

## Resumen

La comarca de Sobrarbe se ve con la necesidad de buscar una solución a la problemática que supone la inminente clausura del vertedero controlado de Ainsa. Dicho vertedero entró en funcionamiento en 1992, inicialmente previsto para un periodo de servicio de ocho años. A día de hoy, el vaso del vertedero está colmado, hace tiempo que las chimeneas de metano están enterradas por los residuos, y la compactación de los residuos se hace sin sellado de tierra.

El Plan de Gestión Integral de los Residuos de Aragón (G.I.R.A. 2005-2008) prevé la clausura del vertedero, además de la construcción de una planta de transferencia de residuos sólidos urbanos (RSU) en el municipio de Ainsa, para optimizar el transporte de los RSU al vertedero de la agrupación supracomarcal, ubicado en los alrededores de Barbastro.

La memoria describe un estudio de las necesidades de la comarca. Se ha analizado la producción de RSU, así como su caracterización; también se ha tenido en cuenta aspectos socioculturales, como la geografía del terreno, el patrimonio cultural y medioambiental, el peso del turismo, su estacionalidad y los picos de producción de RSU asociados. Otros aspectos, como los precedentes de la comarca en materia de gestión de residuos, y la normativa Aragonesa en materia de residuos (G.I.R.A.) y local (Agenda 21 de Sobrarbe) se han tenido en cuenta desde un principio.

Una vez se hecho el estudio de necesidades, se hace un análisis de la tipología de las plantas de transferencia de RSU. En este análisis se describen los objetivos de este tipo de instalaciones, se describen dos modelos distintos, se comenta su funcionamiento y se citan criterios para un buen diseño de estas instalaciones.

El capítulo dedicado a las estadísticas es especialmente útil para el diseño y el dimensionado de la planta. Se citan dos casos reales de planta de transferencia de RSU de alta montaña, que sirven de guía para elegir el tipo de planta a proponer. La elección de la maquinaria, el dimensionado y la descripción de la obra civil, se acompaña del estudio de la vida útil, de las necesidades futuras de la planta, de las estimaciones logísticas y de un estudio de aspectos medio ambientales.

Como conclusión, se propone la construcción de una planta de transferencia de RSU con compactación, ubicada en el mismo recinto del vertedero controlado, así como el equipamiento y la maquinaria auxiliar necesaria. Como añadido, también se propone mejorar la gestión de los residuos, a base de promocionar un punto limpio, y con la descripción de técnicas de gestión y eliminación de lixiviados de vertedero.





## Sumario

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>SUMARIO</b>	<b>3</b>
<b>1. GLOSARIO</b>	<b>7</b>
<b>2. PREFACIO</b>	<b>11</b>
2.2. Origen del proyecto.....	11
2.3. Motivación .....	11
2.4. Finalidad.....	11
<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
3.1. Objetivos del proyecto.....	13
3.2. Alcance del proyecto.....	14
<b>4. SITUACIÓN SOCIOPOLÍTICA Y GEOGRÁFICA</b>	<b>15</b>
4.1. Encuadre de la comarca de Sobrarbe .....	15
4.1.1. Valor paisajístico de la comarca de Sobrarbe .....	16
4.1.2. Patrimonio histórico y motor económico de la comarca de Sobrarbe .....	17
4.1.3. Términos municipales de la comarca de Sobrarbe .....	18
4.1.4. Evolución de la población en la comarca de Sobrarbe .....	21
4.2. Precedentes de la gestión de residuos de la comarca de Sobrarbe.....	26
4.2.1. Modelo de gestión de residuos sólidos urbanos de Aragón .....	26
4.2.2. Estado del vertedero del municipio de Ainsa.....	27
4.2.3. Situación actual de la recogida de RSU de la comarca de Sobrarbe.....	33
4.3. Legislación aragonesa sobre la gestión de residuos.....	34
4.3.1. Plan de Gestión Integral de los Residuos de Aragón 2005-2008 .....	34
4.3.2. Agenda 21 de la comarca de Sobrarbe .....	37
4.3.3. Requerimientos de la planta de transferencia de RSU .....	38
<b>5. PLANTAS DE TRANSFERENCIA</b>	<b>41</b>
5.1. Objetivo de las plantas de transferencia.....	41
5.2. Tipos de plantas de transferencia.....	42
5.2.1. Planta de transferencia sin compactación .....	43
5.2.2. Plantas de transferencia con compactación .....	43
5.3. Funcionamiento de una planta de transferencia con compactación .....	44
5.4. Criterios para el diseño de una planta de transferencia .....	47



<b>6. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>49</b>
6.1. Caracterización del RSU local .....	49
6.2. Tasa de generación de RSU de la comarca de Sobrarbe .....	51
6.3. Estacionalidad .....	51
6.4. Recogida selectiva de papel y cartón .....	53
6.5. Recogida selectiva de vidrio .....	54
6.6. Recogida selectiva de envases .....	55
6.7. Recogida de voluminosos .....	55
6.8. Recogida de pilas .....	56
6.9. Cumplimiento de los objetivos del G.I.R.A. ....	56
6.10. Pluviometría del municipio de Ainsa .....	57
6.11. El turismo de Sobrarbe y Aragón en el 2004.....	59
<b>7. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRANSFERENCIA</b>	<b>65</b>
7.1. Modelos de planta de transferencia de alta montaña .....	65
7.1.1. Planta de transferencia de RSU de Vielha .....	65
7.1.2. Planta de transferencia de RSU de Sabiñánigo.....	65
7.2. Elección del tipo de planta. Propuesta de solución .....	66
7.3. Dimensionado de la planta .....	66
7.4. Elección de la maquinaria .....	67
7.4.1. Planta de transferencia .....	67
7.4.2. Semirremolques para el transporte de cajas de RSU.....	68
7.4.3. Tractora .....	68
7.5. Descripción de la obra civil .....	69
7.6. Ubicación de la planta .....	70
7.7. Proyección de vida útil .....	72
7.7.1. Vida útil según tasa de crecimiento de RSU constante .....	73
7.7.2. Vida útil según el crecimiento del turismo de la comarca de Sobrarbe.....	79
7.8. Necesidades de futuras ampliaciones .....	84
7.8.1. Implantación de recogida selectiva de otras fracciones. ....	84
7.8.2. Reconversión del vertedero a punto limpio .....	85
<b>8. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES</b>	<b>93</b>
8.1. Gestión de lixiviados del vertedero .....	93
8.1.1. Características de los lixiviados .....	97
8.1.2. Generación actual de lixiviados del vertedero.....	99
8.1.3. Generación de lixiviados del vertedero cuando esté sellado.....	102



8.2. Resumen de alternativas sobre tratamientos de lixiviados .....	105
8.2.1. Ejemplos de plantas de tratamiento de lixiviados en vertederos .....	109
8.2.2. Criterios para la elección del tipo de tratamiento.....	111
8.3. Gestión de lixiviados de la planta de transferencia .....	115
8.3.1. Fuentes generadoras de lixiviados .....	115
8.3.2. Generación de lixiviados de la planta de transferencia.....	116
8.3.3. Eliminación de los lixiviados de la planta de transferencia .....	118
8.4. Generación y tratamiento de aguas negras .....	119
8.5. Impacto ambiental.....	120
8.5.1. Contaminación ambiental.....	120
8.5.2. Contaminación sonora .....	120
8.5.3. Impacto paisajístico .....	121
<b>9. ESTIMACIONES LOGÍSTICAS .....</b>	<b>123</b>
9.1. Transporte de RSU .....	123
9.2. Transporte de lixiviados de la planta de transferencia .....	124
9.3. Transporte de lixiviados del vertedero .....	125
<b>10. PRESUPUESTO .....</b>	<b>129</b>
10.1. Presupuesto de la planta de transferencia .....	129
10.2. Coste del estudio de ingeniería de realización del proyecto de planta de transferencia.....	131
10.3. Presupuesto “punto limpio básico”.....	131
10.4. Presupuesto “punto limpio tipo A”.....	133
10.5. Presupuesto “punto limpio móvil”.....	134
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>135</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>137</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>139</b>





## 1. Glosario

*Agua negra.* El término agua negra, más comúnmente utilizado en plural, aguas negras, define un tipo de agua que está contaminado con sustancias fecales y orina, procedentes de vertidos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalajo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

*Compostaje.* Reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura.

*DBO.* Demanda biológica de oxígeno, también denominada demanda bioquímica de oxígeno. Es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada, por medios biológicos, que contiene una muestra líquida. Se utiliza para determinar su grado de contaminación. Normalmente se mide en laboratorio a 20° C transcurridos 5 días (DBO<sub>5</sub>) y se expresa en mg O<sub>2</sub>/litro.

*DQO.* Demanda química de oxígeno. Es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg O<sub>2</sub>/litro. El valor obtenido es siempre superior a la demanda biológica de oxígeno, ya que las sustancias no biodegradables también se oxidan por este método. La relación entre los dos parámetros es un indicativo de la calidad del agua.

*Escombros.* Restos de derribos y de construcción de edificaciones, constituidos principalmente por tabiquería, cerámica, hormigón, hierros, madera, plásticos y otros, y tierras de excavación en las que se incluyen tierra vegetal y rocas del subsuelo.

*G.I.R.A. Plan de Gestión Integral de los Residuos de Aragón 2005-2008 [ARAGÓN].* Es la legislación aragonesa en materia de gestión de residuos. Es un plan integral que sustituye los anteriores planes que regulaban los diferentes tipos de residuos. En materia de residuos urbanos, el G.I.R.A. sustituye el *Plan de Ordenación de la Gestión de los Residuos Urbanos de la Comunidad Autónoma de Aragón (1998-2003)* y su actualización posterior, el *Programa de Actualización del Plan de Ordenación de de la Gestión de los Residuos sólidos Urbanos.*



*Lixiviado.* Según el apartado m) del artículo 2 del RD 1481/2001, se entiende por lixiviado “cualquier líquido que percole a través de los residuos depositados y que rezume desde o esté contenido en un vertedero”. A la práctica, cualquier líquido que entre en contacto con residuos se considera lixiviado. El líquido más común es el agua, y está contenida en el residuo en si o es debida a filtraciones del agua de lluvia, generalmente. Las reacciones de descomposición y fermentación de los desechos orgánicos también producen lixiviados. Al compactar los residuos se libera parte del agua retenida en el residuo y da lugar a lixiviados. Los lixiviados se caracterizan químicamente por tener una carga orgánica muy elevada, cuya composición varía con la edad del residuo, y son altamente contaminantes.

*Recogida selectiva.* Consiste en separar los residuos en distintas fracciones y dar a cada una el tratamiento adecuado. La recogida selectiva se basa en que son los propios ciudadanos los que realizan la selección de los productos recuperables, colocándolos en recipientes independientes.

*Residuo.* Según el apartado a) del artículo 3º de la ley 10/1998 de Residuos, se entiende por residuo “cualquier sustancia u objeto perteneciente a alguna de las categorías que figuran en el anejo de esta Ley, del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse. En todo caso, tendrán esta consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias.”.

*Residuos sólidos (RS).* En función de la actividad en que son producidos, se clasifican en agropecuarios (agrícolas y ganaderos), forestales, mineros, industriales y urbanos. A excepción de los mineros, por sus características de localización, cantidades, composición, etc., los demás poseen numerosos aspectos comunes desde el punto de vista de la recuperación y reciclaje.

*Residuos sólidos urbanos (RSU).* Son aquellos que se generan en los espacios urbanizados, como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas (viviendas), servicios (hostelería, hospitales, oficinas, mercados, etc.) y tráfico viario (papeleras y residuos viarios de pequeño y gran tamaño).





*Residuos urbanos (RU).* Según el apartado b) del artículo 3º de la ley 10/1998 de Residuos, se entiende por RU “los residuos generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades. Tendrán también la consideración de residuos urbanos los siguientes: residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas; animales domésticos muertos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados; residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.”.

*Vertido controlado.* Acondicionamiento de los residuos en un espacio destinado al efecto, de forma que no produzcan alteraciones en el mismo, que puedan significar un peligro presente o futuro, directo o indirecto, para la salud humana ni el entorno.





## **2. Prefacio**

### **2.2. Origen del proyecto**

El origen de este proyecto viene dado por la necesidad que tiene la comarca de Sobrarbe, de sustituir el vertedero controlado de Ainsa por una planta de transferencia de residuos sólidos urbanos (RSU). El vertedero, que actualmente todavía está en funcionamiento, da servicio a toda una comarca pirenaica, de 7.151 habitantes de población censal, con núcleos urbanos pequeños y dispersados por el territorio.

### **2.3. Motivación**

La clausura del vertedero supondría que los pequeños camiones recolectores de RSU deberían modificar su ruta. Los camiones deberían ir al vertedero de Barbastro, que está localizado cerca de la capital de la comarca de Somontano de Barbastro. La distancia entre el vertedero de Ainsa y el de Barbastro es de unos 70 km de carretera de montaña. Mientras que el vertedero de Ainsa está más o menos en el centro de la comarca de Sobrarbe, el vertedero de Barbastro queda al sur de la comarca de Sobrarbe.

Los camiones recolectores de RSU, al tener que depositar los residuos a un vertedero muy alejado, pasarían más tiempo en carretera que recolectando RSU, lo que supondría una caída muy grande de la eficiencia del sistema de recogida de residuos. Para que esto no ocurra, la solución pasa por instalar una planta de transferencia de RSU en el mismo vertedero.

Instalar una planta de transferencia de RSU, supone para que los camiones recolectores no aumenten el tiempo que pasan en la carretera. A la vez, se consigue que un camión de mayor capacidad haga el traslado de la carga al vertedero de Barbastro. En consecuencia, se logra una mayor optimización de los recursos destinados a la recogida de residuos.

### **2.4. Finalidad**

Este proyecto tiene como finalidad ofrecer un preestudio a la comarca de Sobrarbe, para que les sirva como herramienta de utilidad; para que aporte nuevos criterios que ayuden a tomar la decisión más adecuada; para que se utilice como una guía para descubrir otros aspectos que se pueden pasar por alto, y siempre orientado a satisfacer la necesidad de instalar una planta de transferencia de RSU para sustituir el vertedero de Ainsa.





## 3. Introducción

### 3.1. Objetivos del proyecto

Ante la clausura inminente del vertedero de Ainsa, el nuevo plan G.I.R.A. prevé el desarrollo de una planta de transferencia de RSU. Utilizando la información aportada por la comarca de Sobrarbe, y datos de otras fuentes que pueden aportar documentación de utilidad, el estudio propone como objetivos tratar y desarrollar los siguientes puntos:

- Identificar precedentes acerca de la gestión de RSU de la comarca de Sobrarbe.
- Estudiar la evolución de la generación de RSU de la comarca, a lo largo de los últimos años, así como la estacionalidad y las puntas de producción de residuos asociadas al turismo.
- Estudiar la caracterización del RSU local y compararlo con el de otros lugares.
- Recopilación de otros datos y estadísticas necesarias para el diseño y dimensionado de la planta de transferencia de RSU.
- Estudiar los tipos de planta de transferencia de RSU, las ventajas que ofrecen y su funcionamiento.
- Identificar los componentes principales de una planta de transferencia de RSU.
- Enumeración de criterios para un diseño correcto de plantas de transferencia.
- Realización de una propuesta de instalación de planta de transferencia de RSU.
- Estudiar las necesidades logísticas que va requerir la planta de transferencia de RSU.



## 3.2. Alcance del proyecto

Este proyecto tiene como alcance hacer una definición de cómo debe ser y con que equipamientos debe dotarse la planta de transferencia de RSU. A partir de un estudio de necesidades, se identifican una serie de requerimientos que la planta debe satisfacer. Una vez identificados los requerimientos, se encuentra el dimensionado adecuado. Llegado a este punto, se elige la maquinaria y el equipamiento auxiliar que más se ajusta a las necesidades. Por último, se estudia el mejor lugar para construir la planta sobre el terreno.

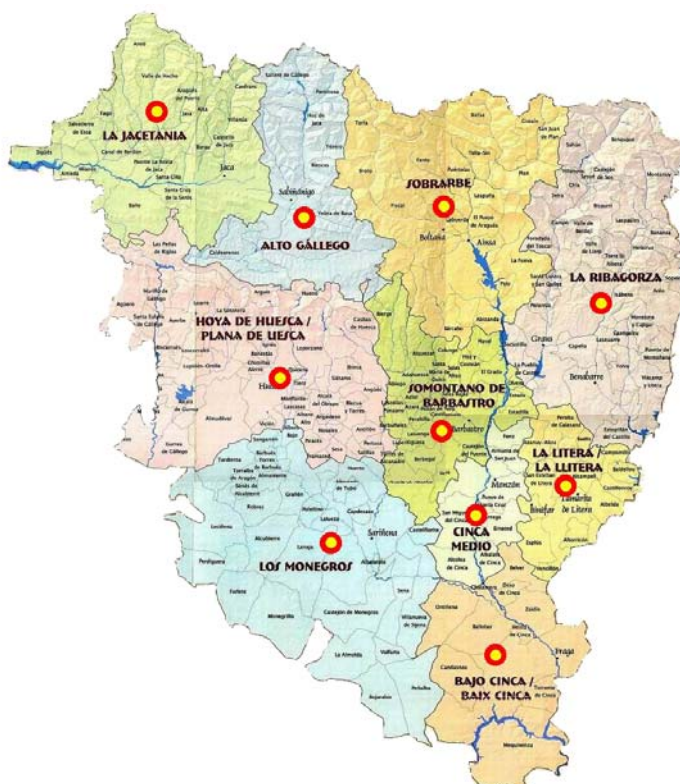
Queda fuera del alcance de este proyecto el discutir que técnicas constructivas son las más adecuadas, así como la especificación de las necesidades y dimensionado de los servicios auxiliares que pueda necesitar la planta de transferencia.



## 4. Situación sociopolítica y geográfica

### 4.1. Encuadre de la comarca de Sobrarbe

La comarca de Sobrarbe se localiza en el Pirineo Aragonés (provincia de Huesca), y su territorio se extiende por los valles del norte: Broto, Bielsa, La Solana,..., las riberas de los ríos: Cinca y Ara, por la zona denominada Alto Sobrarbe, caracterizada por ser de tierras abruptas asentadas entre los ríos Ara y Cinca, y por las sierras de Olsón y Sebil.



- |                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| 1. Alto Gállego | 2. Bajo Cinca           |
| 3. Cinca Medio  | 4. Hoya de Huesca       |
| 5. Jacetania    | 6. La Litera            |
| 7. Monegros     | 8. Ribagorza            |
| 9. Sobrarbe     | 10. Somontano-Barbastro |



Fig. 4.1. Comarcas de la provincia de Huesca



### 4.1.1. Valor paisajístico de la comarca de Sobrarbe

La comarca de Sobrarbe destaca por su preciado valor paisajístico, así como también por su valor como medio natural peculiar, pudiendo así encontrar bellos parajes como Canciás, Cotiella o La Peña Montañesa, y distintos parques nacionales protegidos, como el Parque Nacional de Ordesa y Monte perdido o el Parque Nacional de la Sierra y los Cañones de Guara.

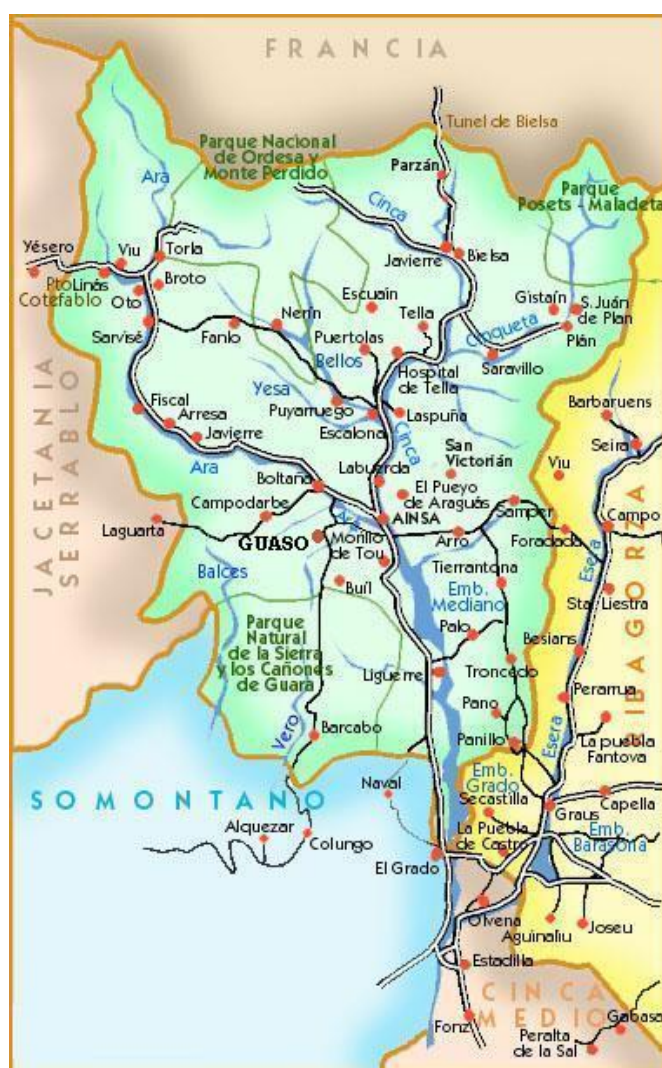


Fig. 4.2. Comarca de Sobrarbe

El paisaje de las rústicas poblaciones con el Monte Perdido de fondo, siguen dando interés a la particular arquitectura local junto con sus tradiciones más populares. El paisaje está formado por frondosos bosques de robles y encinas, en el que destaca el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, reconocido como tal desde los años 20. El Parque se ha visto gratamente ampliado en el año 1982 con los parajes del macizo del Monte Perdido, los valles de Añíscolo y Escuin y la cabecera del Pineta.





El parque Nacional de Ordesa alberga en su interior numerosas especies autóctonas y una gran variedad en la flora y fauna, tiene una extensión de 15.608 hectáreas de Parque y 19.679 hectáreas de Zona Periférica de Protección; ocupa los términos municipales de Bielsa, Broto, Fanlo, Púertolas, Tella-sin, Torla y Broto, todos pertenecientes a la comarca de Sobrarbe.

Entre el Valle del Ebro y los Pirineos, las sierras de Guara, Gabardiella, Arangol, Balcés y Sevil y los cañones de los ríos Flumen, Guatizalema, Alcanadre o Vero, constituyen un valioso enclave natural conocido como El Parque de la Sierra y Cañones de Guara, declarado por ley en 1990. Para evitar posibles impactos ecológicos y paisajísticos procedentes del exterior, el Parque posee una Zona Periférica de Protección.

El parque nacional de las Sierras del Guara tiene una extensión de 47.450 hectáreas de Parque y 33.775 hectáreas de Zona Periférica de Protección. También se creó, al igual que todos los Espacios Naturales Protegidos, un Área de Influencia Socioeconómica para fomentar la participación de los habitantes en el desarrollo socioeconómico de la zona.

El parque toca varios términos municipales: Abiego, Adahuesca, Ainsa-Sobrarbe, Alquézar, Arguis, Bércabo, Bierge, Boltaña, Caldearenas, Casbas de Huesca, Colungo, Huesca, Loporzano, Nueno y Sabiñánigo. El parque comprende una serie de municipios, de los cuales Ainsa, Boltaña y Bércabo pertenecen a la comarca de Sobrarbe.

#### **4.1.2. Patrimonio histórico y motor económico de la comarca de Sobrarbe**

El Sobrarbe es el territorio más desconocido y menos documentado de los tres condados que formaron Aragón. La historia ha contribuido al aislamiento de la comarca ya que ninguna vía romana atravesaba los valles pirenaicos del Sobrarbe. Solamente el río Zinca permitía un acceso de comunicación hasta Boltaña y Ainsa.

La comarca de Sobrarbe fue testigo de las batallas de la Reconquista que se disputaron entre los cristianos y los musulmanes. Los restos arquitectónicos dejan entrever el carácter fronterizo de la zona en sus días pasados: torres de vigilancia, castillos e iglesias fortaleza. Históricas construcciones como las fortalezas de Abizanda, Samitier, el Muro de Roda, o la del mismo Ainsa.

El patrimonio artístico-religioso, cuyas obras son consideradas auténticas obras maestras del arte religioso, destacan el monasterio carolingio de Matidero, las iglesias de Santa María de Buil, San Juan de Toledo de Lanata, San Vicente de Labuerda – que destaca por una hermosa torre del siglo XVII – o el legendario monasterio de San Victorián de Asán, que en la Edad Media influyó grandes territorios del Alto Cinca y del Ésera.



La economía de la comarca ha estado tradicionalmente dedicada al sector primario. Sin embargo, en los últimos años, la Política Agraria Comunitaria, ha producido un cambio radical en este sector. Por otra parte, la Política Agraria Comunitaria, en algunos documentos define la misión de los agricultores como “conservadores medioambientales”.

Posteriormente, el impacto del turismo ha modificado el uso del suelo y la dedicación económica. La economía del sector se ha terciarizado con la llegada del turismo, que a la vez, ha supuesto una mejora de las infraestructuras de muchos núcleos rurales que hasta entonces habían permanecido olvidados.

En definitiva, el motor económico tradicional, basado en la agricultura y la ganadería en pequeñas explotaciones, ha ido perdiendo peso frente las nuevas fuentes de ingresos, basados en el turismo de hoteles, camping, casas rurales y empresas de deportes al aire libre, que aportan una fuente de ingresos importante a la comarca de Sobrarbe.

#### **4.1.3. Términos municipales de la comarca de Sobrarbe**

L'Ainsa-Sobrarbe es el municipio más poblado y la capital de la comarca. Sin embargo no existe en toda la comarca ningún núcleo urbano que supere los mil habitantes, pues L'Ainsa-Sobrarbe se formó por la agrupación de varios términos municipales y abarca dieciséis núcleos poblados. Boltaña y L'Ainsa son los núcleos más grandes de la comarca.

En esta comarca hay dos mancomunidades: la más importante es la del Sobrarbe que agrupa a 19 municipios. La segunda mancomunidad es la de la Bal de Chistau, que la forman Chisten, Plan, San Chuan de Plan y Tella-Sin. La comarca de Sobrarbe está formada por 19 términos municipales, que a la vez pueden tener asociados otros núcleos urbanos. La figura 4.3 muestra la comarca de Sobrarbe dividida por términos municipales.





Fig. 4.3. Términos municipales de la comarca de Sobrarbe

La tabla 4.1 muestra las principales características de los 19 términos municipales que forman la comarca de Sobrarbe. En la tabla se detallan el número de núcleos urbanos asociados a cada término municipal y datos del relieve de la zona, como la superficie que ocupa el término municipal y su altitud.



Tabla 4.1. Información general de los términos municipales de la comarca de Sobrarbe

<b>Término municipal</b>	<b>Superficie [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Altitud [m]</b>	<b>Núcleos Asociados</b>
Abizanda	44,8	636	4
Ainsa-Sobrarbe	284,8	869	23
Bárcabo	87,9	713	1
Bielsa	202,4	1.026	1
Boltaña	139,5	643	1
Broto	128	905	1
Fanlo	187,1	1.320	1
Fiscal	170,1	768	1
La Fueva	218,8	631	1
Gistaín	75,9	1.378	1
Labuerda	17,8	569	1
Laspuña	45,3	725	2
Palo	14,4	739	1
Plan	92,5	1.060	1
Puértolas	100,0	1.160	1
El Pueyo de Aragüás	62,1	701	1
San Juan de Plan	55,8	1.085	1
Tella-Sin	90,3	840	1
Torla	185,2	1.032	1
<b>Total comarca Sobrarbe</b>	<b>2.202,7</b>		<b>45</b>

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística [INE], del Instituto Aragonés de Estadística [IAE] y de la Diputación de Huesca [DIP-HUESCA].

Los municipios que tienen más de un núcleo asociado son:

- Abizanda: Abizanda, Escanilla, Lamata y Ligüerre de Cinca.
- Ainsa-Sobrarbe: Ainsa, Arcusa, Arro, Banastón, Las Bellostas, Campotorrano, Castejón de Sobrarbe, Castellazo, Coscojuela de Sobrarbe, El Coscollar, Guaso, Latorre, Latorrecilla, Olson, La Pardina, Paules de Sarsa, Gerbe, Jabierre de Olson, Mondot, Santa María de Buil, Griegal, Morillo de Tou y Sarsa de Surta.
- Laspuña: Laspuña y Ceresa.

En la figura 4.4, se puede ver la comarca de Sobrarbe, con un nivel de detalle que permite ver la mayoría de los núcleos urbanos.





Fig. 4.4. Núcleos urbanos de la comarca de Sobrarbe

#### 4.1.4. Evolución de la población en la comarca de Sobrarbe

El análisis de la dinámica poblacional de la comarca refleja una tendencia poblacional decreciente a partir de finales del siglo XIX. Hasta finales del siglo XIX la población de la comarca era más o menos estable y, a partir de esta fecha empezó una emigración masiva hacia zonas más urbanizadas e industrializadas. La evolución del censo desde 1857 muestra que en 1877 éste era máximo, mientras que a partir de esta fecha el censo empezó a caer drásticamente.



A principios de siglo, en 1900, la comarca tenía un censo de 22.277 habitantes, y hasta los últimos tiempos, la comarca ha sufrido una fuerte despoblación. A grandes rasgos, des del año 1960 hasta la actualidad, el censo de la comarca ha disminuido un 50%, situándose a una tercera parte de la población de 1900. Esta emigración masiva es la causa de que hoy en día la comarca esté sufriendo de envejecimiento, pues fue la mayoría de la población joven la que emigró. La figura 4.5 muestra una comparativa de la evolución de la población de la comarca, de la provincia de Huesca y de la Comunidad Autónoma de Aragón durante el último siglo.

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE DERECHO EN BASE 100 (1900-2001)

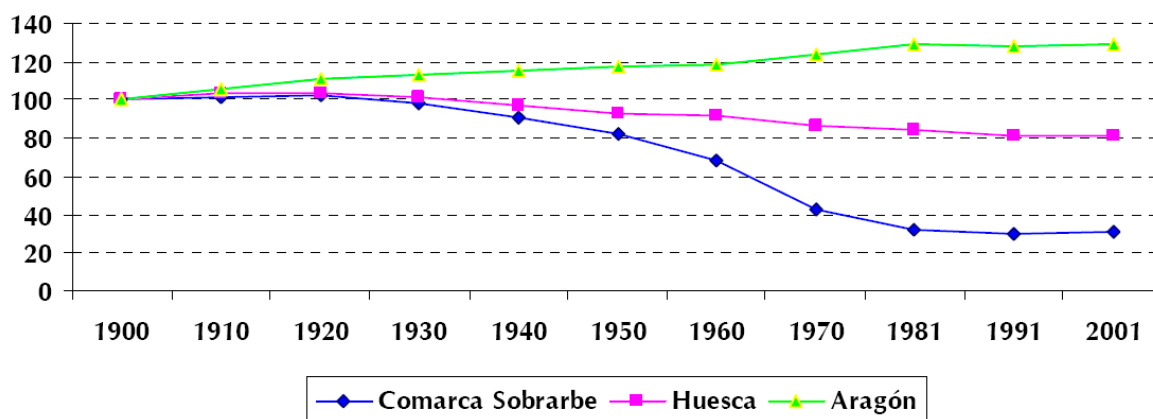


Fig. 4.5. Evolución de la población de Aragón, Huesca y Sobrarbe durante el siglo XX

Fuente: [DIPUTACIÓN, 2004].

La evolución más reciente de la población censal de la comarca de Sobrarbe durante los años 1991-2005, refleja una tendencia poblacional creciente que rompe con el decrecimiento poblacional del siglo XX. La tabla 4.2 muestra una comparativa la variación poblacional de la comarca, la provincia de Huesca y la Comunidad de Aragón en este periodo.



