



Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería Técnica Agrícola

Valorización a través de compostaje de los residuos generados en actividades de jardinería en la ciudad de Huesca.

Autor/es

Daniel Escario Gil

Directora

Asunción Usón Murillo

Facultad / Escuela

Año

2014

Contenido

RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. SITUACIÓN GLOBAL	10
1.2. LEGISLACIÓN	11
1.3. RESIDUOS GENERADOS Y GESTIÓN DE ESTOS	21
1.4. MUNICIPIO DE HUESCA	33
1.4.1. SITUACIÓN GLOBAL DE LAS ZONAS VERDES	34
1.4.2. ACTIVIDADES GENERADORAS Y DESTINO DE LOS RESIDUOS VERDES PRODUCIDOS EN EL MUNICIPIO DE HUESCA	35
1.4.3. SISTEMA DE RETIRADA DE RESTOS	36
1.5. FUNDAMENTOS DEL COMPOSTAJE	37
1.6. VENTAJAS DE LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS VERDES A TRAVÉS DEL COMPOSTAJE O DIGESTIÓN AEROBIA	41
2. OBJETIVOS	47
3. METODOLOGÍA	48
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1. CUANTIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES VERDES DEL MUNICIPIO DE HUESCA Y PRODUCTIVIDAD EN DIFERENTES RECURSOS COMPOSTABLES	56
4.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS VERDES	56
4.1.2. UNIDADES DE GESTIÓN	59
4.1.3. RECURSOS COMPOSTABLES SUSCEPTIBLES DE SU APROVECHAMIENTO EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE Y TEMPORALIZACIÓN DE LOS MISMOS	64
4.2. HERRAMIENTA INFORMÁTICA CREADA PARA LA ADECUADA GESTIÓN DE LOS RECURSOS CON MIRAS AL CORRECTO PROCESO DE COMPOSTAJE	71
4.2.1. RAZONES DE LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DECOMPOSTAJE EN PILAS	73
4.2.2. HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE LA MEZCLA	74
4.2.3. DISTRIBUCIÓN FINAL DE LOS RECURSOS COMPOSTABLES A LO LARGO DEL AÑO	86
4.3. FASES DEL PROCESO EN LA PLANTA	87
4.4. CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE COMPOST ANUAL GENERADA A PARTIR DE LOS RESIDUOS	93
4.5. DIMENSIONADO DE LAS SUPERFICIES A EMPLEAR PARA LOS DISTINTOS PROCESOS A NIVEL DE PLANTA. ESTUDIO DE VARIAS ALTERNATIVAS	102
4.5.1. ÁREA DE PREPROCESAMIENTO	102
4.5.2. ÁREA DE DESCOMPOSICIÓN	108
4.5.3. ÁREA DE MADURACIÓN	116

4.5.4. ÁREA DE POSTPROCESAMIENTO.....	119
4.5.5. TRAS ZONAS O INSTALACIONES DE LA PLANTA.....	120
4.5.6. DIMENSIONES DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE ELEGIDA.....	125
4.5.7. ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA.....	125
4.6. MAQUINARIA EMPLEADA EN EL PROCESO.....	128
4.7. MANO DE OBRA EMPLEADA EN EL PROCESO.....	135
4.8. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE. FICHA DESCRIPTIVA.....	140
4.9. MODELOS DE GESTIÓN ACTUAL Y PROPUESTO.....	141
4.9.1. MODELO ACTUAL.....	141
4.9.2. MODELO PROPUESTO.....	148
4.9.2.1. RETIRADA DE RESTOS.....	148
4.9.2.2. SUSTITUCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL POR COMPOST PRODUCIDO.....	
	155
4.10. ESTUDIO DE COSTES DEL MODELO ACTUAL.....	157
4.10.1. COSTE ANUAL ASOCIADO A LA RETIRADA, GESTIÓN DE RESIDUOS Y FERTILIZACIÓN.....	160
4.11. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MODELO PROPUESTO Y COMPARACIÓN CON EL MODELO ACTUAL.....	161
4.11.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS DOS ALTERNATIVAS DE PLANTA DE COMPOSTAJE PROPUESTAS.....	161
4.11.1.1. COSTES TOTALES ANUALES DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	166
4.11.1.2. PAGOS ORDINARIOS Y COSTES TOTALES ANUALES EN DOS SUPUESTOS DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA. COSTES DE OPERACIÓN DE R46 Y R100.....	168
4.11.3. COMPARACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL MODELO PROPUESTO CON EL MODELO ACTUAL.....	174
5. CONCLUSIONES.....	176
6. BIBLIOGRAFÍA.....	179

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.Emisiones de gases de efecto invernadero en España. 2010	21
Gráfica 2.% de residuos peligrosos y no peligrosos en España según el tratamiento.....	21
Gráfica 3.Residuos no peligrosos generados en España en el sector servicios. Año 2011. Unidad: Miles de toneladas.....	22
Gráfica 4.Residuos generados en España por actividades del sector servicios. Año 2011.	22
Gráfica 5.Residuos urbanos recogidos en España. Año 2011.	23
Gráfica 6.Situación y potencial de valorización energética directa de residuos.	25
Gráfica 7.Distribución mor por tipo de residuos en Aragón 2007 (Tm/año).	27
Gráfica 8.Número de áreas verdes agrupada por intervalos de superficies (m ²).	34
Gráfica 9.Evolución de la temperatura (-) y pH (--) durante las diferentes etapas del compostaje.	39
Gráfica 10.Evolución de la temperatura y fases del proceso de compostaje.	40
Gráfica 11.Participación porcentual de cada Unidad de Gestión en el conjunto de recursos inventariado en el municipio de Huesca.....	63
Gráfica 12.Toneladas mensuales de setos, césped y restos de poda generadas en el municipio de Huesca.	68
Gráfica 13.Kilogramos de carbono y nitrógeno mensuales contenidos en los restos verdes.	80
Gráfica 14.Entrada-utilización en planta de los recursos en el tiempo. Datos en Tm.....	94
Gráfica 15.Tm. totales de residuos ingresados en planta.	95
Gráfica 16.Volúmenes en planta a los X días tras el inicio del compostaje.....	97
Gráfica 17.Entradas y salidas mensuales de material. Datos en m ³	98
Gráfica 18.Volúmenes de residuos mensuales que ocupan las superficies de descomposición y maduración. Datos en Tm.....	100
Gráfica 19.Toneladas mensuales de producto acabado.	101
Gráfica 20. Dirección del viento media registrada en la estación meteorológica de Huesca. ...	127
Gráfica 21.Horas totales trabajadas al mes.	138
Gráfica 22.Porcentaje de viajes realizados a vertedero por los dos vehículos de transporte municipales. Porcentajes mensuales relativos al total anual.....	147
Gráfica 23.Viajes y toneladas registrados en el vertedero correspondiente con los dos vehículos de transporte de residuos verdes.....	147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1.Prioridad en la política de residuos.	15
Ilustración 2.Plan de gestión integral de residuos de Aragón. Infraestructuras existentes.	30
Ilustración 3.Plan de gestión integral de residuos de Aragón. Previsión 2015.	31

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Imagen 1. Vertedero sin identificar.	32
Imagen 2..Áreas verdes y arbolado de la ciudad de Huesca. Fuente: Arbomap.	58
Imagen 3.Localización de las Unidades de Gestión situadas en la ciudad de Huesca.	61
Imagen 4.Intervalo de relación C/N y humedad de la mezcla perseguidos.	72
Imagen 5.Introducción de datos en planta.	76
Imagen 6.Valores objetivo de relación C/N y % de Humedad de la mezcla.	77
Imagen 7.Ejemplo de cálculo de una mezcla.	78
Imagen 8.Resultado del ejemplo	79
Imagen 9. Dimensiones básicas de las pilas de compostaje.	89
Imagen 10. Volteadora de pilas Menart 4800SP.....	110
Imagen 11.Datos técnicos de los modelos de volteadora de la marca Menart.	110
Imagen 12. Volteadora Topturn 3500G.	111
Imagen 13.Posibles emplazamientos de la planta de compo	127
Imagen 14.Vehículo de retirada de restos. Fotografía propia.	144
Imagen 15.Contenedor de la calle Juan XXIII para la retirada de restos del parque Miguel Servet. Fotografía propia.	145
Imagen 16.Camión de pequeñas dimensiones para el transporte de contenedores.	149
Imagen 17.La misma furgoneta portando un contenedor.....	149
Imagen 18.Contenedor estándar de 5 m. con puerta para carretillas.	150
Imagen 19.Contenedor de 6 m ³ con tapas ligeras para evitar la dispersión de materiales y malos olores. Capacidad de 6 Tm.....	150
Imagen 20.Contenedor estándar de 6 metros de longitud. Capacidad de 8 Tm.	150
Imagen 21.Mapa general de las unidades de gestión y puntos de recogida propuestos.	152
Imagen 22.Potencial de recogida de cada contenedor desde las unidades de gestión cercanas.	
Imagen 23. Situación propuesta de los contenedores fuera de la ciudad.	154
Imagen 24.Trayecto a realizar desde la ciudad al vertedero de Fornillos de Apiés.	158
Imagen 25. Coste Total de Ejecución Material para la Alternativa 1.	163
Imagen 26. Coste Total de Ejecución Material para la Alternativa 2.	163

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Recogida de residuos urbanos de forma separada en España. Año 2011. Unidad: Miles de toneladas	23
Tabla 2. Datos de recogida en puntos limpios de Aragón en el año 2007	26
Tabla 3. Modelo de gestión de la materia orgánica residual (MOR) definido en el gira 2009/2015.	28
Tabla 4. Datos demográficos y de superficie del municipio de Huesca	33
Tabla 5. Labores de conservación de las zonas verdes.	35
Tabla 6. Ventajas de la valorización de residuos verdes.	41
Tabla 7. Características de compost obtenido a partir de residuos de jardinería (V1 y V2) y de restos de cultivos hortícolas de invernadero muy contaminados (V3)	42
Tabla 10. Características de las Unidades de Gestión.....	62
Tabla 11. Meses durante los cuales se realizan actividades de poda de árboles en el Municipio de Huesca.....	64
Tabla 12. Datos base del cálculo del volumen peso de madera de poda triturada.	64
Tabla 13. Datos y resultado de la cantidad de césped producido por metro cuadrado y corte ..	65
Tabla 14. Número de cortes mensual que se realiza sobre las superficies de césped del municipio de Huesca.	65
Tabla 15. Cantidad de restos de poda de recorte producida en un recorte.....	66
Tabla 16. Meses en los que se realiza recorte de setos en el municipio de Huesca.	66
Tabla 17. Meses en los que se produce cada uno de los recursos compostables que provienen de las superficies verdes del municipio de Huesca.	68
Tabla 18. Volumen mensual de orina producida en la perrera municipal.	70
Tabla 19. Disponibilidad (orina) o necesidad (paja) mensual de los denominados “otros recursos”.	70
Tabla 20. Principales parámetros físicos y químicos de los restos con potencial de uso en la planta.....	75
Tabla 21. Cantidad de carbono y nitrógeno mensuales contenidas en los restos de las zonas verdes. Datos en Kg.	80
Tabla 22. Relación C/N y humedad mensuales resultado de la mezcla de los restos provenientes de las zonas verdes.	81
Tabla 23. Distribución mensual supuesto 0. Datos en Tm.	82
Tabla 24. Parámetros físicos y químicos de las mezclas del supuesto 0-dosificación.....	82
Tabla 25. Distribución mensual supuesto 1. Datos en Tm.	83
Tabla 26. Parámetros físicos y químicos de las muestras del supuesto 1- dosificación.....	83
Tabla 27. Distribución mensual supuesto 2. Datos en Tm.	84
Tabla 28. Parámetros físicos y químicos de las mezclas del supuesto 2- dosificación.	84
Tabla 29. Distribución mensual supuesto 3. Datos en Tm.	85
Tabla 30. Parámetros físicos y químicos de las mezclas del supuesto 3- dosificación	85
Tabla 31. Distribución mensual de los recursos en planta a lo largo del año. Datos en Tm.	86
Tabla 32. Reducciones porcentuales mensuales de volumen respecto al volumen de partida (día 0).....	93
Tabla 33. Peso total anual de los residuos empleados en planta. Datos en Tm.	94

