.788,28	8.190.277,45	3.051.389,30			
		9.003.094,54	528.788,28	8.190.277,45	3.051.389,30			
		9.003.094,54	528.788,28	8.190.277,45	3.051.389,30			

PI6								
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes				Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)	Amortización (€)			
Incineradora + Planta compostaje	PaP	11.645.091,65	468.500,48	7.405.953,23	4.214.905,22	15.304.640,14	1.651.250,00	16.955.890,14
		11.645.091,65	468.500,48	7.405.953,23	4.214.905,22			
		11.645.091,65	468.500,48	7.405.953,23	4.214.905,22			
		11.645.091,65	468.500,48	7.405.953,23	4.214.905,22			

P17

Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes			Total	Costes de inversión (€)	TOTAL (€)
		Coste de recogida (€)	Coste de transporte (€)	Coste de tratamiento (€)			
TMB	4 Cont.	Coste de recogida (€)	7.131.912,31		11.827.946,29	1.729.250,00	13.557.196,29
		Coste de transporte (€)	686.638,57				
		Coste de tratamiento (€)	6.142.307,69				
		Amortización (€)	2.132.912,29				

ANEXO IV
EMISIONES AMBIENTALES
DE LAS PROPUESTAS



P1			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Emisiones	
Estado actual	Actual	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	4.271.554,20
		Emisiones al agua (L)	912.289,25
P2			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Planta compostaje	5 Cont.	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	16.626.704,95
		Emisiones al agua (L)	862.928,59
P3			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Planta compostaje	5 Cont. + PaP	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	10.318.933,09
		Emisiones al agua (L)	756.583,60
P4			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Planta compostaje	PaP	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-15.061.868,02
		Emisiones al agua (L)	399.191,80
P5			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Planta compostaje + TMB	Actual	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-16.820.198,78
		Emisiones al agua (L)	691.515,25
P6			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Planta compostaje + TMB	4 Cont. + 5 Cont.	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-16.191.961,02
		Emisiones al agua (L)	646.779,41
P7			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Planta compostaje + TMB	5 Cont.	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-18.930.196,54
		Emisiones al agua (L)	579.679,28
P8			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Planta compostaje + TMB	5 Cont. + PaP	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-19.365.882,46
		Emisiones al agua (L)	499.069,77
P9			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Planta compostaje + TMB	PaP	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-23.324.705,64
		Emisiones al agua (L)	274.852,09
P10			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Incineradora + TMB	4 Cont.	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-51.640.642,85
		Emisiones al agua (L)	394.109,07
P11			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Incineradora + TMB + Compost.	Actual	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-48.414.592,07
		Emisiones al agua (L)	357.617,39
P12			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Incineradora + TMB + Compost.	4 Cont. + 5 Cont.	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-50.817.162,51
		Emisiones al agua (L)	379.864,80

P13			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Incineradora + Compostaje	Actual	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-49.097.834,15
		Emisiones al agua (L)	401.407,27
P14			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Incineradora + Compostaje	4 Cont. + 5 Cont.	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-51.605.886,94
		Emisiones al agua (L)	426.378,86
P15			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Incineradora + Compostaje	5 Cont.	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-51.287.323,53
		Emisiones al agua (L)	379.688,58
P16			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
Incineradora + Compostaje	PaP	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-29.560.001,28
		Emisiones al agua (L)	161.729,39
P17			
Infraestructuras	Tipo de recogida	Costes	
TMB	4 Cont.	Transp.+ tratami. (kg CO2 eq)	-15.463.353,44
		Emisiones al agua (L)	762.078,25

ANEXO V

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS



La encuesta empleada para la evaluación del grado de aceptación social de los tipos de recogida, ha sido la siguiente. Las respuestas obtenidas de cada encuestador se muestran a continuación.

Recogida 1	vs	Recogida 2	Grado de aceptación de Recogida 1 vs Recogida 2				
			Mucho menor	Menor	Similar	Mayor	Mucho mayor
4 contenedores	vs	5 contenedores					
4 contenedores	vs	Puerta a puerta					
5 contenedores	vs	Puerta a puerta					

A1	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	0,33333
5 C	3	1	0,33333
PaP	3	3	1

A7	4 C	5 C	PaP
4 C	1	1	0,2
5 C	1	1	0,2
PaP	5	5	1

A2	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,2	0,2
5 C	5	1	1
PaP	5	1	1

A8	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	3
5 C	3	1	3
PaP	0,33333	0,33333	1

A3	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,2	0,33333
5 C	5	1	1
PaP	3	1	1

D1	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	3
5 C	3	1	5
PaP	0,33333	0,2	1