Tabla 4.2. Evolución de la población en el periodo 1991-2005

	Censo 1991 [habitante]	Censo 2005 [habitante]	Variación %
Comarca Sobrarbe	6.638	7.151	7,73
Provincia de Huesca	207.810	215.601	3,75
Comunidad Aragón	1.188.817	1.269.027	6,75

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística [INE] y del Instituto Aragonés de Estadística [IAE].

La tabla 4.3 muestra una comparativa entre las distintas comarcas de la provincia de Aragón. Se puede observar el número de municipios que contiene cada comarca, así como la extensión y el censo del padrón en el año 2005. Para situar geográficamente cada comarca, se puede consultar la figura 4.6, donde hay representadas cada comarca con un código. Cada comarca tiene el mismo código en la figura y en la tabla.

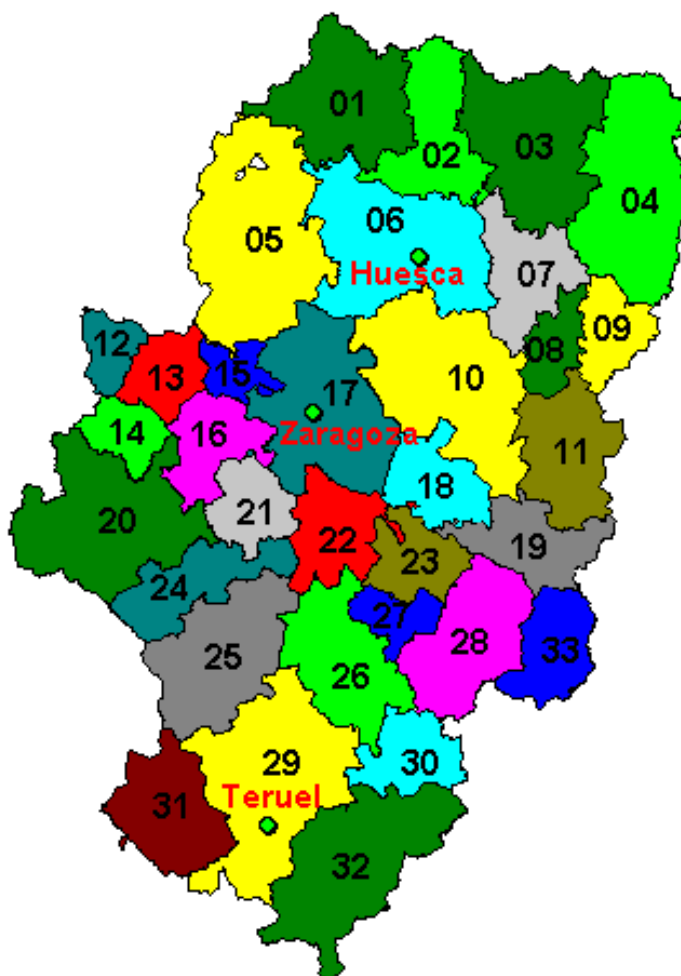


Fig. 4.6. Comarcas de la Comunidad Autónoma de Aragón



Tabla 4.3. Información general de las comarcas de Aragón

Código	Nombre comarca	Municipios	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Padrón 2005 [habitante]
1	La Jacetania	20	1.857,9	17.930
2	Alto Gállego	8	1.359,8	13.121
3	Sobrarbe	19	2.202,7	7.151
4	La Ribagorza	34	2.459,8	12.705
5	Cinco Villas	31	3.062,5	33.361
6	Hoya de Huesca/Plana de Uesca	40	2.525,6	63.434
7	Somontano de Barbastro	29	1.166,6	23.411
8	Cinca Medio	9	576,7	22.936
9	La Litera/La Llitera	14	733,9	18.798
10	Los Monegros	31	2.764,4	20.829
11	Bajo Cinca/Baix Cinca	11	1.419,6	23.446
12	Tarazona y el Moncayo	16	452,4	14.467
13	Campo de Borja	18	690,5	14.460
14	Aranda	13	561,0	7.833
15	Ribera Alta del Ebro	17	416,0	24.354
16	Valdejalón	17	933,3	26.084
17	Zaragoza	20	2.288,8	697.532
18	Ribera Baja del Ebro	10	989,9	9.223
19	Bajo Aragón-Caspe/Baix Aragó-Casp	6	997,3	13.241
20	Comunidad de Calatayud	67	2.518,1	41.027
21	Campo de Cariñena	14	772,0	10.861
22	Campo de Belchite	15	1.043,8	5.221
23	Bajo Martín	9	795,2	7.276
24	Campo de Daroca	35	1.117,9	6.511
25	Jiloca	40	1.932,1	13.940
26	Cuencas Mineras	30	1.407,6	9.450
27	Andorra-Sierra de Arcos	9	675,1	11.158
28	Bajo Aragón	20	1.304,2	28.722
29	Comunidad de Teruel	46	2.791,6	44.806
30	Maestrazgo	15	1.204,3	3.739
31	Sierra de Albarracín	25	1.414,0	4.872
32	Gúdar-Javalambre	24	2.351,6	8.398
33	Matarraña/Matarranya	18	933,0	8.730
<b>Total Aragón</b>		<b>730</b>	<b>47.719,2</b>	<b>1.269.027</b>

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística [INE], del Instituto Aragonés de Estadística [IAE] y de la Diputación de Huesca [DIP-HUESCA].





La tabla 4.4 muestra el censo de la población de los términos municipales de la comarca de Sobrarbe. Los datos corresponden al censo de 1996 y, el más reciente, el censo de 2005, pudiendo ver así la tendencia de la evolución censal en los últimos años.

Tabla 4.4. Información censal de los términos municipales de la comarca de Sobrarbe

<b>Término municipal</b>	<b>Padrón 1996 [habitante]</b>	<b>Padrón 2005 [habitante]</b>
Abizanda	136	128
Ainsa-Sobrarbe	1.512	1.826
Bárcabo	114	104
Bielsa	472	499
Boltaña	881	917
Broto	522	528
Fanlo	107	171
Fiscal	244	272
La Fueva	622	614
Gistaín	187	160
Labuerda	180	171
Laspuña	278	276
Palo	33	37
Plan	312	319
Puértolas	219	230
El Pueyo de Aragüés	184	160
San Juan de Plan	166	149
Tella-Sin	293	272
Torla	344	318
<b>Total comarca Sobrarbe</b>	<b>6.806</b>	<b>7.151</b>

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística [INE], del Instituto Aragonés de Estadística [IAE] y de la Diputación de Huesca [DIP-HUESCA].

Como comentario general al censo de la comarca, se puede observar que los núcleos urbanos de mayor población, han visto crecer su población durante la última década. Por otro lado, algunos municipios con menos habitantes, han visto disminuir su censo ligeramente, mientras que otros lo han incrementado muy poco. En conjunto, la población de la comarca de Sobrarbe ha crecido un 5 % en la última década.



## 4.2. Precedentes de la gestión de residuos de la comarca de Sobrarbe

### 4.2.1. Modelo de gestión de residuos sólidos urbanos de Aragón

El actual modelo de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) se implantó con el *Plan de Ordenación de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos de la Comunidad Autónoma de Aragón (1998-2003)*. Este Plan diseñó la estrategia a seguir en la gestión de residuos para esta comunidad, y creó una división del territorio a nivel supracomarcal, dando a lugar las Agrupaciones de gestión.

Con el objetivo de soportar los costes y los requisitos legales, se implantó el sistema de agrupación de municipios para la gestión común de residuos. De esta manera, se procedió a crear ocho agrupaciones de gestión. Estas agrupaciones son: Huesca, Barbastro, Fraga, Ejea, Calatayud, Zaragoza, Alcañiz y Teruel.

El municipio de Ainsa pertenece a la agrupación 2: Barbastro. Ésta agrupación la forman las comarcas: Cinca Medio, La Litera, Ribagorza, Sobrarbe y Somontano de Barbastro. El padrón del 2005 adjudica a esta agrupación 85.001 habitantes (el 6,7% de Aragón).

El objetivo del plan era hacer una gestión correcta de los residuos: implantando la recogida selectiva, creando una red de vertederos controlados con el criterio de un vertedero por agrupación, estaciones de transferencia, plantas de almacenamiento intermedio, puntos limpios y equipamiento para la recogida mecanizada.

El Plan de 1998 establecía su carácter abierto y flexible y se fue desarrollando a medida que las disponibilidades presupuestarias, sociales y políticas lo iban permitiendo. Los principios del citado plan siguen siendo válidos en el nuevo *Plan de Gestión Integral de los Residuos de Aragón (G.I.R.A.) 2005-2008*.

El modelo de gestión del G.I.R.A sigue basándose en la recogida selectiva de las fracciones separadas, para luego llevar a cabo las acciones de recuperación y reciclado de los residuos. Las fracciones que contempla el plan son la orgánica, el vidrio, el papel y cartón, los envases y la fracción rechazo.



Por otro lado, también se ha dotado de otras infraestructuras necesarias para realizar una gestión correcta de las fracciones separadas. El transporte se hace con vehículos adecuados al contenedor, se utilizan estaciones de transferencia y plantas de almacenamiento intermedio con el fin de reducir costes de transporte, las fracciones se tratan en plantas de tratamiento adecuadas a cada tipo de material y el rechazo se vierte en depósitos controlados.

A nivel de organización, el Plan anterior al G.I.R.A. optó por la gestión agrupada de residuos, debido a que los estudios realizados consideraban a este método el único viable técnica y económicamente. De esta manera, se implantó la agrupación de municipios para la gestión común de residuos urbanos. En el G.I.R.A. la principal diferencia es que se han adaptado las agrupaciones a la nueva organización territorial y normativa.

La comarca de Sobrarbe tiene competencias en la gestión de RSU desde el año 2003. La recogida selectiva está implantada en la comarca, pero no para todas las fracciones ni para todas las poblaciones está igual de implantada. Las fracciones de recogida selectiva implantadas son: vidrio, papel y cartón, pilas, voluminosos de chatarra y la fracción de resto.

#### **4.2.2. Estado del vertedero del municipio de Ainsa**

El vertedero controlado de la comarca de Sobrarbe se inauguró en el año 1992 y se proyectó con una vida de servicio de 8 años. Este vertedero se ubica dentro del término municipal de Ainsa, en la carretera A-138 p.k. 43 (figura 4.7).



Fig. 4.7. Entrada de acceso al recinto del vertedero



Las infraestructuras de esta instalación son las siguientes:

- Una báscula en la entrada para pesar los camiones (figura 4.8).



Fig. 4.8. Báscula para pesar camiones

- Dos naves para guardar equipos y herramientas (figuras 4.9 y 4.10).



Fig. 4.9. Nave "A"



- Un lavadero (figura 4.10).



Fig. 4.10. Nave "B" y lavadero

- El vaso del vertedero (figura 4.11).



Fig. 4.11. Vaso del vertedero colmado



- Una planta de almacenaje intermedio (figura 4.12).



Fig. 4.12. Planta de almacenaje intermedio

La planta de almacenaje intermedio consiste en un muelle de carga con cuatro compartimentos. Hay un compactador estático para papel y cartón (figura 4.13), con dos contenedores cerrados que se adaptan a éste. Además, también hay dos contenedores abiertos de 36 m<sup>3</sup> para equipo de gancho multicaja, y que sirven para el almacenaje de los residuos de vidrio.



Fig. 4.13. Compactador estático de papel y cartones



El vaso del vertedero tiene una superficie de 2 hectáreas. El vertedero está formado por el propio vaso, una balsa de lixiviados, una balsa de riego (figura 4.14), un cobertizo para la pala cargadora (figura 4.15), la caseta de instalaciones y una cuneta perimetral de hormigón vallada (figura 4.16).



Fig. 4.14. Balsa de riego de lixiviados



Fig. 4.15. Cobertizo y pala cargadora





Fig. 4.16. Cuneta perimetral de hormigón

Los residuos se descargan al vaso del vertedero por el muelle de descarga (figura 4.17), y la pala compactadota los extiende y los compacta en capas. Los lixiviados se recogen en un pozo en la parte inferior del vertedero, y se bombean a la balsa de lixiviados que se encuentra en la parte superior. Los lixiviados están conectados a un circuito de riego por aspersión que tiene como misión facilitar la fermentación de los residuos, y disminuir por evaporación la cantidad de lixiviados.



Fig. 4.17. Muelle de descarga del vaso del vertedero





Hoy en día, se ha superado con creces los ocho años de servicio. El vaso del vertedero está prácticamente colmado, y se prevé que le pueden quedar como mucho 2 años de servicio. Ante esta situación, la compactación de los residuos se hace sin sellado de tierra. Las chimeneas de escape de gas metano hace tiempo que están colgadas, lo que lo convierte en un punto peligroso por el riesgo de explosiones.

Ante esta situación, el Plan de Gestión Integral de los Residuos de Aragón 2005-2008, menciona la necesidad de implantar nuevas instalaciones para mejorar la gestión de residuos. Entre estas mejoras se contempla la clausura del vertedero y la construcción de una planta de transferencia de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en Ainsa.

#### **4.2.3. Situación actual de la recogida de RSU de la comarca de Sobrarbe**

El vertedero controlado de Ainsa gestiona los siguientes residuos:

- Residuos urbanos.
- Vidrio.
- Pilas.
- Chatarra.
- Papel y cartón.

La comarca dispone de los siguientes vehículos para la recogida de estos residuos:

- 5 camiones de 12 m<sup>3</sup> para la recogida de RSU.
- Un camión polivalente con pluma para la recogida de voluminosos, papel y cartón y vidrio.
- Una pala compactadota para el vertedero.



El número total de la dotación de contenedores para la recogida de cada fracción tratada es la siguiente:

- Contenedores de recogida ordinaria: 941.
- Contenedores de recogida selectiva de papel y cartón: 38.
- Contenedores de recogida selectiva de vidrio: 62.
- Contenedores de recogida selectiva de pilas: 26 adheridos a los contenedores de papel y cartón y 33 repartidos en establecimientos.

El equipo humano que realiza las tareas de gestión de residuos de la comarca lo forman:

- 5 Conductores de camión recolector RSU.
- Un conductor para el camión polivalente con pluma.
- Una coordinadora del servicio.
- 7 refuerzos para la época estival.

### **4.3. Legislación aragonesa sobre la gestión de residuos**

#### **4.3.1. Plan de Gestión Integral de los Residuos de Aragón 2005-2008**

La legislación aragonesa en materia de gestión de residuos viene dada por el *Plan de Gestión Integral de los Residuos de Aragón (G.I.R.A.) 2005-2008*, aprobado por el Acuerdo de 11 de enero de 2005 del Gobierno de Aragón [ARAGÓN]. Más tarde se creó la Comisión de Seguimiento del G.I.R.A., mediante el Decreto 58/2005 de 29 de Marzo, del Gobierno de Aragón.

El G.I.R.A. 2005-2008 tiene como antecedentes una serie de planes que se realizaron para cada tipología de residuo, existiendo así planes para residuos sólidos urbanos, para residuos peligrosos, para residuos industriales, para residuos ganaderos y para residuos de construcción y demolición. La aprobación del G.I.R.A ha supuesto la creación de un Plan Integral que sustituye los anteriores.



En materia de residuos sólidos urbanos, en 1998 se aprobó el *Plan de Ordenación de la Gestión de los Residuos Urbanos de la Comunidad Autónoma de Aragón (1998-2003)*, con el Decreto 72/1998 de 31 de marzo, del Gobierno de Aragón. Posteriormente, se publicó su actualización, el *Programa de Actualización del Plan de Ordenación de de la Gestión de los Residuos sólidos Urbanos*, Orden de 27 de diciembre de 2000, del Departamento de Medio Ambiente.

El G.I.R.A. tiene un enfoque integral y más sostenible en la gestión de los residuos, e incorpora los principios y directrices recogidos en la Unión Europea. Los principios Básicos del G.I.R.A. son:

- Autosuficiencia. Que todos los municipios hagan una gestión adecuada de los residuos y sean autosuficientes.
- Proximidad. Que el tratamiento de los residuos se realice lo más próximo posible al lugar de producción.
- Capacidad. Que el dimensionado de las instalaciones aseguren su rentabilidad y viabilidad.
- Responsabilidad compartida. Entes públicos y privados, empresas y ciudadanos deben trabajar para la gestión de residuos.
- Prevención y minimización. Conjunto de medidas destinadas a la reducción de la producción de residuos.
- Reutilización y reciclado. Facilitar la reutilización de materiales y potenciar el reciclaje.
- Responsabilidad del productor y aplicación del Principio "Quien contamina paga". El productor del residuo debe asumir los costes derivados de la gestión del residuo.
- Concienciación ciudadana. Fomentar la educación y sensibilización ambiental.



A partir de los principios anteriores, el plan propone los siguientes objetivos:

a) Prevención.

1. Reducción del 6% en la generación de residuos urbanos expresada en kg/habitante/año.
2. Obtener datos reales de producción y gestión de residuos.
3. Fomentar la reducción de la cantidad y peligrosidad de los residuos.

b) Valorización y reciclado.

1. Envases y embalajes:

- i. Tomar como referencia la Directiva 2004/12/CE, que modifica la Directiva 64/94/CE de envases y residuos de envase.
- ii. Reciclar entre un 60 y un 80% en peso los residuos de envase antes del 31 de diciembre de 2008.
- iii. Antes del 31 de diciembre de 2008, el objetivo mínimo de reciclado de los materiales de envases debe ser:
  - Vidrio: 60 % en peso.
  - Papel y cartón: 60 % en peso.
  - Metales: 50 % en peso.
  - Plástico: 22,5 % en peso.
  - Madera: 15 % en peso.
- iv. Implantar la recogida selectiva en los municipios de más de 500 habitantes antes del 31 de diciembre de 2006.

2. Materia orgánica:

- i. Antes del 31 de diciembre de 2006, tratar al menos el 50% del peso final mediante técnicas de compostaje y digestión anaeróbica.
- ii. Implantar la recogida selectiva en municipios mayores de 5.000 habitantes antes del 31 de diciembre de 2006.

c) Eliminación.

1. Sellado de vertederos incontrolados o controlados que no sean de agrupación.
2. Limitar el vertido final a la fracción no valorizable.
3. Limitar la entrada de residuos urbanos, antes del 31 de diciembre de 2008, al 70% de la cantidad de residuos urbanos no biodegradables generados en 1995.
4. Adaptar los vertederos de agrupación que no cumplan con el RD 1481/2001.

d) Infraestructuras y gestión.

1. Completar la red de infraestructuras para la gestión de los residuos urbanos.
2. Fomento de la gestión agrupada de Entes Locales y optimización de la red de infraestructuras.



A partir de los principios y objetivos del G.I.R.A., se ha programado una serie de infraestructuras, que se consideran mínimas para satisfacer dichos objetivos. Esto no impide a otros Entes Locales que tomen sus propias iniciativas y planifiquen otras medidas, o implanten nuevas instalaciones no recogidas en el Plan, siempre y cuando, estas iniciativas supongan una mejora en la gestión de residuos y se alcancen los objetivos previstos. Éstas son las infraestructuras programadas:

- Finalizar los vertederos de agrupación de Barbastro y Alcañiz.
- Adaptar antes del 2007 los vertederos de agrupación que no cumplen con la normativa. Estos son los vertederos de Fraga, Ejea, Calatayud y Teruel.
- Clausurar los vertederos que no sean de agrupación, pudiéndose reconvertir a vertederos de residuos de construcción y demolición si reúnen las condiciones necesarias. Uno de ellos es del municipio de Ainsa.
- Construir estaciones de transferencia en Ainsa-Sobrarbe, Puente La Reina, Sariñena y Borja.
- Construir cinco plantas de tratamiento de materia orgánica en las ciudades de Barbastro, Calatayud, Alcañiz, Teruel y Zaragoza. Además, se podrían construir otras dos en las ciudades de Huesca y Ejea.
- Construcción de hasta tres instalaciones de clasificación de envases ligeros en las agrupaciones de Huesca y Zaragoza, y una posible tercera en la agrupación de Teruel.
- No se prevé la creación de nuevos puntos limpios para la recogida de voluminosos y otras fracciones.
- Construir una estación de Tratamiento de la fracción resto en el Complejo de Residuos Urbanos que el ayuntamiento de Zaragoza tiene previsto abrir.

#### **4.3.2. Agenda 21 de la comarca de Sobrarbe**

La Agenda 21 de Sobrarbe [AGENDA21] está promovida por la antigua Mancomunidad de Sobrarbe (ahora comarca de Sobrarbe) y la Diputación Provincial de Huesca. Durante el año 2003 se ejecutó la fase 1, que consistió en la realización del diagnóstico del ciudadano, mediante entrevistas, encuestas y foros de la población, y del diagnóstico técnico, mediante informes y análisis. El diagnóstico técnico es un diagnóstico ambiental en forma de ecoauditoría, que dio lugar a la fase 2 a principios del 2004. Durante esta fase se realizó un Plan de Acción ambiental para la comarca y su correspondiente Plan de Seguimiento.



Estos son los puntos conflictivos que se encontraron referentes al medio ambiente:

- El 15,5 % de los núcleos con abastecimiento tienen problemas de insuficiencia de cantidad de agua (9 poblaciones con restricciones).
- Sólo el 36 % de los núcleos de población tienen algún sistema de depuración (95 % son fosas sépticas).
- Los puntos de vertido de los emisarios de aguas residuales son vaguadas, ramblas y ríos.
- Crecimiento de la generación de residuos.
- Aumentar la frecuencia de lavado de los contenedores.
- Vaso del vertedero de Ainsa prácticamente colmado.
- No hay recogida selectiva de envases y orgánico, ni de voluminosos no metálicos.
- Elevado grado de dependencia de recursos fósiles en el consumo final de energía.

Estas son las acciones que propone el Plan de Acción en materia de residuos:

- Obras de mejora y optimización del vertedero comarcal.
- Puesta en marcha de la recogida selectiva de envases.
- Creación de Escombreras controladas.
- Puesta en marcha de la recogida selectiva de aceite de cocina usado en hogares particulares y establecimientos de restauración.
- Recuperación de materia orgánica mediante compostaje.
- Aumentar la frecuencia de limpieza de contenedores.
- Plantear políticas de reducción en la generación de residuos.
- Implantar un sistema de recogida de voluminosos no metálicos.
- Comprar un camión lavacontenedores para aumentar la frecuencia de lavado de los contenedores.

#### **4.3.3. Requerimientos de la planta de transferencia de RSU**

Dados los requerimientos impuestos por el G.I.R.A., deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos para el diseño de la planta de transferencia de RSU. El Plan apuesta por la recogida selectiva de cinco fracciones (rechazo, materia orgánica, vidrio, envases y papel y cartón), pero no todos los municipios la tienen implantada y, de los que lo tienen, no todos los municipios hacen recogida selectiva de las cinco fracciones.



La fracción de rechazo o la fracción mixta originada en la recogida no selectiva en contenedor de acera, tienen como destino el depósito controlado. Para la comarca de Sobrarbe, el vertedero de destino es el de su agrupación, que está ubicado en Barbastro.

Las fracciones de vidrio y papel y cartón están parcialmente implantadas en algunos municipios. Este es el caso de la zona de Sobrarbe. Hay instalada una planta de almacenamiento intermedio para estas dos fracciones en el vertedero de Ainsa, que de esta manera satisface las necesidades de recolectar, almacenar y transportar cada residuo al centro de recuperación.

Está prevista la implantación de la recogida selectiva de materia orgánica en municipios de más de 5.000 habitantes antes del 31 de diciembre de 2006. No obstante, en función del logro de los objetivos del RD 1481/2001, los propios objetivos del G.I.R.A. y la implantación de rutas de recogida, se implantará en todos los municipios que resulte viable la recogida. De esta forma, se puede dar el caso de implantar la recogida selectiva de la fracción orgánica en municipios de menos de 5.000 habitantes.

Para el caso de la comarca de Sobrarbe, la recogida selectiva de la fracción orgánica no está implantada, a la vez que ningún término municipal de la zona alcanza los 5.000 habitantes. En caso de implantarse, el destino de la fracción orgánica sería la futura instalación de compostaje de Barbastro.

La implantación de recogida de envases ligeros esta prevista para los municipios de más de 500 habitantes, antes del 31 de diciembre de 2006. La comarca de Sobrarbe tiene municipios que superan dicha población, pero todavía no se ha implantado en ningún municipio de la comarca la recogida selectiva de esta fracción.

En el momento que se cumpla con el objetivo del Plan, los envases provenientes de recogida selectiva serán tratados en la futura planta de clasificación de envases de Huesca, que dará servicio a toda la provincia. Como destino alternativo, se podrá plantear la utilización de plantas de otras Comunidades Autónomas limítrofes, siempre y cuando esta sea la opción más viable.

Estos requerimientos supone la necesidad de adaptar las estaciones de transferencia existentes o proyectadas. Estas adaptaciones pueden consistir en la instalación de nuevas tolvas, compactadores y mesas de traslación para compactar las nuevas fracciones, o la adquisición de nuevos contenedores cerrados y utilizar el mismo compactador para todas las fracciones si es posible.



Por otro lado, las acciones que se proponen en el Plan de Acción de la Agenda 21, queda fijada la necesidad de tratar la fracción de envases en la planta de transferencia, o al menos es previsible su tratamiento en un futuro próximo. La acción que contempla fomentar el compostaje de la materia orgánica, por ahora no conlleva la intención de poner en marcha la recogida selectiva de esta fracción. Sin embargo, se debe prever que se acabará implantando en un futuro.





## 5. Plantas de transferencia

### 5.1. Objetivo de las plantas de transferencia

Todas las acciones en materia de gestión de residuos se enfocan a reducir los residuos con destino a vertedero, además de reutilizar la mayor parte de las materias primas que contienen los residuos. De esta manera, solamente los residuos que no pueden ser reciclados, se depositan en los vertederos.

Los RSU generados crecen cuanto más desarrollado es la región que la produce. La recogida, el traslado y el tratamiento de los RSU suponen un gran esfuerzo logístico y económico para las administraciones que tienen estas competencias.

Las plantas de transferencia aportan distintos beneficios [CASTRO], como puede ser la eliminación de vertederos incontrolados, alargar la vida de los vertederos controlados, evitar la contaminación de ríos y aguas subterráneas, y reducir los costes de tratamiento de los residuos. Además, juegan un papel importante tras facilitar la gestión integral de residuos entre las ciudades y los municipios más lejanos.

Sin embargo, el principal objetivo de las plantas de transferencia es el de optimizar el elevado coste que supone el transporte de los residuos a larga distancia. Los vehículos de recogida domiciliaria de RSU hacen el trasvase de la carga en la planta de transferencia, traspasando los RSU a vehículos con capacidad de carga mucho mayor, y éstos los transportarán hacia su destino. El abaratamiento de los costes del transporte [LUND] se debe a los siguientes factores:

- La economía del transporte mejora porque se pueden conseguir cargamentos legales de 18-25 toneladas mediante un camión de transferencia, frente a las 4-10 toneladas que pueden transportar la mayoría de camiones recolectores. Esto se traduce en un menor número de viajes al vertedero y que los vehículos recolectores dediquen más tiempo a la ruta de recolección.
- Ahorro energético, porque el consumo de combustible se reduce al utilizarse un solo vehículo capaz de transportar la carga de varios camiones recolectores que harían un mayor número de viajes al vertedero.



- Ahorros laborales, porque el mismo personal efectúa una mayor recogida domiciliaria de RSU en el mismo tiempo, debido a que los camiones recolectores no interrumpen el proceso, y los operarios no están a la espera mientras los camiones recorren grandes distancias.
- Menor desgaste de los equipos, ya que menos viajes implica un ahorro del kilometraje total, y por consiguiente, se reducen los costes de mantenimiento y reparaciones.
- Versatilidad, gracias a la flexibilidad que aporta la planta de transferencia que permite cambiar el destino de los residuos con un mínimo impacto sobre las operaciones de recolección.
- Disminución del frente de trabajo en el vertedero, gracias a que se reduce el número y tipo de vehículos que descargan en el lugar, lo que genera una zona de trabajo más pequeña.

La finalidad de una planta de transferencia es servir de trasvase mediante compactación, entre un vehículo de recogida o transporte de baja o media capacidad y de recorridos cortos, a contenedores de gran capacidad y fácilmente manipulables para su carga y descarga, y recorridos largos hasta el centro de tratamiento o vertedero. De esta manera, la zona de influencia de la instalación ve optimizado el coste total de gestión.

## 5.2. Tipos de plantas de transferencia

Los centros de tratamiento de RSU, se encuentran cada vez más alejados de núcleos urbanos, con el objetivo de no crear ninguna molestia innecesaria a la población. En consecuencia, el tiempo dedicado por los vehículos recolectores al transporte, supone una parte notable de la jornada laboral del mismo, lo cual, reduce su operabilidad y baja su rendimiento.

Por esta razón, es necesaria la descarga de los vehículos recolectores en plantas de transferencia, sobre vehículos de gran tonelaje preparados para el transporte de los residuos hasta el centro de tratamiento. De esta manera, se consigue optimizar el coste del transporte.

La clave de la optimización del transporte radica en el grado de densidad [AMBIENTUM, 2001a] que pueda llegar a alcanzar el RSU dentro de la caja de transporte, y además, de las dimensiones del propio contenedor. En base al grado de densidad de RSU alcanzado, se pueden encontrar estaciones de transferencia con contenedores abiertos o cerrados.



### **5.2.1. Planta de transferencia sin compactación**

La estación de transferencia sin compactación es una instalación con dos niveles. Los vehículos de recolección se sitúan en la parte superior, y los remolques de transferencia en el inferior. Las necesidades de equipo y personal para cargar los remolques son mínimas. En las horas punta es necesario almacenar los RSU apilados en el muelle de descarga o bien disponer de varios remolques para no apilarlos en el suelo.

El sistema básico de transferencia consiste en cargar con una pala camiones con contenedores abiertos. Los vehículos recolectores descargan en una explanada y una plana cargadora los introduce en el contenedor, razón por la que estas instalaciones no suelen ser muy limpias.

Un sistema más avanzado consiste en disponer de una tolva de descarga, donde el camión remolque se ubica debajo, y los camiones recolectores descargan directamente en la tolva. Luego es necesario acondicionar la carga para poder rellenar los huecos laterales y aprovechar toda la capacidad del contenedor.

El hecho de que no sean instalaciones muy limpias, obliga a que la planta de transferencia esté ubicada en el interior de una nave cerrada, con el objetivo de disminuir olores, que la basura vuele con el viento, que el agua de lluvia entre en contacto con los residuos o que los animales, especialmente las aves, entren en contacto con los residuos urbanos.

De esta manera no se consigue un nivel de compactación elevado, inferior de  $400 \text{ kg/m}^3$  [AMBIENTUM, 2001a]. Para alcanzar este grado de compactación es necesaria la utilización de pinzas para repartir la carga y conseguir una ligera compactación de los RSU. El mayor inconveniente es la caída del rendimiento de la planta cuando la pinza está fuera de servicio por mantenimiento.

### **5.2.2. Plantas de transferencia con compactación**

La planta de transferencia con compactación se trata de una instalación con dos niveles. Los vehículos recolectores descargan sobre una tolva en el piso recolector. Después, los residuos se trasladan hasta el compactador en el piso inferior, se compactan y se introducen en un contenedor cerrado. Los remolques son del tipo cerrado, y utilizan sistemas hidráulicos o mecánicos para alcanzar la máxima carga legal. El mantenimiento que necesita el equipo hidráulico se ve compensado por el alto grado de fiabilidad de la instalación.



Los sistemas más avanzados de estaciones de transferencia con compactación, realizan la compactación del RSU en la propia cámara de compactación del compactador. Una vez compactados los RSU, éstos se empujan al contenedor. De esta manera, se pueden utilizar contenedores más ligeros y menos robustos que permiten aumentar la carga útil del camión de transferencia.