Tabla 34.Flujo de volúmenes por las diferentes superficies a lo largo de los meses. Volúmenes en m ³	96
Tabla 35.Volúmenes mensuales en fase de descomposición. Datos en m ³	99
Tabla 36.Volúmenes mensuales en fase de maduración. Datos en m ³	99
Tabla 37.Volúmenes mensuales acumulados. Datos en m ³	99
Tabla 38.Masas mensuales en fase de producto acabado. Datos en Tm.....	101
Tabla 39.Superficie del Área de Preprocesamiento.....	107
Tabla 40.Número de pilas en la superficie de descomposición.	112
Tabla 41.Resumen de tiempos de volteo semanal y mensual.	113
Tabla 42.Superficies del Área de Procesamiento para los dos supuestos.	115
Tabla 43.Pilas de 50 m y 5m ³ de extendidas en el Área de Maduración.	116
Tabla 44.Pilas de 75 m y 5m ³ de extendidas en el Área de Maduración.	116
Tabla 45.Superficies del Área de Procesamiento para los dos supuestos	118
Tabla 46.Superficie cubierta empleada como superficie de maduración y postprocesamiento.	119
Tabla 47.Precipitación (l/m ²) en el Municipio de Huesca. Media de las medias mensuales.	123
Tabla 48.Cantidades mensuales de agua en m ³ precipitadas sobre la planta para los casos de plantas de 1 y 0.85 Ha.....	123
Tabla 49.Superficie total estimada para la planta.....	124
Tabla 50. Resumen de las dimensiones de las principales partes de la planta.	125
Tabla 51.Resumen del año por horas de actividad mensual y cómputo anual.....	135
Tabla 52.Porcentaje de horas que ocupa cada actividad mensual y anualmente.	139
Tabla 53.Resumen de las características generales de la planta.	140
Tabla 54.Superficies y aplicaciones semestrales y anual (Kg.) de fertilizante FLORANID® PERMANENT.....	142
Tabla 55.Riqueza del fertilizante mineral FLORANID® PERMANENT según su ficha técnica y cantidades de cada elemento contenidas en la totalidad del fertilizante adquirido.	142
Tabla 56.Datos de entrada al vertedero de residuos denominados como “residuo vegetal y poda” con vehículos del Ayuntamiento de Huesca desde el 2006. Datos en Kg.	145
Tabla 57.Valor promedio de los nutrientes contenidos en dos compost provenientes únicamente de materiales verdes.	155
Tabla 58.Tm y Kg. disponibles de N, P, K y Mg en el total de compost producido.....	155
Tabla 59.Kg y Tm. de compost necesarios para igualar el aporte de nutrientes realizado por el fertilizante mineral.	156
Tabla 60.Tasa por la gestión de residuos vegetales en el vertedero de Fornillos de Apiés.	157
Tabla 61.Coste de gestión de los residuos vegetales aplicando las tarifas de restos verdes sin papel.	157
Tabla 62.Gasto de combustible anual.....	158
Tabla 63.Coste de mantenimiento de los 2 vehículos encargados del transporte de los restos verdes al vertedero.....	159
Tabla 64.Importe por el seguro “a Todo Riesgo” de los dos vehículos de transporte.	159
Tabla 65.Costes asociados a los sueldos de los trabajadores que efectúan la retirada de restos hasta el vertedero de Fornillos de Apiés.	159
Tabla 66.Tabla resumen de los gastos atribuibles a la retirada de restos hasta el vertedero por el sistema actual.....	160

Tabla 67. Resumen de los costes asociados a la retirada y gestión en vertedero actual.....	160
Tabla 68. Inversión necesaria (Euros) para cada uno de los modelos propuestos.	162
Tabla 69. Costes de Amortización e Interés (Euros) de las alternativas propuestas.	164
Tabla 70. Pagos ordinarios para cada uno de los modelos propuestos.	166
Tabla 71. Pagos ordinarios del supuesto 1.1, Bajo Rendimiento.	170
Tabla 72. Costes de operación por tonelada y por m ³ de la planta de compostaje. Situación de Bajo Rendimiento.	170
Tabla 73. Costes Totales por tonelada y por m ³ de la planta de compostaje. Situación de Bajo Rendimiento.	171
Tabla 74. Pagos Ordinarios y Costes Totales del supuesto 1.2. Pleno Rendimiento.	172
Tabla 75. Costes de operación por tonelada y por m ³ de la planta de compostaje. Situación de Pleno Rendimiento.	173
Tabla 76. Costes Totales por tonelada y por m ³ de la planta de compostaje. Situación de Pleno Rendimiento.	173
Tabla 77. Comparación económica del modelo propuesto y el actual.	174

RESUMEN.

RESUMEN.

El Municipio de Huesca genera, derivado del mantenimiento de las zonas verdes, una cantidad de residuos estimada en 1662 Tm de residuos. El modelo de gestión actual es el de retirada a vertedero, con el consiguiente pago de tasas por depósito.

El objetivo principal del presente proyecto es **estudiar la factibilidad técnico-económica para instalar una planta de compostaje, utilizando residuos verdes urbanos de la ciudad de Huesca.**

Para abordar tal objetivo se localizaron, cuantificaron y temporalizaron los residuos generados en las denominadas Unidades de Gestión del Municipio haciendo uso del programa GIS denominado Arbomap. Mediante el uso de una hoja Excel para el cálculo de las mezclas correctas para el compostaje se determinó como necesario el uso de orina de la perrera y paja para asegurar un compostaje eficaz.

Se estimó en 626 Tm. el compost producido en una planta de 1 Ha. de superficie, dimensionada para el procesado de los restos del mes de mayor ingreso (agosto) y trabajando con un sistema de pilas dinámico, cuyas fases de maduración, postproceso y acopio se realizarían bajo techo. Los lixiviados y el agua precipitada serían recogidos en una balsa de 30 m³ de capacidad con sistema de bombeo y riego para la rehumectación de los montones. El procesado se realizaría mediante un tractor de 150 CV con implementos para el manejo de los materiales iniciales y acabados, una máquina volteadora acoplada al tractor, un remolque esparcidor de 17 m³, una criba rotativa desplazable de malla intercambiable, una trituradora propiedad actual del Ayuntamiento, una tolva para el relleno de Big-bag y una ensacadora. A su vez la planta contaría con báscula de 40 Tm. y laboratorio, ambos para el control del proceso. En la planta operarían dos operarios y un jefe de planta-técnico.

Además de esta situación se estudia otra en la que el ingreso mensual de residuos en planta es igual al del mes de agosto, denominándose a esta situación de Pleno Rendimiento (R100).

Se estiman en 531 las Tm. necesarias para la restitución de los elementos minerales aportados a través de la fertilización mineral del modelo actual y se comparan ambas circunstancias de rendimiento (R46 y R100) con la situación actual (retirada a vertedero y fertilización mineral de

las zonas verdes), obteniéndose un resultado económico en materia de fertilización desfavorable para el primero de los casos y muy favorable para el segundo.

A su vez se indican una serie de ventajas derivadas del cambio de modelo como la generación de uno (R46) o dos (R100) puestos de trabajo, la posibilidad del cumplimiento de la Ordenanza Municipal de Áreas verdes y arbolado en lo que a la aplicación de enmiendas orgánicas se refiere, el ahorro derivado del incremento de la vida útil del vertedero y la reducción de los costes de mantenimiento de éste.

Cabe mencionar como colofón que el modelo propuesto supondría un paso adelante de la ciudadanía oscense en materia de responsabilidad ambiental y a su vez caminaría en pos de lo que la Directiva Marco de Residuos europea demanda actualmente.

INTRODUCCIÓN.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN GLOBAL.

El desarrollo económico y social que hemos experimentado en los últimos años, solo decelerado por la grave crisis en la que nos encontramos, ha traído un bienestar socioeconómico incuestionable para nuestra sociedad. Durante este periodo se ha evidenciado que el aumento de estos niveles de bienestar ha sido proporcional al empeoramiento de la salud de nuestro planeta. “La destrucción del medio ambiente es resultado del mantenimiento de niveles elevados de bienestar a largo plazo” (CEPYME Aragón, 2011)

Es evidente la necesidad de trabajar en conseguir un desarrollo económico y social sostenido en una sociedad que respete el mundo que nos rodea. Este camino largo y arduo de recorrer debe empezar con la concienciación de la sociedad como pilar básico en nuestro objetivo de crecimiento.

Son muchas las amenazas que sufre nuestro planeta: los vertidos incontrolados, las emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento indiscriminado de los recursos consumidos y de los residuos producidos,...; y también muchas las medidas preventivas y reparadoras que se están implantando.

En lo que respecta a los residuos, conscientes del gran problema que supone el aumento de su producción, la Unión Europea lleva años desarrollando una política cada vez más restrictiva que se ha visto reflejada entre otros ámbitos en la aparición de nueva normativa. Normativa que pretende ir más allá de la simple regulación de la producción y la gestión de los residuos, fomentando la aparición de “una sociedad del reciclado” que evite la producción de los residuos y aprenda a utilizarlos como recursos.

1.2. LEGISLACIÓN.

1.2.1. NORMATIVA EUROPEA APLICABLE A LOS RESIDUOS.

Cuando mediante el Tratado de Roma en marzo de 1957, se instituyó la Comunidad Económica Europea (CEE), la protección del medio ambiente no era un aspecto prioritario. Se precisaba que la Comunidad intervendría en esta materia únicamente cuando esta acción pudiera realizarse mejor a escala comunitaria que en los Estados miembros. Por entonces el medio ambiente no era un tema importante para la Comunidad Europea debido, entre otras cosas, a que tampoco lo era para la opinión pública y los gobiernos.