A4	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	3
5 C	3	1	3
PaP	0,33333	0,33333	1

D2	4 C	5 C	PaP
4 C	1	1	0,2
5 C	1	1	0,33333
PaP	5	3	1

A5	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	0,33333
5 C	3	1	1
PaP	3	1	1

D3	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	0,33333
5 C	3	1	1
PaP	3	1	1

A6	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	5
5 C	3	1	5
PaP	0,2	0,2	1

D4	4 C	5 C	PaP
4 C	1	1	0,33333
5 C	1	1	0,33333
PaP	3	3	1

D5	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	5
5 C	3	1	5
PaP	0,2	0,2	1

B5	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,2	0,2
5 C	5	1	0,2
PaP	5	5	1

D6	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,2	0,33333
5 C	5	1	0,33333
PaP	3	3	1

B6	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	3
5 C	3	1	3
PaP	0,33333	0,33333	1

D7	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	5
5 C	3	1	5
PaP	0,2	0,2	1

B7	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	0,2
5 C	3	1	0,33333
PaP	5	3	1

D8	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	3
5 C	3	1	3
PaP	0,33333	0,33333	1

B8	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	5
5 C	3	1	3
PaP	0,2	0,33333	1

B1	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,2	0,2
5 C	5	1	3
PaP	5	0,33333	1

B9	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,2	0,2
5 C	5	1	1
PaP	5	1	1

B2	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,2	0,2
5 C	5	1	3
PaP	5	0,33333	1

B10	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	0,2
5 C	3	1	3
PaP	5	0,33333	1

B3	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	0,2
5 C	3	1	0,33333
PaP	5	3	1

B11	4 C	5 C	PaP
4 C	1	3	3
5 C	0,33333	1	5
PaP	0,33333	0,2	1

B4	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	0,2
5 C	3	1	0,33333
PaP	5	3	1

B12	4 C	5 C	PaP
4 C	1	3	5
5 C	0,33333	1	5
PaP	0,2	0,2	1

B13	4 C	5 C	PaP
4 C	1	0,33333	0,33333
5 C	3	1	0,33333
PaP	3	3	1

La encuesta empleada para la evaluación del grado de aceptación social de los tipos de tratamiento, ha sido la siguiente. Las respuestas obtenidas de cada encuestador se muestran a continuación:

Tratamiento 1	vs	Tratamiento 2	Grado de aceptación de Tratamiento 1 vs Tratamiento 2				
			Mucho menor	Menor	Similar	Mayor	Mucho mayor
Compostaje	vs	Incineración					
Compostaje	vs	Reciclaje					
Compostaje	vs	Tratamiento Mecánico - Biológico					
Compostaje	vs	Vertedero					
Incineración	vs	Reciclaje					
Incineración	vs	Tratamiento Mecánico Biológico					
Incineración	vs	Vertedero					
Reciclaje	vs	Tratamiento Mecánico - Biológico					
Reciclaje	vs	Vertedero					
Tratamiento Mecánico - Biológico	vs	Vertedero					

A1	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	3	5	1	5	5
COM	0,33333	1	5	1	5	5
INC	0,2	0,2	1	0,2	0,2	1
REC	1	1	5	1	5	5
TMB	0,2	0,2	5	0,2	1	1
VER	0,2	0,2	1	0,2	1	1

A2	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,33333	3	0,33333	1	5
COM	3	1	3	1	1	5
INC	0,33333	0,33333	1	0,33333	3	1
REC	3	1	3	1	1	5
TMB	1	1	0,33333	1	1	5
VER	0,2	0,2	1	0,2	0,2	1

A3	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	3	5	1	1	5
COM	0,33333	1	5	5	5	5
INC	0,2	0,2	1	0,2	0,2	3
REC	1	0,2	5	1	1	5
TMB	1	0,2	5	1	1	5
VER	0,2	0,2	0,33333	0,2	0,2	1

A4	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	3	0,33333	5	3	0,33333
COM	0,33333	1	0,33333	3	1	0,2
INC	3	3	1	3	3	0,33333
REC	0,2	0,33333	0,33333	1	0,33333	0,33333
TMB	0,33333	1	0,33333	3	1	0,33333
VER	3	5	3	3	3	1

A5	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	1	3	1	3	5
COM	1	1	3	1	3	5
INC	0,33333	0,33333	1	0,33333	0,33333	3
REC	1	1	3	1	3	5
TMB	0,33333	0,33333	3	0,33333	1	5
VER	0,2	0,2	0,33333	0,2	0,2	1