El equipo de compactación es de tipo hidráulico. Tienen como característica una elevada fuerza de presión en el pistón de empuje, lo que permite que los RSU quedan compactados en su interior con un grado de compactación del orden de 500-700 kg/m<sup>3</sup> [AMBIENTUM, 2001a]. Este tipo de instalación es la más idónea para realizar la transferencia de residuos.

Otra característica es la transferencia directa del RSU a la tolva. En ningún momento los residuos son almacenados en el suelo, ni quedan expuestos a la lluvia, ni son accesibles por animales, y en general, las condiciones higiénicas del lugar de trabajo son mucho más favorables que en el caso de las plantas de transferencia de caja abierta.

### **5.3. Funcionamiento de una planta de transferencia con compactación**

Las plantas de transferencia con compactación deben disponer de las siguientes partes como mínimo:

- Zona de acceso. Debe estar provista de una báscula de pesaje para controlar las entradas de los vehículos recolectores y la salida de los de transporte. Además, también se debe incluir un edificio de servicio de personal, atención a visitas, aparcamientos, etc.
- Unidad de transferencia. Se suele diseñar en dos alturas. En la parte superior, los camiones recolectores realizan la descarga en una tolva de gran capacidad. En función de la frecuencia de camiones en horas punta, una misma tolva puede tener dos o tres puestos de descarga.
- Compactador. Se sitúa en el piso inferior. El compactador es hidráulico y se monta sobre un chasis de acero. Esta máquina empuja una placa de acero, que a la vez, compacta los RSU de la parte más baja de la tolva y los introduce dentro del contenedor.



- Sistema de sustitución de contenedores [RESIDUOS]. El sistema se completa con una plataforma de sustitución de contenedores llenos por vacíos. Cada compactador tiene como mínimo tres posiciones para los contenedores, que puede aumentar según las necesidades de la planta. En la primera posición se descarga el contenedor vacío, la central es para el contenedor que está en carga, y la tercera posición es para el contenedor lleno a la espera de su carga en el vehículo de transporte. Para mover los contenedores entre las posiciones, existe el carro de traslación, el cual está instalado en un foso por debajo de los contenedores. El contenedor en carga es aproximado y separado del compactador por un brazo hidráulico, que está situado por debajo de éste.
- Contenedor. Tienen forma rectangular y su capacidad es proporcional a su longitud. Son herméticos y tienen un sistema de cierre especial que evita la pérdida de carga sólida y líquida durante el transporte, y por otra parte, dificulta la emisión de malos olores. Por el lado opuesto por donde se acopla a la boca del compactador, tiene el sistema de enganche autocargante, para que el vehículo de transporte lo pueda cargar.

En la figura 5.1 se puede ver representada una planta de transferencia por compactación, con dos tolvas y dos compactadores sin sistema de sustitución de contenedores.



Fig. 5.1. Ejemplo de una planta de transferencia con compactación

Fuente: [RIOJA].



La figura 5.2 muestra el proceso de descarga de un camión recolector de RSU en el equipo de transferencia. Las distintas etapas que se representan son las siguientes:

Fase I. El camión recolector accede al recinto y, después de ser pesado, sube hasta una plataforma superior.

Fase II. Una vez situado en la posición correcta, realiza la descarga de los residuos sobre la tolva.

Fase III. Un émbolo introduce los residuos en el contenedor.

Fase IV. Finalizada la descarga, la instalación queda cerrada esperando la llegada del siguiente vehículo recolector.

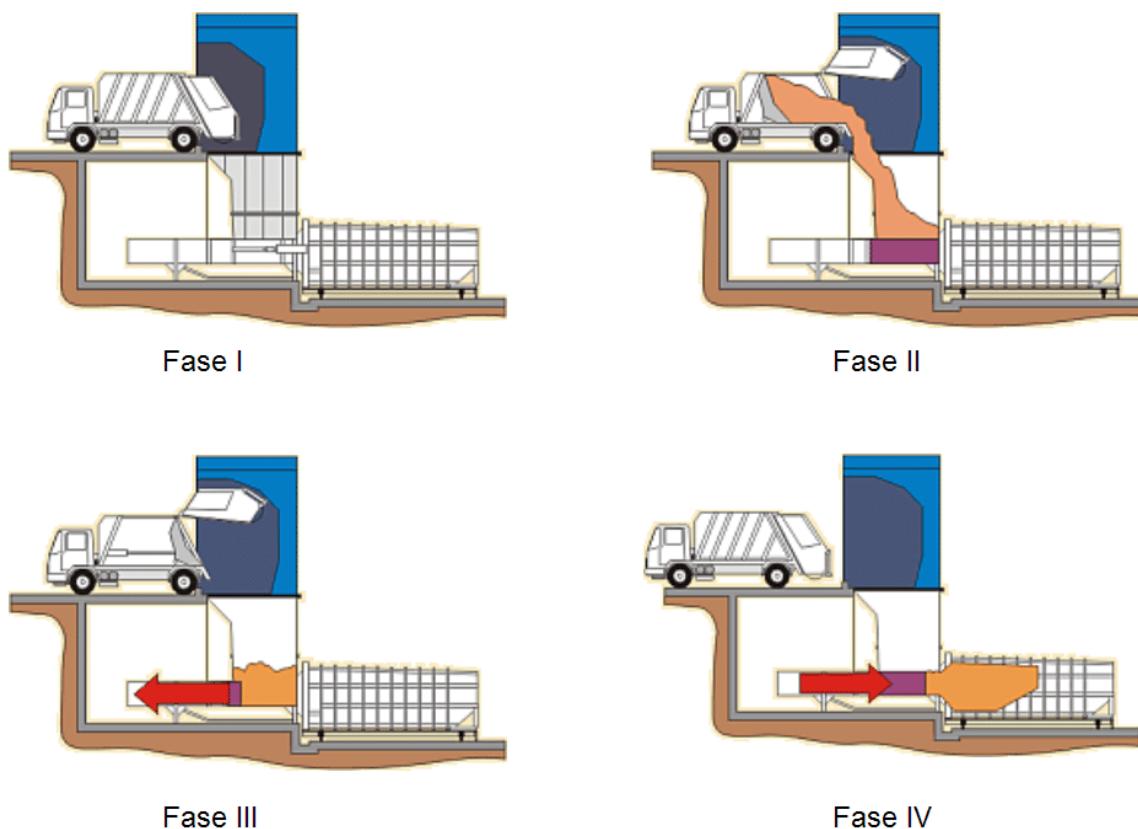


Fig. 5.2. Proceso de descarga de un camión recolector de RSU

Fuente: [SOGAMA].



La planta de transferencia con compactación admite perfectamente tanto la compactación de RSU, de residuos de envases y papel y cartón procedentes de recogida selectiva. Jugando con la posición de los contenedores mediante el carro de traslación, un mismo compactador puede servir para varios tipos de residuos.

Existe un tipo de residuo que no es capaz de tratar, el de voluminosos. Estos no pueden ser descargados en las tolvas porque atascan el sistema. Una solución a este problema consiste en construir un muelle de descarga a dos niveles. En el nivel inferior hay un contenedor abierto, y desde el piso superior, el camión de recogida de voluminosos descarga directamente en su interior. Otra solución es crear un punto limpio, donde el usuario puede depositar este tipo de residuo.

#### **5.4. Criterios para el diseño de una planta de transferencia**

Con el objetivo de reducir y optimizar costes, la productividad de cada equipo de recogida debe aumentar al máximo. Esta premisa, aplicada al diseño de plantas de transferencia, significa intentar cumplir una serie de criterios, los cuales se detallan a continuación.

- Reducir al mínimo la distancia recorrida desde que los vehículos recolectores están llenos, hasta el emplazamiento donde se ubica la planta.
- Facilidad de entrada y salida para los vehículos, tanto de recolectores como de transporte a larga distancia.
- Alta maniobrabilidad en el interior del recinto para permitir la descarga de los vehículos de recogida y la carga de los vehículos de transporte.
- Minimizar el tiempo de transferencia de la carga de los vehículos recolectores a los de transporte.
- Alcanzar la máxima compactación posible para que el número de viajes al centro de tratamiento sea el mínimo.
- Flexibilizar las instalaciones para admitir todo tipo de residuos de los denominados RSU y asimilables.
- Reducir al mínimo la permanencia de residuos en la estación de transferencia.
- Evitar en cualquier momento el contacto de los residuos con el personal de la planta.



- El diseño y explotación de la planta debe reunir todas las condiciones higiénicas exigidas por la legislación vigente y no suponer ningún tipo de agresión para el medio ambiente.
- Deberá admitir el total de la producción de residuos, así como el incremento esperado de residuos a lo largo de los años.
- El tratamiento de las aguas que se generan será el adecuado:
  - Las aguas de lluvia no deberán entrar en contacto con los residuos y se evacuarán por una red de drenaje pluvial. En algunos casos, la superficie de drenaje puede representar hasta el 25% del total de la planta [LUND].
  - Las aguas negras originadas por las actividades de la planta, como pueden ser baños y duchas, se recogerán con un sistema de captación a una fosa séptica para ser posteriormente tratadas en una depuradora.
  - Los lixiviados y las aguas residuales generadas durante las operaciones de compactación y limpieza de maquinaria se recogerán con sistemas de drenado hacia fosas sépticas y se tratarán como las aguas negras.





## 6. Recopilación y análisis de datos

### 6.1. Caracterización del RSU local

Se estima una caracterización del RSU local de la comarca de Sobrarbe parecida a la de la Comunidad Autónoma de Aragón. La tabla 6.1 muestra la caracterización del RSU de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Tabla 6.1. Caracterización del RSU de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Tipo	Contenido % en peso
Vidrio	7,00
Papel y cartón	20,00
Plásticos	10,00
Metales	3,00
Otros	4,50
Materia orgánica	50,00
Madera	2,00
Textiles	3,00
Residuos peligrosos	0,50
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Fuente: [DIPUTACIÓN, 2004].

Esta estimación de la caracterización del RSU local se puede comparar con otra de la misma zona. Se conoce la caracterización del RSU local de la ciudad de Huesca y se muestra en la tabla 6.2. La principal diferencia es que los datos corresponden a una ciudad, que es capital de provincia y que está separada por unos 60 km de la población de Ainsa. La composición del RSU de Huesca no es una estimación, surgió de un estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente en el año 1999.



Tabla 6.2. Caracterización del RSU de la ciudad de Huesca.

Tipo	Contenido % en peso
Vidrio	8,93
Papel y cartón	20,78
Plásticos	14,36
Metales	7,05
Otros	7,09
Materia orgánica	38,67
Madera	0,16
Textiles	2,96
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Fuente: [ARAGÓN].

La tabla 6.3 muestra una comparación de la caracterización del RSU de Aragón y de la ciudad de Huesca. Si se comparan ambas composiciones se puede observar una similitud razonable, principalmente en las fracciones de mayor interés de la recogida selectiva (orgánico, vidrio, plástico y papel y cartón). Para el resto de fracciones, que representan menos de un 15% del total, las variaciones en términos absolutos no son tan acusadas, puesto a que siguen siendo fracciones en pequeñas cantidades.

Tabla 6.3. Comparación de la caracterización del RSU de Aragón y Huesca.

Comparación de la composición en % en peso del RSU		
Fracción	Ainsa	Huesca
Vidrio	7,00	8,93
Papel y cartón	20,00	20,78
Plásticos	10,00	14,36
Metales	3,00	7,05
Otros	4,50	7,09
Materia orgánica	50,00	38,67
Madera	2,00	0,16
Textiles	3,00	2,96
Residuos peligrosos	0,50	-
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de las tablas 6.1 y 6.2.



## 6.2. Tasa de generación de RSU de la comarca de Sobrarbe

La tasa de generación de RSU de la comarca de Sobrarbe no se sabe con exactitud, debido a que la comarca presenta una fuerte estacionalidad por el turismo de la época estival. Entre los meses de julio y agosto, la población de la comarca se multiplica por cuatro. En la tabla 6.4 se muestra la evolución de la tasa de producción de RSU según la población censal y según la población estacional.

Tabla 6.4. Evolución de la tasa de generación de RSU de la comarca de Sobrarbe.

Año	Tasa generación de RSU según población censal [kg/habitante/día]	Tasa generación de RSU según población estacional [kg/habitante/día]
1998	1,38	1,03
1999	1,44	1,10
2000	1,55	1,15
2001	1,65	1,22
2002	1,62	1,18

Fuente: [DIPUTACIÓN, 2004].

## 6.3. Estacionalidad

La figura 6.1 muestra la producción mensual de RSU entre los años 1998-2002. En él se puede observar la clara estacionalidad en la época estival. La estacionalidad es importante desde el punto de vista del dimensionado de la planta. La capacidad nominal de la planta debe ser suficientemente grande como para absorber sin problemas las puntas de producción de RSU que se dan en el mes de agosto.

Si el dimensionado de la planta fuera de acuerdo con la producción media de la época no estival, ocurriría que la planta se colapsaría en los meses de verano. La planta no podría procesar la punta de producción o debería trabajar prácticamente en continuo. Por otro lado, al dimensionar la planta para la producción de agosto, el resto del año trabaja muy poco tiempo cada día. Sin embargo, esto permite una mayor flexibilidad para las operaciones de mantenimiento o reparación de averías.



## EVOLUCIÓN MENSUAL DE RSU

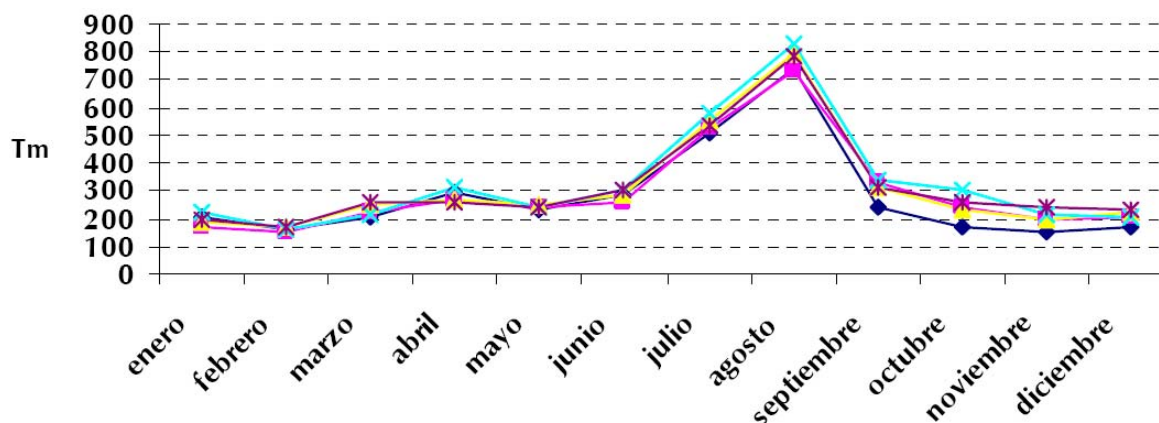


Fig. 6.1. Evolución mensual de la producción de RSU

Fuente: [DIPUTACIÓN, 2004].

Para estudiar más a fondo la estacionalidad de la producción de RSU, se ha analizado la producción total de RSU en el año 2004. En la tabla 6.5 se puede observar la producción de RSU mes a mes para este periodo. La producción total para éste año ascendió hasta los 4.072.450 kg de RSU. A parte de estos datos de generación de RSU, también se han añadido otros parámetros de interés, como la tasa de producción diaria, resultado de dividir la cantidad de RSU generada en un mes por el número de días naturales de ese mes.

Tabla 6.5. Estacionalidad de la producción de RSU en el año 2004.

Producción RSU año 2004: 4.072.450 kg						
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Producción mensual [kg]	223.020	191.820	241.160	322.980	263.730	323.480
Tasa producción diaria [kg]	7.194	6.851	7.779	10.766	8.507	10.783
% mensual	5,5	4,7	5,9	7,9	6,5	7,9
% estacional	<b>38,5</b>					
% acumulado	5,5	10,2	16,1	24,0	30,5	38,5



Tabla 6.5. (Continuación). Estacionalidad de la producción de RSU en el año 2004.

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DICI
Producción mensual [kg]	553.040	806.520	344.460	297.780	250.380	254.080
Tasa producción diaria [kg]	17.840	26.017	11.482	9.606	8.346	8.196
% mensual	13,6	19,8	8,5	7,3	6,1	6,2
% estacional	<b>41,8</b>			<b>19,7</b>		
% acumulado	52,0	71,8	80,3	87,6	93,8	100,0

Resto del año	Época estival
---------------	---------------

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la comarca de Sobrarbe [SOBRARBE].

Se puede observar que el peso de la época estival es muy grande, puesto que entre los meses de julio a septiembre se produce el 42 % del total. Como es de esperar, la estacionalidad también se refleja en la tasa de producción diaria, ya que éste parámetro supera las 26 t/día en agosto, mientras que en la época no estival este valor oscila entre 7 y 10 t/día.

Los periodos vacacionales más importantes en España corresponden a Semana Santa en abril, vacaciones de verano entre julio y agosto, y Navidades en diciembre y enero. Las puntas de generación de RSU en Semana Santa y Navidad tienen poco peso en comparación a la época estival. Si a la cantidad total de RSU del 2004 le descontamos la cantidad de RSU de estos meses vacacionales, podemos calcular que la población censal de este mismo año, produce una media de 250.000 kg RSU al mes.

Con estos datos parece evidente que las necesidades en la época estival y la no estival son muy distintas a lo que refiere a la gestión de los RSU. La frecuencia de la recogida no selectiva de residuos es distinta en función de la época del año. En la época no estival están planificadas dos rutas de recogida, cinco días a la semana, mientras que en la época de verano, hay planificadas cuatro rutas y se realizan los siete días a la semana.

#### 6.4. Recogida selectiva de papel y cartón

La recogida selectiva del papel y cartón se implantó en el 2002 y está menos extendida que la del vidrio, principalmente porque su recuperación no es tan rentable. La recogida se realiza mediante contenedor en acera, que una vez llenos, un camión pluma los vacía, los traslada al vertedero de Ainsa y los descarga en el compactador estático. Los comerciantes de la zona van al mismo vertedero a depositar estos residuos.



La frecuencia de recogida también varía en función de la época del año. En invierno se hace una vez a la semana, en otoño y primavera dos, y en verano tres veces por semana. La tabla 6.6 muestra una evolución de la recuperación de papel y cartón.

Tabla 6.6. Evolución de la recuperación de papel y cartón.

Año	Papel y cartón recuperado [kg]
2002	78.760
2003	120.460
2004	134.180

Fuente: comarca de Sobrarbe [SOBRARBE].

## 6.5. Recogida selectiva de vidrio

La recogida selectiva del vidrio empezó en el año 2000. El sistema de recogida es el mismo que para el del papel y cartón, con contenedores en acera, que se recogen con el mismo camión pluma, y se trasladan a los contenedores del vertedero de Ainsa. La frecuencia de recogida también varía en función de la época del año. En verano se hace dos veces al mes, en otoño y primavera una vez al mes y en invierno una vez cada dos meses. La tabla 6.7 muestra una evolución de la recuperación de la fracción vidrio.

Tabla 6.7. Evolución de la recuperación de vidrio.

Año	Vidrio recuperado [kg]
2000	96.500
2001	121.900
2002	150.820
2003	158.120
2004	185.290

Fuente: comarca de Sobrarbe [SOBRARBE].



## 6.6. Recogida selectiva de envases

La recogida de envases no está implantada todavía. Se han hecho estudios para definir el modelo de recogida selectiva de residuos de envases y embalajes. Está previsto, según la Agenda 21 de la comarca de Sobrarbe, implantar la recogida selectiva de esta fracción en municipios de más de 500 habitantes. Según el G.I.R.A, la recogida selectiva de envases debería estar implantada en municipios de más de 500 habitantes antes de finalizar el 2006.

## 6.7. Recogida de voluminosos

La recogida de voluminosos incluye exclusivamente la chatarra. Cada municipio deposita los voluminosos en una zona determinada, para que luego el camión grúa los recoja y los descargue en una explanada del vertedero de Ainsa. Solamente se recupera la fracción de chatarra. Otros tipos de voluminosos, como colchones, muebles, y otros objetos de madera, se queman en invierno en el mismo vertedero.

La frecuencia de recogida de chatarra es mensual en verano y bimensual en invierno. La agenda 21 de la comarca de Sobrarbe contempla acciones para implantar un sistema de recogida de voluminosos no metálicos. La tabla 6.8 muestra una evolución de la recuperación de la fracción voluminosos.

Tabla 6.8. Evolución de la recuperación de voluminosos.

Año	Voluminosos recuperados [kg]
2000	50.860
2001	74.860
2002	57.040
2003	47.380
2004	55.140

Fuente: comarca de Sobrarbe [SOBRARBE].



## 6.8. Recogida de pilas

La recogida de pilas se hace en contenedores instalados en los mismos contenedores de papel y cartón. Además, también hay repartidos contenedores de pilas en distintos establecimientos. La recogida de pilas se hace al mismo tiempo que la de papel y cartón. Las pilas se almacenan provisionalmente en bidones estancos en el vertedero, hasta que las recoge el gestor autorizado. La tabla 6.9 muestra una evolución de la recuperación de pilas.

Tabla 6.9. Evolución de la recuperación de pilas.

Año	Recuperación de pilas [kg]
2000	300
2001	300
2002	400

Fuente: comarca de Sobrarbe [SOBRARBE].

## 6.9. Cumplimiento de los objetivos del G.I.R.A.

Desde un punto de vista general, la gestión de RSU no cumple los objetivos fijados en el antiguo *Plan de Ordenación de la Gestión de Residuos Sólidos de la Comunidad de Aragón*. La tabla 6.10 muestra el estado de la gestión de los RSU en el año 2002, comparado al citado plan y al *Plan Nacional de RSU (200-2006)*.

Tabla 6.10. Estado de la gestión de RSU en el año 2002.

Tipo	Peso [t]	Contenido en RSU	Peso recuperado [t]	Fracción recuperada a RSU	Objetivo Plan Gestión RSU de Aragón	Objetivo Plan Nacional de RSU (2000-2006)
Vidrio	284,31	7%	150,82	53,05%	50%	75%
Papel-cartón	812,30	20%	78,76	9,70%	60%	75%
Plástico	406,15	10%	0	0%	15%	40%
Otros	2.558,75	63%				
<b>Total</b>	<b>4.061,51</b>	<b>100%</b>	<b>229,58</b>			

Fuente: [DIPUTACIÓN, 2004].





La tabla 6.11 muestra el estado de la gestión de los RSU en el 2004, comparado a los objetivos del nuevo *Plan de Gestión Integral de los Residuos de Aragón 2005-2008 (G.I.R.A.)* y al *Plan Nacional de RSU (200-2006)*.

Tabla 6.11. Estado de la gestión de RSU en el año 2004.

Tipo	Peso [t]	Contenido en RSU	Peso recuperado [t]	Fracción recuperada a RSU	Objetivo G.I.R.A. (2005-2008)	Objetivo Plan Nacional de RSU (2000-2006)
Vidrio	285,07	7%	185,29	65%	60%	75%
Papel-cartón	814,49	20%	134,18	16,47%	60%	75%
Metales	122,17	3%	0	0%	50%	90%
Plástico	407,25	10%	0	0%	22,5%	40%
Madera	81,45	2%	0	0%	15%	50%
Mat. orgán.	2.036,22	50%	0	0%	50%	50%
Otros	325,80	8%				
<b>Total</b>	<b>4.072,45</b>	<b>100%</b>	<b>319,47</b>			

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la comarca de Sobrarbe [SOBRARBE].

La única fracción recuperada de RSU que cumple con los objetivos del G.I.R.A. es la de vidrio. La fracción de papel y cartón está muy por debajo del mínimo que marca el Plan. Para el resto de fracciones, como la de materia orgánica o la de los provenientes de los envases y embalajes, todavía no se ha implantado el sistema de recogida selectiva.

## 6.10. Pluviometría del municipio de Ainsa

La pluviometría local es de especial interés en el estudio de la generación de lixiviados de vertederos. Los principales factores de generación de lixiviados de vertedero son la infiltración de aguas pluviales y de aguas de escorrentía en el interior del vaso. En consecuencia, otra variable importante que debe tenerse en cuenta es el grado de impermeabilidad del vertedero.

Es decir, que el grado de estanqueidad del vertedero, unido a la cantidad de agua pluvial que precipita en los alrededores del vaso, afectan directamente a los caudales de lixiviados generados, ya que de la misma manera que logra infiltrarse por las zonas superiores, el agua termina por salir, en forma de lixiviados, por las cotas más bajas del vertedero.



Tabla 6.12. Histórico de la precipitación mensual del municipio de Ainsa.

Histórico de precipitación mensual en Ainsa [l/m <sup>2</sup> ]													
Año	Total	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media 1961-1990	<b>870,4</b>	63,2	62,3	54,9	73,9	103,3	81,7	53,9	60,6	79,3	79,4	91,5	66,4
2001	<b>807,9</b>	103,2	10,2	119,7	93,3	69,5	43,3	134,6	21,2	94,0	85,8	30,0	3,1
2002	<b>928,3</b>	19,1	24,4	53,5	86,8	72,6	72,0	65,4	70,0	154,8	138,5	102,6	68,6
2003	<b>1.103,1</b>	58,0	71,6	68,7	30,9	106,6	42,2	96,8	46,3	152,2	236,9	133,4	59,5
2004	<b>670,1</b>	10,8	31,1	94,6	66,2	48,1	0,0	59,8	100,5	113,8	115,2	9,4	20,6
2005	<b>624,0</b>	0,0	1,7	24,9	50,5	60,5	85,6	22,3	32,6	63,1	220,8	31,4	30,6

Fuente: Instituto Aragonés de Estadística [IAE].

Se puede observar en la tabla 6.12 que Ainsa tiene un clima muy húmedo, dado que las medias anuales de precipitación oscilan entre 624 y 1.100 l/m<sup>2</sup>. Desde el punto de vista de generación de lixiviados, los caudales generados son mayores cuanto mayor es la precipitación local.

Histórico de precipitación mensual en Ainsa

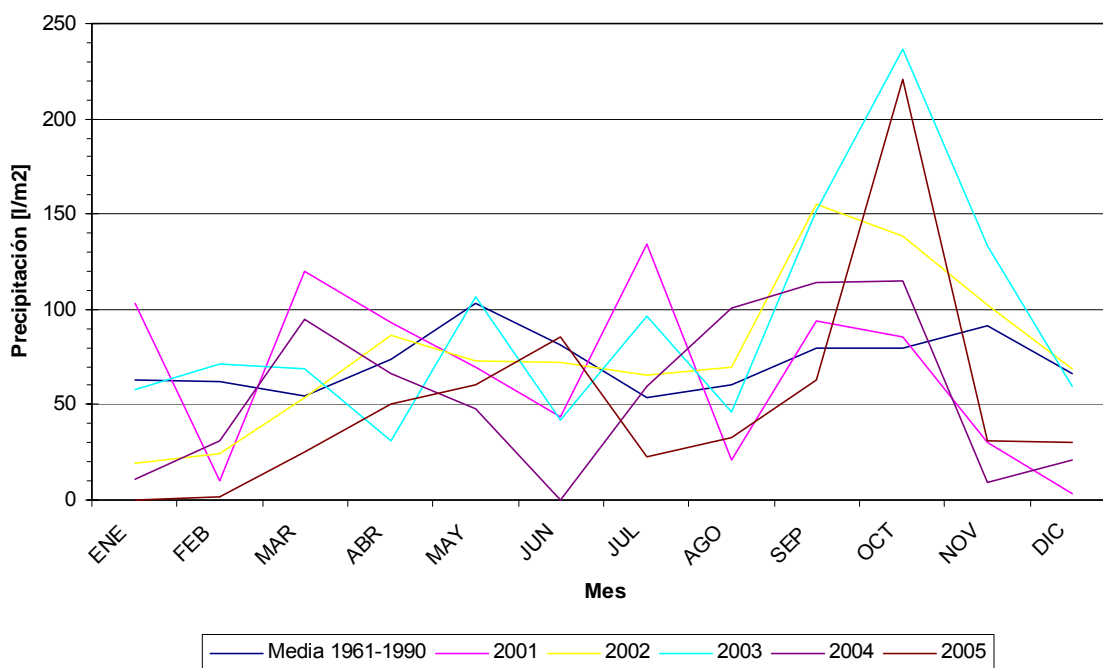


Fig. 6.2. Histórico de precipitación mensual de Ainsa



## 6.11. El turismo de Sobrarbe y Aragón en el 2004

El patrimonio natural y cultural de la comarca de Sobrarbe se hace patente al estudiar el flujo turístico que se mueve por la comarca durante todo el año. El motor económico de estos parajes se basa mayoritariamente en las visitas de los turistas, y en particular en fomentar su consumo de bienes y servicios locales. Es un hecho que al aumentar el flujo de personas, el consumo de recursos aumenta, y por supuesto, la generación de RSU también.

Caracterizar este flujo turístico es importante para analizar el fenómeno de la estacionalidad y el pico de producción de residuos asociado. Para hacer el análisis es importante conocer acerca de la tipología del sector turístico, es decir, conocer si se debe a un sector en concreto o a varios sectores (hoteles, campings, casas rurales, etc.) o conocer cual es la fuerza que impulsa el flujo de residuos (temporada de esquí, segundas residencias, patrimonio natural e histórico, etc.). No debe olvidarse tampoco que la afluencia de público viene motivada por una oferta de servicios.

Para el estudio de la generación de RSU, es de especial interés conocer, al más mínimo detalle, acerca de las pernoctaciones. Conociendo las pernoctaciones y la tasa de generación de residuos por habitante y día, se puede calcular la cantidad de RSU que genera el movimiento turístico. Una vez se tiene caracterizada la generación de residuos en función del flujo turístico, se puede utilizar para encontrar el volumen de movimiento turístico que puede desbordar la capacidad de tratamiento de la planta de transferencia.

Las tablas de este apartado ofrecen una visión particular del turismo de la comarca y también en comparación a la comunidad de Aragón y sus provincias. Las tablas muestran datos acerca de la oferta de alojamiento de los sectores turísticos de la comarca, así como una cuantificación del flujo de personas y del número de pernoctaciones. Estas tablas sirven de herramienta para encontrar el número total de pernoctaciones y la población real de la comarca en el mes de agosto.



Tabla 6.13. Oferta del alojamiento turístico por tipo en el 2004.

Lugar	Hoteles, hostales y similares		Viviendas de turismo rural	
	Establecimientos	Habitaciones	Establecimientos	Plazas
Comarca de Sobrarbe	76	1.490	188	1.337
Provincia de Huesca	343	7.787	463	3.339
Provincia de Teruel	183	3.152	236	1.808
Provincia de Zaragoza	240	6.801	62	517
<b>Total Aragón</b>	<b>766</b>	<b>17.740</b>	<b>761</b>	<b>5.664</b>

Lugar	Campings		Áreas de Acampada	
	Establecimientos	Plazas	Establecimientos	Plazas
Comarca de Sobrarbe	19	7.325	4	72
Provincia de Huesca	51	18.149	8	927
Provincia de Teruel	10	2.051	7	1.931
Provincia de Zaragoza	11	3.949	3	714
<b>Total Aragón</b>	<b>72</b>	<b>24.149</b>	<b>18</b>	<b>3.572</b>

Lugar	Apartamentos turísticos	
	Establecimientos	Plazas
Comarca de Sobrarbe	6	79
Provincia de Huesca	50	1.239
Provincia de Teruel	23	483
Provincia de Zaragoza	2	218
<b>Total Aragón</b>	<b>75</b>	<b>1.940</b>

Fuente: Instituto Aragonés de Estadística [IAE].