No fue hasta 15 años después, en la Cumbre de París de 1972 cuando la política medioambiental de la Comunidad empezó a tomar cuerpo, fijando campos de acción para la Comunidad en materia medioambiental y creando el primer programa quinquenal (1973-1977) sobre medio ambiente.

Desde entonces, la política medioambiental europea es una de las que más se han desarrollado, aprobándose hasta seis Programas Comunitarios para el Medio Ambiente, creando un sistema bastante completo de protección del medio ambiente que trata temas muy variados.

LA DIRECTIVA MARCO DE RESIDUOS (DMR).

La generación y gestión de los residuos constituye un problema ambiental grave de las sociedades modernas, y de ahí la existencia de una política europea en materia de residuos. El abandono o la gestión inadecuada de los residuos produce impactos notables en los medios receptores, y pueden provocar contaminación en el agua, en el suelo, en el aire, contribuir al cambio climático y afectar a los ecosistemas y a la salud humana. Sin embargo cuando los residuos se gestionan de forma adecuada se convierten en recursos que contribuyen al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales, del clima y al desarrollo sostenible.

La **Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, erigida como nueva Directiva Marco de residuos (DMR)**, entró en vigor el 12 de diciembre de 2008 y establece un marco jurídico para el tratamiento de los residuos en la Unión Europea. Su objetivo es la prevención de los efectos nocivos que suponen la producción y la gestión de residuos, estableciendo unas medidas destinadas a proteger el medio ambiente y la salud humana mediante:

- la prevención o reducción de los impactos adversos de la generación y gestión de los residuos, y
- la reducción de los impactos globales del uso de los recursos y la mejora de la eficacia de dicho uso.

1.2.2. NORMATIVA ESPAÑOLA EN MATERIA DE RESIDUOS.

La Constitución Española configura la protección del medio ambiente como uno de los principios rectores de la política Social y Económica, encomendando a los poderes públicos que velen por la utilización racional de todos los recursos naturales con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida y defender y restaurar el medio ambiente.

Según su artículo 149.23, el Estado tiene competencia exclusiva sobre el desarrollo y aprobación de “Legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las Comunidades Autónomas de establecer normas adicionales de protección”. También es competencia del Estado, la adaptación del derecho comunitario al ordenamiento interno, ya que no podemos olvidar que Europa ha sido el gran promotor de las políticas medioambientales.

Es el 29 de julio de 2011 cuando el estado español publica la trasposición de la DMR mediante la **“Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y Suelos Contaminados”**.

La nueva Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados y la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases, constituyen los pilares básicos de la normativa española en materia de residuos.

Por otra parte existe también normativa general en materia de residuos, como la **Orden MAM/304/2002, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos, y la lista europea de residuos**. Y normativa específica, normalmente “Órdenes ministeriales”, que emanen de Leyes y Reglamentos como la Orden de 13 de octubre de 1989 por la que se determinan los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos, o la Orden de 27 de abril de 1998, por la que se establecen las cantidades individualizadas a cobrar en concepto de depósito y el símbolo identificativo de los envases que se pongan en el mercado a través del sistema de depósito, devolución y retorno regulado en la Ley 11/1997, por citar algunos ejemplos.

También a nivel Nacional tenemos aprobado **un Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR)** para el periodo 2008-2015 (Resolución de 20 de enero de 2009).

Este Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) incluye los residuos domésticos y similares, los residuos con legislación específica, los suelos contaminados, además de algunos residuos agrarios e industriales no peligrosos que aunque no disponen de regulación específica, son relevantes por su cuantía y su incidencia sobre el entorno. Este Plan incluye además la estrategia de Reducción de Vertido de Residuos Biodegradables, que cumpliendo con una obligación legal, contribuye a alargar la vida de los vertederos, a disminuir su impacto sobre el entorno y de forma especial a la reducción de GEI.

PRINCIPIOS GENERALES Y NOVEDADES DE LA LEY DE RESIDUOS Y SUELOS CONTAMINADOS.

La Ley tiene por objeto actualizar el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos, impulsar medidas para prevenir su generación y evitar o reducir los impactos adversos asociados a la producción y gestión de los mismos y, al igual que en la anterior ley, regular el régimen jurídico de los suelos contaminados, matizando en aspectos relacionados con la responsabilidad de la contaminación de los suelos.

Entre otros fines la Ley busca:

- Actualizar la política en materia de prevención de residuos, haciéndola más ambiciosa y eficaz.
- Modernizar el régimen jurídico de la producción y la gestión de residuos a la luz de la experiencia adquirida, de las lagunas detectadas y de la evolución y modernización de la política de residuos.
- Fomentar la prevención, la reutilización y el reciclado, buscando el mayor aprovechamiento de los recursos y el fortalecimiento del mercado del reciclado.
- Conseguir un marco regulatorio común de la responsabilidad ampliada del productor.
- *Mejorar la normativa y la gestión de los residuos generados en los municipios.*
- Disminuir las cargas administrativas de los agentes implicados.

Se establece una nueva jerarquía de residuos, que establece la priorización de actuaciones en política de residuos (CEPYME Aragón.2011)



Ilustración 1.Prioridad en la política de residuos.

Asimismo, siguiendo las especificaciones establecidas por la DMR, se recogen la obligatoriedad de establecer programas de prevención de residuos así como planes y programas de gestión de los mismos, estableciendo medidas, objetivos e instrumentos económicos, como los cánones de vertido para el depósito en vertedero y la incineración de residuos domésticos.

La Ley establece también objetivos y medidas en la gestión de los residuos. Se fomentan las acciones para la preparación para la reutilización y el reciclado. Además, antes de 2015, deberá estar establecida una recogida separada para, al menos, los materiales siguientes: papel, metales, plástico y vidrio, facilitando así la separación de los biorresiduos. También se fomenta el establecimiento de sistemas de depósito, devolución y retorno.

Por último, en sus disposiciones adicionales se declara de utilidad pública e interés social a efectos de expropiación forzosa el establecimiento o ampliación de instalaciones de almacenamiento, valorización y eliminación de residuos y, entre otras disposiciones, se establece un calendario para la sustitución gradual de las bolsas comerciales de un solo uso de plástico no biodegradable hasta la prohibición total en 2018, excepto las que se usen para contener pescados, carnes u otros alimentos perecederos.

DEFINICIONES: CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS.

La ley define *residuo* como “cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar”.

Con ánimo de aclarar las competencias de algunos flujos de residuos, la Ley introduce definiciones de algunos de éstos:

Residuos domésticos: Residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias.

Biorresiduo: Residuo biodegradable de jardines y parques, residuos alimenticios y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, servicios de restauración colectiva y establecimientos de venta al por menor; así como, residuos comparables procedentes de plantas de procesado de alimentos.

La ley de residuos y suelos contaminados señala que las autoridades ambientales promoverán medidas que impulsen:

- a. La recogida separada de biorresiduos para destinarlos al compostaje o a la digestión anaerobia en particular de la fracción vegetal, los biorresiduos de grandes generadores y los biorresiduos generados en los hogares.*
- b. El compostaje doméstico y comunitario.*
- c. El tratamiento de biorresiduos recogidos separadamente de forma que se logre un alto grado de protección del medio ambiente llevado a cabo en instalaciones específicas sin que se produzca la mezcla con residuos mezclados a lo largo del proceso.*
- d. El uso del compost producido a partir de biorresiduos y ambientalmente seguro en el sector agrícola, la jardinería o la regeneración de áreas degradadas, en sustitución de otras enmiendas orgánicas y fertilizantes minerales.*

En **Artículo 22. Objetivos específicos de preparación para la reutilización, reciclado y valorización, sección a)** se cita:

Antes de 2020, la cantidad de residuos domésticos y comerciales destinados a la preparación para la reutilización y el reciclado para las fracciones de papel, metales, vidrio, plástico, biorresiduos u otras fracciones reciclables deberá alcanzar, en conjunto, como mínimo el 50% en peso.

DEFINICIONES: JERARQUÍA Y GESTIÓN DE RESIDUOS.

La Ley incluye definiciones en materia de prevención, producción, posesión y gestión de residuos:

Gestión de residuos: la recogida, el transporte y tratamiento de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos, incluidas las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente.+

Recogida: operación consistente en el acopio de residuos, incluida la clasificación y almacenamiento iniciales para su transporte a una instalación de tratamiento.

Recogida separada: la recogida en la que un flujo de residuos se mantiene por separado, según su tipo y naturaleza, para facilitar un tratamiento específico.

Tratamiento: las operaciones de valorización o eliminación, incluida la preparación anterior a la valorización o eliminación.

Valorización: cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general. En el anexo II se recoge una lista no exhaustiva de operaciones de valorización.

Eliminación: cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o energía.

OTRAS DEFINICIONES DE INTERÉS PARA EL DESARROLLO DEL PRESENTE PROYECTO.

Productor de residuos: cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca residuos (productor inicial de residuos).

Poseedor de residuos: el productor de residuos u otra persona física o jurídica que esté en posesión de residuos.

Agente: toda persona física o jurídica que organiza la valorización o la eliminación de residuos por encargo de terceros, incluidos los agentes que no tomen posesión física de los residuos.

Gestor de residuos: la persona o entidad, pública o privada, registrada mediante autorización o comunicación que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos.

Compost: enmienda orgánica obtenida a partir del tratamiento biológico aerobio y termófilo de residuos biodegradables recogidos separadamente. No se considerará compost, el material orgánico obtenido de las plantas de tratamiento mecánico biológico de residuos mezclados, que se denominará material bioestabilizado.

1.2.3. NORMATIVA ARAGONESA.

Una de las principales actuaciones que ha guiado la política del Departamento de Medio Ambiente de los últimos años ha sido el de la ordenación autonómica de las instalaciones y servicios de residuos, lo que se materializó a través del **Plan Integral de Gestión de Residuos de Aragón, GIRA 2009/2015**.

La redacción de los Planes Autonómicos de gestión de residuos, competencia asociada a la actual Ley de residuos y suelos contaminados quedó reflejada en el **Decreto 2/2006, de 10 de enero, del Gobierno de Aragón**, por el que se aprueba el Reglamento de la producción, posesión y gestión de residuos industriales no peligrosos y del régimen jurídico del servicio público de eliminación de residuos industriales no peligrosos no susceptibles de valorización en la Comunidad Autónoma de Aragón. (BOA nº 8, 23 de enero 2006).