A6	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	5	5	5	5	5
COM	0,2	1	5	5	1	5
INC	0,2	0,2	1	0,2	0,2	0,2
REC	0,2	0,2	5	1	1	0,2
TMB	0,2	1	5	1	1	0,2
VER	0,2	0,2	5	5	5	1

A7	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	1	5	3	0,33333	5
COM	1	1	5	1	1	5
INC	0,2	0,2	1	0,2	0,2	1
REC	0,33333	1	5	1	1	3
TMB	3	1	5	1	1	5
VER	0,2	0,2	1	0,33333	0,2	1

A8	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	1	3	0,2	0,33333	5
COM	1	1	3	1	1	5
INC	0,33333	0,33333	1	0,33333	0,33333	1
REC	5	1	3	1	3	5
TMB	3	1	3	0,33333	1	3
VER	0,2	0,2	1	0,2	0,33333	1

D1	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	3	5	1	3	5
COM	0,33333	1	3	1	3	5
INC	0,2	0,33333	1	0,2	0,33333	1
REC	1	1	5	1	5	5
TMB	0,33333	0,33333	3	0,2	1	3
VER	0,2	0,2	1	0,2	0,33333	1

D2	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	1	5	0,2	1	3
COM	1	1	3	0,33333	3	3
INC	0,2	0,33333	1	0,33333	0,2	3
REC	5	3	3	1	3	3
TMB	1	0,33333	5	0,33333	1	1
VER	0,33333	0,33333	0,33333	0,33333	1	1

D3	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	1	3	1	3	5
COM	1	1	3	1	3	5
INC	0,33333	0,33333	1	0,33333	0,33333	3
REC	1	1	3	1	3	5
TMB	0,33333	0,33333	3	0,33333	1	5
VER	0,2	0,2	0,33333	0,2	0,2	1

D4	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	3	5	0,2	3	5
COM	0,33333	1	3	0,2	1	5
INC	0,2	0,33333	1	0,2	0,2	5
REC	5	5	5	1	1	5
TMB	0,33333	1	5	1	1	5
VER	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1

D5	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,2	3	0,2	0,33333	5
COM	5	1	3	0,2	3	5
INC	0,33333	0,33333	1	0,2	0,33333	5
REC	5	5	5	1	5	5
TMB	3	0,33333	3	0,2	1	3
VER	0,2	0,2	0,2	0,2	0,33333	1

D6	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	3	5	0,33333	1	5
COM	0,33333	1	5	0,33333	1	5
INC	0,2	0,2	1	0,2	0,2	3
REC	3	3	5	1	3	5
TMB	1	1	5	0,33333	1	5
VER	0,2	0,2	0,33333	0,2	0,2	1

D7	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,33333	5	3	1	5
COM	3	1	5	3	1	5
INC	0,2	0,2	1	0,2	0,2	0,33333
REC	0,33333	0,33333	5	1	1	3
TMB	1	1	5	1	1	5
VER	0,2	0,2	3	0,33333	0,2	1

D8	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,33333	1	0,33333	1	3
COM	3	1	3	1	3	5
INC	1	0,33333	1	0,33333	1	3
REC	3	1	3	1	3	5
TMB	1	0,33333	1	0,33333	1	3
VER	0,33333	0,2	0,33333	0,2	0,33333	1

B1	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,33333	5	0,2	1	0,2
COM	3	1	0,2	1	1	5
INC	0,2	5	1	0,2	5	1
REC	5	1	5	1	3	5
TMB	1	1	0,2	0,33333	1	0,2
VER	5	0,2	1	0,2	5	1

B2	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,33333	3	0,33333	1	5
COM	3	1	5	0,33333	1	5
INC	0,33333	0,2	1	0,2	0,2	1
REC	3	3	5	1	3	5
TMB	1	1	5	0,33333	1	5
VER	0,2	0,2	1	0,2	0,2	1

B3	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,33333	5	0,33333	0,33333	5
COM	3	1	5	1	3	5
INC	0,2	0,2	1	0,2	0,2	1
REC	3	1	5	1	3	5
TMB	3	0,33333	5	0,33333	1	5
VER	0,2	0,2	1	0,2	0,2	1

B4	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,33333	3	3	0,33333	3
COM	3	1	5	1	1	5
INC	0,33333	0,2	1	0,2	0,2	1
REC	0,33333	1	5	1	1	5
TMB	3	1	5	1	1	5
VER	0,33333	0,2	1	0,2	0,2	1

B5	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,2	3	1	3	3
COM	5	1	5	1	5	5
INC	0,33333	0,2	1	0,2	0,2	0,2
REC	1	1	5	1	5	5
TMB	0,33333	0,2	5	0,2	1	3
VER	0,33333	0,2	5	0,2	0,33333	1