Tabla 6.14. Oferta del alojamiento turístico por tipo en el 2004. Valores porcentuales referidos al total de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Lugar	Hoteles, hostales y similares		Viviendas de turismo rural	
	Establecimientos	Habitaciones	Establecimientos	Plazas
Comarca de Sobrarbe	9,9%	8,4%	24,7%	23,6%
Provincia de Huesca	44,8%	43,9%	60,8%	59,0%
Provincia de Teruel	23,9%	17,8%	31,0%	31,9%
Provincia de Zaragoza	31,3%	38,3%	8,1%	9,1%
<b>Total Aragón</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Lugar	Campings		Áreas de Acampada	
	Establecimientos	Plazas	Establecimientos	Plazas
Comarca de Sobrarbe	26,4%	30,3%	22,2%	2,0%
Provincia de Huesca	70,8%	75,2%	44,4%	26,0%
Provincia de Teruel	13,9%	8,5%	38,9%	54,1%
Provincia de Zaragoza	15,3%	16,4%	16,7%	20,0%
<b>Total Aragón</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Lugar	Apartamentos turísticos	
	Establecimientos	Plazas
Comarca de Sobrarbe	8,0%	4,1%
Provincia de Huesca	66,7%	63,9%
Provincia de Teruel	30,7%	24,9%
Provincia de Zaragoza	2,7%	11,2%
<b>Total Aragón</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la tabla 6.13.



Tabla 6.15. Movimiento turístico del sector hotelero en el 2004.

Lugar	Hoteles, hostales y similares		
	Pernoctaciones [persona-día]	Viajeros [persona]	Estancia media [día]
Comarca de Sobrarbe	265.895	105.302	2,53
Provincia de Huesca	1.634.747	615.907	2,65
Provincia de Teruel	545.201	290.384	1,88
Provincia de Zaragoza	1.797.427	1.012.162	1,78
<b>Total Aragón</b>	<b>3.977.375</b>	<b>1.918.453</b>	<b>2,07</b>

Fuente: Instituto Aragonés de Estadística [IAE].

Tabla 6.16. Movimiento turístico del sector hotelero en el 2004. Valores porcentuales referidos al total de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Lugar	Hoteles, hostales y similares	
	Pernoctaciones [persona-día]	Viajeros [persona]
Comarca de Sobrarbe	6,7%	5,5%
Provincia de Huesca	41,1%	32,1%
Provincia de Teruel	13,7%	15,1%
Provincia de Zaragoza	45,2%	52,8%
<b>Total Aragón</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la tabla 6.15.



Tabla 6.17. Movimiento turístico de otros sectores en el 2004.

Lugar	Viviendas de turismo rural		
	Pernoctaciones [persona-día]	Viajeros [persona]	Estancia media [día]
Provincia de Huesca	259.412	69.954	3,71
<b>Total Aragón</b>	<b>356.989</b>	<b>96.768</b>	<b>3,69</b>

Lugar	Acampamentos		
	Pernoctaciones [persona-día]	Viajeros [persona]	Estancia media [día]
Provincia de Huesca	766.084	234.193	3,13
<b>Total Aragón</b>	<b>867.125</b>	<b>276.850</b>	<b>3,27</b>

Lugar	Apartamentos turísticos		
	Pernoctaciones [persona-día]	Viajeros [persona]	Estancia media [día]
Provincia de Huesca	124.888	29.901	4,18
<b>Total Aragón</b>	<b>159.030</b>	<b>38.891</b>	<b>4,09</b>

Fuente: Instituto Aragonés de Estadística [IAE].

Tabla 6.18. Movimiento turístico de la provincia de Huesca de otros sectores en el 2004. Valores porcentuales referidos al total de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Movimiento turístico de la provincia de Huesca respecto al total de Aragón		
Sector turístico	Pernoctaciones [persona-día]	Viajeros [persona]
Viviendas de turismo rural	72,7%	72,3%
Acampamentos	88,3%	84,6%
Apartamentos turísticos	78,5%	76,9%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la tabla 6.17.







## **7. Diseño de la planta de transferencia**

### **7.1. Modelos de planta de transferencia de alta montaña**

El diseño de una planta de transferencia de RSU de alta montaña es muy distinto al de plantas de transferencia de grandes núcleos poblados. Por esta razón se analiza el modelo de dos plantas ubicadas en la alta montaña. La primera planta se ubica en Catalunya, en la comarca de la Val d'Aran, en el municipio de Vielha, mientras que la segunda se ubica en Aragón, en la comarca del Alto Gállego, en el municipio de Sabiñánigo. Estas dos plantas, a pesar de estar ubicadas en el Pirineo, tienen unas necesidades bien distintas debido a la cantidad de población a que dan servicio.

#### **7.1.1. Planta de transferencia de RSU de Vielha**

La planta de transferencia de Vielha gestiona cuatro fracciones de recogida selectiva. En concreto, gestionan papel y cartón, vidrio, residuos de envases y la fracción de rechazo. La fracción de materia orgánica no la gestionan, pues no está implantada. La planta da servicio a toda la comarca de la Val d'Aran, lo que supone, según el Institut d'Estadística de Catalunya [IEC], una población de 9.219 habitantes en base a la población censal del 2005. Sin embargo, la comarca presenta una estacionalidad en la temporada de esquí, lo que hace difícil hacer una estimación de la población real.

La planta en si está formada por un compactador estático y cinco contenedores cerrados de 20 m<sup>3</sup>. En términos de producción, esta planta trata 7.500 toneladas de la fracción rechazo al año. Los pocos lixiviados que se puedan generar, los recogen y los almacenan en depósitos, para después analizarlos y llevarlos a tratar a la depuradora. En las tareas de mantenimiento se incluyen lavados puntuales y engrasados de la maquinaria casi a diario. Las aguas sucias de lavado las almacenan en cubas y cuando están llenas las llevan a tratar a la depuradora.

#### **7.1.2. Planta de transferencia de RSU de Sabiñánigo**

La planta de transferencia de Sabiñánigo, gestiona las fracciones de envases y de rechazo mixto. La fracción de vidrio la gestiona otra empresa, a la cual le ceden un espacio en la planta para dejar un contenedor abierto. Por ahora, las fracciones de papel y cartón y materia orgánica no están siendo tratadas en la planta.



Esta instalación da servicio a toda la comarca del Alto Gállego, y también a la ciudad de Jaca por cuestiones de cercanía. En total representa que da servicio a 25.674 habitantes, según la población censal del 2005 que publica el Instituto Aragonés de Estadística. La población que aporta la ciudad de Jaca, 12.553 habitantes, es casi la misma que la de la comarca del Alto Gállego. Al igual que la planta de Vielha, al estar muy cerca de las pistas de esquí, la planta de Sabiñánigo presenta estacionalidad en dicha temporada.

La planta está formada por tres compactadores estáticos, de los cuales uno lo utilizan para compactar envases y, los otros dos, para compactar el rechazo mixto. Los dos compactadores del rechazo mixto los utilizan para que en el turno de noche no se colapse, debido a que no está el operario de planta por la noche. De esta manera, los camiones recolectores, cuando un compactador está lleno, continúan llenando en el otro compactador. Los tres compactadores son idénticos, y fabricados por Ros Roca. En total disponen de siete contenedores cerrados, dos para cada compactador y uno de reserva. En términos de producción, en el 2005 la planta de Sabiñánigo trató unas 17.000 toneladas de la fracción rechazo mixto.

## **7.2. Elección del tipo de planta. Propuesta de solución**

La solución propuesta a la necesidad planteada en un principio consiste en la instalación de una planta de transferencia de RSU. Esta planta permitiría clausurar de forma definitiva el vertedero. La ubicación de esta nueva instalación está preestablecida que sea dentro del recinto del vertedero de Ainsa.

Según las explicaciones expuestas en apartados anteriores, y según se confirma con los modelos de planta de transferencia de alta montaña planteados, la mejor opción consiste en diseñar una planta de transferencia con compactación. El dimensionado de la planta, la elección de la maquinaria a instalar y la proyección de vida útil de la planta, se detallan en los siguientes apartados.

## **7.3. Dimensionado de la planta**

El dimensionado de la planta se ha realizado a partir de la punta máxima de RSU del año 2004. Ésta cantidad asciende a 806.520 kg de RSU en el mes de agosto. La frecuencia de la recogida en la época estival es diaria, lo que supone que la planta trataría unos 26.000 kg de RSU/día.



Por razones legales, los vehículos articulados de 5 o más ejes, su masa máxima autorizada (MMA) son 40.000 kg. La MMA incluye el peso de todas las partes del vehículo: tractora, remolque, contenedor y carga. Por lo tanto, los vehículos de transporte no podrán circular por la carretera si su carga hace que el peso del conjunto supere la MMA. Es probable que con esta tasa de producción diaria no se pueda transportar tal cantidad en un único viaje diario.

## 7.4. Elección de la maquinaria

### 7.4.1. Planta de transferencia

Es aconsejable elegir una instalación con una capacidad de carga muy superior a la necesaria por varias razones:

- Los RSU son absorbidos y compactados con rapidez, lo que asegura que no se formen grandes pilas en la tolva y se produzcan atascos.
- La tolva se vacía rápido, lo que permite que en horas punta se vacíen los camiones recolectores según llegan.
- Asegura la no necesidad de ampliación mediante nuevas tolvas en un futuro reciente, debido al aumento de la producción de RSU.

La planta de transferencia a instalar la suministra el fabricante Ros Roca, y el modelo es el CE-250. En el Anexo B se adjunta la ficha técnica de ésta. Esta planta tiene una capacidad nominal para tratar unos 45.000 kg RSU/hora, valor muy por encima de la producción local de RSU (26.000 kg RSU/día). Con esta tasa tardaría 0,6 horas en promedio en compactar los RSU recolectados en un día de agosto.

Las partes principales de la planta de transferencia son:

- Tolva de descarga. La forma de ésta es tronco-piramidal, con pendientes variables y suficientes para que los residuos no se acumulen ni se queden estancados. La tolva tiene un volumen útil de 20 m<sup>3</sup>.
- El compactador. Funciona con una prensa hidráulica, que puede realizar un esfuerzo máximo de 45.000 kg, y tarda unos 42 s en promedio en realizar un ciclo de compactación. La cámara de compactación tiene un volumen variable de 5,33/1,28 m<sup>3</sup>. Tiene un rendimiento horario de 246 m<sup>3</sup>/h.
- Mesa de traslación de contenedores. Tiene tres posiciones: zona de espera del contenedor vacío, zona de llenado del contenedor, zona de espera del contenedor lleno.



- Contenedor cerrado. Están disponibles en volúmenes de 30 a 39 m<sup>3</sup>. Están adaptados para acoplarse a la boca del compactador y para ser cargados a camión portacontenedores de plataforma con gancho.

#### **7.4.2. Semirremolques para el transporte de cajas de RSU**

Se requiere de un semirremolque adaptado para transportar los contenedores cerrados. El semirremolque se hace a medida y es especial para el transporte de estas cajas.

Se proponen dos modelos de semirremolques de tres ejes proporcionados por dos fabricantes distintos.

- Semirremolque CAYVOL modelo SRMV – 30/84. Se puede consultar su ficha técnica en el Anexo C.1.
  - Semirremolque + Ejes + Ganchos.
  - Fuerza máxima elevación 30.000 kg.
  - Tara 8.025 kg.
  - Para cajas de 5,6-8,3 m de largo.
- Semirremolque PALVI modelo PCGP – 3073. Se puede consultar su ficha técnica en el Anexo C.2.
  - Semirremolque + Ejes + Ganchos.
  - Fuerza máxima elevación 30.000 kg.
  - Tara 9.000 kg.
  - Para cajas de 6,5-8,5 m de largo.

#### **7.4.3. Tractora**

La tractora puede adquirirse en cualquier concesionario, teniendo en cuenta el criterio de poder transportar con soltura una carga de unos 40.000 kg por carreteras pirenaicas. Esta opción implica, además, tener en nómina un conductor, cuyo coste puede estar entorno 18.000 €/año. El reducido número de viajes que realizaría no justificaría su contratación a no ser que hiciera otras tareas en la planta durante el tiempo que no llevara el camión.



Otra opción consiste en alquilar el conductor “al enganche”. En este método de transporte el conductor posee una tractora de su propiedad y se dedica a enganchar los remolques y hacer los transportes de terceros. El conductor puede cobrar unos 36 €/h, y éste corre con los gastos de combustible y mantenimiento de la tractora. Esta opción tiene la ventaja de ser más económica porque solo se paga por las horas necesarias, además de ahorrarse el desembolso de la cantidad equivalente a una tractora nueva o de segunda mano.

## 7.5. Descripción de la obra civil

La obra civil requerida y la infraestructura necesaria podrían asemejarse a la que se detalla a continuación. Parte de la obra civil ya se encuentra en el vertedero y se pueden aprovechar.

- Báscula y garita de control de pesaje. En el vertedero ya hay una báscula.
- Muelle de carga en el área de contenedores para planta de almacenamiento intermedio o recogida tipo punto limpio. Ya está construido.
- Instalación de limpieza. Hay instalada una en el vertedero. Sin embargo, lo más probable es que sea necesario acondicionarla, o incluso construir una nueva.
- Edificio de servicio y oficinas. Edificio de una sola planta de 100 m<sup>2</sup> con oficinas, vestuarios, lavabos y comedor.
- Cobertizo para los contenedores, semirremolque u otros utensilios. Sin paredes, solo techo. Las dimensiones máximas de los vehículos articulados son 16,5 m de largo y 2,55 m de ancho. Las dimensiones propuestas son: altura útil 6 m, profundidad 17 m, distancia entre pilares 4,5 m. Cobertizo para tres plazas. Dimensión total del cobertizo: 13,5 m de ancho y 17 m de largo.
- Depósito soterrado de 30 m<sup>3</sup> para almacenaje de aguas de lavado, aguas pluviales contaminadas y lixiviados generados durante la compactación. Se pueden consultar las características de la cisterna en el Anexo D. Red de tuberías para conectar los desagües, red de drenaje de aguas pluviales contaminadas y lixiviados.
- Fosa séptica para aguas sanitarias. Se pueden consultar las características de la fosa séptica en el Anexo E. Instalación de fosa séptica y red de alcantarillado para conectar con los desagües de aguas residuales domésticas.
- Obra para instalar la planta de transferencia. Muelle de descarga y tolva en piso superior, resto de maquinaria en el piso inferior. Suelo inclinado con red de drenaje de aguas pluviales y lixiviados conectado al depósito soterrado.
- Acondicionamiento exterior (caminos, asfaltado, vallado). Suelo de asfalto resistente al paso de camiones, con pendientes variables para minimizar la contaminación de las aguas pluviales en el área de compactación y transferencia. Canalizaciones para evacuar las aguas pluviales no contaminadas.
- Instalación de red servicios (agua, electricidad, alcantarillado, telefonía, etc.).



## 7.6. Ubicación de la planta

La ubicación de la planta de transferencia viene preestablecida y debe ser en el mismo recinto que ocupa el vertedero. La planta propuesta originalmente requiere una superficie, asimilable a un rectángulo de 70x57 metros, que ocupa una superficie de unos 4.000 m<sup>2</sup>.

En el Anexo A se pueden ver los planos de la planta de transferencia de RSU. El anexo A.1 muestra el layout propuesto por el fabricante, mientras que el plano del Anexo A.2 representa el alzado y la sección general de la planta de transferencia de RSU.

Esta distribución es la que propone el fabricante de la planta, y tiene por objeto de satisfacer el espacio necesario para albergar la propia planta, los equipamientos auxiliares y conservar el espacio de maniobra que necesitan los vehículos de gran tonelaje, para hacer los giros y las maniobras de carga y descarga de contenedores.

Es difícil encontrar una superficie tan grande que sólo requiera realizar movimientos de tierra de allanamiento. La geografía del terreno hace necesaria el acondicionamiento del terreno, viéndose afectados partes montañosas y con masa forestal. Se puede intentar minimizar los movimientos de tierra si se descuenta el terreno equivalente al destinado a la zona de oficinas y a la báscula. Otra acción a considerar, puede ser el desviar la carretera que va hacia el vertedero, logrando así un espacio más fácil de acondicionar. La figura 7.1 muestra una foto aérea de la situación del vertedero y de sus alrededores.



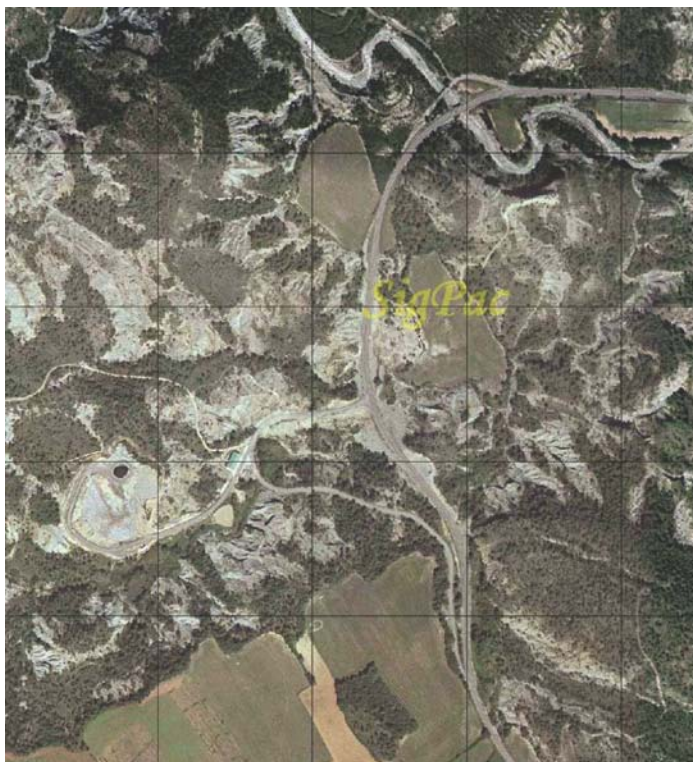


Fig. 7.1. Foto aérea del vertedero y sus alrededores.

La propuesta de ubicación para instalar la planta de transferencia se muestra en la figura 7.2. El espacio resaltado corresponde a la distribución estándar de 4.000 m<sup>2</sup> propuesta por el fabricante. Se puede apreciar en la foto que sería necesario acondicionar terreno montañoso, masa forestal y desviar la carretera que da acceso al vaso del vertedero.

El edificio de oficinas propuesto corresponde a un cuadrado de 10 metros de costado. La ubicación es más flexible al ser una superficie menor. Se ha preferido ubicarlo por la entrada del recinto, cerca de la zona donde están las edificaciones actuales.





Fig. 7.2. Propuesta de ubicación para la planta de transferencia y el edificio de oficinas

## 7.7. Proyección de vida útil

La planta de transferencia se ha dimensionado para trabajar, inicialmente, en un turno de ocho horas. Con los valores de producción de RSU actuales, la planta de transferencia tiene mucho margen de tiempo hasta llegar a trabajar de forma continua durante todo el turno.

Por otro lado, se considerará que la planta de transferencia está saturada cuando las instalaciones trabajen dos turnos de ocho horas, y no tenga horas suficientes para procesar los picos de producción, que en este caso ocurre en el mes de agosto. Visto de esta manera, la planta quedará insuficiente cuando no pueda tratar los picos de producción directamente relacionadas con el sector turístico de la zona.





### 7.7.1. Vida útil según tasa de crecimiento de RSU constante

Este método se basa en considerar que la producción de RSU crece a un ritmo constante año tras año. Se parte de los datos de producción recientes, y se va aplicando un crecimiento del mismo orden que lo ha hecho en años anteriores. Simulando este crecimiento constante, se intenta hallar en que año la planta ya no podrá tratar tal demanda en dos turnos de ocho horas. La tabla 7.1 muestra los valores de producción de RSU más recientes y la evolución de la producción en estos años.

Tabla 7.1. Evolución de la producción de RSU de la comarca de Sobrarbe según la población censal.

Año	RSU [kg]	Censo [habitante]	Tasa generación RSU según población censal [kg RSU/habitante/día]	Incremento anual	Incremento base 1998
1998	3.369.836	6.689	1,38	-	100,0%
1999	3.531.530	6.740	1,44	4,80%	104,8%
2000	3.853.120	6.820	1,55	9,11%	114,3%
2001	4.115.580	6.833	1,65	6,81%	122,1%
2002	4.061.510	6.854	1,62	-1,31%	120,5%
2003	N/D	6.903	-	-	-
2004	4.072.450	6.953	1,60	-	120,9%

Fuente: elaboración propia a partir de datos de producción de RSU de la comarca de Sobrarbe [SOBRARBE], de la tabla 6.4 y del Instituto Aragonés de Estadística [IAE].

Como se ha comentado anteriormente, la época candidata a sufrir la saturación, es la época estival, y es debido a un aumento de la generación de RSU asociado a la oferta turística de la comarca. En concreto, las mayores puntas de producción se dan en el mes de agosto, que representan entorno al 20% de la producción anual, según se muestra en la tabla 6.5.

Las variables que se han tenido en cuenta son las que se detallan a continuación. En la tabla 7.2 se resumen los valores de estas variables.

- Mes: se ha escogido el mes con mayor producción de RSU, que corresponde al mes de agosto.
- Días de recogida de RSU: muestra la frecuencia de recogida de RSU. En verano la recogida de RSU es diaria (7 días a la semana).



- % de la producción de RSU anual: indica que cantidad de RSU representa los RSU producidos en el mes de estudio respecto a la cantidad producida anualmente.
- Tasa de incremento anual de RSU: muestra el % de incremento de los RSU respecto al año anterior. Se ha escogido un valor por encima de los obtenidos en la tabla 7.1 para considerar un caso más desfavorable.
- Caracterización del RSU local: corresponde a la caracterización del RSU local, mostrada en la tabla 6.1.
- Velocidad de compactación: corresponde la capacidad de compactación nominal de la planta de transferencia, 45.000 kg RSU/h.

Tabla 7.2. Valores de las variables utilizadas para el estudio de proyección de vida útil.

Variable		Valor
Mes		Agosto
Días de recogida de RSU		31
% de la producción de RSU anual		20%
Tasa de incremento anual de RSU		15%
Caracterización del RSU	Materia orgánica	50%
	Papel – Cartón	20%
	Plástico	10%
	Vidrio	7%
	Resto	13%
Velocidad de compactación de RSU		45.000 kg RSU/h

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de las tablas 6.1, 6.5 y 7.1.



Tabla 7.3. Extrapolación de la producción de RSU.

<b>Extrapolación de la producción de RSU</b>			
<b>Año</b>	<b>Anual</b>	<b>Producción de RSU en Agosto</b>	
	<b>RSU anual [kg]</b>	<b>RSU mensual [kg]</b>	<b>RSU diario [kg]</b>
2004	4.072.450	814.490	26.274
2005	4.683.318	936.664	30.215
2006	5.385.815	1.077.163	34.747
2007	6.193.687	1.238.737	39.959
2008	7.122.741	1.424.548	45.953
2009	8.191.152	1.638.230	52.846
2010	9.419.824	1.883.965	60.773
2011	10.832.798	2.166.560	69.889
2012	12.457.718	2.491.544	80.372
2013	14.326.375	2.865.275	92.428
2014	16.475.332	3.295.066	106.292
2015	18.946.631	3.789.326	122.236
2016	21.788.626	4.357.725	140.572
2017	25.056.920	5.011.384	161.658
2018	28.815.458	5.763.092	185.906
2019	33.137.777	6.627.555	213.792
2020	38.108.443	7.621.689	245.861
2021	43.824.710	8.764.942	282.740
2022	50.398.416	10.079.683	325.151
2023	57.958.178	11.591.636	373.924
2024	66.651.905	13.330.381	430.012
2025	76.649.691	15.329.938	494.514
2026	88.147.145	17.629.429	568.691
2027	101.369.216	20.273.843	653.995
2028	116.574.599	23.314.920	752.094

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de RSU de la comarca de Sobrarbe [SOBRARBE] y de la tabla 7.2.



Tabla 7.4. Extrapolación de la producción de RSU por fracciones.

<b>Extrapolación de la producción de RSU por fracciones [kg/día]</b>					
<b>Año</b>	<b>Resto</b>	<b>MO*</b>	<b>Papel-Cartón</b>	<b>Plástico</b>	<b>Vidrio</b>
	<b>13%</b>	<b>50%</b>	<b>20%</b>	<b>10%</b>	<b>7%</b>
2004	3.416	13.137	5.255	2.627	1.839
2005	3.928	15.107	6.043	3.021	2.115
2006	4.517	17.374	6.949	3.475	2.432
2007	5.195	19.980	7.992	3.996	2.797
2008	5.974	22.977	9.191	4.595	3.217
2009	6.870	26.423	10.569	5.285	3.699
2010	7.900	30.387	12.155	6.077	4.254
2011	9.086	34.945	13.978	6.989	4.892
2012	10.448	40.186	16.074	8.037	5.626
2013	12.016	46.214	18.486	9.243	6.470
2014	13.818	53.146	21.258	10.629	7.440
2015	15.891	61.118	24.447	12.224	8.557
2016	18.274	70.286	28.114	14.057	9.840
2017	21.015	80.829	32.332	16.166	11.316
2018	24.168	92.953	37.181	18.591	13.013
2019	27.793	106.896	42.758	21.379	14.965
2020	31.962	122.930	49.172	24.586	17.210
2021	36.756	141.370	56.548	28.274	19.792
2022	42.270	162.576	65.030	32.515	22.761
2023	48.610	186.962	74.785	37.392	26.175
2024	55.902	215.006	86.002	43.001	30.101
2025	64.287	247.257	98.903	49.451	34.616
2026	73.930	284.346	113.738	56.869	39.808
2027	85.019	326.997	130.799	65.399	45.780
2028	97.772	376.047	150.419	75.209	52.647

\*MO: Materia orgánica.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de RSU de la comarca de Sobrarbe [SOBRARBE] y de la tabla 7.2.



Tabla 7.5. Tiempo total necesario para tratar la producción de RSU diaria.

<b>Tiempo total para procesar los RSU diarios</b>		
<b>Año</b>	<b>[minuto]</b>	<b>[hora]</b>
2004	35	0,6
2005	40	0,7
2006	46	0,8
2007	53	0,9
2008	61	1,0
2009	70	1,2
2010	81	1,4
2011	93	1,6
2012	107	1,8
2013	123	2,1
2014	142	2,4
2015	163	2,7
2016	187	3,1
2017	216	3,6
2018	248	4,1
2019	285	4,8
2020	328	5,5
2021	377	6,3
2022	434	7,2
2023	499	8,3
2024	573	9,6
2025	659	11,0
2026	758	12,6
2027	872	14,5
2028	1.003	16,7

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de RSU de la comarca de Sobrarbe [SOBRARBE] y de la tabla 7.2.

Observando la tabla 7.5, y siempre y cuando se cumplan las hipótesis del estudio, se puede hallar que en el año 2023, será necesario implantar el segundo turno para tratar la totalidad de la producción de RSU de agosto. Igualmente, en el año 2028 podría verse incapaz de procesar tal cantidad de RSU con dos turnos de 8 h.



En el caso de implantarse la recogida selectiva de todas las fracciones, según estimaciones de Ros Roca [ROS ROCA], la producción de la fracción mixta recogida en acera se reduce entorno un 40%. En el mejor de los casos, esto equivale a decir que el compactador solo procesaría las fracciones de orgánico, envases y rechazo, y además, que la totalidad de las fracciones de vidrio (7% en masa) y papel y cartón (20% en masa) ya no pasarían por el compactador de RSU.

En este supuesto, los papeles y cartones se tratarían en la planta de almacenamiento intermedio, que estaría en el mismo recinto de de la planta de transferencia, y se procesarían directamente en el compactador de cartones. El vidrio también se trataría en la planta de almacenamiento intermedio, y se almacenaría en el contenedor de recuperación de vidrio.

Si se hace la hipótesis que la recogida selectiva está implantada para todas las fracciones, o que se va a implantar en un futuro próximo, la cantidad de RSU que va a tener que compactar la planta de transferencia va a verse reducida, en una cantidad proporcional a la eficacia de la recogida selectiva de papel, cartón y vidrio. De esta manera, la vida útil de la planta de transferencia va a aumentar, puesto que va a dejar de compactar estas dos fracciones y el año de saturación va a ser posterior al calculado inicialmente, el 2028.

Independientemente de la vida útil que pueda tener la planta de transferencia, la adopción de una estrategia adecuada y enfocada a la política de minimización de residuos en origen, es la mejor apuesta que se puede hacer en los municipios rurales. La limitación de recursos propios para la gestión óptima de la red de recogida de residuos urbanos, junto con la geografía de alta montaña y de baja densidad de población, es preferible tomar medidas que mitiguen la generación de residuos, antes que aumentar la inversión en la recogida de residuos.

La reducción de generación de residuos en origen es uno de los objetivos del G.I.R.A. Esta es perfectamente válida tanto en el sector doméstico como en el industrial. El éxito de la misma recae en el grado de participación de todos los eslabones del sistema: ciudadanos, sector privado y administraciones públicas.

Las campañas de concienciación son necesarias para difundir un mensaje que transmita valores medioambientalmente correctos. Desde el punto de vista doméstico, deben potenciarse más las acciones propuestas en el plan de acción de la Agenda 21. En materia de RSU, de las acciones que promueve la Agenda 21, es destacable la intención de introducir el compostaje doméstico y la aplicación de otras políticas de reducción de la producción de RSU en origen.



### **7.7.2. Vida útil según el crecimiento del turismo de la comarca de Sobrarbe**

El turismo de la comarca de Sobrarbe es la principal causa de la estacionalidad de la producción de RSU. En los meses de verano, concretamente entre julio y septiembre, la generación de RSU asciende hasta el 41,8% de la producción anual, según datos del 2004. Por esta razón resulta interesante estimar la cantidad de turismo que puede asimilar la comarca, sin que ello supere la capacidad de tratamiento de la planta de transferencia trabajando dos turnos de 8 horas.

Según datos del Instituto Aragonés de Estadística [IAE], sobre turismo en la comarca de Sobrarbe y en la comunidad de Aragón, el turismo se puede clasificar en diferentes tipos. El primero sería el sector hotelero, donde se incluyen los hoteles, hostales, pensiones y similares. El segundo tipo sería el que aportan las viviendas de turismo rural, que está en auge estos últimos años. Un tercer tipo correspondería a los campings y las áreas de acampada, los cuales se concentran básicamente en el pirineo aragonés. Por último, el cuarto tipo de turismo se debe a los apartamentos turísticos, que están concentrados mayoritariamente en la provincia de Huesca.

Los estudios estadísticos sobre turismo, que publica el Instituto Aragonés de Estadística, ofrecen un nivel de detalle comarcal en el sector hotelero. En el resto de sectores, los datos expuestos tienen un nivel de detalle inferior, ya que se refieren a nivel de la provincia de Huesca y en conjunto de la comunidad de Aragón.

La carencia de estos datos se suple con estimaciones. Es de esperar que esto afecte al grado de incertidumbre de los resultados finales, y estos últimos sufran una desviación respecto a los datos reales. A priori, no se puede predecir el grado ni la tendencia del error.

Para suplir esta carencia de datos, se considera que el movimiento turístico de la comarca de Sobrarbe, para los sectores distintos al hotelero, es proporcional al número total de plazas de la comarca. De esta manera, conociendo el número de plazas disponibles de Sobrarbe respecto al total de la provincia, se estima que ese mismo porcentaje de pernoctaciones de la provincia de Huesca corresponde a la comarca de Sobrarbe.

Se puede buscar un cierto paralelismo con otros parajes aragoneses: una comarca, la de Jacetania, y una población que pertenece a la comarca del Alto Gállego, la de Sabiñánigo. Ambos lugares se caracterizan por estar en pleno Pirineo Aragonés. Estos parajes son populares por su cantidad de pistas de esquí, y además también ofrecen turismo basado en la naturaleza y en el patrimonio cultural durante todo el año.



Para estos dos casos, la estacionalidad se da en la temporada de esquí, pero es menos acusada que la estacionalidad de Sobrarbe en verano. Alto Gállego y la Jacetania ofrecen turismo de fin de semana y segundas residencias durante todo el año, el cual propicia una clara diferenciación entre los días laborables y los fines de semana.