**ENTIDADES LOCALES. COMPETENCIAS ADMINISTRATIVAS DECLARADAS en la Ley
22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.**

- a. La recogida, el transporte y el tratamiento de los residuos domésticos generados en los hogares, comercios y servicios en la forma en que establezcan sus respectivas ordenanzas en el marco jurídico de lo establecido en esta ley, de las que en su caso dicten las comunidades autónomas y de la normativa sectorial en materia de responsabilidad ampliada del productor. La prestación de este servicio corresponde a los municipios que podrán llevarla a cabo de forma independiente o asociada.
- b. El ejercicio de la potestad de vigilancia e inspección, y la potestad sancionadora en el ámbito de sus competencias.

Además las entidades locales podrán:

- 1º Elaborar programas de prevención y gestión de los residuos de su competencia.
- 2º Gestionar los residuos comerciales no peligrosos y los residuos domésticos generados en las industrias en los términos que establezcan sus respectivas ordenanzas, sin perjuicio de que los productores de estos residuos puedan gestionarlos por sí mismos en los términos previstos en el artículo 17.3. Cuando la entidad local establezca su propio sistema de gestión podrá imponer, de manera motivada y basándose en criterios de mayor eficiencia y eficacia en la gestión de los residuos, la incorporación obligatoria de los productores de residuos a dicho sistema en determinados supuestos.
- 3º A través de sus ordenanzas, obligar al productor o a otro poseedor de residuos peligrosos domésticos o de residuos cuyas características dificultan su gestión a que adopten medidas para eliminar o reducir dichas características o a que los depositen en la forma y lugar adecuados.
- 4º Realizar sus actividades de gestión de residuos directamente o mediante cualquier otra forma de gestión prevista en la legislación sobre régimen local. Estas actividades podrán llevarse a cabo por cada entidad local de forma independiente o mediante asociación de varias entidades locales.

1.2.4. LEGISLACIÓN MUNICIPAL EN HUESCA.

ORDENANZA MUNICIPAL DE PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE EN EL TÉRMINO

MUNICIPAL DE HUESCA. (B.O.P. HU-Nº 123 de 30 de Mayo de 1989), Sección 3.

Protección de los espacios públicos y privados de la contaminación por residuos sólidos.

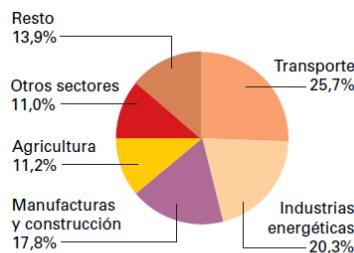
Artículo 27. Gestión de residuos:

1. La actividad de gestión de los residuos sólidos urbanos y de los residuos tóxicos o peligrosos se ajustará a su normativa específica: Ley 42/1975, de 19 de noviembre, sobre recogida y tratamiento de desechos y residuos sólidos urbanos; R.D. Legislativo 1163/1986, de 13 de junio que la modifica; Ley 20/1986 de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos y normas complementarias.
2. *Es competencia municipal la gestión de los residuos sólidos urbanos que se generen en su término municipal pudiendo llevar a cabo el servicio por sí solos o en forma mancomunada.*
3. Los vertederos y lugares de tratamiento y/o eliminación de residuos sólidos urbanos deberán situarse en lugares adecuados y a distancia del núcleo de población y de cualquier industria de alimentación, ganadera, etc.
4. Los Ayuntamientos exigirán la justificación del sistema de eliminación de los residuos sólidos urbanos que se generen en las urbanizaciones particulares; a los promotores, comunidad de propietarios, etc.
5. Los expedientes para la formación de vertederos o de plantas de tratamiento de eliminación de residuos irán precedidas de un estudio de impacto ambiental, tramitándose aquellos conforme al RAMINP.

1.3. RESIDUOS GENERADOS Y GESTIÓN DE ESTOS.

1.3.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS EN ESPAÑA.

Cada vez más, la gestión de los residuos se ha ido convirtiendo en uno de los principales retos a los que se debe enfrentar la sociedad actual, dada su generación creciente y su gran impacto ambiental, social y económico.



Fuente: EEA, Eurostat

Gráfica 1. Emisiones de gases de efecto invernadero en España. 2010

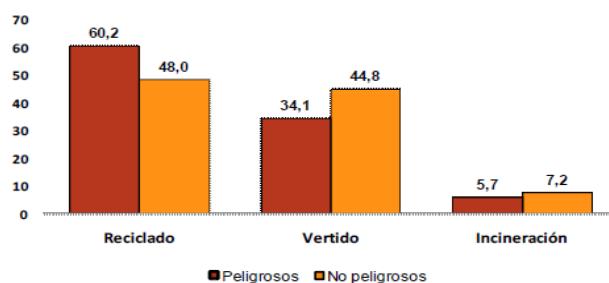
Fuente: • INE. 2013. España en cifras

TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS URBANOS Y NO URBANOS.

Según el INE las empresas de tratamiento de residuos, tanto de origen urbano como no urbano, gestionaron 44 millones de toneladas de residuos no peligrosos y 2,5 millones de toneladas de residuos peligrosos en el año 2011.

En cuanto a los residuos peligrosos gestionados, el 60,2% se destinó al reciclado, el 34,1% al vertido y el 5,7% a la incineración.

Del total de residuos no peligrosos, el 48,0 % se destinó al reciclado, el 44,8% al vertido y el 7,2% a la incineración.

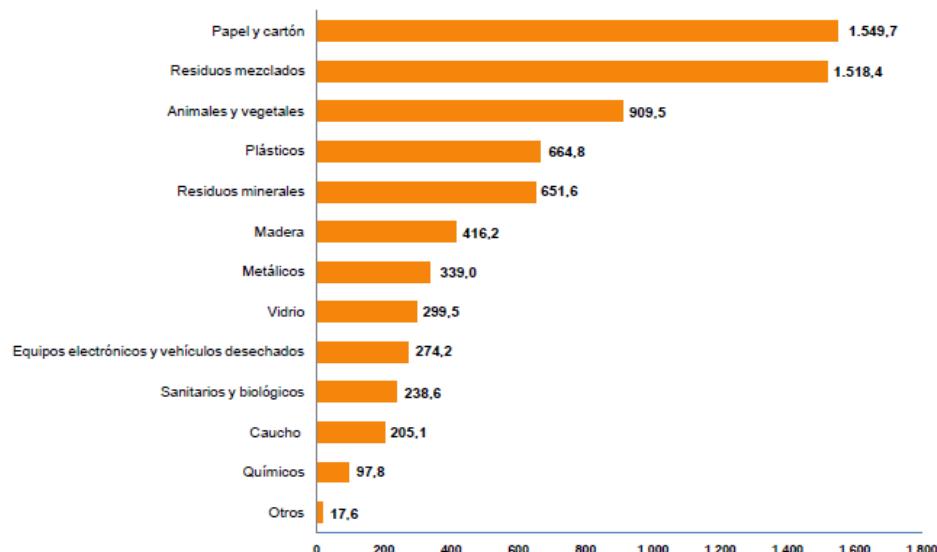


Gráfica 2. % de residuos peligrosos y no peligrosos en España según el tratamiento.

Fuente: Encuesta sobre la recogida y tratamiento de residuos. Encuesta sobre generación de residuos en servicios y construcción. INE. Año 2011.

GENERACIÓN DE RESIDUOS EN EL SECTOR SERVICIOS.

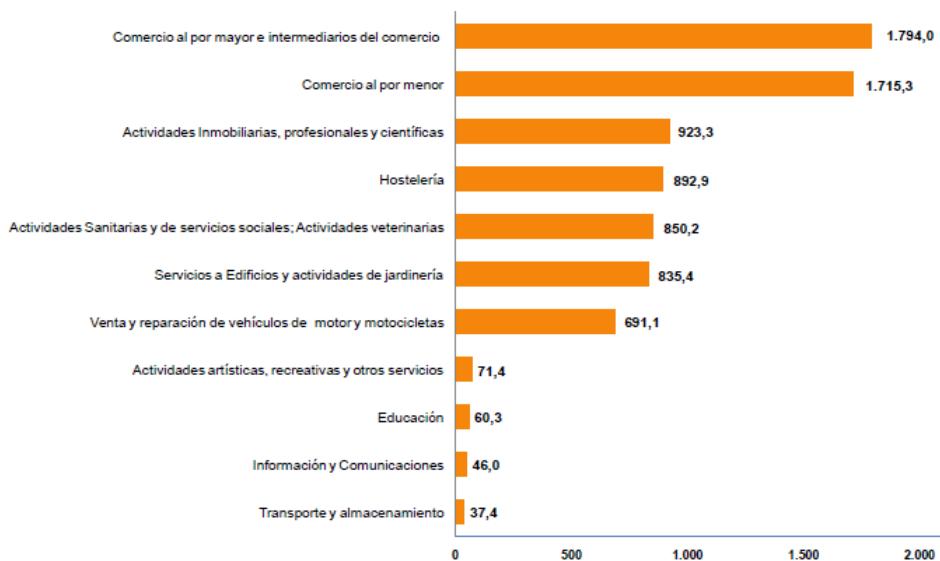
En 2011 el sector Servicios español generó 7,2 millones de toneladas de residuos no peligrosos y 0,7 millones de toneladas de residuos peligrosos.



Gráfica 3. Residuos no peligrosos generados en España en el sector servicios. Año 2011. Unidad: Miles de toneladas.

Fuente: Encuesta sobre la recogida y tratamiento de residuos. Encuesta sobre generación de residuos en servicios y construcción.

RESIDUOS GENERADOS POR ACTIVIDADES DEL SECTOR SERVICIOS.



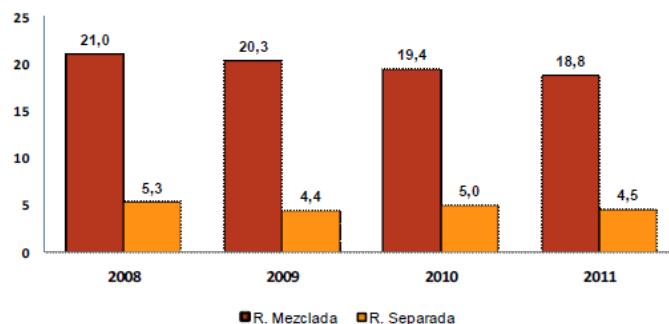
Gráfica 4. Residuos generados en España por actividades del sector servicios. Año 2011.

Unidad: Miles de toneladas.

Fuente: Encuesta sobre la recogida y tratamiento de residuos. Encuesta sobre generación de residuos en servicios y construcción.

RESIDUOS URBANOS.

Las empresas gestoras de residuos urbanos recogieron 23,3 millones de toneladas de residuos en 2011, un 4,5% menos que en el año anterior. De éstos, 18,8 millones correspondieron a residuos mezclados y 4,5 millones a residuos de recogida separada.



Gráfica 5. Residuos urbanos recogidos en España. Año 2011.

Unidad: Miles de toneladas.

Fuente: Encuesta sobre la recogida y tratamiento de residuos. Encuesta sobre generación de residuos en servicios y construcción.