B6	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	1	3	0,33333	1	3
COM	1	1	1	0,33333	1	5
INC	0,33333	1	1	0,33333	1	3
REC	3	3	3	1	3	5
TMB	1	1	1	0,33333	1	5
VER	0,33333	0,2	0,33333	0,2	0,2	1

B7	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	1	0,2	3	3	5
COM	1	1	5	5	3	5
INC	5	0,2	1	0,33333	0,2	0,33333
REC	0,33333	0,2	3	1	1	5
TMB	0,33333	0,33333	5	1	1	5
VER	0,2	0,2	3	0,2	0,2	1

B8	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	1	0,2	1	1	1
COM	1	1	0,2	3	3	3
INC	5	5	1	3	3	3
REC	1	0,33333	0,33333	1	3	3
TMB	1	0,33333	0,33333	0,33333	1	3
VER	1	0,33333	0,33333	0,33333	0,33333	1

B9	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,33333	3	0,33333	1	5
COM	3	1	5	0,33333	1	5
INC	0,33333	0,2	1	0,2	0,2	1
REC	3	3	5	1	3	5
TMB	1	1	5	0,33333	1	5
VER	0,2	0,2	1	0,2	0,2	1

B10	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	3	0,33333	1	0,33333	3
COM	0,33333	1	0,33333	0,33333	0,33333	0,33333
INC	3	3	1	3	0,33333	3
REC	1	3	0,33333	1	3	3
TMB	3	3	3	0,33333	1	3
VER	0,33333	3	0,33333	0,33333	0,33333	1

B11	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	3	0,33333	1	1	3
COM	0,33333	1	0,33333	1	1	3
INC	3	3	1	3	3	3
REC	1	1	0,33333	1	1	3
TMB	1	1	0,33333	1	1	0,33333
VER	0,33333	0,33333	0,33333	0,33333	3	1

B12	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	1	3	0,33333	1	1
COM	1	1	1	0,33333	1	3
INC	0,33333	1	1	0,33333	1	3
REC	3	3	3	1	3	3
TMB	1	1	1	0,33333	1	3
VER	1	0,33333	0,33333	0,33333	0,33333	1

B13	BIO	COM	INC	REC	TMB	VER
BIO	1	0,33333	3	1	1	3
COM	3	1	5	1	3	3
INC	0,33333	0,2	1	0,2	0,2	0,2
REC	1	1	5	1	3	3
TMB	1	0,33333	5	0,33333	1	3
VER	0,33333	0,33333	5	0,33333	0,33333	1

Por último, la encuesta empleada para determinar la ponderación de los subcriterios sociales en, ha sido la siguiente. Las respuestas obtenidas de cada encuestador se muestran a continuación:

Criterio 1	vs	Criterio 2	Importancia de Criterio 1 vs Criterio 2				
			Mucho menor	Menor	Similar	Mayor	Mucho mayor
Generación de empleo	vs	Cumplimiento de objetivos					
Generación de empleo	vs	Aceptación social					
Generación de empleo	vs	Adaptación social					
Cumplimiento de objetivos	vs	Aceptación social					
Aceptación social	vs	Adaptación social					

A1	GE	CO	ACS	ADS
GE	1	1	0,2	0,33333
CO	1	1	1	1
ACS	5	1	1	3
ADS	3	1	0,33333	1

A2	GE	CO	ACS	ADS
GE	1	3	3	1
CO	0,33333	1	0,33333	0,33333
ACS	0,33333	3	1	1
ADS	1	3	1	1

A3	GE	CO	ACS	ADS
GE	1	0,33333	3	3
CO	3	1	5	5
ACS	0,33333	0,2	1	1
ADS	0,33333	0,2	1	1

A4	GE	CO	ACS	ADS
GE	1	3	3	3
CO	0,33333	1	3	1
ACS	0,33333	0,33333	1	0,33333
ADS	0,33333	1	3	1

A5	GE	CO	ACS	ADS
GE	1	0,33333	0,33333	0,33333
CO	3	1	3	3
ACS	3	0,33333	1	1
ADS	3	0,33333	1	1

A6	GE	CO	ACS	ADS
GE	1	1	1	1
CO	1	1	1	1
ACS	1	1	1	1
ADS	1	1	1	1

A7	GE	CO	ACS	ADS
GE	1	0,33333	1	1
CO	3	1	3	1
ACS	1	0,33333	1	0,33333
ADS	1	1	3	1

A8	GE	CO	ACS	ADS
GE	1	0,33333	3	3
CO	3	1	5	3
ACS	0,33333	0,2	1	0,33333
ADS	0,33333	0,33333	3	1