La experiencia y los datos de los casos citados, sirven de alguna manera para complementar datos acerca del movimiento turístico. Las tablas 7.6 y 7.7 muestran los resultados de la estimación de las pernoctaciones de la comarca de Sobrarbe.

Tabla 7.6. Estimación de las pernoctaciones en la comarca de Sobrarbe.

Sector	Total plazas provincia de Huesca	Total pernoctaciones provincia de Huesca [persona-día]
Viviendas de turismo rural	3.339	259.412
Acampamentos (Campings + áreas de acampada)	19.076	766.084
Apartamentos turísticos	1.239	124.888

Sector	Total plazas Sobrarbe	% plazas Sobrarbe sobre el total de Huesca	Estimación de las pernoctaciones en Sobrarbe [persona-día]
Viviendas de turismo rural	1.337	40,0%	103.874
Acampamentos (Campings + áreas de acampada)	7.397	38,8%	297.060
Apartamentos turísticos	79	6,4%	7.963

Fuente: elaboración propia a partir de las tablas 6.13 y 6.17.





Tabla 7.7. Estimación de las pernoctaciones totales en la comarca de Sobrarbe.

Sector	Pernoctaciones [persona-día]
Hoteles	265.895
Viviendas de turismo rural	103.874
Acampamentos	297.060
Apartamentos turísticos	7.963
<b>Total Sobrarbe</b>	<b>674.792</b>

Fuente: elaboración propia a partir de las tablas 6.15 y 7.6.

Una vez hallada la estimación del número total de pernoctaciones de la temporada turística de la comarca de Sobrarbe, se puede calcular la cantidad de RSU generados, multiplicando directamente las pernoctaciones por la tasa de generación de residuos según la población estacional.

Según datos aportados, en el año 2002, la tasa de generación de RSU era de 1,22 kg/habitante/día. Para los cálculos se ha utilizado otro valor. Este parámetro se obtiene considerando que la población censal de la comarca de Sobrarbe del 2004, 6.953 habitantes, produce una cantidad media de RSU al mes, entorno a los 250.000 kg RSU. Se considera que estos RSU se producen uniformemente a lo largo del año, y que un mes en promedio tiene 30,42 días. Haciendo cálculos se obtiene una tasa de generación de 1,18 kg RSU/habitante/día.

Como se ha comentado anteriormente, los periodos vacacionales más importantes en España corresponden a Semana Santa en abril, vacaciones de verano entre julio y agosto, y Navidades en diciembre y enero. Los picos de producción de Semana Santa y Navidades pueden considerarse inexistentes en comparación con el pico de verano. Por esta razón, la cantidad de RSU obtenida se puede considerar que pertenece totalmente a la época estival, puesto que el resto del año la temporada turística tiene muy poca importancia en comparación con la época estival.

El siguiente paso es hallar el número de pernoctaciones en un mes, que provocarían una cantidad de RSU tan grande que la planta de transferencia no sería capaz de procesarla con dos turnos de 8 horas. A la cantidad de RSU generada por las pernoctaciones, debe añadirse la cantidad de RSU producida por la población censal, que en promedio puede considerarse 250.000 kg RSU/mes. Una vez conocida la cantidad total RSU producida en un mes, solo queda averiguar si la planta podría procesar dicha cantidad. La tabla 7.8 resume los datos utilizados para los cálculos.



Tabla 7.8. Resumen de datos para calcular la generación de RSU del mes de agosto en función de las pernoctaciones.

Parámetro	Valor
Mes	Agosto
Días de recogida de RSU al mes	31 días
Capacidad nominal de la planta	45.000 kg RSU/h
Censo comarca Sobrarbe 2004	6.953 habitantes
Generación de RSU de la población censal	250.000 kg/mes
Días por año	365 días
Promedio días por mes	30,42 días
Tasa de generación de RSU	1,18 kg RSU/habitante/día

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7.9. Generación de RSU del mes de agosto en función del número de pernoctaciones y tiempo requerido por la planta para que pueda procesar la totalidad de los RSU generados.

Pernoctaciones [persona-día]	Tasa generación RSU [kg/habitante/día]	Total RSU [kg]	Tiempo [hora]
0	1,18	250.000	0,18
674.792	1,18	1.047.675	0,75
9.000.000	1,18	10.888.948	7,81
9.500.000	1,18	11.480.000	8,23
18.500.000	1,18	22.118.948	15,86
19.000.000	1,18	22.710.001	16,28

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la tabla 7.8.

Atendiendo a los resultados de la tabla 7.9, se deduce el número de pernoctaciones que generarían una cantidad de RSU superior a la capacidad de procesado de la planta. En el mes de agosto, en un turno de 8 horas, la planta podría absorber entre 9 y 9,5 millones de pernoctaciones al mes, mientras que si trabajase 16 horas diarias, el número de pernoctaciones podría ascender entre los 18,5 y 19 millones.

También se puede observar que para el número de pernoctaciones estimadas, 674.792, la generación total de RSU asciende a 1.047.675 kg, mientras que la producción real en el mes de agosto es de 806.520 kg, la estimación es un 30 % mayor. Como era de prever, las hipótesis realizadas han inducido un error al alza en la estimación de las pernoctaciones de agosto.



Los motivos pueden ser varios. Por una parte se han considerado que todas las pernотaciones ocurren exclusivamente en el mes de agosto. Por otra parte, también puede ser que la estimación del número total de pernотaciones sea mucho más grande que el real. Otra causa, puede ser que la tasa de producción diaria considerada sea mayor a la real.

De la misma forma, es fácil recalcularse otro valor de pernотaciones para el mes de agosto, para que se ajuste mejor a los datos reales de producción de RSU. Si se hace el cálculo inverso utilizando la generación de RSU real de este mes, el nuevo valor correspondería a 466.731 pernотaciones en el mes de agosto.

Las pernотaciones se pueden convertir a habitantes dividiéndolas por el número de días que tiene el mes. Esta nueva cantidad de pernотaciones equivale a decir que, durante el mes de agosto, en la comarca de Sobrarbe viven 15.056 visitantes además de los 6.953 habitantes del censo. En resumen, durante el mes de agosto, en Sobrarbe hay una media de 22.009 habitantes.

La población equivalente de agosto se puede contrastar con un estudio enmarcado en la ecoauditoría de Sobrarbe [DIPUTACIÓN, 2006]. Este estudio se basa en un estudio publicado por el Ministerio de Relaciones Públicas en el año 2001, el cual decía que en el año 2000, en Sobrarbe había 2,74 habitantes estacionales/habitante residente. Si este dato se mantuviera constante, la comarca de Sobrarbe tendría 26.004 habitantes en el mes de agosto, y la tasa de generación de RSU sería de 1,00 kg RSU/habitante/día.

De hecho, lo más probable es que las dos estimaciones no sean totalmente correctas, pero al ser del mismo orden de magnitud, nos permite afirmar con cierta tranquilidad que la planta de transferencia será capaz de absorber un impacto turístico más de 20 veces mayor al actual, trabajando tan solo 8 horas diarias.

Queda así probado que el dimensionado de la planta es suficientemente grande como para absorber cualquier punta de producción de RSU, debida al crecimiento natural de la presión turística de la comarca de Sobrarbe, a no ser que se alcance tales cifras, impensables hoy por hoy, en el número de pernотaciones.

Es necesario puntualizar que la capacidad de tratamiento de residuos de la planta no puede utilizarse para justificar, y menos fomentar, el crecimiento insostenible y descontrolado del turismo actual. El crecimiento del turismo supone un descontrol en la generación de residuos. La falta de control se refleja en las necesidades, en materia de gestión de residuos, ya que éstas están fuertemente descompensadas a lo largo del año.



Las segundas residencias, el turismo de fin de semana, la temporada de esquí o las vacaciones estivales, son fenómenos turísticos que desbordan por completo la capacidad del sistema de gestión de residuos, durante periodos de tiempo cortos y perfectamente conocidos. Es necesario tomar acciones al respecto para que la comarca de Sobrarbe evolucione hacia un turismo más sostenible y menos centralizado en la época estival.

En esta dirección, se pueden dar algunos pasos en materia de minimización de residuos en origen [COAIN]. Fomentar el compostaje doméstico, por ejemplo, reduciría la carga orgánica de los RSU, lo que se traduciría en una menor cantidad de residuos a tratar. También ayuda el fomentar el uso de materiales de menor impacto ambiental, como sustituir bolsas de plástico por las de papel o por bolsas de larga vida útil, utilizar envases reutilizables y no los desechables, o consumir productos a granel para reducir embalajes.

## **7.8. Necesidades de futuras ampliaciones**

En un futuro, para que la planta pueda cubrir las necesidades debidas a la incorporación de otros servicios, serán necesarias unas ampliaciones en la configuración inicial de la planta. Estos servicios hoy en día no están implantados y no se conoce con certeza en que momento se van a poner en marcha. A continuación se citan las nuevas necesidades que en los próximos años pueden aparecer en la planta.

### **7.8.1. Implantación de recogida selectiva de otras fracciones.**

Es muy probable que se decida poner en funcionamiento la recogida selectiva de las fracciones de materia orgánica y envases. Según el *G.I.R.A.*, la recogida selectiva de envases debería implantarse antes de finalizar el 2006 para todos los municipios de más de 500 habitantes, y la de materia orgánica para municipios de más de 5.000.

Un mismo compactador es capaz de tratar las fracciones de materia orgánica, envases, papel y cartón y la fracción de rechazo mixta. La diferencia recae en la eficacia del compactador para compactar cada fracción. Cuando se implante la recogida selectiva de una nueva fracción, bastará con adquirir un contenedor cerrado, cuyas capacidades dependerán de los datos de producción. También resulta interesante adquirir un contenedor adicional, para que la planta siga funcionando cuando el otro está lleno o por si queda alguno fuera de servicio.



### 7.8.2. Reconversión del vertedero a punto limpio

El G.I.R.A. establece unos mínimos para los establecimientos del tipo punto limpio, en función de la cantidad de población a que deben dar servicio. De esta manera, quedan definidos como municipios aislados 15 de los 19 municipios de la comarca. Los municipios que no se consideran aislados son el de Ainsa-Sobrarbe, Boltaña, Labuerda y Laspuña. Estos municipios entran en el criterio de municipios de hasta 10.000 habitantes.

En caso de construirse el punto limpio en el vertedero de Ainsa, deberán satisfacerse las siguientes pautas, marcadas por el G.I.R.A. para municipios de hasta 10.000 habitantes.

- Área vallada sin muelle de carga.
- Contenedor para recogida selectiva de voluminosos.
- Contenedor para recogida de residuos de construcción y demolición.
- Zona cubierta para almacenamiento de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Opcionalmente, para recoger las fracciones de papel-cartón, vidrio y madera, un contenedor para cada fracción.

Existen distintos modelos de punto limpio [GENERALITAT, 2006], adaptados a la población total que va a dar servicio. En la nomenclatura usada por la Generalitat de Catalunya, hay dos modelos que pueden adaptarse a las necesidades de la comarca. El primer modelo corresponde a la nomenclatura “punto limpio básico”, mientras que el segundo corresponde a la de “punto limpio tipo A”. El primero está pensado para dar servicio a una población de entre 2.000 y 5.000 habitantes, y el segundo a una población de entre 5.000 y 10.000 habitantes.

El “punto limpio básico” está diseñado en una sola cota. Está equipado con los elementos esenciales organizados alrededor de una explanada. Los contenedores son de 9 m<sup>3</sup>, hay un cobertizo para almacenar voluminosos y aparatos electrónicos, un espacio cerrado y ventilado para residuos especiales y una caseta de recepción y oficinas. El “punto limpio básico” ocupa un cuadrado de 15 m de costado (225 m<sup>2</sup>). La figura 7.3 muestra un esquema de un punto limpio de este tipo.



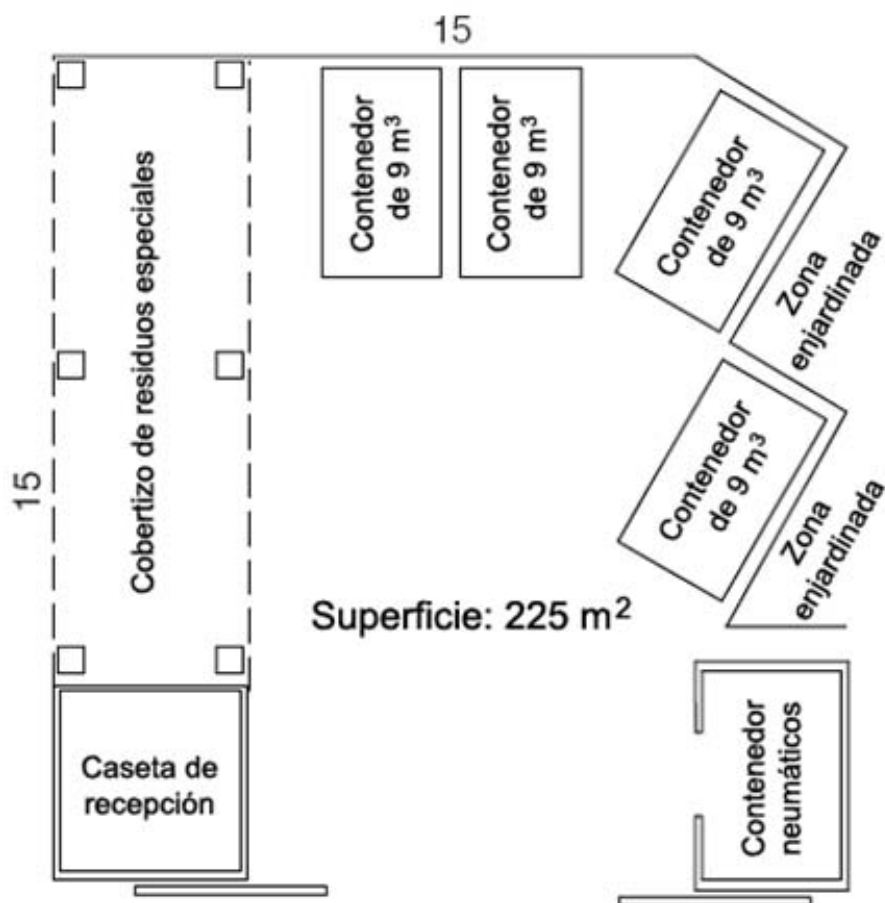


Fig. 7.3. Modelo de punto limpio hasta 5.000 habitantes (“punto limpio básico”)

Fuente: [GENERALITAT, 2006].

Los municipios de menos de 5.000 habitantes también pueden utilizar el sistema de “punto limpio tipo A”, utilizando el modelo de “punto limpio compartido” [GENERALITAT, 1999]. Esta opción permite a los municipios más cercanos disponer del servicio de un punto limpio común. Este sistema ofrece la ventaja de disponer de la infraestructura adecuada y un costo mínimo, pues este se reparte entre los municipios participantes.

El “punto limpio tipo A” está basado en el básico, pero un poco más completo. Sigue teniendo un diseño de una sola cota, es decir, un suelo común para todas las áreas. Los contenedores son de 15 m<sup>3</sup> como máximo, y están repartidos en batería en una explanada. También hay un cobertizo para voluminosos y material electrónico, un espacio cerrado y ventilado para almacenaje de residuos especiales, e igualmente, una caseta de recepción y oficinas. Este modelo de punto limpio ocupa un cuadrado de 25 m de costado (625 m<sup>2</sup>). La figura 7.4 muestra un esquema de un “punto limpio tipo A”.



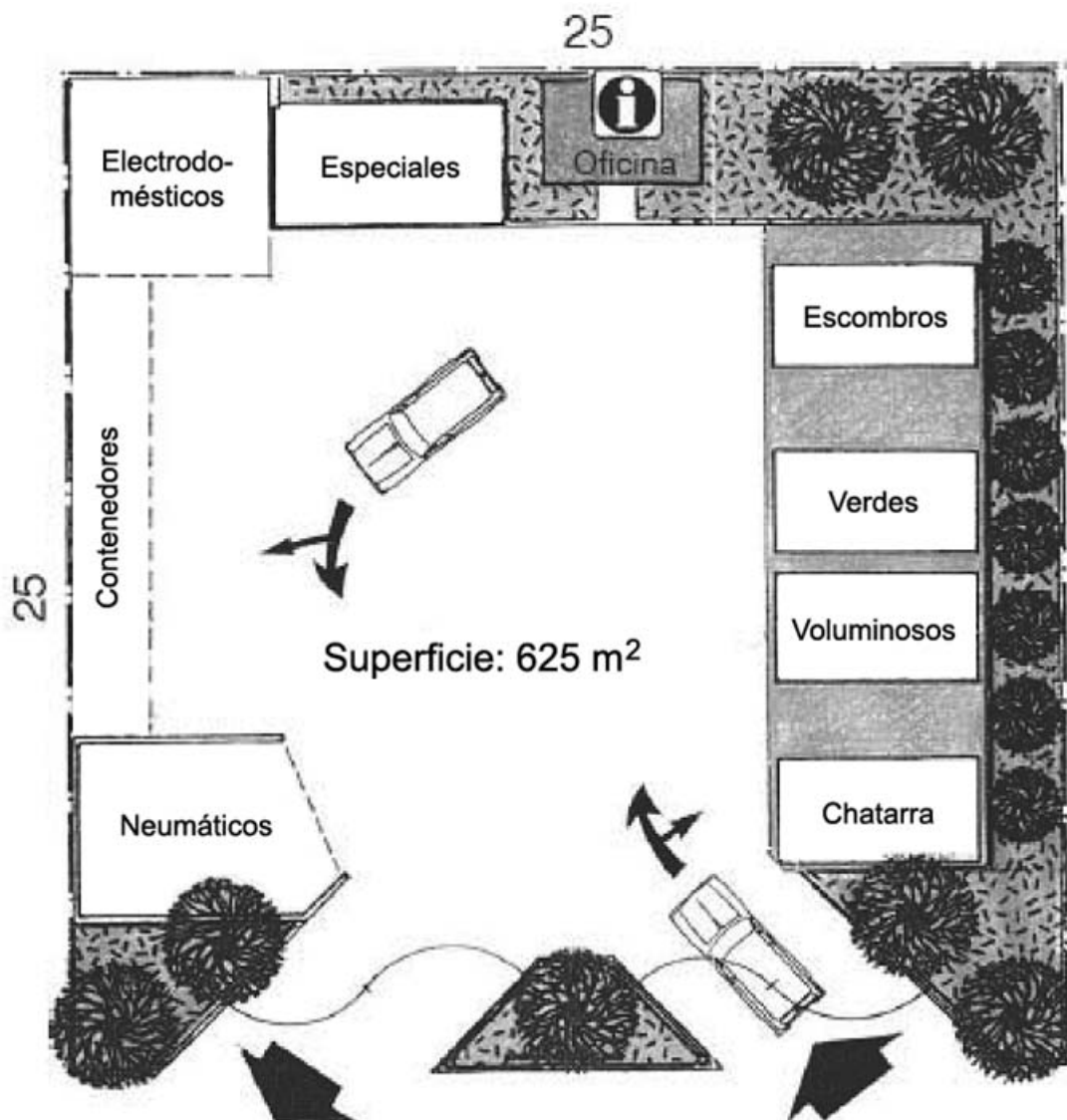


Fig. 7.4. Modelo de punto limpio hasta 10.000 habitantes ("punto limpio tipo A")

Fuente: [GENERALITAT, 2006].

El "punto limpio tipo A" requiere un equipamiento auxiliar que no está contemplado en la del tipo básico. Este equipamiento consiste en una báscula para vehículos y una prensa. Estas necesidades se justifican en función de los residuos gestionados y de la población que da servicio. La báscula puede servir la que ya dispone el vertedero, y la prensa se puede instalar en caso de considerarse necesaria. La tabla 7.10 muestra una comparación del equipamiento necesario de un "punto limpio básico" y otro "punto limpio del tipo A".



Tabla 7.10. Comparación de los puntos limpios básico y tipo A.

Equipamiento		Punto limpio	
		Básico	Tipo A
Dimensiones [m]		15x15	25x25
Superficie [m <sup>2</sup> ]		225	625
Caseta de recepción		Sí	Sí
Diseño en un solo nivel		Sí	Sí
Cobertizo	Electrodomésticos	Sí	Sí
	Voluminosos	Sí	Sí
	Especiales	Sí	Sí
Contenedor neumáticos		Sí	Sí
Contenedor especiales		4 contenedores de 9 m <sup>3</sup> a elegir entre los 5 residuos	Sí (15 m <sup>3</sup> )
Contenedor chatarra			Sí (15 m <sup>3</sup> )
Contenedor voluminosos			Sí (15 m <sup>3</sup> )
Contenedor verdes			Sí (15 m <sup>3</sup> )
Contenedor escombros			Sí (15 m <sup>3</sup> )
Báscula		No	Opcional
Prensa o compactador		No	Opcional

Fuente: elaboración propia.

El “punto limpio móvil” es otro concepto de punto limpio. Es especialmente eficaz para dar servicio a núcleos urbanos de población inferior a 2.000 habitantes, y a poblaciones que están muy repartidas por el territorio. Este es el caso de la comarca de Sobrarbe, ya que sus núcleos urbanos no llegan a los 2.000 habitantes y están fuertemente repartidos por territorio pirenaico.

El “punto limpio móvil” consiste en un camión que recorre una ruta, y los propios usuarios acuden a él para depositar sus residuos cuando este pasa por su población. Pueden utilizarse camiones convencionales donde se les coloca varios contenedores, o bien, adaptar la estructura del camión. El “punto limpio móvil” necesita un punto limpio fijo, a modo de base, para descargar los residuos recogidos. A continuación se comentan dos modelos de punto limpio móvil [GENERALITAT, 2006]. Los residuos que recoja el camión deben ser del mismo tipo que los gestionados en el punto limpio fijo donde los descarga. La figura 7.5 muestra un esquema de la distribución de un “punto limpio móvil”.





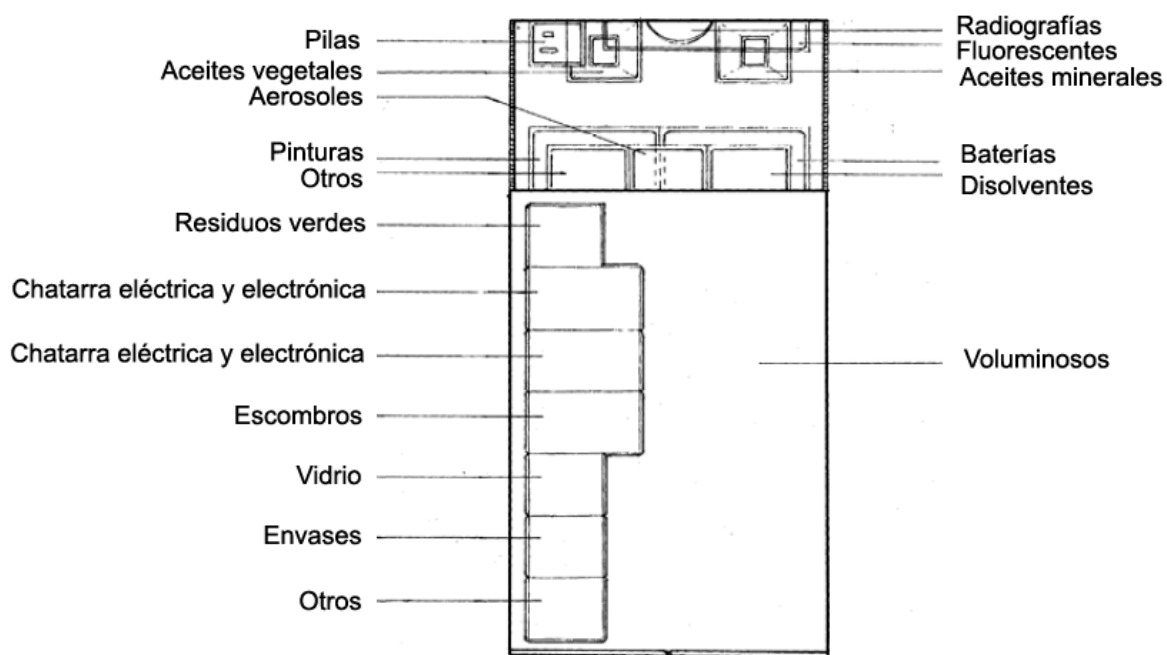


Fig. 7.5. Esquema de distribución de un "punto limpio móvil"

Fuente: [GENERALITAT, 2006].

El primer modelo corresponde a un contenedor autocargante adaptado de 17 m<sup>3</sup>, y de dimensiones 6x2,49x1,8 metros. En el interior del contenedor hay repartidos varios compartimentos y contenedores de pequeña capacidad, ideados para almacenar distintos tipos de residuos: vidrio, papel-cartón, envases de productos peligrosos, voluminosos, chatarra, aparatos eléctricos, fluorescentes, aerosoles, etc.

La estructura del contenedor descansa en el bastidor del camión con equipo de autograncho. El frontal posterior tiene una puerta de acceso para poder entrar los residuos voluminosos. En los laterales del contenedor hay puertas verticales abatibles que dan acceso a contenedores y compartimentos para cada tipo de residuo. La figura 7.6 muestra una foto de un "punto móvil del tipo contenedor autocargante".





Fig. 7.6. Foto de un “punto limpio móvil del tipo contenedor autocargante”

Fuente: [GENERALITAT, 2006].

El segundo modelo consiste en una carrocería que se apoya sobre una plataforma móvil. La plataforma móvil mide 6x2,3 metros y está construida encima de guías con rodillos, lo que permite que cada mitad de la plataforma se desplace hacia el lado exterior, dejando un pasillo en la parte central. El vehículo una vez montado tiene unas dimensiones de 8,75x1,83x2,64 metros, tiene una potencia de 174 cv a 2.400 r.p.m., es diesel y puede cargar unas 5 toneladas. La plataforma tiene ocho contenedores de 240 litros, una zona para voluminosos, una para fluorescentes y aceites, y una escalera para acceder al interior. La figura 7.7 muestra una foto de “punto limpio móvil sobre plataforma móvil”.





Fig. 7.7. Foto de un punto limpio móvil del tipo plataforma móvil

Fuente: [GENERALITAT, 2006].





## 8. Aspectos medioambientales

La situación actual de la gestión de lixiviados del vertedero es más que mejorable. No queda claro el punto y la forma de recogida de lixiviados del vertedero, y además, se han detectado fugas de lixiviados. El almacenamiento de lixiviados en la balsa de riego también supone riesgos medioambientales. La balsa de riego tiende a estar muy llena, lo que facilita el desbordamiento cuando hay lluvias intensas.

Dado que han de convivir los lixiviados de la planta de transferencia y del vertedero, se propone una gestión conjunta de los mismos. Planteado de esta manera, se pretende mejorar la mala gestión de los lixiviados del vertedero, así como aprovechar al máximo los recursos comunes para tratar estos residuos.

### 8.1. Gestión de lixiviados del vertedero

La gestión de lixiviados del vertedero presenta deficiencias que propician un impacto medioambiental perceptible. En un principio, los lixiviados que genera el vertedero se recogen en una balsa situada en la parte más baja del vertedero. A la práctica, no queda claro que esto ocurra de esta manera.

El sistema de recolección de lixiviados representa un problema medioambiental serio. La figura 8.1 corresponde a un registro de recogida de lixiviados. En este lugar se recolectan los cauces de lixiviado controlados. Los lixiviados que pasan por este punto de recogida, entran dentro del circuito de gestión de lixiviados.



Fig. 8.1. Registro recolector de lixiviados del vertedero



Además de estos lugares de recolección controlada de lixiviados, existen fugas descontroladas de lixiviados en la periferia del vertedero. La figuras 8.2 y 8.3 muestran puntos de fuga en los alrededores del vertedero. La primera figura muestra un punto de fuga que se pierde en el terreno, mientras que la segunda, muestra un punto de fuga que da origen a un riachuelo de lixiviados (figura 8.4). Estas filtraciones de lixiviados representan un problema medioambiental muy grave.

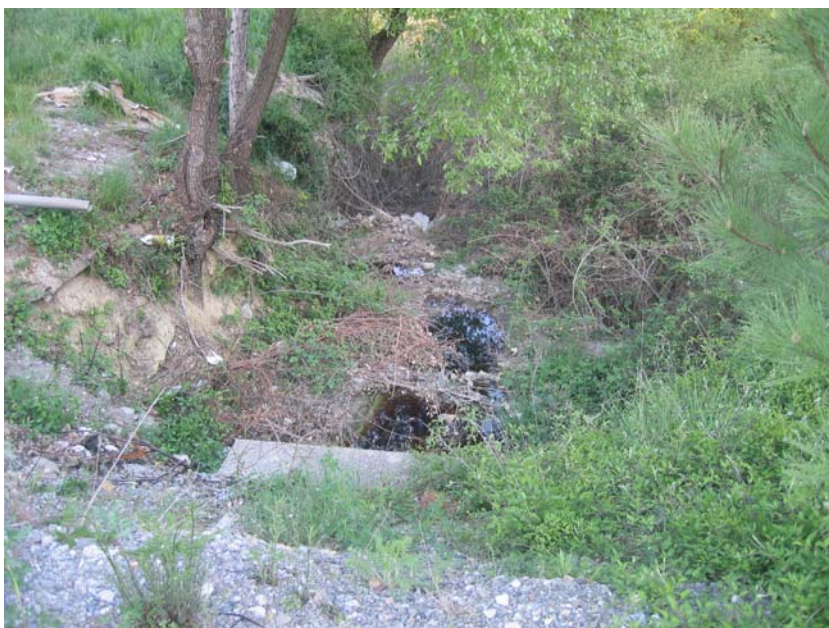


Fig. 8.2. Punto de fuga de lixiviados



Fig. 8.3. Punto de fuga de lixiviados del vertedero. Origen del riachuelo de lixiviados



Las cantidades de lixiviado que se filtran son considerables. Pequeñas cantidades darían como testigo un terreno húmedo, oscurecimiento del terreno o la presencia de charcos puntuales (figura 8.2). Sin embargo, la fuga de lixiviados son tan grandes, que se pueden encontrar riachuelos de este residuo. La figura 8.4 muestra un riachuelo de lixiviados originado por un punto de fuga de lixiviados.



Fig. 8.4. Riachuelo de lixiviados descontrolado

El destino de este residuo es desconocido. Es más que probable que sean dos. La primera opción es que los lixiviados se vayan filtrando en el suelo, lo contaminen, y al final acaben penetrando en corrientes de agua subterránea. La contaminación de aguas subterráneas ocurrirá, si no lo ha hecho ya, en mayor o menor tiempo, en función de la permeabilidad del terreno y la profundidad de las aguas.

La segunda opción es que el lixiviado termine por desembocar en alguna riera o en el cauce de algún río. Esto conlleva, primero, la contaminación de gran cantidad de suelo colindante al riachuelo de lixiviado, y segundo, contaminación de grandes cauces de agua superficiales.

Por otro lado, la gestión de los lixiviados recolectados presenta algunos problemas en la balsa de riego. La figura 8.5 muestra que la balsa está prácticamente al límite de su capacidad. Visto el nivel que presenta la balsa, es previsible, dada la pluviometría de la zona, que ésta se ha desbordado alguna vez cuando ha habido precipitaciones intensas.





Fig. 8.5. Balsa de riego de lixiviados prácticamente colmada

Los lixiviados de la balsa de la figura 8.5 se bombean hacia el sistema de aspersión situado en el vaso del vertedero. La reducción de lixiviados sucede, por una parte, gracias a la evaporación de éstos en la superficie de la balsa, y por otra, a la evaporación de los lixiviados pulverizados encima del vaso del vertedero. Los lixiviados pulverizados que no se evaporan vuelven a entrar al interior del vertedero. La presencia de humedad en los residuos favorece el proceso de descomposición.