En términos per cápita, en España se recogieron 504,5 kilogramos de residuos por persona y año, por lo que cada ciudadano genera –en promedio– un kilo y medio de basura al día aproximadamente (Residuos Sólidos Urbanos); a lo que habría que sumar los residuos asociados a la actividad industrial (Residuos Industriales).

Los principales residuos que se recogieron de forma separada correspondieron a Papel y cartón (28,1%), Animales y vegetales (20,6%) y Vidrio (16,3%).

Residuos de recogida separada	Cantidad	%sobre el total
Total	4.508,4	100,0
Papel y cartón	1.266,4	28,1
Animales y vegetales	930,5	20,6
Vidrio	733,7	16,3
Envases mixtos y embalajes mezclados	654,0	14,5
Otros	609,6	13,5
Madera	127,5	2,8
Plásticos	104,7	2,3
Metálicos	43,4	1,0
Equipos eléctricos y electrónicos	29,3	0,7
Textiles	7,7	0,2
Pilas y acumuladores	1,6	0,0

Tabla 1. Recogida de residuos urbanos de forma separada en España. Año 2011. Unidad: Miles de toneladas.

Fuente: Encuesta sobre la recogida y tratamiento de residuos. Encuesta sobre generación de residuos en servicios y construcción.

El destino mayoritario de todos estos residuos es hoy en día su vertido, opción que a su vez, representa la vía de gestión menos recomendable tanto a nivel ambiental como de la presión sobre el territorio que existe en algunas zonas del país. Las otras vías de gestión posibles, como el reciclaje o la valorización material o energética, si bien ha ido creciendo su implantación en los últimos años, representan aún unos niveles muy por debajo de la media de la Unión Europea.

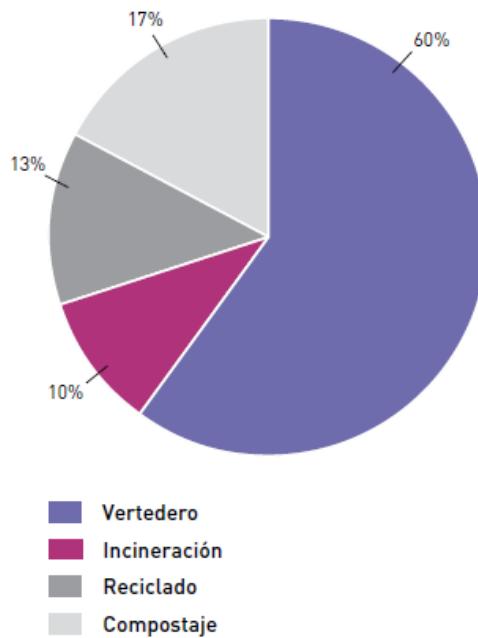
No obstante, esta situación puede ir transformándose en los próximos años gracias al impulso iniciado desde Europa para reducir cada vez más la eliminación de los residuos en vertederos y aumentar al máximo posible el peso específico de las otras vías más sostenibles. Este impulso viene originado sobre todo por la incorporación de dos leyes que pueden representar los pilares de la gestión de los residuos: por un lado la nueva Directiva marco de residuos de 2008, y por el otro, la Directiva relativa al vertido de residuos de 1999 (esta última ya transpuesta a la legislación española).

En la primera, cabe destacar que se introduce una jerarquía de gestión de los residuos clara donde se establece una prioridad a la hora de gestionar los residuos con el orden de: prevención, reutilización, reciclado, valorización material y energética, y por último, la eliminación de los residuos.

Respecto a la segunda ley, se establecen una serie de medidas y procedimientos en el vertido de residuos con el objetivo de reducir sus efectos medioambientales y de salud humana. A su vez, se fijan unos objetivos cuantitativos específicos de reducción de la cantidad máxima de residuos que se pueden destinar a su vertido en los próximos años.

VÍAS DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Las principales vías de gestión implantadas en España para el tratamiento de los RSU, y su representación porcentual son como se representa en la siguiente figura:



Gráfica 6. Situación y potencial de valorización energética directa de residuos.

Estudio Técnico PER 2011-2020. Armengol Grau, Oriol Farré. 2011.

Como se observa, en España, el principal sistema de gestión de los RSU sigue siendo su eliminación directa en vertederos, donde se envía más de la mitad de los residuos urbanos generados. Hay que señalar además, que una gran parte de los residuos que son tratados en las instalaciones de recuperación material, reciclaje, compostaje o biometanización, acaban también siendo vertidos, ya que el rendimiento de estas instalaciones no es muy elevado, lo que en realidad situaría el porcentaje de residuos vertidos cerca del 70%.

Como segundo sistema de gestión de los RSU más empleado se encuentra el compostaje, seguido de la recogida selectiva. Ambos han visto incrementarse su porcentaje en los últimos años.

Finalmente, la valorización energética no ha experimentado variaciones significativas en cuanto a su importancia relativa con respecto a los últimos años y sigue representando unos porcentajes inferiores al 10%.

1.3.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS EN ARAGÓN.

Tomando como base los datos aportados por las entidades que gestionan los vertederos existentes en Aragón, el índice de generación de residuos urbanos durante el año 2006 fue de 1,32 kg. Se trata de un valor medio, debiendo tenerse en cuenta que las comarcas pirenaicas llegan a valores de 1,6 kilogramos de residuos urbanos por habitante y día, debido a la importancia del sector turismo en su economía.

Gestión a través de los puntos limpios.

Residuos	Unidad	Cantidad recogida en cada punto limpio				
		Zaragoza				Utebo
		Torrero	Cogullada	Príncipe Felipe	Gómez Laguna	
Escombros	kg	4.066.880	4.265.800	6.860.730	4.384.050	
Madera	kg					
Voluminosos	kg	876.730	1.213.640	2.032.780	1.263.480	48.530
Neumáticos	kg					
Metales	kg	212.570	271.050	348.810	291.600	
Residuos jardinería	kg					
Papel cartón	kg	127.840	215.660	232.550	175.890	
Plásticos	kg					
Vidrio	kg					
Pilas salinas y alcalinas	kg					
Pilas botón	kg					
Medicamentos	kg					
Radiografías	uds					
Ropa usada	m ³					
Frigoríficos y otros electrodomésticos	kg	208.430	266.230	396.370	255.230	
Fluorescentes y lámparas	uds					
Sprays	uds					
Aceite usado (cocina)	l					
Baterías	uds					

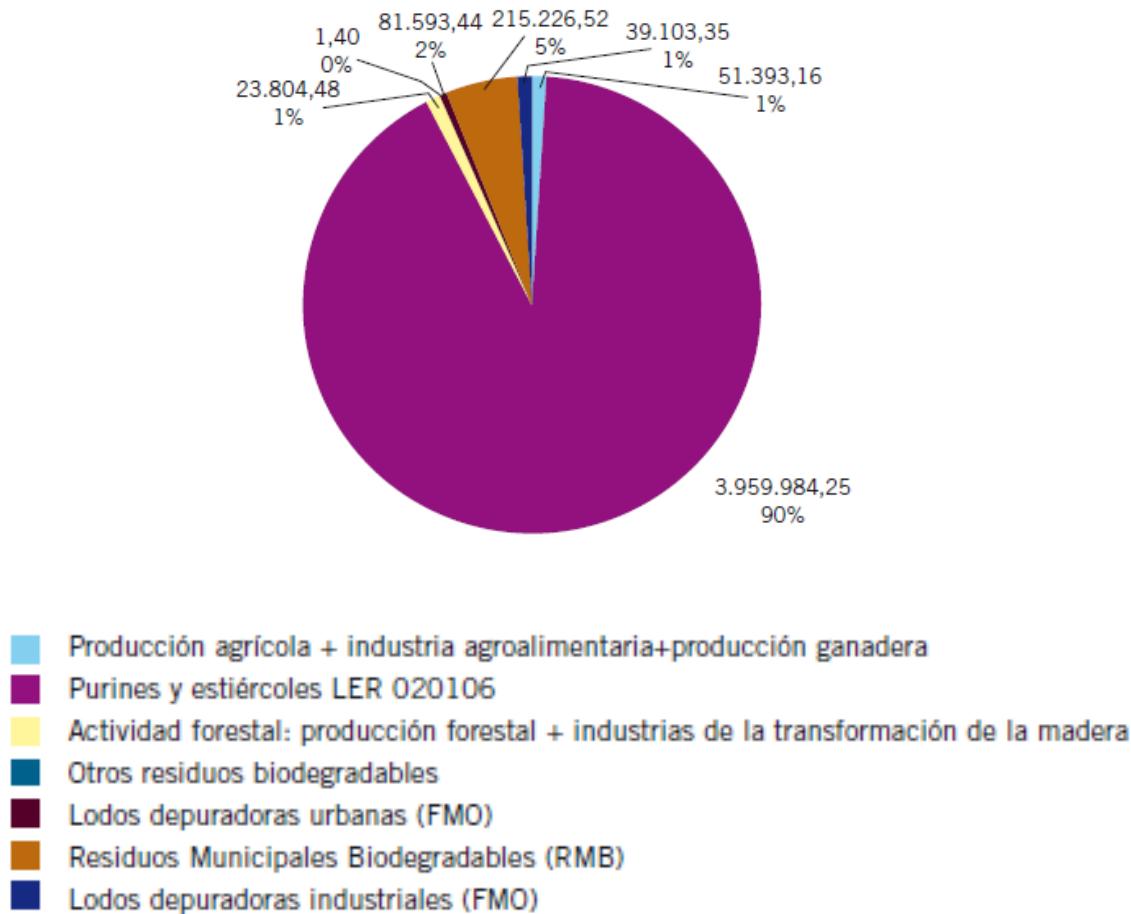
Tabla 2.Datos de recogida en puntos limpios de Aragón en el año 2007.

Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático. Departamento de Medio Ambiente.
Gobierno de Aragón

En el cuadro anterior se puede observar que no existe una recogida selectiva a nivel de Aragón para los restos de jardinería por lo que no existen datos al respecto con los que poder trabajar, haciéndose necesaria una estimación de los mismos para la realización del presente proyecto.

El Plan GIRA 2009-2015 aborda la gestión de la materia orgánica residual (MOR) a nivel de Aragón. Del mismo plan se obtienen los siguientes datos referentes a la Materia Orgánica Residual producida en Aragón.

DISTRIBUCIÓN MOR POR TIPO DE RESIDUOS EN ARAGÓN 2007 (T/AÑO)



Gráfica 7.Distribución mor por tipo de residuos en Aragón 2007 (Tm/año).

Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático. Departamento de Medio Ambiente.
Gobierno de Aragón

GESTIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA RESIDUAL (MOR)

Con independencia del origen de cada residuo, éste debe tener el tratamiento más adecuado a su naturaleza. Por ello se debe contemplar el aprovechamiento conjunto de algunas infraestructuras de tratamiento y la disponibilidad de infraestructuras específicas de gestión cuando lo exija un control y gestión eficaz. Debe tenderse al aprovechamiento integral de la materia orgánica generada mediante la coordinación de flujos con otras fuentes como estiércoles y purines, los lodos de depuradora, la recogida selectiva de la fracción orgánica urbana, los restos de podas, etc.