Con este sistema se pretende disminuir la cantidad de lixiviados. Sin embargo, lejos de disminuir, el volumen de lixiviados aumenta. En parajes donde la pluviometría es elevada, el balance hídrico es positivo. Es decir, que el agua de lluvia es mucho mayor que el agua evaporada.

De esta manera se entra en un bucle de alimentación positiva, que propicia la recirculación de cantidades cada vez mayores de lixiviados, y que convertirían el interior del vaso del vertedero en una piscina de agua llena de residuos. Hay dos formas de romper este bucle. Una manera es que se saquen del circuito y se lleven los lixiviados a tratar al exterior, y la otra, que las fugas de lixiviado del vertedero junto a las pérdidas de agua por evapotranspiración y por las reacciones anaeróbicas, hagan cuadrar el balance de agua.

Debe tenerse en cuenta también, que en la balsa de lixiviados ocurren procesos biológicos que propician la digestión y precipitación de la materia orgánica. Los lodos que precipitan deben retirarse periódicamente con el fin de no perder capacidad de almacenaje de líquidos.





### 8.1.1. Características de los lixiviados

Los lixiviados son un producto líquido, de color negro y olor fuerte y muy penetrante. En los lugares donde hay estancamiento o acumulación de este residuo, se aprecia una capa superficial de espuma de varios centímetros de espesor. La composición del lixiviado [AMBIENTUM, 2001b] es muy variable, ya que depende de factores como la edad del vertedero, del tipo de residuo, de la zona geográfica, etc. En general todos coinciden en tener una carga orgánica muy grande, en forma de DBO<sub>5</sub> y DQO (demanda biológica de oxígeno a 5 días y demanda química de oxígeno). La carga orgánica es el principal factor contaminante, pero no por esto es el único. La concentración de sólidos disueltos y en suspensión, la dureza, nitratos y fosfatos, metales, etc., son otros compuestos igualmente contaminantes.

La principal característica de los lixiviados es su composición cambiante con la edad del vertedero. Para entender esta peculiaridad es necesario mencionar que procesos ocurren una vez el vertedero está sellado. La causa se debe a que la descomposición de los residuos evoluciona a través de varias etapas, y en cada etapa suceden unos procesos biológicos que marcan la composición del lixiviado. Estas etapas se conocen como fase aeróbica, fase ácida, fase de metanogénesis inicial, fase de metanogénesis estable y fases posteriores.

- Fase I: aeróbica. Dura muy pocos días, lo que tardan las bacterias aeróbicas en consumir el oxígeno que ha quedado encerrado en el momento del sellado del vertedero. Al estar sellado el vertedero, ya no puede haber reposición de oxígeno.
- Fase II: ácida. Esta fase se inicia a medida que el oxígeno atrapado en los residuos se va agotando. Los compuestos orgánicos biodegradables, sobretodo macromoléculas, son degradadas por las bacterias anaeróbicas a ácidos cortos, lo que provoca una acumulación de estos ácidos y una disminución del pH. La DBO y la DQO alcanzan los valores más elevados, y la biodegradabilidad (DBO/DQO) es superior a 0,4. A medida que el pH va disminuyendo, los lixiviados se vuelven químicamente más agresivos, y aumenta la solubilidad de los metales y compuestos inorgánicos.
- Fase III: metanogénesis. Esta fase empieza cuando se producen cantidades de metano que se pueden medir. Las bacterias metanogénicas convierten en biogás los ácidos acumulados en la fase anterior. Las concentraciones de DBO y DQO empiezan a disminuir y el pH aumenta a medida que se consumen los ácidos. La biodegradabilidad también empieza a disminuir.



- Fase IV: metanogénesis estable. La producción de biogás alcanza el valor máximo, y decrece a medida que los ácidos son consumidos. El pH va aumentando gradualmente y se estabiliza entorno a valores neutros o ligeramente alcalinos. La concentración de la DQO es baja y la biodegradabilidad es inferior a 0,1.
- FASE V: Fases posteriores. Las fases posteriores incluyen la oxidación del metano, intrusión del aire, formación de  $\text{CO}_2$ , y la formación de la atmósfera del suelo.

La figura 8.6 muestra gráficamente la variación de la composición de los lixiviados a lo largo del tiempo.

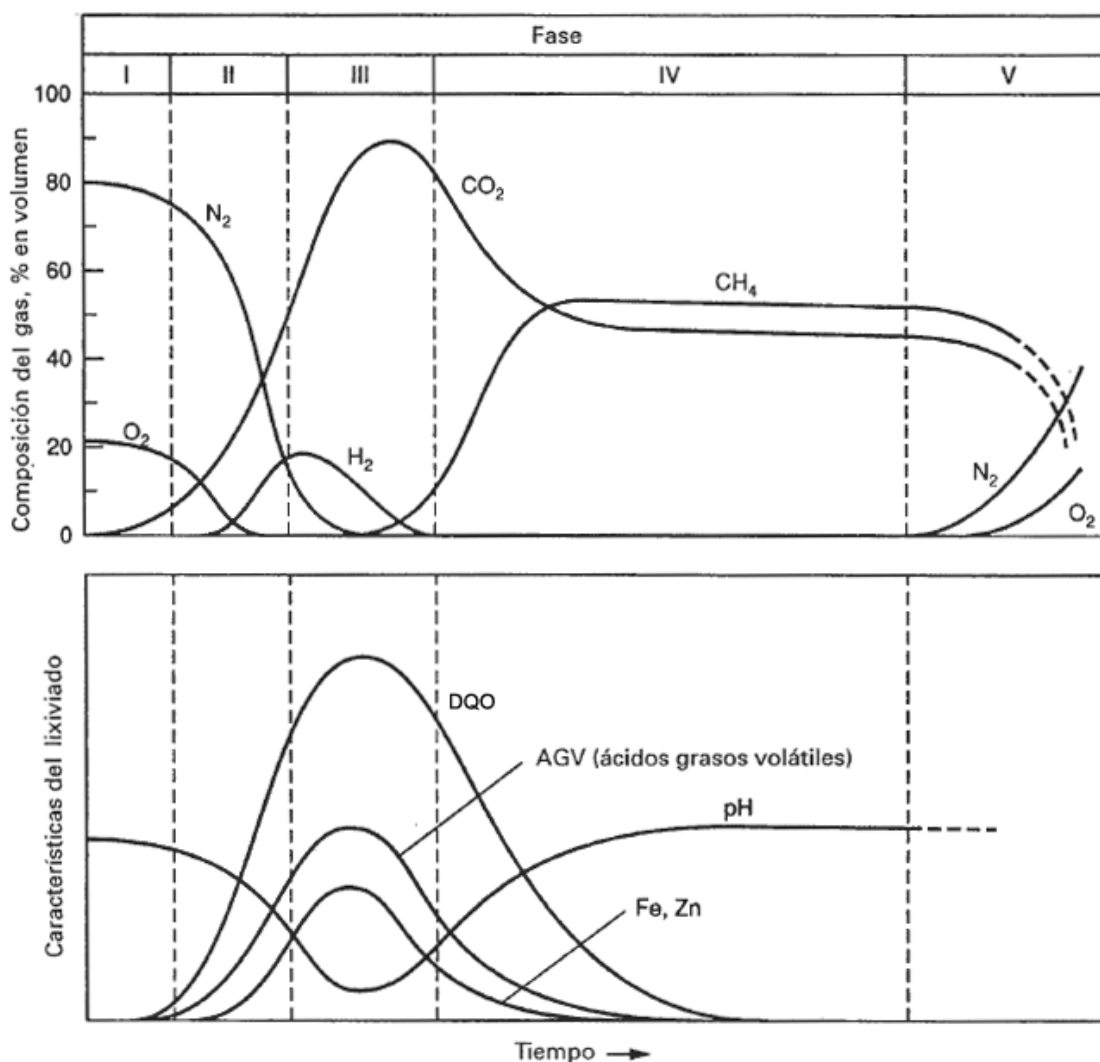


Fig. 8.6. Variación de la composición del lixiviado a lo largo del tiempo

Fuente: [TCHOBANOGLOUS, 1994].



La tabla 8.1 muestra el margen, en términos de mínimos y máximos, de la composición de los lixiviados.

Tabla 8.1. Composición de los lixiviados.

Composición de los lixiviados		
Parámetro	Margen de variación	
	Mínimo	Máximo
pH	5,9	8,7
Nitrógeno total - Kjeldahl [mg/l]	15,0	3.140,0
Nitrógeno nitrato [mg/l]	0,0	5,5
Nitrógeno nitrito [mg/l]	0,0	0,1
Nitrógeno amoniacal [mg/l]	6,0	2.900
DQO [mg/l]	966,0	28.000,0
DBO <sub>5</sub> [mg/l]	480,0	19.800,0
Cloruros [mg/l]	50,0	11.000,0
Sulfatos [mg/l]	0,0	1.800,0
Fósforo total [mg/l]	3,7	14,3
Cobre [mg/l]	0,0	1,2
Plomo [mg/l]	0,0	2,3
Hierro [mg/l]	0,2	6.000,0
Manganeso [mg/l]	0,1	26,0
Zinc [mg/l]	0,1	26,0
Cadmio [mg/l]	0,0	0,2
Cromo total [mg/l]	0,0	3,9
Coliformes fecales [un.]	49,0	4,9·10 <sup>7</sup>
Coniformes totales [un.]	230,0	1,7·10 <sup>7</sup>

Fuente: [SEDU].

### 8.1.2. Generación actual de lixiviados del vertedero

El vaso del vertedero todavía no está clausurado, expone una superficie de 2 hectáreas, y absorbe las aguas pluviales que precipitan sobre ella. La totalidad del agua que entra en el vaso del vertedero se convertirá en lixiviado cuando se filtra al exterior.

La recolección de lixiviados se hace en la parte más baja. Los lixiviados que se filtran, a pesar de las barreras de contención, se recogen en una balsa. El contenido de esta balsa se bombea a otra balsa que está en la parte superior del vertedero. En esta nueva balsa hay conectado un sistema de aspersión que riega la superficie del vaso, y va recirculando los lixiviados.



Los lixiviados que riegan el vaso ayudan a fermentar los residuos, a la vez que se facilita la evaporación del agua, y por consiguiente, se reduce su cantidad. También se evaporan lixiviados en las balsas, sus grandes superficies sirven para poder evaporar más cantidad de agua.

El balance de agua permite estimar los caudales de lixiviado que genera el vertedero sin clausurar. Los componentes del balance de agua son los siguientes:

- Pluviometría. Representa la cantidad de agua pluvial capaz de filtrarse al interior del vaso.
- Evapotranspiración. Representa una salida del agua del interior del vertedero hacia la atmósfera a través de mecanismos de transpiración y evaporación en la superficie del vaso.
- Reacciones anaeróbicas. Representan un consumo de agua ocasionado por estas reacciones.
- Agua retenida. Parte del agua que entra se acumula en el interior porque es absorbida por el residuo.

El balance de agua del vertedero queda de la siguiente manera:

$$L = P - E - A - R \quad (\text{Ec. 8.1})$$

Donde :

L : caudal del lixiviado; P : pluviometría de la zona; E : agua perdida por evapotranspiración;  
A : agua perdida por las reacciones anaeróbicas; R : agua retenida por los RSU

Se hacen las siguientes hipótesis para simplificar los cálculos de la ecuación (Ec. 8.1):

- Los primeros lixiviados salen una vez los RSU han retenido toda el agua posible. La variación del factor R es nulo por estar los RSU saturados de agua.
- El agua perdida por evapotranspiración es despreciable frente a la aportada por la lluvia ( $E \ll P$ ).
- El agua perdida por las reacciones anaeróbicas es despreciable frente a la aportada por la lluvia ( $A \ll P$ ).
- La estimación a que es una zona húmeda o de pluviometría como la de Sobrarbe, hace que el término  $(A + E) \leq (0,3\%) \cdot P$ .



El nuevo balance de agua simplificado queda expresado de la siguiente manera:

$$L = P \Rightarrow L [l] = P \left[ \frac{l}{m^2} \right] \cdot S [m^2] \quad (\text{Ec. 8.2})$$

Donde :

L : caudal del lixiviado; P : pluviometría de la zona; S : superficie del vaso = 20.000 m<sup>2</sup>

La tabla 8.2 muestra los resultados de aplicar la ecuación (Ec. 8.2) con los valores de precipitación del municipio de Ainsa, obteniéndose la estimación de los caudales actuales de lixiviados cuando el vertedero no está clausurado. Se puede observar que el vertedero crea unos caudales de lixiviado muy grandes, fruto de coincidir una precipitación muy elevada con una superficie descubierta también extensa.

Tabla 8.2. Estimación de la generación de lixiviados del vertedero sin clausurar.

Estimación de la generación de lixiviados del vertedero sin clausurar [m <sup>3</sup> ]							
Año	Total	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Media 1961-1990	<b>17.408</b>	1.264	1.246	1.098	1.478	2.066	1.634
2.001	<b>16.158</b>	2.064	204	2.394	1.866	1.390	866
2.002	<b>18.566</b>	382	488	1.070	1.736	1.452	1.440
2.003	<b>22.063</b>	1.160	1.432	1.374	618	2.132	844
2.004	<b>13.402</b>	216	622	1.892	1.324	962	0
2.005	<b>12.480</b>	0	34	498	1.010	1.210	1.712

Estimación de la generación de lixiviados del vertedero sin clausurar [m <sup>3</sup> ]						
Año	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media 1961-1990	1.078	1.212	1.586	1.588	1.830	1.328
2.001	2.692	424	1.880	1.716	600	62
2.002	1.308	1.400	3.096	2.770	2.052	1.372
2.003	1.936	926	3.044	4.739	2.668	1.190
2.004	1.196	2.010	2.276	2.304	188	412
2.005	446	652	1.262	4.416	628	612

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la tabla 6.12.



### 8.1.3. Generación de lixiviados del vertedero cuando esté sellado

Es previsible que los caudales de lixiviados disminuyan drásticamente cuando el vertedero esté sellado. Esto sucederá porque el agua que entre dentro del vertedero ya no será toda la que caiga encima del vaso, sino la parte que caiga encima del vertedero y que logre infiltrarse atravesando las barreras impermeables que recubrirán los RSU.

De nuevo, para calcular los caudales de lixiviado que generará el vertedero, se aplica el balance de agua que muestra la ecuación (Ec. 8.1). Ahora es necesario cambiar algunos parámetros porque el vertedero está sellado, pero las hipótesis son las mismas. El significado de estos nuevos parámetros es el siguiente:

- Densidad aparente. Es el peso que ocupa un volumen determinado de residuo incluyendo los vacíos que contiene el residuo. La densidad aparente de los RSU sin compactar comprende valores de 120 a 350 kg/m<sup>3</sup> [MOPU]. Los RSU compactados comprende valores de 500 a 1.100 kg/m<sup>3</sup> [MOPU] según el grado de compactación sea bajo o elevado.
- Capacidad de campo. Es la cantidad de humedad, en % volumen, que puede retener un residuo sólido o un suelo, contra la acción de la gravedad. La capacidad de campo tiene una importancia crucial en la generación de lixiviados en los vertederos. La capacidad de campo de los RSU no compactados está entorno el 50%, mientras que el de los compactados está entorno el 30%.

El grado de compactación de los RSU en el vertedero es bajo. Según propone el MOPU [MOPU], los vertederos que compactan los RSU con palas cargadoras, éstos tienen una densidad aparente del orden de 500 kg/m<sup>3</sup>. La tabla 8.3 muestra los valores estimados de los parámetros necesarios para los cálculos en el momento que el vertedero es clausurado.

Tabla 8.3. Valores de los parámetros del los RSU al clausurar el vertedero.

Parámetro	Valor
Factor de campo (FC)	50%
Humedad relativa (HR)	40%
Densidad aparente ( $\rho$ )	500 kg/m <sup>3</sup> RSU
Profundidad del vertedero (H)	20 m

Fuente: elaboración propia.



Los residuos contienen una humedad inicial y el resto son contenidos sólidos. Se puede saber el contenido en agua multiplicando la HR por la densidad aparente. A medida que va pasando el tiempo, los residuos van acumulando agua hasta que se saturan, es decir, la HR toma el valor máximo del FC. La masa del residuo saturado (MRS) aumenta según las ecuaciones (Ec. 8.3 y Ec. 8.4):

$$\text{masa total} = \text{masa sólidos} + \text{agua retenida por el RSU} \quad (\text{Ec. 8.3})$$

$$\text{MRS} = \text{masa sólidos} + \text{MRS} \cdot \text{FC} \quad (\text{Ec. 8.4})$$

La tabla 8.4 muestra la composición inicial y saturada del RSU.

Tabla 8.4. Variación de la cantidad de agua retenida por el RSU con el tiempo.

Composición inicial del RSU	Composición del RSU saturado
200 kg agua/m <sup>3</sup>	300 kg agua/m <sup>3</sup>
300 kg sólidos/m <sup>3</sup>	300 kg sólidos/m <sup>3</sup>
Densidad aparente: 500 kg/m <sup>3</sup> RSU	Densidad aparente: 600 kg/m <sup>3</sup> RSU

Fuente: elaboración propia.

El balance de agua de la ecuación (Ec. 8.1) se ve modificada según la ecuación (Ec. 8.5). La diferencia de agua en el RSU de la tabla 8.4 corresponde con el agua retenida en el balance de agua (R). El parámetro (n) representa el número de años que tardaría en salir los primeros lixiviados. La pluviometría (P) corresponde a la media anual, y (H) a la profundidad del vertedero. El resto de factores son los mismos que los de la ecuación (Ec. 8.1).

$$L = \left( \frac{P}{H} - E - A \right) \cdot n - R \quad (\text{Ec. 8.5})$$

Se puede estimar cuanto tiempo tardarían en aparecer los primeros lixiviados si la ecuación (Ec. 8.5) se iguala a cero ( $L = 0 \text{ l/m}^3/\text{año}$ ), y se aplican las mismas hipótesis hechas a la ecuación (Ec. 8.1). Como resultado se obtiene la ecuación (Ec 8.6).

$$n = \frac{H \cdot R}{P} \quad (\text{Ec. 8.6})$$



Considerando la pluviometría media anual correspondiente a la media de los años 1961-1990, una retención de agua de  $100 \text{ l/m}^3$  y una profundidad del vertedero de 20 m, los primeros lixiviados aparecerían a los 2,3 años, y su caudal sería de  $43,5 \text{ l/m}^3/\text{año}$ . Hace falta matizar que este valor considera el valor medio de la precipitación anual, y está referido a la cantidad de lixiviado que generaría un  $\text{m}^3$  de RSU.

Para encontrar el caudal de lixiviados, es necesario saber que grado de impermeabilidad tendrá el sellado del vertedero, y así averiguar que cantidad de las aguas pluviales se filtran hacia el interior. Esto equivale a multiplicar el factor P por un coeficiente reductor que viene dado por las características del sellado. Por otra parte, es necesario saber que cantidad de RSU se ha depositado, calcular el volumen que ocupa con la densidad aparente propuesta, y finalmente, multiplicar el volumen total de RSU por el caudal de lixiviados expresado en  $\text{l/m}^3$ .

Al desconocerse los datos necesarios para calcular el caudal real de lixiviados, se puede hacer uso de la metodología de cálculo rápido de lixiviados. Estos cálculos ofrecen estimaciones del caudal de lixiviado que genera el vertedero, considerando vertederos tipos y correlaciones matemáticas sencillas obtenidas a partir de datos reales.

- El agua pluvial infiltrada es del 30% [MOPU]. Este método considera que un 30% del agua pluvial logra traspasar el sellado del vertedero y se convierte en lixiviado. Considerando la precipitación media anual de 1961-1990, se generarían  $5.222 \text{ m}^3/\text{año}$  ó  $14,3 \text{ m}^3/\text{día}$ .
- El caudal teórico de las depuradoras de lixiviado [MOPU]. Las depuradoras de lixiviados se dimensionan para tratar un caudal teórico de  $0,1 \text{ l/s}$  multiplicado por la superficie del sellado en hectáreas. De esta forma el caudal de lixiviados sería de  $17,3 \text{ m}^3/\text{día}$  o  $6.300 \text{ m}^3/\text{año}$ .
- Proporcional a la superficie del sellado del vertedero [SEDU]. La generación de lixiviados es proporcional a la superficie del sellado, y la constante de proporcionalidad depende de la impermeabilidad del mismo. Para un sellado con tierra arcillosa, arenosa o sin sellado, el factor de proporcionalidad es de  $4 \cdot 10^{-4}$ ,  $6 \cdot 10^{-4}$  y  $8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$  respectivamente. Si se considera un sellado con tierra arenosa, el caudal de lixiviados sería de  $12 \text{ m}^3/\text{día}$  o  $4.380 \text{ m}^3/\text{año}$ .

Como se puede comprobar, los resultados obtenidos con los tres métodos son relativamente semejantes. Se debe destacar que, para el primer método, se puede jugar con el tipo de sellado que se utiliza en la cubierta, pero la impermeabilidad de las paredes laterales puede ser significativamente distinta a la de la cubierta, y permitir infiltrar mayor cantidad de agua de la deseada.





Esto quiere decir que debe tenerse en cuenta las distintas impermeabilidades de las paredes periféricas para calcular la entrada de agua. El segundo y el tercer método, no especifican el parámetro de precipitación, que no tiene porque ser parecido al de Ainsa. En consecuencia, la mejor forma de determinar el caudal de lixiviados es la medición directa.

## 8.2. Resumen de alternativas sobre tratamientos de lixiviados

La primera etapa del tratamiento de los lixiviados consiste en recuperar todo el líquido posible y almacenarlo en balsas impermeables para aplicar un método de tratamiento posteriormente. La solución medioambientalmente correcta es el tratamiento de los lixiviados antes de su eliminación. Estos métodos de eliminación son muy parecidos a los utilizados para depurar aguas residuales, con la salvedad que los lixiviados tiene una carga orgánica muy elevada, que se generan grandes caudales y puede que una planta depuradora normal no sea capaz de tratarlos. Hay disponibles varios métodos de tratamiento de lixiviados. Estos tratamientos se pueden realizar tanto in-situ como off-site.

Los tratamientos off-site son básicamente el tratamiento de los lixiviados en estaciones depuradoras, de aguas urbanas o industriales. Esta solución solo es apta cuando la planta depuradora es capaz de absorber los grandes caudales de lixiviados, y a la vez, puede tratar líquidos con grandes cargas orgánicas. Una solución para reducir la carga orgánica, consiste en diluir los lixiviados a concentraciones adecuadas. En contrapartida, aumenta todavía más el volumen de lixiviados a tratar. En este caso no es posible esta solución porque no hay ninguna depuradora cercana para llevar a tratar los lixiviados.

Los tratamientos in situ son de tipo biológico y/o físico-químico. Los biológicos son la depuración aeróbica, depuración anaeróbica y lagunaje profundo. Los tratamientos físico-químicos son la evaporación natural, la evaporación forzada, la precipitación química, la oxidación química, la adsorción y la ósmosis inversa. En los apartados siguientes se comenta brevemente en que consiste cada método, y al final, se hace un balance de la idoneidad de cada método para el caso del vertedero de Ainsa.

Las técnicas de depuración aerobia consisten en la degradación, con microorganismos aerobios, de los compuestos orgánicos del lixiviado. La degradación se realiza con presencia de oxígeno y agitación, para evitar condiciones anaeróbicas dentro de los tanques de depuración. La degradación forma sólidos fácilmente decantables y se separan de la fracción líquida. Este tipo de depuración requiere condiciones estables de funcionamiento en la carga orgánica, de la concentración de nutrientes, en el pH, etc.



Un caso particular de depuración aerobia es el tratamiento con fangos activados [SEDU]. En este sistema los lixiviados pasan primero por una fase de pretratamiento, que generalmente consiste en un filtrado grueso. A continuación, el flujo se introduce en un decantador primario, donde precipitan los sólidos en suspensión sedimentables. A la salida del decantador, la corriente líquida se dirige a un tanque de aireación, donde se aporta aire a la masa de agua, para que las bacterias aerobias realicen la digestión de la materia orgánica.

La digestión aerobia de las bacterias genera un lodo secundario que permanece en suspensión. El efluente del tanque de aireación se dirige a un decantador secundario para separar el lodo. Parte de este lodo es necesario recircularlo al tanque de aireación. El lodo restante se mezcla con el lodo del decantador primario y se deja secar.

Una vez el lodo está seco se puede destinar al vertedero o se puede utilizar como subproducto, por ejemplo, para revalorizarlo energéticamente mediante su utilización como combustible. El flujo de agua que sale del decantador secundario, se analiza para comprobar su toxicidad y su potencial contaminante, y normalmente cumple con las restricciones legales para verterlo al alcantarillado. Esta agua también podría ser utilizada para compactar los RSU. La figura 8.7 muestra el esquema de funcionamiento de una depuración aerobia con fangos activados.

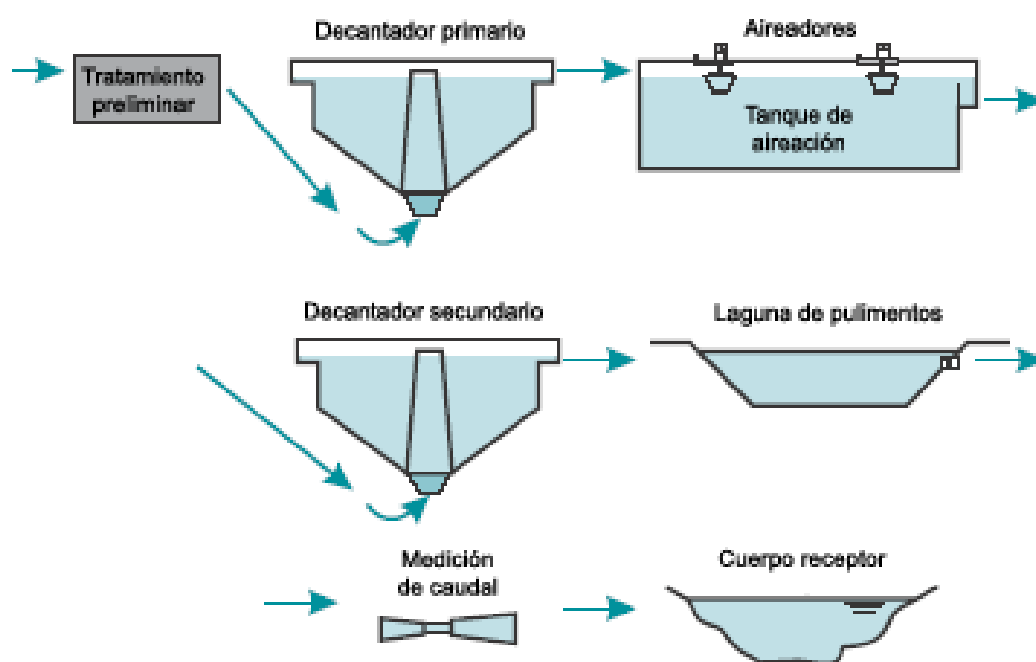


Fig. 8.7. Esquema de una depuradora aerobia con fangos activados

Fuente: [SEDU].



La depuración anaerobia se basa en el mismo principio que la aerobia, pero la diferencia está en que la degradación de la materia orgánica la realizan microorganismos anaerobios y en ausencia de oxígeno. Este sistema de depuración debe soportar altas velocidades de carga con tiempos de retención bajo, sobrecargas, y arranques rápidos tras periodos de parada, todo ello sin detener las condiciones depuradoras de la flora bacteriana.

Los sistemas de lagunaje profundo se basan en la depuración conseguida en las balsas o lagunas, por la acción de la flora bacteriana contenidas en la misma. Admite cargas orgánicas muy grandes y la implantación de otros sistemas como el de riego o pulverización. Las condiciones de depuración pueden ser anaerobias si es una laguna profunda, aerobia, si tiene una relación superficie/volumen elevada, o mixta. En las zonas cálidas, el aporte de calor beneficia la actividad microbiana y, en las frías la reduce.

Los dos tipos de evaporación se pueden aplicar perfectamente en zonas calurosas y con poca precipitación. La evaporación natural se debe simplemente a la incidencia de la radiación solar sobre la balsa de almacenamiento de lixiviados. Adicionalmente, también se suelen poner aspersores sobre la superficie del vertedero si este no está clausurado, o de la misma balsa. Parte del agua se evapora con la aspersion, mientras que la parte no evaporada vuelve caer en la misma balsa o se recircula en el vertedero.

La evaporación forzada consiste en introducir en una nave, túnel o torre, por una parte, el lixiviado pulverizado, y por otra, aire, y si es posible, ambas corrientes calientes. Al entrar en contacto las dos corrientes, parte del agua del lixiviado se evapora y pasa a la corriente de aire caliente. El aire sale saturado de agua y el lixiviado ha disminuido su volumen y se ha concentrado.

En el proceso de evaporación forzada [SEDU], el lixiviado se envía a un tanque metálico donde se calienta hasta unos 80-90° C. A esta temperatura, parte del lixiviado se evapora, y líquido restante aumenta su concentración. El vapor caliente y húmedo que sale del evaporador, pasa a través de un filtro que absorbe la humedad. El vapor seco saliente del filtro se dirige a un calentador final, para ser lanzado luego seco a la atmósfera. El lodo acumulado, con cerca de un 30% de material sólido, sale por la parte inferior del evaporador, y puede recibir el mismo tratamiento que el fango de los lodos activos, estabilización del fango y deposición en vertedero, o revalorización del residuo.

La principal ventaja de este proceso es el bajo coste operacional, debido a que el combustible utilizado es el propio biogás que genera la descomposición de los residuos durante la fase de metanogénesis. En caso de no utilizarse otro combustible distinto del biogás, el coste de operación se dispara y este sistema de tratamiento pierde todo su atractivo. La figura 8.8 muestra el esquema de funcionamiento de una planta de evaporación de lixiviados.



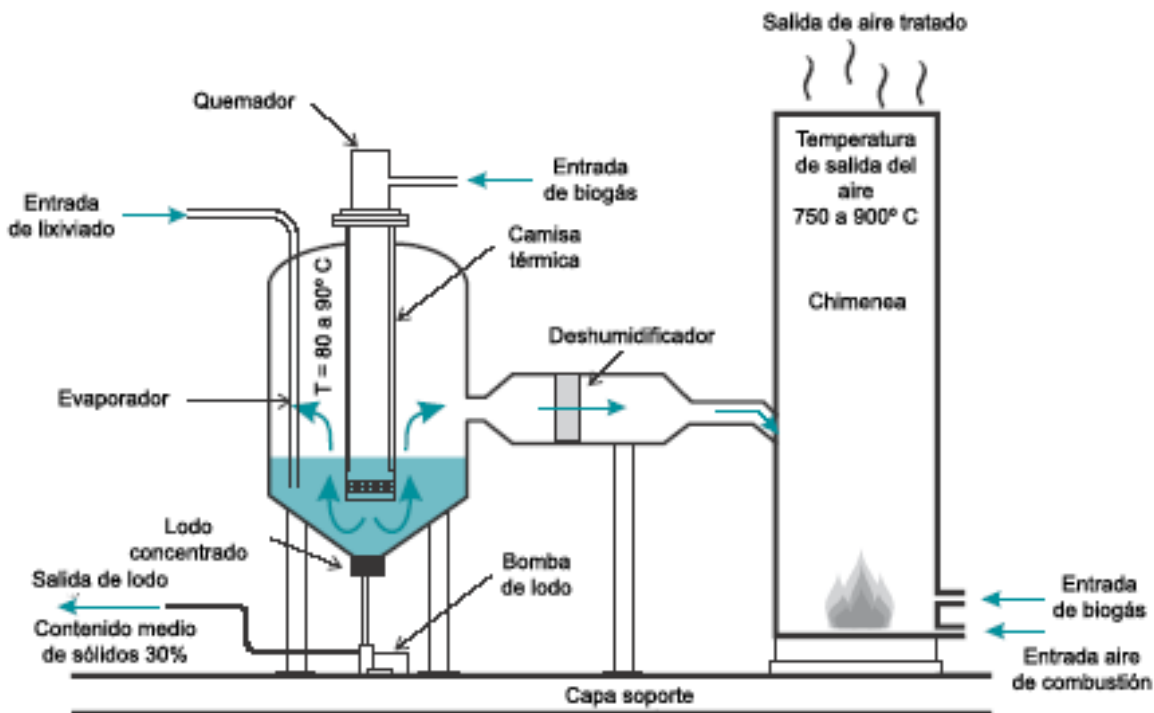


Fig. 8.8. Esquema de una planta de evaporación de lixiviados

Fuente: [SEDU].

La precipitación química consiste en añadir agentes coagulantes y floculantes, como cal, alúmina, cloruro de hierro (III), etc., para potenciar la decantación de los sólidos en suspensión. De esta forma se logra reducir una pequeña parte de la DQO, los sólidos en suspensión y el color. Para este caso, sería necesario un disponer de un sistema de decantadores físico-químicos.

La oxidación química [GUTIÉRREZ] consiste en la adición de agentes oxidantes para degradar los compuestos orgánicos presentes en los lixiviados. Este método puede lograr reducir la DQO hasta un 50%. Se pueden utilizar distintos tipos de oxidantes, como por ejemplo permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ), dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) o agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

La adsorción con carbón activado [MÉNDEZ] consiste en filtrar el lixiviado con un filtro que tiene un lecho de carbón activo que retiene las sustancias contaminantes. El grado de depuración de este método es muy bueno, pero también es un sistema costoso.



La ósmosis inversa consiste en filtrar el líquido a través de membranas bajo el efecto de diferencia de presiones. Este tratamiento se suele emplear como paso secundario de procesos combinados, normalmente entre biológicos y físico-químicos.

La recirculación del lixiviado hacia el interior del vertedero es una combinación de algún método de tratamiento anterior. La recirculación se basa en utilizar el propio vertedero como reactor biológico [DINIS]. Los lixiviados se tratan en el exterior para reducir su toxicidad y su carga orgánica. Los métodos comunes de tratamiento son el que proporcionan las lagunas aerobias o la depuración aerobia con fangos activados. La mayor parte del lixiviado se vuelve a introducir en el interior del vertedero a través de una red de conducciones especialmente diseñada para esto. Este método tiene como ventaja su bajo coste y que acelera la descomposición de los residuos debido al aumento de la humedad que contienen.

### **8.2.1. Ejemplos de plantas de tratamiento de lixiviados en vertederos**

La comunidad de Extremadura gestiona a través de GESPEA, entre otras instalaciones de gestión de RSU, tres estaciones de tratamiento de lixiviados [GESPEA] en las plantas de Mérida, Mirabel y Talarrubias. Las tres plantas utilizan sistemas diferentes para eliminar los lixiviados, pero están basados en los métodos que se han citado anteriormente.

La planta de Mérida es capaz de tratar 10.000 m<sup>3</sup>/año (27,4 m<sup>3</sup>/día) de lixiviados y gestiona los que genera el Ecoparque de Mérida. El método de gestión de lixiviado consiste en la evaporación del lixiviado y posterior inertización del concentrado. La planta tiene varios módulos de evaporación que ponen en contacto el lixiviado con aire poco saturado, que es impulsado por un equipo motoventilador, consiguiendo reducir el volumen del lixiviado al 2% del volumen inicial.

El evaporado contiene una mínima parte de sustancias que están por debajo del límite legal, con lo que es factible su emisión a la atmósfera. El concentrado que se obtiene es un lodo que se procede a inertizar para depositarlo en el vertedero. La inertización del concentrado consiste en la adición de reactivos en polvo, como cal, cementos y sepiolita, para dar un producto sólido e insoluble.

La planta de Mirabel utiliza un proceso de evaporación térmica combinada con un proceso biológico. Se utiliza agua a ebullición como fluido calefactor para evaporar los lixiviados. El fluido calefactor es un circuito cerrado y no entra en contacto con los residuos. Las calderas utilizan como combustible biomasa, gasoil o gas natural indistintamente. La alimentación del lixiviado es en continuo desde la balsa de lixiviados.



El líquido evaporado ve reducido considerablemente su carga contaminante, pero no es suficiente. El evaporado se condensa en el condensador, que está refrigerado por un circuito cerrado de agua con torre de refrigeración. El condensado, con escaso material biodegradable, recibe un tratamiento biológico aerobio y anaerobio en dos fases. El efluente líquido es apto para suplir las pérdidas del circuito de refrigeración o para ser vertido al alcantarillado. Los concentrados y lodos se inertizan añadiendo óxido de cal y cemento.

La planta de Talarrubias utiliza un proceso biológico aerobio y anaerobio en tanques de mezcla completa bajo presión, y termina con un tratamiento de ósmosis inversa. A la salida del tratamiento biológico, la separación de la biomasa se hace por ultrafiltración, cuyo rendimiento de eliminación en este punto es superior al 80% y es capaz de filtrar 18 m<sup>3</sup>/día. La alimentación del lixiviado se hace mezclándolo con la recirculación de la biomasa recuperada en la operación de ultrafiltración. El oxígeno necesario para la parte aerobia se aporta inyectando aire a presión, de esta manera también ayuda a mantener la presión de operación necesaria. El efluente de salida de la ultrafiltración se le aplica un tratamiento de ósmosis inversa.

La Entitat Metropolitana de Barcelona-Entitat del Medi Ambient, es una empresa pública del ayuntamiento de Barcelona. Entre otras competencias, tiene la de gestión de residuos de Barcelona. L'Entitat es responsable de la gestión del vertedero controlado de la Vall d'en Joan (Garraf) y del Ecoparque 2 de Montcada y Reixac.

El depósito controlado de la Vall d'en Joan (Garraf) [EMA-AMB, 2003] (figura 8.9) entró en funcionamiento en el año 1974, y su clausura está prevista para diciembre de 2006. Tiene una superficie aproximada de 70 hectáreas, y produce un caudal medio de lixiviados de 50 m<sup>3</sup>/día. Para tratar los lixiviados tienen una planta piloto que combina un proceso biológico, ultrafiltración y nanofiltración.

El proceso biológico consiste en un reactor biológico de nitrificación y otro de desnitrificación. El efluente del proceso biológico, aún con carga orgánica y coloración oscura, entra en la etapa de ultrafiltración. En esta etapa el lixiviado pierde parte del color y el olor del lixiviado original. En la etapa de nanofiltración, el efluente final sale prácticamente transparente y con muy poco olor. El destino final del efluente de la nanofiltración es el alcantarillado público.





Fig. 8.9. Depósito controlado de la Vall d'en Joan (Garraf)

Fuente: [EMA-AMB, 2003].

El Ecoparque 2 de Montcada y Reixac [EMA-AMB, 2004] gestiona en su depuradora los lixiviados que genera la planta y los líquidos resultantes del proceso de metanización de los residuos. El proceso de depuración no es tan sofisticado como el del depósito de la Vall d'en Joan.

El proceso biológico es el mismo, reactor biológico de nitrificación y desnitrificación. La diferencia del tratamiento está en que tiene etapa de ultrafiltración pero no de nanofiltración. Al no disponer de nanofiltrado, el efluente que sale de la ultrafiltración aún conserva un cierto grado de coloración y olor del lixiviado original. El destino del lixiviado tratado es la red de alcantarillado público.

### 8.2.2. Criterios para la elección del tipo de tratamiento

Los tratamientos se pueden realizar tanto in-situ como off-site. La elección del método dependerá de estudios basados en la fiabilidad del tratamiento, en la producción de lixiviados, de aspectos económicos, de aspectos técnicos y de la cercanía de las estaciones depuradoras existentes.

Los tratamientos físico-químicos son más caros de explotar que los biológicos, pero producen resultados similares o mejores, requieren instalaciones más pequeñas y sencillas y tienen menor sensibilidad a las variaciones de las condiciones del medio. El mejor tratamiento para los lixiviados de un vertedero, suele ser una combinación de dos o tres tratamientos de los que se han citado.



A nivel de laboratorio se han realizado muchos ensayos para tratar los lixiviados, bastantes más de los que se han citado en estos apartados. Sin embargo, se ha comentado el principio de los más habituales. La tabla 8.5 muestra una lista extensa de procesos utilizados para tratar lixiviados, cual es su aplicación y comentarios sobre el tratamiento. La tabla 8.6 muestra un resumen de la eficacia de de algunos métodos en función de la edad del lixiviado.

Tabla 8.5. Alternativas de tratamiento de lixiviados.

Proceso de tratamiento	Aplicación	Comentarios
Procesos biológicos		
Carbón activado	Eliminación de orgánicos en lixiviados	Pueden ser necesarios aditivos antiespumantes. Se necesita un clarificador separado
Secuencia de reactores batch	Eliminación de orgánicos	Parecido al carbón activado, pero no necesita clarificador separado. Aplicable sólo para caudales pequeños.
Tanque de estabilización aireado	Eliminación de orgánicos	Requiere grandes superficies de terreno
Procesos de película fija (filtros de goteo, contactores biológicos rotativos)	Eliminación de orgánicos	Frecuentemente usados en efluentes industriales parecidos a los lixiviados, pero no se ha probado en lixiviados de vertedero
Contactores y lagunaje anaeróbicos	Eliminación de orgánicos	Menores requerimiento de potencia y producción de lodos. Requiere calentamiento. Mayor potencial para procesos inestables. Más lento que los sistemas aeróbicos
Nitrificación / desnitrificación	Eliminación de nitrógeno	Se puede utilizar simultáneamente con procesos de eliminación de orgánicos





Tabla 8.5. (Continuación). Alternativas de tratamiento de lixiviados.

Proceso de tratamiento	Aplicación	Comentarios
Procesos físico-químicos		
Sedimentación/flotación	Eliminación de materia en suspensión	Tiene aplicabilidad limitada si se usa solo. Puede utilizarse en conjunción de otros procesos de tratamiento
Filtración	Eliminación de materia en suspensión	Útil solo como etapa de purificación
Air stripping	Eliminación de amoníaco y compuestos orgánicos volátiles	Puede requerir equipamiento para controlar la contaminación del aire
Steam stripping	Eliminación de compuestos orgánicos volátiles	Coste energético elevado. El vapor condensado requiere un tratamiento posterior
Adsorción	Eliminación de orgánicos	Tecnología en pruebas. Coste variable en función del lixiviado
Intercambio iónico	Eliminación de sales inorgánicas disueltas	Útil solo como etapa de purificación
Ultrafiltración	Eliminación de bacterias y orgánicos con elevado peso molecular	Susceptible a embozarse. Limitada aplicación a lixiviados
Ósmosis inversa	Diluye soluciones de sales inorgánicas	Costoso. Requiere de un pretratamiento extensivo
Neutralización	Control del pH	De limitada aplicabilidad a la mayoría de lixiviados
Precipitación	Eliminación de metales y algunos aniones	Produce lodos, posiblemente sea necesario tratarlos como residuos peligrosos
Oxidación	Eliminación de orgánicos. Destoxificación de algunas especies inorgánicas	Funciona mejor con corrientes de rechazo diluidas. Si se añade cloro, pueden formarse hidrocarburos clorados
Evaporación	Donde el vertido de lixiviados no está permitido	El lodo resultante puede ser peligroso. Puede ser costoso excepto en zonas áridas
Oxidación de aire húmedo	Eliminación de orgánicos	Costoso. Funciona bien con orgánicos resistentes a la temperatura

Fuente: adaptado de [TCHOBANOGLOUS, 2002].



Tabla 8.6. Eficacia de distintos tratamientos de lixiviados.

Tipo de lixiviado	Biodegradable	Maduro	Estabilizado
DBO/DQO	> 0,3	0,1 – 0,3	< 0,1
pH	< 6,5	6,5 – 7,5	> 7,5
DQO [mg/l]	> 10.000	< 10.000	< 5.000
DQO/COT*	< 2,7	2,0 – 2,7	< 2,0
AGV* (%COT*)	70 - 90	20 - 30	5
Tratamientos	Eficacia (Buena > Favorable > Pobre)		
Biológicos	Buena	Favorable	Pobre
Precipitación química	Favorable-Pobre	Favorable	Pobre
Oxidación química	Favorable-Pobre	Favorable	Buena
Carbón activado	Favorable-Pobre	Buena-Favorable	Buena
Coagulación	Favorable-Pobre	Buena-Favorable	Buena
Ósmosis inversa	Favorable	Buena	Buena

\* AGV: Ácidos grasos volátiles. COT: Carbono orgánico total.

Fuente: Adaptado de [BAUTISTA].

La posibilidad de utilizar el vertedero como reactor biológico una vez esté sellado, no es factible porque no se dispone de la red de tubería de recirculación y recolección de lixiviados en el interior del vertedero. Medioambientalmente tampoco es el más indicado, porque el vertedero se construyó en el año 1992. La normativa de la época no era tan exigente como la actual, y en el tema de lixiviados, el vertedero ofrece menos garantías de estanqueidad.

En las regiones donde el balance hídrico es positivo, es decir, en las regiones donde hay mucha precipitación, no es recomendado la utilización de sistemas de eliminación basados en evaporación natural o en lagunaje profundo, ya que la precipitación aporta mucha más agua de la que se pierde por evaporación.

Sin embargo, se puede estudiar la ventilación forzada, ya sea con transferencia térmica o sin. El vertedero no dispone de sistemas de recolección de biogás que permita utilizarlo como combustible. Existen otros tipos de combustible, distintos de los convencionales, que proceden de la revalorización de residuos y que ofrece utilizar biomasa como combustible. En este último caso puede resultar interesante estudiar su viabilidad si se dispone de una fuente estable de dicho combustible. También existe la posibilidad de evaporar mediante ventilación forzada sin transferencia térmica, utilizando combustible tradicional o electricidad.



Algunos tratamientos físico-químicos, como la precipitación o la oxidación química, por si solos no tienen suficiente rendimiento y se utilizan combinados con tratamientos biológicos o con ósmosis inversa. Por otro lado, la adsorción con carbón activo ofrece buenos resultados pero es un tratamiento costoso.

La alternativa restante es utilizar un tratamiento biológico en combinación con otros físico-químicos. Esta alternativa la ofrecen las depuradoras de aguas residuales o industriales. Consiste en la depuración biológica con fangos activados comentado anteriormente. Utiliza un tratamiento físico-químico de coagulación-floculación en el decantador primario, un reactor biológico de fangos activados y un decantador secundario. Es posible encadenar otros tratamientos a la salida del decantador secundario para mejorar la eficacia del tratamiento.

### **8.3. Gestión de lixiviados de la planta de transferencia**

#### **8.3.1. Fuentes generadoras de lixiviados**

La planta de transferencia teóricamente no vierte lixiviados descontrolados, porque trabaja con contenedores cerrados y herméticos. Los lixiviados que se pueden generar en el camión recolector son transferidos a la tolva y luego al compactador. Al compactar los RSU se generan más lixiviados en el interior del compactador, que son igualmente transferidos al contenedor. A la práctica, en las operaciones de ensamblaje y desensamblaje de contenedores y en la operación de descarga del vehículo recolector, pueden escurrirse pequeñas cantidades de lixiviado. Estos pequeños vertidos, o bien se evaporan, o bien se recogen en las redes de drenaje, cuya función es esa.

Las operaciones de limpieza de los equipos también genera agua contaminada, que por concepto se consideran lixiviados, pero con una carga orgánica inferior. La lluvia también se considera una fuente generadora de lixiviado, pues el agua que entra en contacto con la maquinaria que está en contacto con los RSU queda contaminada.

El verdadero productor de lixiviados es el propio vertedero. Las cantidades son tales que hacen despreciables las cantidades de lixiviados generados por la planta de transferencia. Por otra parte, no se debe olvidar que el agua de lluvia mezclada con lixiviados se considera lixiviado. Si se aplica esta premisa, hay otro foco de producción de lixiviados, las balsas de retención, aireación y evaporación de lixiviados. En el vertedero hay dos balsas, cuya superficie total es significativamente inferior a la de la superficie del vaso del vertedero, razón por la que el volumen de lixiviados generados de esta manera es poco importante respecto el que genera el propio vertedero.



### 8.3.2. Generación de lixiviados de la planta de transferencia

La planta de transferencia va a generar poca cantidad de lixiviados. Se consideran lixiviados todos los líquidos recogidos por las redes de drenaje cercanas a la zona de transferencia. Las aguas de lavado de equipos que estén en contacto con los RSU, tales como camiones, contenedores, compactador, etc., también se consideran lixiviados. Aunque toda esta cantidad de agua se considera lixiviado, éste tiene una carga orgánica menor que los lixiviados del vertedero y es menos contaminante.

El agua procedente de las precipitaciones que cae encima del equipo de transferencia y en sus proximidades, también se consideran lixiviados. Esto se traduce en una superficie de unos 100 m<sup>2</sup>, que va a generar un volumen de lixiviados que depende de la precipitación local.

El suelo de la planta debe tener pendientes variables, de forma que el agua que precipite sobre ella no pueda salirse del recinto y contamine los alrededores, e igualmente, el agua no contaminada se evacue sin que entre en contacto con el agua contaminada. El sistema de drenaje deberá ser capaz de absorber toda el agua que caiga sobre el recinto sin que este se convierta en una balsa y el agua se escape al exterior del recinto. Para esto deben tenerse en cuenta los datos históricos de precipitación local en forma de litros por minuto y metro cuadrado (l/min/m<sup>2</sup>).

El volumen de lixiviados generados por la lluvia se puede calcular a partir del histórico de precipitación mensual. Las necesidades de agua de lavado es difícil de estimar, pero va a ser una parte muy pequeña en comparación con los lixiviados que generará la lluvia. La tabla 8.7 muestra la cantidad de lixiviados que se generaría considerando la precipitación media de los años 1961-1990, y una superficie de drenado de lixiviados de 100 m<sup>2</sup>.

Tabla 8.7. Generación de lixiviados debido a la precipitación.

<b>Generación de lixiviados [m<sup>3</sup>], según precipitación media 1961-1990</b>							
<b>Origen</b>	<b>Total anual</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>
Caudal lixiviados	<b>87,0</b>	6,3	6,2	5,5	7,4	10,3	8,2

<b>Generación de lixiviados [m<sup>3</sup>], según precipitación media 1961-1990</b>						
<b>Origen</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
Caudal lixiviados	5,4	6,1	7,9	7,9	9,2	6,6

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la tabla 6.12.



La frecuencia de lavado de la maquinaria que está en contacto directo con los RSU es muy flexible. Para el caso de los contenedores de recogida de RSU en acera, sus condiciones higiénicas dependen de la frecuencia de lavado, del tipo de lavado y de la maquinaria utilizada para lavar.

Se puede conseguir un nivel de limpieza óptimo haciendo un lavado del interior del contenedor cada siete días y uno del exterior cada 15 días [MARTÍNEZ]. A la práctica, esta frecuencia se ve reducida por razones técnicas, por no disponer de la maquinaria adecuada o por no disponer de dotaciones económicas para hacer frente al costo que supone.

Para calcular las necesidades de agua de lavado, se parte de la hipótesis que la limpieza será óptima. Las necesidades de limpieza de la maquinaria de la planta de transferencia serán parecidas a la de los contenedores de acera. Es decir, se programa una limpieza exterior semanal de la maquinaria que está en contacto con los RSU.

Se considera que se utiliza el equipo de lavado que ya dispone el vertedero. La máquina en si es una Karcher HDS Super 1025-341, capaz de aportar un caudal máximo de 900 litros por hora. Se toma como promedio un tiempo de 10 minutos, durante el cual el equipo de lavado bombea agua en su máximo caudal. La frecuencia de lavado de los camiones y contenedores es de una vez a la semana. La tabla 8.8 muestra los parámetros considerados para calcular el consumo de agua de las operaciones de lavado.

Tabla 8.8. Consumo de agua debido a la limpieza de equipos.

<b>Consumo de agua debido a lavados</b>	
Cantidad de camiones recolectores de RSU a limpiar	5
Cantidad de camiones pluma a limpiar	1
Cantidad de contenedores cerrados a limpiar	2
Camión + semirremolque transferencia RSU a limpiar	1
Nº de lavados de cada equipo a la semana	1
Tiempo medio por lavado [minuto]	10
Caudal de agua máximo [l/minuto]	15
Cantidad de agua consumida al mes (4 semanas) [litro]	5.400

Fuente: elaboración propia.

Estos cálculos indican que se gastarán unos 5,4 m<sup>3</sup> de agua al mes en conceptos de limpieza. Esta cantidad se redondea al alza hasta los 6 m<sup>3</sup>, en concepto de otras operaciones de lavado no previstas.



La tabla 8.9 muestra la generación total de lixiviados de la planta de transferencia. La cantidad total corresponde a la suma de los lixiviados generados por la lluvia más los lixiviados generados por las operaciones de lavado. La precipitación es una variable que puede hacer crecer el volumen de lixiviado significativamente, especialmente en años muy lluviosos, como el 2003, que la precipitación anual fue casi un 30% superior a la media considerada.

Tabla 8.9. Generación total de lixiviados de la planta de transferencia.

<b>Generación de lixiviados [m<sup>3</sup>], según precipitación media 1961-1990</b>							
<b>Origen</b>	<b>Total</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>
Lluvia	<b>87,0</b>	6,3	6,2	5,5	7,4	10,3	8,2
Lavados	<b>72,0</b>	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
<b>Total</b>	<b>159,0</b>	12,3	12,2	11,5	13,4	16,3	14,2

<b>Generación de lixiviados [m<sup>3</sup>], según precipitación media 1961-1990</b>						
<b>Origen</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
Lluvia	5,4	6,1	7,9	7,9	9,2	6,6
Lavado	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
<b>Total</b>	11,4	12,1	13,9	13,9	15,2	12,6

Fuente: elaboración propia a partir de datos de las tablas 8.7 y 8.8.

Se puede utilizar un depósito soterrado de 30 m<sup>3</sup> para almacenar todos estos lixiviados de baja carga orgánica. De esta forma, se aprovecha la capacidad máxima de los camiones cisternas más grandes, que suele estar entre 20 y 25 m<sup>3</sup>. Al mismo tiempo, también se logra reducir el coste asociado al transporte, ya que se minimiza el número de viajes a la depuradora.

### 8.3.3. Eliminación de los lixiviados de la planta de transferencia

Actualmente, la única alternativa posible es tratar estos residuos en la depuradora más cercana, que está ubicada en Barbastro, a unos 70 km. En un futuro, si se construye una planta de tratamiento de lixiviados in situ, los que genere la planta de transferencia también podrán tratarse junto a los que genera el vertedero. Este residuo se transportará a la depuradora de Barbastro por carretera, mediante cisternas con capacidad de 20 a 25 m<sup>3</sup>.

El coste del transporte del gran volumen de lixiviados que genera el vertedero a la depuradora, durante de por vida, es una razón de peso para instalar algún tratamiento in situ. La elección del mejor tratamiento depende de muchos factores, tanto técnicos como económicos.



Según la Lista Europea de Residuos, los lixiviados de vertederos tienen el código de residuo 19 07 xx. Estos lixiviados deberán ser analizados para comprobar su toxicidad, y comprobar si le es aplicable la Directiva 91/689/CEE sobre residuos peligrosos. Si los parámetros permiten clasificarlo como lixiviado de vertedero no peligroso, el código de la lista Europea de Residuos es 19 07 03, y podrán tratarse en la depuradora. Si por el contrario, se clasifica como lixiviado de vertedero peligroso, el código es 19 07 02, y deberá ser eliminado según las pautas de la Directiva de Residuos Peligrosos. El caso esperado es que los lixiviados no sean considerados peligrosos.

#### **8.4. Generación y tratamiento de aguas negras**

Las aguas negras son originadas en los desagües de tipo doméstico. Estas se generan en el edificio de oficinas que hay en la entrada del vertedero. El segundo foco generador será el nuevo edificio dedicado a oficinas, vestuario y comedor. La cantidad total de aguas negras dependerá de la cantidad de personas que trabajen en la zona.

A falta de una red de alcantarillado, hay dos alternativas posibles para tratar estos residuos. La primera posibilidad es colocar una depuradora biológica prefabricada, o algún sistema similar. El principio de funcionamiento es el mismo de una depuradora biológica, pero más compacta y dimensionada a las necesidades de los caudales domésticos. Los afluentes tienen baja carga contaminante y pueden ser vertidos al ambiente, mediante una red de drenaje, o puede ser reutilizada, como agua de riego u otros usos que no requieran agua directa de la red.

La segunda alternativa es utilizar una fosa séptica para ir acumulando los desagües hasta que se llena. La operación de vaciado depende de la capacidad de la fosa y de la cantidad de agua residual generada. Las capacidades de las fosas sépticas no suelen ser muy grandes. Los residuos también reciben un mínimo tratamiento biológico, que logra una ligera disminución de la carga orgánica. Estos residuos se deben transportar y tratar en las depuradoras urbanas.

Las aguas negras y los lixiviados pueden ser tratados con el mismo sistema biológico. Es decir, si en un futuro se implanta un tratamiento biológico in-situ para los lixiviados, el mismo tratamiento será capaz de eliminar las aguas negras. En términos económicos, las fosas sépticas son más económicas que las depuradoras biológicas domésticas. A la larga, si se implanta el tratamiento biológico in-situ, la depuradora doméstica no es estrictamente necesaria y su coste operacional se puede ahorrar. Considerando este punto de vista, se propone utilizar una fosa séptica para acumular las aguas negras, y transportarlas a la depuradora de Barbastro para tratarlas.



## 8.5. Impacto ambiental

### 8.5.1. Contaminación ambiental

A pesar de contar con balsas, canalizaciones y otros medios de control, en la mayoría de vertederos es inevitable que pequeños caudales de lixiviados se filtre en el terreno y contamine el medio ambiente. Aún existiendo los dispositivos de control y almacenamiento de lixiviados, otra causa de vertido descontrolado de lixiviados es debido a fugas y al desbordamiento de las balsas por la lluvia.

La contaminación ambiental que pueda provocar la planta de transferencia, debido a algún fallo, fugas o desbordamientos en el sistema de drenaje de lixiviados o en la red de recolección de aguas negras, se traduce en una posible contaminación del suelo y acuíferos cercanos. La probabilidad de que esto ocurra es bastante baja, siempre y cuando se tomen las medidas mencionadas en los apartados anteriores.

Debido a que las velocidades de migración de los contaminantes en el suelo suelen ser muy lentas, después de varios años del inicio del vertido, aparece algún tipo de impacto ambiental, atribuible al vertido. Es de esperar que en algún momento el vertido pueda afectar a acuíferos subterráneos o aguas superficiales, tales como ríos, arroyos, embalses, etc. Es recomendable implantar un sistema de monitorización ambiental, para comprobar la no contaminación del entorno y para detectar lo antes posible fugas u otros problemas capaces de contaminarlo. Este control medioambiental puede consistir en la instalación de un piezómetro en la parte inferior del vertedero.

### 8.5.2. Contaminación sonora

La planta de transferencia se puede considerar que genera ruido en los momentos de actividad. La intensidad del ruido se muestra en las tablas 8.10 y 8.11. Estos valores corresponden al compactador modelo CE-250, y son los que declara el fabricante Ros Roca.

La medida del ruido del compactador CE-250 se efectuó en funcionamiento en vacío y al aire libre, con un ruido ambiente de 51 dB con un sonómetro *BRUEL – KJAER* tipo 2232 clase 1 y en modo *SLOW*, a una altura de 1,5 metros respecto al suelo y a distancias de 1 y 7 metros.

El sonómetro de precisión tipo 2232 cumple con la normativa IEC 651 tipo 1, DIN 45 633 parte 1 y ANSI S 1.4 tipo S1 A. El aparato ha sido calibrado antes de la medida por una fuente patrón de 90 dBA. Los valores indicados corresponden al nivel acústico cuando se realiza un ciclo en diferentes casos:





- 1.- Con el grupo hidráulico en marcha y la prensa parada.
- 2.- Con el grupo hidráulico en marcha y la prensa en marcha.
- 3.- Con la prensa en marcha y considerando los picos de cambio de cilindro.

Tabla 8.10. Medición del ruido tomada a 1 metro.

MEDICIÓN	CASO 1	CASO 2	CASO 3
A1	67,1 dB	76,3 dB	81,2 dB
B1	66,1 dB	75,1 dB	80,2 dB
C1	66,2 dB	74,3 dB	79,6 dB
D1	63,0 dB	74,4 dB	79,4 dB

Fuente: [ROS ROCA].

Tabla 8.11. Medición del ruido tomada a 7 metros.

MEDICIÓN	CASO 1	CASO 2	CASO 3
A7	62,1 dB	67,3 dB	72,2 dB
B7	61,2 dB	66,4 dB	71,5 dB
C7	60,7 dB	66,1 dB	71,0 dB
D7	55,8 dB	66,2 dB	71,2 dB

Fuente: [ROS ROCA].

### 8.5.3. Impacto paisajístico

La planta de transferencia está ubicada en el recinto del mismo vertedero. El vertedero está alejado 6 kilómetros del núcleo urbano de Ainsa, y además, también está apartado de la nueva carretera. De esta forma, para acceder a él es necesario desviarse por la antigua carretera.

Dentro del vertedero, se propone ubicar la planta en una explanada libre de masa forestal. Sin embargo, puede ser necesaria la tala de algunos árboles para acondicionar el lugar y el acceso. El incremento de la actividad de la zona, debido al tráfico de vehículos pesados, a ruidos, vibraciones, olores, etc., tampoco pone en peligro el hábitat natural de especies que puedan estar protegidas.



La superficie que ocupa la planta es muy pequeña en comparación a la que ocupa el propio vertedero. La planta de transferencia tiene una cota a nivel de suelo equiparable a cualquier obra civil, y no destaca por tener construcciones de grandes alturas. Se puede afirmar que el impacto paisajístico de la planta de transferencia es bajo.



## 9. Estimaciones logísticas

### 9.1. Transporte de RSU

Utilizando las mismas condiciones que se han considerado para el dimensionado, la estimación a nivel de logística, debido al camión que hace el transporte de los RSU de la planta de transferencia al vertedero de Barbastro, es la que se describe a continuación. Se han utilizado varias hipótesis para estimar el número y frecuencia de viajes mensuales:

- La producción mensual de RSU: la misma que la del 2004.
- Distancia entre el vertedero de Barbastro y la planta de transferencia: unos 70 km.
- Precio del gasoil constante a lo largo del año: 1.10 €/l.
- Tara del contenedor de 39 m<sup>3</sup>: 4.840 kg.
- Tara del semirremolque CAYVOL SRMV-30/84: 8.025 kg.
- Tara tractora: 7.000 kg.
- Tara del conjunto tractora-semirremolque-contenedor: 19.865 kg.
- Carga útil máxima: 20.135 kg. Un contenedor de 39 m<sup>3</sup> puede llevar como mucho 20.135 kg.
- Siempre se transportan contenedores llenos (20.000 kg de RSU).

Tabla 9.1. Estimación del número y la frecuencia de viajes al vertedero de Barbastro.

Viajes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Nº de viajes/mes	11	10	12	16	13	16
Frecuencia (días entre viajes)	2 - 3	2 - 3	2 - 3	1 - 2	2 - 3	1 - 2

Viajes	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Nº de viajes/mes	28	40	17	15	13	13
Frecuencia (días entre viajes)	1 - 2	0 - 1	1 - 2	2 - 3	2 - 3	2 - 3

Fuente: elaboración propia.



Tabla 9.2. Costes y tiempo invertido en cada viaje.

Concepto	Estimación
Tiempo por viaje (ir y volver)	2,5 h
Consumo [l/km]	0,40
Coste del combustible por viaje (ir y volver)	62 €

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9.3. Estimaciones logísticas anuales debido al transporte de RSU.