MODELO DE GESTIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA RESIDUAL (MOR) DEFINIDO EN EL GIRA 2009/2015.

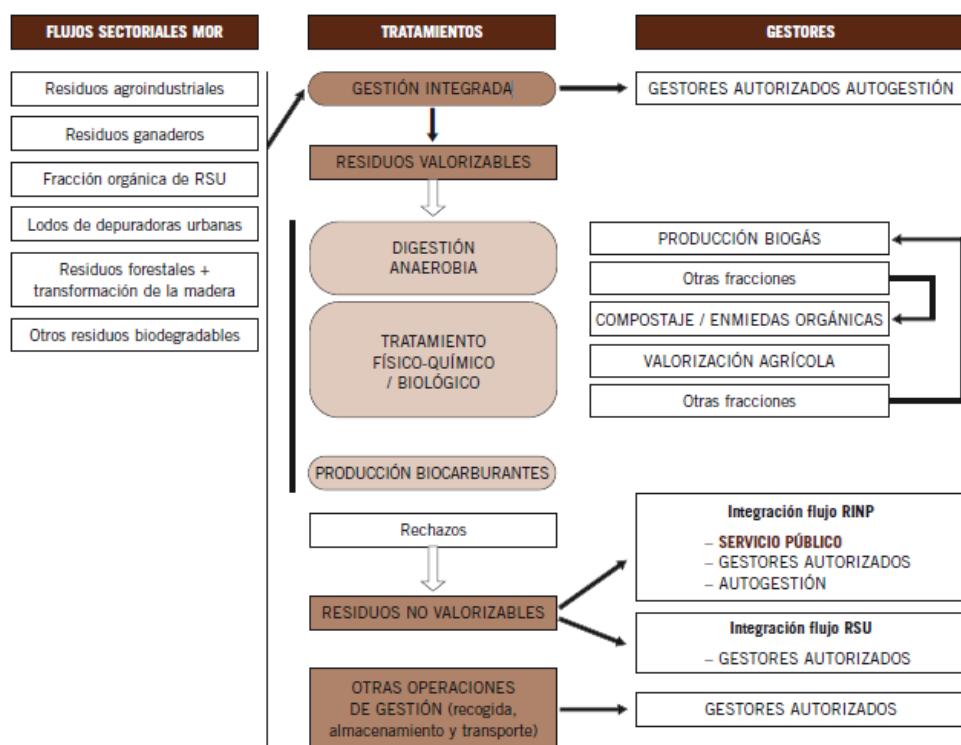


Tabla 3. Modelo de gestión de la materia orgánica residual (MOR) definido en el gira 2009/2015.

Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático. Departamento de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón

La estrategia a seguir según el plan GIRA es la siguiente:

RESIDUOS VALORIZABLES

Para aquellos residuos que puedan ser reciclados materialmente o valorizados energéticamente en las condiciones señaladas en este Plan, la prioridad es la implantación de las mejores técnicas disponibles y la extensión de buenas prácticas, con el objetivo de minimizar la generación de residuos y favorecer el reciclado de los generados.

Los residuos valorizables se dirigirán a las instalaciones de gestión que los pongan en valor, bien directamente o a través de gestores intermedios.

La gestión de residuos con base orgánica se realizará conjuntamente con otros flujos que puedan ser objeto de compostaje, valorización material para la elaboración de enmiendas orgánicas o para la generación de energía por biometanización.

INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS.

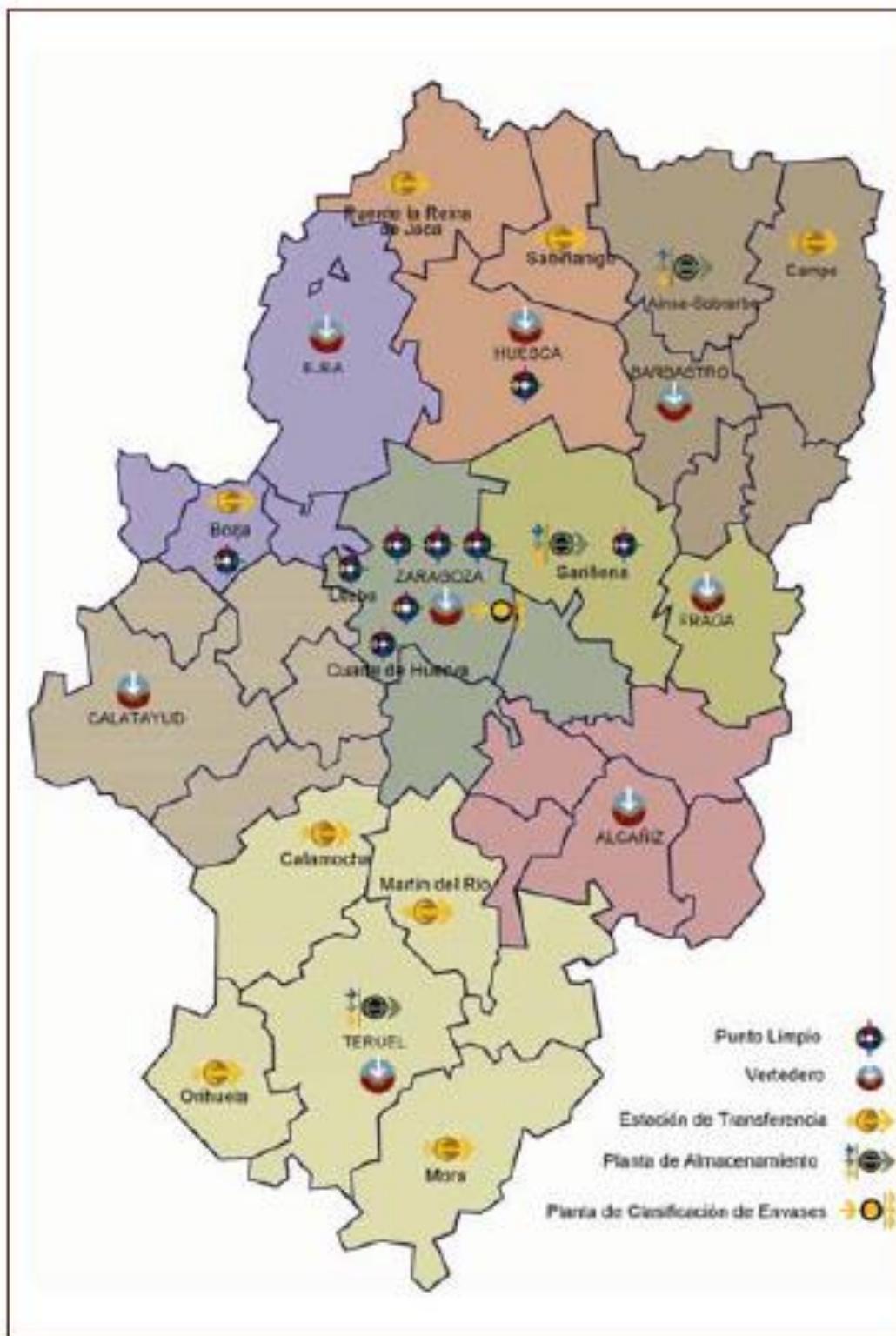


Ilustración 2. Plan de gestión integral de residuos de Aragón. Infraestructuras existentes.

PREVISIÓN DE CONSTRUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS A 2015.

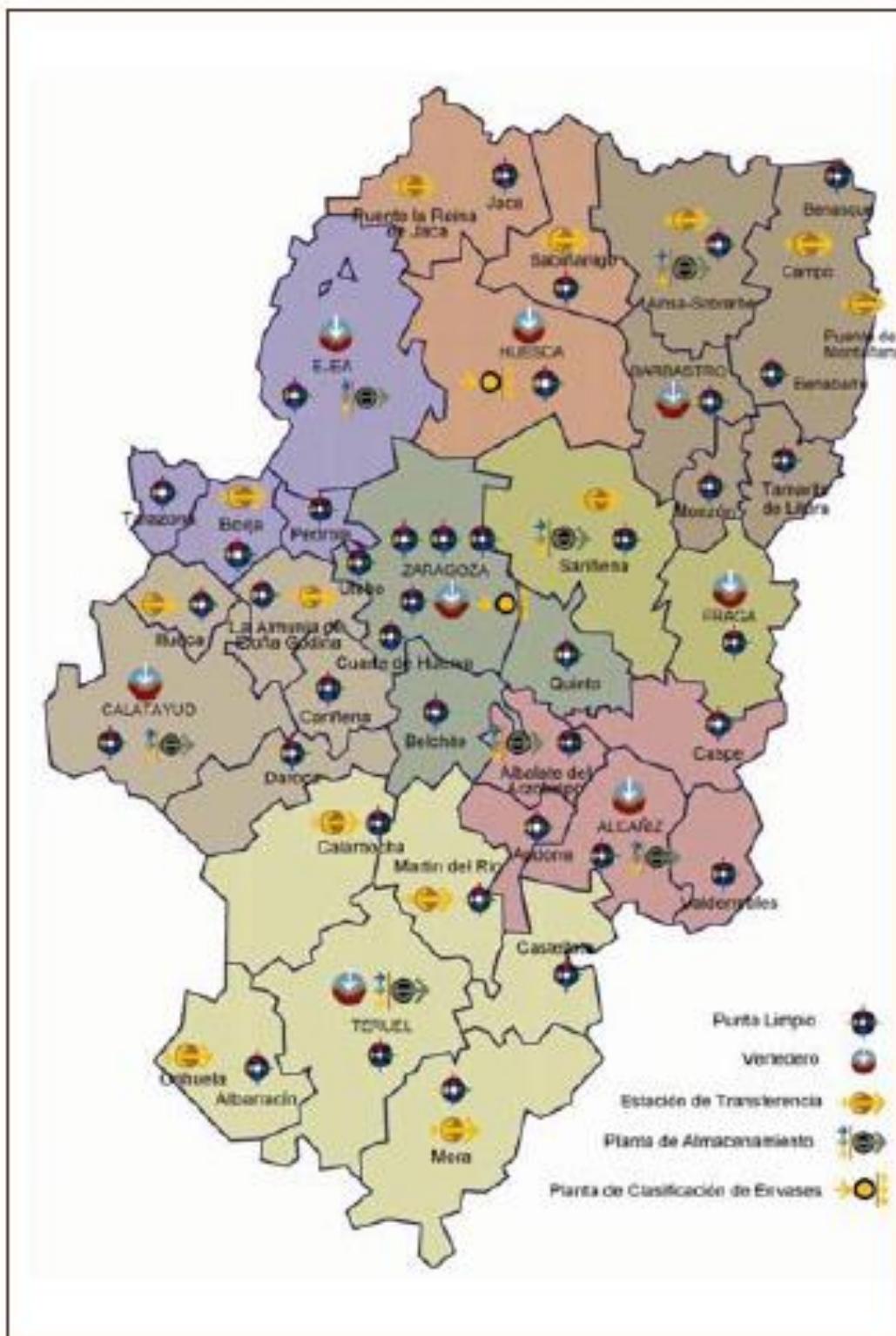


Ilustración 3. Plan de gestión integral de residuos de Aragón. Previsión 2015.