Concepto	Estimación
Total de viajes (un viaje = ir y volver)	204 viajes
Total de kilómetros (un viaje = 140 km)	28.560 km
Total de horas invertidas (un viaje = 2,5 h)	510 h
Coste total del combustible	12.566 €
Total de kg RSU transportados	4.072.450 kg
Coste total del conductor si está a nómina (a 12 €/h)	18.000 €
Coste total del conductor si está "al enganche" (a 36 €/h)	18.360 €
Coste total debido al transporte con conductor a nómina	30.566 € (7,51 €/t RSU)
Coste total debido al transporte con conductor "al enganche"	18.360 € ( 4,51 €/t RSU)

Fuente: elaboración propia a partir de datos de las tablas 9.1 y 9.2.

## 9.2. Transporte de lixiviados de la planta de transferencia

Las necesidades logísticas para transportar los lixiviados generados por la planta de transferencia se calculan en base a la pluviometría media de los años 1961-1990. Las hipótesis de transporte son las siguientes:

- La producción mensual de lixiviados es la descrita en el apartado 8.3.2.
- Se utilizarán cisternas de gran capacidad, de 20-25 m<sup>3</sup>.
- Siempre se transportan cisternas llenas (20-25 m<sup>3</sup>).

Una cisterna de 20 m<sup>3</sup> realizaría ocho viajes al año para transportar los 159 m<sup>3</sup> de lixiviados, mientras que, una de 25 m<sup>3</sup> necesitaría un viaje menos. La frecuencia de los viajes sería bimensual, excepto para los meses de mayor precipitación, donde serían necesarios hacer un trayecto adicional.



Para esta frecuencia de viajes, lo más rentable es alquilar a una agencia de transportes para que traslade los lixiviados a la depuradora. El precio de cada viaje dependerá del acuerdo a que se llegue. El servicio incluye tanto la carga y descarga del residuo, como el transporte del lixiviado al lugar de destino. La empresa contratada cubre con todos los gastos de transporte.

### 9.3. Transporte de lixiviados del vertedero

Las necesidades logísticas para el transporte de lixiviados de vertedero se calculan a partir de la precipitación local. Dicha cantidad se obtiene al considerar que el 30% de la precipitación se convierte en lixiviado. Se utiliza como base de cálculo los datos de precipitación media mensual de 1961-1990. La tabla 9.4 muestra los caudales de lixiviados y el número de viajes que debería hacer cada mes un camión con una cisterna de 20 o 25 m<sup>3</sup>. La superficie del vertedero es de 2 hectáreas.

Tabla 9.4. Generación de lixiviados y frecuencia de viajes a la depuradora.

Concepto	Total	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Total días	365	31	28	31	30	31	30
Precipitación media 1961-1990 [l/m <sup>2</sup> ]	870,4	63,2	62,3	54,9	73,9	103,3	81,7
Lixiviados [l/m <sup>2</sup> ]	261,1	19,0	18,7	16,5	22,2	31,0	24,5
Lixiviados [m <sup>3</sup> ]	5.222	379,2	373,8	329,4	443,4	619,8	490,2
Lixiviados [m <sup>3</sup> /día]	14,3	12,2	13,4	10,6	14,8	20,0	16,3
Viajes al mes (cisterna 25 m <sup>3</sup> )	210	15	15	13	18	25	20
Viajes al mes (cisterna 20 m <sup>3</sup> )	261	19	19	16	22	31	25

Concepto	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Total días	31	31	30	31	30	31
Precipitación media 1961-1990 [l/m <sup>2</sup> ]	53,9	60,6	79,3	79,4	91,5	66,4
Lixiviados [l/m <sup>2</sup> ]	16,2	18,2	23,8	23,8	27,5	19,9
Lixiviados [m <sup>3</sup> ]	323,4	363,6	475,8	476,4	549	398,4
Lixiviados [m <sup>3</sup> /día]	10,4	11,7	15,9	15,4	18,3	12,9
Viajes al mes (cisterna 25 m <sup>3</sup> )	13	15	19	19	22	16
Viajes al mes (cisterna 20 m <sup>3</sup> )	16	18	24	24	27	20

Fuente: elaboración propia.



Se puede observar en la tabla 9.4 que la producción media de lixiviados es de 14,3 m<sup>3</sup>/día, y que oscila a lo largo del año entre 10,4 y 20,0 m<sup>3</sup>/día. Con estos caudales de lixiviados, en promedio, sería necesario un viaje a la depuradora cada uno o dos días. Esta frecuencia de viajes justifica adquirir una cisterna para el transporte de lixiviados.

La diferencia en el número de viajes al usar una cisterna de 20 ó 25 m<sup>3</sup> es significativa, ya que la cisterna de 20 m<sup>3</sup> necesita un 24% más de viajes que la de 25 m<sup>3</sup>. El hecho de utilizar cisternas de 25.000 kg de carga útil (25 m<sup>3</sup>), llenas al completo, supone un ahorro a tener en cuenta.

Se aplican las siguientes hipótesis para calcular los costos asociadas al transporte:

- El caudal medio de lixiviados a tratar es de 14,3 m<sup>3</sup>/día.
- Distancia entre la depuradora de Barbastro y la planta de transferencia: unos 70 km.
- Precio del gasoil constante a lo largo del año: 1.10 €/l.
- Una cisterna de 25 m<sup>3</sup> puede llevar como mucho 25.000 kg.
- Siempre se transportan cisternas de 25 m<sup>3</sup> llenas.
- Se dispone de una cisterna propia de 25 m<sup>3</sup>.

Tabla 9.5. Costes y tiempo invertido en cada viaje.

Concepto	Estimación
Tiempo por viaje (ir y volver)	2,5 h
Consumo [l/km]	0,40
Coste del combustible por viaje (ir y volver)	62 €

Fuente: elaboración propia.



Tabla 9.6. Estimaciones logísticas anuales debido al transporte de lixiviados.

Concepto	Estimación
Total de viajes (un viaje = ir y volver)	210 viajes
Total de kilómetros (un viaje = 140 km)	29.400 km
Total de horas invertidas (un viaje = 2,5 h)	525 h
Coste total del combustible	12.936 €
Total de kg RSU transportados	5.222 m <sup>3</sup>
Coste total del conductor si está a nómina (a 12 €/h)	18.000 €
Coste total del conductor si está "al enganche" (a 36 €/h)	18.900 €
Coste total debido al transporte con conductor a nómina	30.936 € (5,92 €/m <sup>3</sup> )
Coste total debido al transporte con conductor "al enganche"	18.900 € (3,62 €/m <sup>3</sup> )

Fuente: elaboración propia partir de datos de las tablas 9.4 y 9.5.

Para saber el coste real del tratamiento de los lixiviados, es necesario añadirle el coste de operación de la instalación que los trata al coste de transporte de lixiviados de la tabla 9.6. El coste anual que supone transportar los lixiviados a la depuradora es, a pocos años vista, mucho más caro que instalar un tratamiento de eliminación de lixiviados en el mismo vertedero.







## 10. Presupuesto

### 10.1. Presupuesto de la planta de transferencia

Para calcular el coste de algunas partidas de la obra civil se ha utilizado el coste de referencia de la edificación del año 2006 que publican distintos organismos relacionados con la construcción [COAG], [COAM], [MADRID]. El coste de la obra civil se estima en un 40% sobre el coste total de la planta de transferencia [ROS ROCA]. El coste de la cisterna de lixiviados y la fosa séptica se ha consultado en la tarifa oficial del fabricante [REMOSA]. El precio de la tractora se ha calculado a partir de datos del Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera [FOMENTO]. El precio del resto de maquinaria, como la planta de transferencia y los semirremolques, son los establecidos por los presupuestos de sus respectivos fabricantes.

<b>Obra civil</b>	<b>%</b>
<b>Ejecución material</b>	
Estudio geotécnico	1.500,00 € 0,2%
Movimientos de tierra	47.500,00 € 5,8%
Cimentación y muros de contención	28.000,00 € 3,4%
Drenajes	16.000,00 € 1,9%
Pavimentación	44.400,00 € 5,4%
Vallado	10.668,00 € 1,3%
Instalación de agua	8.000,00 € 1,0%
Instalación sanitaria	8.000,00 € 1,0%
Instalación contra incendios	2.000,00 € 0,2%
Instalación eléctrica, telefonía	20.000,00 € 2,4%
Señalización	12.400,00 € 1,5%
Equipamientos	13.600,00 € 1,6%
Cobertizo parking contenedores 230 m <sup>2</sup>	17.710,00 € 2,1%
Edificio oficinas 100 m <sup>2</sup> (coste edificación: 396 €/m <sup>2</sup> )	39.600,00 € 4,8%
Fosa séptica 10 m <sup>3</sup> "REMOSA DAF 10.000"	3.404,26 € 0,4%
Depósito almacenamiento aguas fecales	
Pack de accesorios	
Depósito soterrado 30 m <sup>3</sup> "REMOSA CHE 30 D2.5"	6.905,86 € 0,8%
Cisterna de poliéster reforzado de fibra de vidrio	
Pack de accesorios	
<b>Coste de la ejecución material</b>	<b>279.688,12 € 33,9%</b>
Gastos generales (13% sobre el coste de la ejecución material)	36.359,46 € 4,4%
Beneficio industrial (6% sobre el coste de la ejecución material)	16.781,29 € 2,0%



<b>Maquinaria</b>
-------------------

Planta transferencia "Ros Roca CE-250"	226.670,00 €
--	--------------

- 1 Compactador CE-250
- 1 Mesa única de traslación de 3 posiciones
- 1 Tolva de 20 m<sup>3</sup> útiles
- 1 Cortavientos
  - Anclajes y rodaduras
- 3 Contenedor cerrado 39 m<sup>3</sup>
  - Ingeniería
  - Dirección de obra
  - Montaje
  - Puesta en funcionamiento
  - Formación

Semirremolque "Cayvol SRMV - 30/84"	54.827,00 €
-------------------------------------	-------------

- 3 ejes
- Gancho autocargante
- Fuerza elevación 30 toneladas

Tractora	87.642,49 €
----------	-------------

- 400 caballos
- 2 ejes
- 2 ruedas direccionales y 4 motrices

<b>Totales</b>
----------------

Maquinaria	369.139,49 €
IVA (16%)	59.062,32 €
Total maquinaria	428.201,81 €

Obra civil	332.828,86 €
IVA (16%)	53.252,62 €
Total obra civil	386.081,48 €

Redacción del proyecto y dirección de la obra (4% del total de la obra civil)	15.443,26 €
--	-------------

Coste total planta de transferencia 829.726,55 € (obra civil + maquinaria + redacción del proyecto y dirección de la obra)
---



## 10.2. Coste del estudio de ingeniería de realización del proyecto de planta de transferencia

Concepto	Cantidad	Precio unitario	Total
<b>Descripción:</b>			
Estudio encargado por la comarca de Sobrarbe para la instalación de una planta de transferencia de RSU, motivado por la clausura inminente del vertedero controlado de Ainsa.			
<b>Desglose:</b>			
Hora de consultor	350	45 €/h	15.750,00 €
Dietas y desplazamientos	10	30 €/u	300,00 €
Otros gastos			70,00 €
		Subtotal	16.120,00 €
		IVA (16%)	2.579,20 €
		<b>Total</b>	<b>18.699,20 €</b>

## 10.3. Presupuesto “punto limpio básico”

Este presupuesto corresponde al punto limpio del tipo básico, y está basado en el que propone la fuente original [GENERALITAT, 2006]. Se parte de la hipótesis que ya se dispone del terreno adecuado, y solo es necesario movimientos de tierra para allanar el terreno.



Concepto	Coste
Movimientos de tierra	244,61 €
Cimentación y construcción de muros de contención	2.853,61 €
Drenajes	2.038,30 €
Pavimentación	11.006,78 €
Vallado	3.197,36 €
Instalación de riego y agua	1.514,54 €
Instalación contra incendios	489,19 €
Instalación eléctrica, iluminación con energía solar y telefonía*	10.118,26 €
Señalización	2.038,30 €
Equipamientos	8.153,16 €
<b>Total ejecución material</b>	<b>41.654,10 €</b>
Gastos generales (13%)	5.415,03 €
Beneficio industrial (6%)	2.499,25 €
<b>Coste obra civil</b>	<b>49.568,37 €</b>
IVA (16%)	7.930,94 €
<b>Total obra civil</b>	<b>57.499,31 €</b>
Estimación contenedores**	19.389,40 €
IVA (16%)	3.102,30 €
<b>Total contenedores</b>	<b>22.491,71 €</b>
<b>Total obra civil + contenedores</b>	<b>79.991,02 €</b>
Redacción del proyecto + dirección de la obra (4% sobre el coste de obra civil)	2.299,97 €
<b>Coste total del punto limpio básico</b>	<b>82.290,99 €</b>
<b>(Obra civil, contenedores, redacción del proyecto y dirección de la obra)</b>	

\*Este concepto incluye 5.998,10 € correspondientes a la instalación de energía solar fotovoltaica.

\*\*El coste estimado para los contenedores de residuos especiales es el siguiente:

- Contenedor para baterías: 283,8 €/unidad.
- Contenedor para aceites: 602 €/unidad.
- Contenedor para residuos especiales en pequeña cantidad: 812 € (4 cajas de 500 litros más 12 cajas de 60 litros).



## 10.4. Presupuesto “punto limpio tipo A”

Este presupuesto corresponde al punto limpio “tipo A”, y está basado en el que propone la fuente original [GENERALITAT, 2006]. Se parte de la hipótesis que ya se dispone del terreno adecuado, y solo es necesario movimientos de tierra para allanar el terreno.

Concepto	Coste
Movimientos de tierra	6.374,76 €
Cimentación y construcción de muros de contención	3.899,85 €
Drenajes	5.138,17 €
Pavimentación	24.058,43 €
Vallado	5.237,50 €
Instalación de riego y agua	2.191,02 €
Instalación contra incendios	474,86 €
Instalación eléctrica, iluminación con energía solar y telefonía*	27.241,49 €
Señalización	7.089,59 €
Jardinería	6.422,68 €
Equipamientos	9.700,39 €
<b>Total ejecución material</b>	<b>97.828,74 €</b>
Gastos generales (13%)	12.717,74 €
Beneficio industrial (6%)	5.869,72 €
<b>Coste obra civil</b>	<b>116.416,20 €</b>
IVA (16%)	18.626,59 €
<b>Total obra civil</b>	<b>135.042,80 €</b>
Estimación contenedores**	19.389,40 €
Báscula sin obra civil	2.548,03 €
Prensa o compactador	8.736,11 €
IVA (16%)	4.907,77 €
<b>Total contenedores + báscula + prensa o compactador</b>	<b>35.581,31 €</b>
<b>Total obra civil + contenedores + báscula + prensa</b>	<b>170.624,11 €</b>
Redacción del proyecto + dirección de la obra (4% sobre el coste de obra civil)	5.401,71 €
<b>Coste total del punto limpio “tipo A” (Obra civil, contenedores, redacción del proyecto y dirección de la obra)</b>	<b>176.025,82 €</b>



\*Este concepto incluye 16.141,73 € correspondientes a la instalación de energía solar fotovoltaica.

\*\*El coste estimado para los contenedores de residuos especiales es el siguiente:

- Contenedor para baterías: 283,8 €/unidad.
- Contenedor para aceites: 602 €/unidad.
- Contenedor para residuos especiales en pequeña cantidad: 812 € (4 cajas de 500 litros más 12 cajas de 60 litros).

## 10.5. Presupuesto “punto limpio móvil”

Este presupuesto corresponde al punto limpio móvil, y está basado en el que propone la fuente original [GENERALITAT, 2006]. El presupuesto del punto limpio móvil corresponde a la caja, y no incluye el camión necesario para su transporte.

Concepto	Coste
Punto limpio móvil “tipo contenedor autocargante”	27.500 €
IVA (16%)	4.400 €
<b>Total punto limpio “tipo contenedor autocargante”*</b>	<b>31.900 €</b>
Punto limpio móvil “tipo plataforma móvil”	60.931,03 €
IVA (16%)	9.748,97 €
<b>Total punto limpio móvil “tipo plataforma móvil”*</b>	<b>70.680 €</b>

\*Camión para transportar el punto limpio móvil no incluido.



## Conclusiones

La gestión de los residuos urbanos en la comarca de Sobrarbe no es un caso particular. La comarca, como otras zonas de montaña, presenta gran complejidad y es difícil plantear una solución óptima a un costo asequible para los entes locales. El hecho de ser una comarca pirenaica, el tener una geografía que propicia el distanciamiento, y carecer de una buena infraestructura de comunicación entre núcleos urbanos, junto con la poca densidad de población de éstos, hace que la gestión de los residuos sea, de lejos, la deseada si se compara con cualquier núcleo urbano mayor y con más recursos.

La clausura del vertedero ha de marcar un punto de inflexión hacia una gestión de residuos más óptima y más acorde con la nueva normativa ambiental, y que se aproxime más a las actuaciones recogidas en el G.I.R.A. Una gestión de residuos más respetuosa con el medio ambiente, hacer el mejor uso de los recursos disponibles y promocionar la cultura compatible con el medio ambiente, para que todos los eslabones de la sociedad, ciudadanos, empresas y entes públicos, trabajen en la misma dirección, y así se logre avanzar conforme a la filosofía del G.I.R.A.

La comarca de Sobrarbe no debería limitarse a clausurar el vertedero y a instalar la planta de transferencia de RSU. Es necesario tomar otros proyectos que mejoren la gestión de los residuos en la comarca. Entre otros, serían recomendables las siguientes acciones:

- Clasificación de residuos. Se podría valorar fomentar ésta práctica para que la entrada en funcionamiento de la recogida selectiva de envases sea más eficaz. Por otra parte, podría estudiarse el caso para instalar una planta de triaje de residuos en el recinto del vertedero.
- Compostaje de materia orgánica. Fomentar el compostaje doméstico ayudaría a reducir la cantidad de RSU que entra en el circuito de tratamiento, lo cual repercutiría en reducir los costes de tratamiento. La población también se vería influenciada por la práctica de una política medioambiental más adecuada.
- Disponer de un punto limpio. Proporcionaría una herramienta que favorece y mejora la gestión integral de residuos. Por otra parte, se debe concienciar a los usuarios finales que su uso es beneficioso para todos, y en especial para el patrimonio natural de la comarca, ya que el turismo es el motor económico de la zona.



- Instalación de un sistema de tratamiento de lixiviados. Es de especial interés hacer un estudio experimental para encontrar la mejor solución para tratar los lixiviados que produce el vertedero. No es recomendable alargar la opción de transportarlos a la depuradora de Barbastro porque no es sostenible, ni es económicamente viable.
- Estudio de clausura del vertedero. La clausura del vertedero debería hacer hincapié en la posibilidad de aprovechar el biogás, que se produce en la descomposición de residuos. El aprovechamiento del biogás, para hacer electricidad o para producir calor, supone una rentabilidad energética más que justificable.
- Red de aguas sanitarias. El hecho de que muchos núcleos urbanos no dispongan de una red de aguas sanitarias, o que la comarca no disponga de una estación depuradora de aguas residuales urbanas o industriales, deberían ser aspectos a mejorar, si verdaderamente se quiere que el nivel de la gestión de residuos sea equiparable a cualquier otro municipio del territorio nacional.

Los objetivos marcados por el G.I.R.A., en materia de clausura del vertedero y en la instalación de la planta de transferencia, son por ahora, los más prioritarios. Sin embargo, resultaría interesante utilizar otras herramientas, como la Agenda 21 de la comarca, para definir una estrategia de gestión de residuos, una línea de actuaciones, e involucrar a las Administraciones para que pongan sobre la mesa todos los factores, tanto económicos como técnicos, para que se realicen todos estos proyectos a favor de una gestión de residuos más sostenible.





## Agradecimientos

Quisiera expresar mis más sinceros agradecimientos a las siguientes personas, ya que sus aportaciones han hecho posible este estudio:

- Ana Ruiz, Gerente de la comarca de Sobrarbe, por la ayuda prestada a partir de datos referentes a la gestión de RSU de la comarca.
- Sr. Eixes, de Servicios Técnicos de Medio Ambiente del Conselh Generau d'Aran, por la aportación de datos relativos a la planta de transferencia de RSU de Vielha.
- A Roger Joan y a Ramón Pascual, de la empresa FCC, por la aportación de datos relativos a la planta de transferencia de RSU de Sabiñánigo.
- A Xavier, de la Mancomunitat de Residus Sòlids Urbans de l'Alt Maresme, por la información facilitada acerca de la planta de transferencia de RSU de Malgrat de Mar.
- A Mario Farré, de la empresa ROS ROCA, por toda la documentación y datos facilitados en materia de plantas de transferencia, y por el presupuesto de la misma.
- Al Sr. Víctor Padullés, de la empresa Palvi, por toda la documentación facilitada en materia del semirremolque PALVI modelo PCGP – 3073 y su presupuesto.
- A Manuel Santín, de la empresa Cayvol, por toda la documentación facilitada en materia del semirremolque CAYVOL modelo SRMV – 30/84 y su presupuesto.
- A Jordi Pou y a Llorens Alern, de la Entitat Metropolitana de Barcelona-Entitat del Medi Ambient, por la visita guiada al depósito controlado de la Vall d'en Joan (Garraf) y al Ecoparc 2 de Montcada y Reixac.





## Bibliografía

[AGENDA21] AGENDA 21 DE LA COMARCA DE SOBRARBE.

[www.sobrarbe21.com, 1 de junio de 2006].

[AMBIENTUM, 2001a] REDACCIÓN AMBIENTUM. *Transferencia de residuos sólidos urbanos*. 2001.

[www.ambientum.com/revista/2001\_36/2001\_36\_SUELOS/TRANSRSU1.htm, 3 de abril de 2006].

[AMBIENTUM, 2001b] REDACCIÓN AMBIENTUM. *Lixiviados procedentes de los RSU*. 2001.

[www.ambientum.com/revista/2001\_40/2001\_40\_SUELOS/LXVDOSRSU1.htm, 22 de mayo de 2006].

[ARAGÓN] GOBIERNO DE ARAGÓN. DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE. *Plan de gestión integral de los residuos de Aragón. G.I.R.A. (2005-2008)*. Boletín Oficial de Aragón nº 10, 21 de enero de 2005.

[portal.aragob.es/servlet/page?\_pageid=3681&\_dad=portal30&\_schema=PORTAL30&\_type=site&\_siteid=362&\_fid=1444187&\_fnavbarid=1451005&\_fnavbarsiteid=362&\_fedit=0&\_fmo de=2&\_fdisplaymode=1&\_fcalledfrom=1&\_fdisplayurl=, 4 de mayo de 2005].

[BAUTISTA] ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS - INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. LABORATORIO DE TERMODINÁMICA APLICADA A PROCESOS SUPERCRÍTICOS. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA. *Descomposición de materia orgánica recalcitrante en lixiviados pretratados de rellenos sanitarios por medio de procesos de oxidación avanzada*. México, BAUTISTA, L. F., Maestría y Doctorado en Ingeniería Química, 2004.

[www.termo.esiqie.ipn.mx/Seminarios/LuisFelipe21.pdf, 17 de febrero de 2006].

[CASTRO] AYUNTAMIENTO DE CASTRO-URDIALES. *Residuos*.

[www.castro-urdiales.net/ayuntamiento/WEBMEDIOAMBIENTE/residuos.htm, 3 de abril de 2006].

[COAG] COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE GRANADA. *Costes de referencia de la construcción para 2006*. Granada, 2006.

[www.coagranada.org/vis\_plan/visado/costesreferencia2006.pdf, 21 de junio de 2006].

[COAIN] CENTRO DE ORIENTACIÓN AMBIENTAL AL INVERSIONISTA. *Prevención y reducción de residuos en el origen*.

[www.conama.cl/coain/article-27649.html, 15 julio de 2006].



[COAM] COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE MÁLAGA. *Costes de referencia de la construcción para el 2006*. Málaga, 2006.

[[www.coamalaga.es/profesion/Costes%20de%20Referencia%202006.pdf](http://www.coamalaga.es/profesion/Costes%20de%20Referencia%202006.pdf), 21 de junio de 2006].

[DINIS] ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE COIMBRA – INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA. SECTOR DE TECNOLOGÍAS DO AMBIENTE. *Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários*. Coimbra, DINIS, J., Jornadas de Resíduos, 2004.

[[www.esac.pt/Jornadas/Sessão%202/Tratamento%20de%20Lixiviados%20de%20Aterros%20Sanitarios.pdf](http://www.esac.pt/Jornadas/Sessão%202/Tratamento%20de%20Lixiviados%20de%20Aterros%20Sanitarios.pdf), 17 de febrero de 2006].

[DIP-HUESCA] DIPUTACIÓN DE HUESCA.

[[www.dphuesca.es](http://www.dphuesca.es), 15 de junio de 2006].

[DIPUTACIÓN, 2004] DIPUTACIÓN DE HUESCA. COMARCA DE SOBRARBE. ESTUDIOS INFORMES NAVARRA S. L. *Realización de una ecoauditoria y redacción de un plan de acción ambiental en la comarca de Sobrarbe. Diagnóstico de sostenibilidad*. Comarca de Sobrarbe, 2004.

[[www.sobrarbe21.com](http://www.sobrarbe21.com), 4 de febrero de 2006].

[DIPUTACIÓN, 2006] DIPUTACIÓN DE HUESCA. COMARCA DE SOBRARBE. ESTUDIOS INFORMES NAVARRA S. L. *Realización de una ecoauditoria y redacción de un plan de acción ambiental en la comarca de Sobrarbe. 1ª Revisión del plan de seguimiento*. Comarca de Sobrarbe, 2006, cap. I p. 97 - 102.

[[www.sobrarbe21.com](http://www.sobrarbe21.com), 1 de junio de 2006].

[EMA-AMB, 2003] AREA METROPOLITANA. ENTITAT DEL MEDI AMBIENT. *Dipòsit controlat de la Vall d'en Joan - Garraf*. Barcelona, 2003. [CD].

[[www.ema-amb.com](http://www.ema-amb.com), 5 julio de 2006].

[EMA-AMB, 2004] AREA METROPOLITANA. ENTITAT DEL MEDI AMBIENT. *Ecoparc 2. Pensem en positiu*. Barcelona, 2004. [CD].

[[www.ema-amb.com](http://www.ema-amb.com), 5 julio de 2006].

[FOMENTO] MINISTERIO DE FOMENTO. SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTES. DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTES POR CARRETERA. *Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera (octubre 2005)*. Madrid, 2005.

[[www.fomento.es/NR/rdonlyres/9BA4D01F-DB9D-4B03-B408-7CB914107216/15920/ObservatoriodeCostes.pdf](http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/9BA4D01F-DB9D-4B03-B408-7CB914107216/15920/ObservatoriodeCostes.pdf), 5 de junio de 2006].



[GENERALITAT, 1999] GENERALITAT DE CATALUNYA. DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT. JUNTA DE RESIDUS. *Guia d'implantació i gestió de deixalleries*. Barcelona, Gràfiques Manlleu, 1999, p. 27.

[GENERALITAT, 2006] GENERALITAT DE CATALUNYA. DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT I ABITATGE. AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA. *Norma tècnica sobre deixalleries i altres equipaments municipals, versió any 2006*. Barcelona, 2006, p. 7-11. [[www.arc-cat.net/es/publicacions/pdf/municipals/norma.pdf](http://www.arc-cat.net/es/publicacions/pdf/municipals/norma.pdf), 13 de junio de 2006].

[GESPEA] GESPEA. *Plantas de tratamiento de lixiviados*. [[www.gespesa.es/menu\\_37.asp](http://www.gespesa.es/menu_37.asp), 28 de junio de 2006].

[GUTIÉRREZ] GUTIÉRREZ, F. [et al.]. *Tratamiento y oxidación avanzada de lixiviados de RSU*. *Ingeniería Química*. Nº 409, enero, 2004, p. 176-192.

[IAE] INSTITUTO ARAGONÉS DE ESTADÍSTICA. [[portal.aragob.es/servlet/page?\\_pageid=4705&\\_dad=portal30&\\_schema=PORTAL30&\\_type=site&\\_fsiteid=1227&\\_fid=1473458&\\_fnavbarid=1474620&\\_fnavbarsiteid=1227&\\_fedit=0&\\_fmode=2&\\_fdisplaymode=1&\\_fcalledfrom=1&\\_fdisplayurl=](http://portal.aragob.es/servlet/page?_pageid=4705&_dad=portal30&_schema=PORTAL30&_type=site&_fsiteid=1227&_fid=1473458&_fnavbarid=1474620&_fnavbarsiteid=1227&_fedit=0&_fmode=2&_fdisplaymode=1&_fcalledfrom=1&_fdisplayurl=), 15 de junio de 2006].

[IEC] INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA. [[www.idescat.net](http://www.idescat.net), 7 de junio de 2006].

[INE] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. [[www.ine.es](http://www.ine.es), 15 de junio de 2006].

[LUND] LUND, H. F. *Manual McGraw-Hill de reciclaje*. Madrid, McGraw-Hill, 1996, p. 23.1-23.37.

[MADRID] COMUNIDAD DE MADRID. CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA Y VIVIENDA. SERVICIO DE NORMATIVA TÉCNICA, SUPERVISIÓN Y CONTROL. *Método de determinación de los: "Costes de referencia de edificación" (actualizado al año 2006)*. Madrid, 2006. [[www.madrid.org/bdccm/utilidades/costesreferencia/CORA\\_HTML\\_2006/documentos/METODO06cora.pdf](http://www.madrid.org/bdccm/utilidades/costesreferencia/CORA_HTML_2006/documentos/METODO06cora.pdf), 20 de junio de 2006].

[MARTÍNEZ] MARTÍNEZ, A. J. [et al.]. *La enciclopedia del medio ambiente urbano*. Sevilla, Cerro Alto, 1997. Tomo 7. Recogida de residuos, p. 196.

[MÉNDEZ] MÉNDEZ, R. [et al.]. *Tratamiento de lixiviados con carbón activado*. *Ingeniería*. Vol. 6 Nº 3, septiembre-diciembre, 2002 p. 19-27. [[www.uady.mx/sitios/ingenier/revista/volumen6/tratamiento.pdf](http://www.uady.mx/sitios/ingenier/revista/volumen6/tratamiento.pdf), 17 de febrero de 2006].



[MOPU] MADRID: MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO. *Residuos sólidos urbanos*. Madrid, Centro de publicaciones, 1982, p. 132, 181-182.

[REMOSA] REMOSA. *Tarifa 2006*. Sória, 2006.

[www.remosa.net, 20 de junio de 2006].

[RESIDUOS] RESIDUOS. *Planta de compactación de RSU de Cádiz. La mayor estación de transferencia de residuos sólidos de España y la más moderna de Europa*. *Residuos*. Nº 79 julio-agosto, 2004, p. 94-99.

[RIOJA] GOBIERNO DE LA RIOJA. DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE. *Planta de transferencia de residuos urbanos*.

[www.larioja.org/ma/residuos/planta\_transfer/funcionamiento.htm, 23 de mayo de 2006].

[ROS ROCA] Comunicación personal con el Sr. Mario Farré, responsable de la sección de plantas de transferencia del grupo ROS ROCA.

[SEDU] SECRETARIA ESPECIAL DE DESENVOLVIMIENTO URBANO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Brasil, SEDU, p. 174 - 184.

[www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf, 23 de mayo de 2006].

[SOBRARBE] COMARCA DE SOBRARBE. Datos referentes a la gestión de RSU de la comarca de Sobrarbe facilitados por la Gerente de la comarca, Ana Ruiz.

[www.sobrarbe.com, 6 de junio de 2006].

[SOGAMA] SOCIEDADE GALEGA DO MEDIO AMBIENTE. *Plantas de transferencia*.

[www.sogama.es].

[TCHOBANOGLIOUS, 1994] TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S. *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid, McGraw-Hill, 1994, p. 469-502.

[TCHOBANOGLIOUS, 2002] TCHOBANOGLIOUS, G., KREITH, F. *Handbook of solid waste management*. USA, McGraw-Hill, 2002, p. 14.1-14.93.