1.3.3. VISIÓN GLOBAL A NIVEL DE LA UE SOBRE LA SITUACIÓN DE LOS VERTEDEROS.

Todos los recursos disponibles en el mercado se convertirán en residuos en algún momento y todas las actividades productivas generan alguna forma de residuos. La producción total de residuos en la UE representa unas 3,5 toneladas de residuos por habitante y año. Aunque progresan el reciclado y la valorización, las cantidades de residuos que acaban en vertederos no disminuyen, ya que su producción aumenta sin cesar.



Imagen 1. Vertedero sin identificar.

Una de las estrategias de la UE respecto a los vertederos es la *reducción drástica del volumen de residuos destinado a estos*; ya que el vertido final es la última opción según el principio de jerarquía, haciéndose necesario minimizar las cantidades de residuos gestionadas de esa manera.

Las consecuencias derivadas del envío masivo de residuos al vertedero son las siguientes:

- Menor duración del vertedero.
- Mayor coste de mantenimiento (desgasificación).
- Menor contaminación por generación de lixiviados.

Como consecuencia de esta circunstancia una de las estrategias tomadas es el **impulso al compostaje de la fracción de residuos biodegradables**.

1.4. MUNICIPIO DE HUESCA.

Huesca, con sus aproximadamente 50.000 habitantes, es la segunda ciudad de Aragón. Apenas 70 kilómetros la separan de Zaragoza, con la que está unida por autovía.

Administrativamente, el municipio de Huesca está formado por la propia ciudad y ocho municipios incorporados: Apiés, Fornillos, Huerrios, Banariés, Cuarte, Tabernas del Isuela, Buñales y Bellestar del Flumen. La proximidad y pequeño tamaño de estos municipios incorporados hacen que se pueda hablar de una unidad, como si de barrios se tratase.

La economía se basa en el sector servicios con una auge del turismo seguida del sector industrial y con una gran tradición del sector agrícola, con cultivos de cereal en los alrededores de la ciudad.

Como datos interesantes acerca del municipio cabe señalar:

Número habitantes 50.000 personas

Superficie total 16.138.000 Ha.

Superficie Urbana 637 ha.

Superficie zonas verdes 65 Ha.

Longitud viales 82.448 m.

Tabla 4. Datos demográficos y de superficie del municipio de Huesca.

La ciudad se asienta desde hace más de 2.000 años en un amplio cerro de forma ovalada, con una altitud de 488 m. sobre el nivel del mar, que está situado junto a un río de escaso caudal, el Isuela. Esta posición le permite dominar La Hoya, una vasta y fértil depresión de fondo plano cerrada por pequeñas elevaciones que es la "comarca" natural de Huesca.

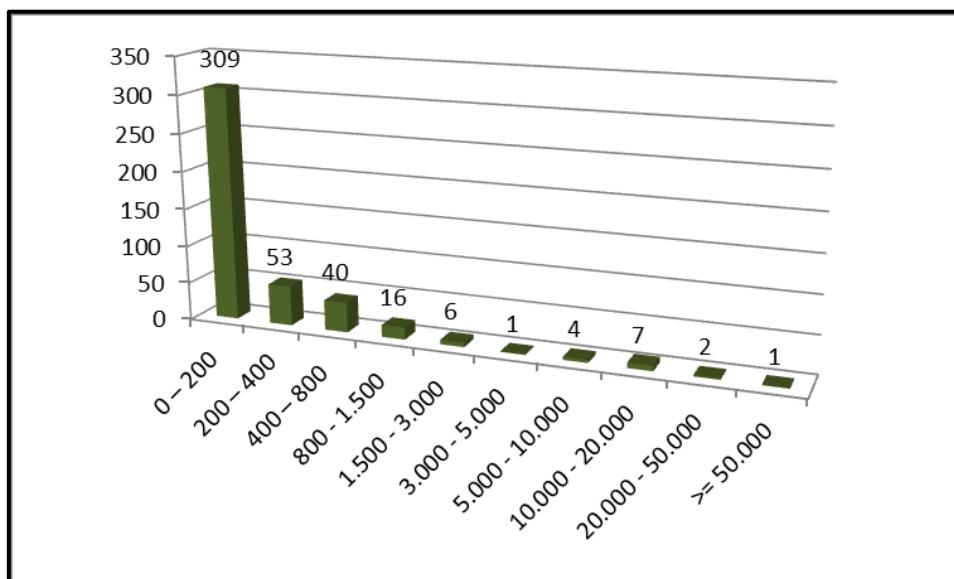
La Hoya ha sido profundamente alterada desde muy antiguo por la acción humana. De su bosque primitivo, que era de encinas, apenas quedan ya vestigios en los alrededores de la ciudad, si exceptuamos los grandes encinares del Carrascal o Pebredo. En su lugar, hay un predominio casi absoluto del cultivo de cereal.

El clima de Huesca es mediterráneo con matices continentales. En la ciudad, contra lo que se suele creer, los inviernos no resultan demasiado severos y los veranos son calurosos.

1.4.1. SITUACIÓN GLOBAL DE LAS ZONAS VERDES.

La distribución de las zonas ajardinadas de la ciudad se caracteriza por disponer de un gran número de pequeñas áreas verdes. Las **439 áreas verdes** inventariadas por el ayuntamiento se encuentran repartidas entre todos sus barrios, llamando la atención el alto grado de atomización de las mismas.

En la siguiente tabla se puede observar el número de áreas verdes existentes agrupadas por su superficie en metros cuadrados.



Gráfica 8. Número de áreas verdes agrupada por intervalos de superficies (m²).

Existen más de 300 áreas verdes pequeñas, menores de 200 m², incluidas dentro del tejido urbano de la ciudad. Entre 200 y 400 m² se contabilizan 53, y entre 400 y 800 m² otras 40, lo que da una idea del alto número y dispersión de las áreas verdes de Huesca.

Estos datos muestran que el número de áreas verdes existentes es muy alto para una ciudad del tamaño y población de Huesca (52.000 habitantes) y que la proporción de calles arboladas es también muy importante. Concretamente, la superficie de m² de zona verde disponible por habitante se sitúa en torno a 17,21 por encima incluso del rango recomendado por la OMS que se encuentra entre 10 y 15 m² por habitante.

En Huesca, nos encontramos con una considerable serie de zonas que presentan unas áreas verdes de tamaño importante con un alto número de árboles, masas arbustivas y setos, así como numerosas parcelas de césped.

1.4.2. ACTIVIDADES GENERADORAS Y DESTINO DE LOS RESIDUOS VERDES PRODUCIDOS EN EL MUNICIPIO DE HUESCA.

Los residuos vegetales o residuos verdes son producidos como consecuencia del mantenimiento y conservación de parques y jardines, tanto públicos como privados.

El departamento de parques y jardines del Ayuntamiento de Huesca es el encargado del mantenimiento de los parques urbanos, jardines y zonas verdes del municipio, si bien existen algunas zonas cuya gestión las realizan empresas externas.

Además de en las labores propias del mantenimiento y gestión de los parques urbanos, también se generan restos de poda y jardinería a nivel particular, es decir, en las labores de mantenimiento de los jardines privados que existen en el municipio. Estos residuos cuentan con idénticos problemas de gestión que los provenientes de las labores municipales.

Las labores de mantenimiento y conservación que se realizan son las siguientes:

-
- Conservación de céspedes y praderas.
 - Conservación de las plantaciones (macizos de árboles, arbustos y flores).
 - Conservación de setos y arbustos o árboles con formas predefinidas.
 - Conservación de árboles de alineación.
 - Conservación de suelos y pavimentos.
 - Conservación de zonas forestales.
-

Tabla 5. Labores de conservación de las zonas verdes.

Su destino habitual es el depósito en vertedero siendo en pasados años la incineración otro de los modos de gestión habituales. Actualmente la incineración, como mecanismo de eliminación de residuos, no está permitida en el territorio de Aragón.

En algunos casos los restos vegetales con alto contenido en carbono son empleados para su valorización energética por parte de otra empresa gestora.

1.4.3. SISTEMA DE RETIRADA DE RESTOS.

La gestión y por tanto la retirada de restos verdes derivados de las actividades de mantenimiento de zonas verdes son competencia de los municipios.

En la actualidad los restos vegetales producidos en las zonas verdes del municipio de Huesca son retirados al vertedero situado en la localidad de Fornillos de Apiés.

Para el transporte de los restos vegetales por parte de las brigadas del ayuntamiento se emplean 2 furgonetas con caja, una de ellas equipada con grúa para facilitar la subida de los restos hasta la caja.

Existen además varias empresas subcontratadas por el ayuntamiento para la realización de mantenimientos en zonas verdes de la ciudad (Coanfi S.L., Centro Especial de Empleo Atades, Integración Laboral Arcadia S.L.) o simplemente la retirada (contenedor situado en la calle Juan XXIII, junto al parque Miguel Servet por parte de la empresa Hermanos Marquina S.L.).

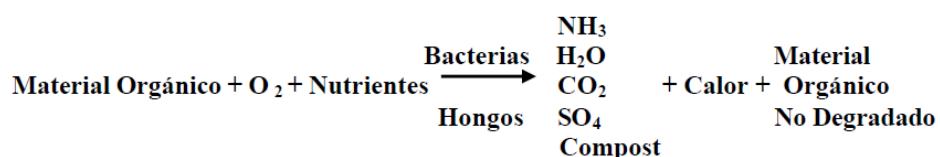
La actividad de retirada lleva asociada un elevado coste en concepto de subcontratación, tasas en vertedero, y transporte y gastos asociados a este último.

1.5. FUNDAMENTOS DEL COMPOSTAJE.

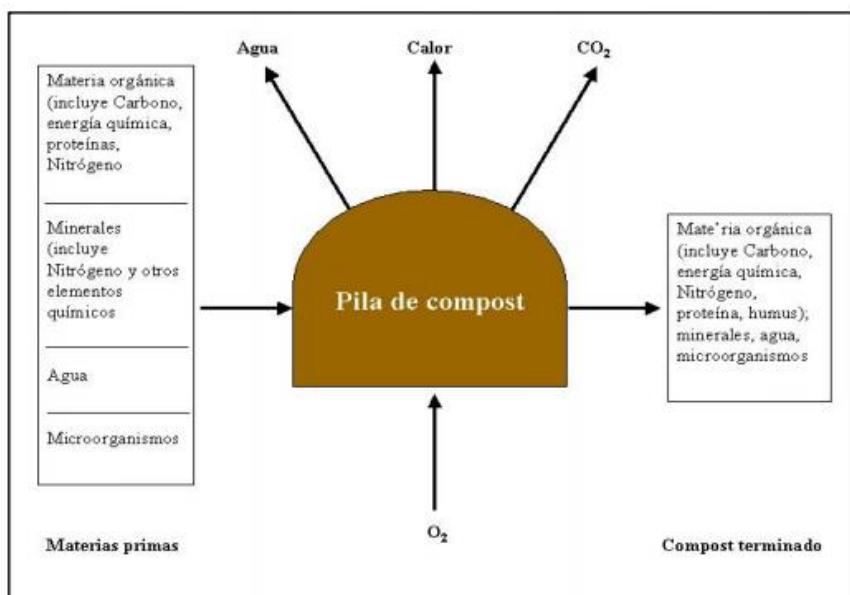
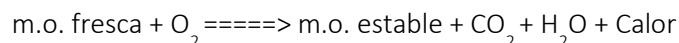
1.5.1. PROCESO DE COMPOSTAJE.

El compostaje es un proceso a través del cual los residuos de diversos orígenes, con un elevado contenido en materia orgánica se transforman en otro producto que puede adicionarse al suelo como sustancia orgánica útil, rica en "humus" y de características "estables". Se obtiene por degradación biológica, en condiciones aerobias y con la microbiota endógena compuesta principalmente por bacterias y hongos, dando como subproductos CO_2 , vapor de agua y calor (Negro, M.J. 2000).

Esquemáticamente podemos presentarlo como:



O más sencillamente como :



Esquema 1. Proceso de compostaje.

En realidad se producen dos procesos paralelos, uno de mineralización, donde los materiales son metabolizados hasta dar CO_2 y H_2O y otro de humificación, donde se producen moléculas estables frente a ulteriores ataques microbianos (Silva, J.P. et al, 2003).

Los compuestos carbonados simples son utilizados por los microorganismos en la síntesis de sustancias celulares y otros productos metabólicos que son degradados posteriormente a CO_2 y H_2O , estos procesos son exotérmicos y producen un aumento en la temperatura de la masa del compost favoreciendo el desarrollo de microorganismos termófilos y mesófilos correspondientes.

El proceso de compostaje se puede dividir en 3 fases: Fase mesófila, fase termófila y fase de enfriamiento y maduración

1.5.2. FASES O ETAPAS.

Las fases o etapas en un proceso de compostaje son las siguientes:

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL MATERIAL..

En esta etapa el material se acondiciona física, química y a veces biológicamente para optimizar el proceso de transformación.

Principalmente se regula:

- El contenido de agua.
- El tamaño de partícula.
- La relación C/N.

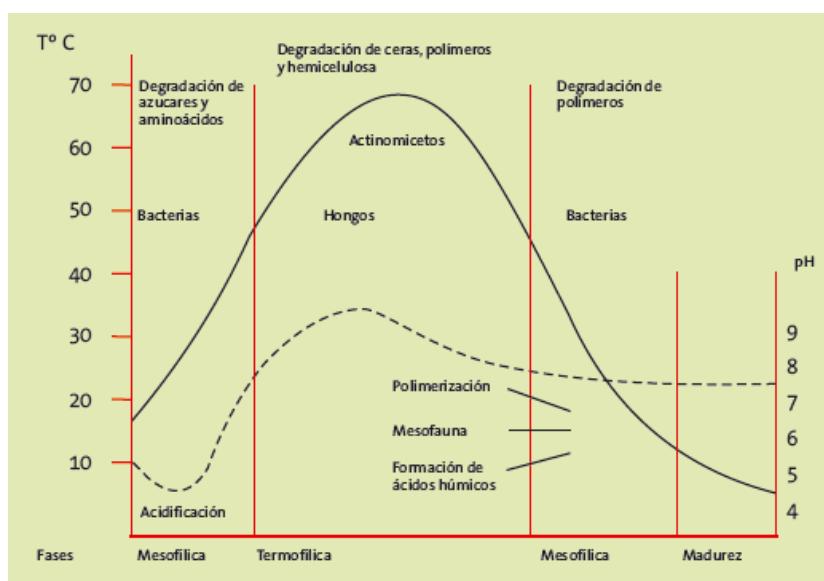
ETAPA DE COMPOSTAJE.

Fase mesófila.

Los organismos mesófilos, aquellos que crecen mejor a temperaturas entre 25 y 45º C, son los que dirigen el proceso en su fase inicial, cuando la temperatura es relativamente baja. Estos organismos producen la digestión de los carbohidratos y de los sacáridos de bajo peso molecular, para obtener energía, transformándolos en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O), y generando calor durante el proceso. La velocidad del proceso, lenta al principio, debido a que la población de microorganismos es menor, aumenta a las primeras horas o días, a medida que estas poblaciones crecen. Cuando las temperaturas alcanzan un valor próximo a los 40ºC, los mesófilos mueren o quedan en estado latente, esperando a que las condiciones se reviertan, y comienza la siguiente fase

Fase termófila o termofílica.

Es la más característica de los procesos de compostaje y se desarrolla a elevada temperatura, superior a 40ºC y normalmente inferior a los 65-70 º C. Antes y después de ella hay dos subetapas denominadas mesofílicas o mesófilas donde la temperatura es menor a esos 40 ºC. En la gráfica se puede ver el detalle de la evolución de las temperaturas en el tiempo



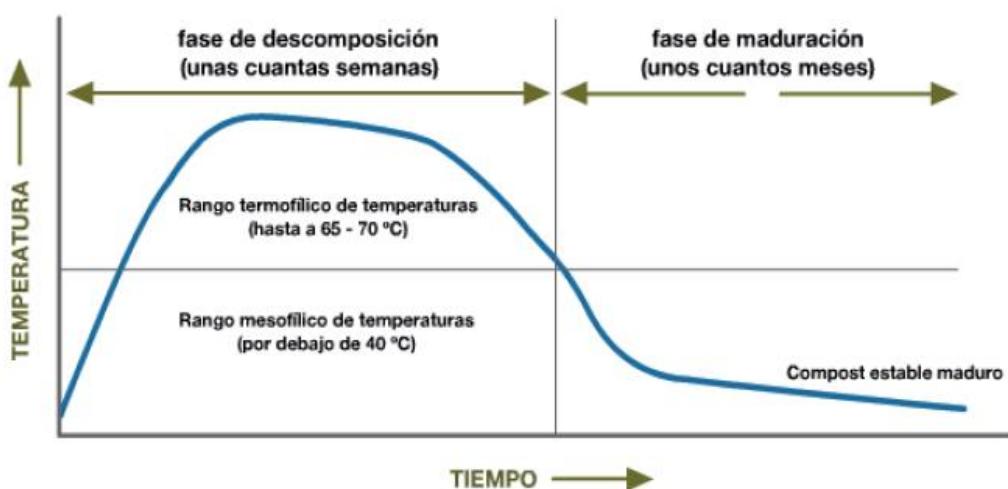
Gráfica 9. Evolución de la temperatura (-) y pH (--) durante las diferentes etapas del compostaje.

Fuente: Negro, M.J. et al. 2000.

Fase de maduración:

Se desarrolla a temperatura ambiente y es de más larga duración.

Los organismos termófilos continúan descomponiendo el material hasta que los nutrientes y fuentes de energía comienzan a agotarse. A medida que esto ocurre, la actividad de los termófilos disminuye, y con ello también lo hace la temperatura de la pila. Los organismos mesófilos vuelven a controlar el proceso de descomposición hasta que vuelve a haber disponible más fuentes de energía. Es en esta fase cuando se produce la estabilización del compost y la materia orgánica adquiriendo las clásicas características de compost como son el olor a mantillo o tierra fresca y un color oscuro.



Gráfica 10. Evolución de la temperatura y fases del proceso de compostaje.

Fuente: Aguirre, N. 2012.

ETAPA DE ACABADO.

En esta fase el material se acondiciona según el uso a que vaya destinado, y en general se le suele someter a:

- Eliminación o recirculación de lo no compostado.
- Cribado o/y molido (para ajustar el tamaño de partícula).
- Regulación de humedad.

- Corrección de las propiedades químicas.

1.6. VENTAJAS DE LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS VERDES A TRAVÉS DEL COMPOSTAJE O DIGESTIÓN AEROBIA.

Las ventajas de aplicar los tratamientos biológicos a los residuos verdes municipales procedentes de una recogida selectiva se pueden resumir en las siguientes:

- Recuperación de materia orgánica (MO) y nutrientes para el sistema.
- Reducción de los problemas generados por la MO en los vertederos.
- Ahorro de los costes asociados a las tasas por depósito de los restos en vertedero.
- Ahorro de instalaciones finalistas para el tratamiento de residuos (depósitos controlados, incineradoras).
- Adaptación a los requerimientos de las normativas comunitarias y acuerdos internacionales de protección del medio.
- Gran calidad y aptitud para el compostaje de los materiales iniciales tanto por su composición como por la baja cantidad de impropios asociados a ellos.
- Supone generación de empleo frente al sistema de depósito en vertedero que da punto final al residuo como recurso.
- Posibilidad de sustituir en materia de fertilización el producto final del proceso (compost) por los fertilizantes minerales adquiridos y que suponen además un elevado coste.
- Posibilidad de incrementar el contenido de materia orgánica de los suelos con todas las ventajas que representa, incluido el incremento de la fijación de CO₂.

Tabla 6. Ventajas de la valorización de residuos verdes.

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE MUESTRAS DE COMPOST REALIZADAS CON RESTOS DE JARDINERÍA.

El siguiente cuadro muestra las características de dos compost (v1 y v2) realizados con restos de jardinería.

Muestra	V1	V2	V3
pH	7,85	7,85	8,90
CE dS/m	0,98	0,61	15,98
%Humedad	54,46	62,47	31,41
ppm N-NH4 Soluble	nd	25	1259
%M.O.	47,68	53,35	45,66
% N org	1,11	1,04	1,64
%GE (MOR/MOT)	60,47	76,14	32,31
%P	0,28	0,15	1,07
%K	0,66	0,42	0,25
ppm Zn	101	76	1459
ppm Mn	189	185	191
ppm Cu	66	42	97
ppm Ni	89	47	36
ppm Cr	45	16	76
ppm Pb	39	38	52
ppm Cd	0,10	0,17	5,14

Tabla 7. Características de compost obtenido a partir de residuos de jardinería (V1 y V2) y de restos de cultivos hortícolas de invernadero muy contaminados (V3).

Fuente. Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso.

ALGUNAS EXPERIENCIAS O INTENTOS PREVIOS DE VALORIZACIÓN POR PARTE DE LAS ENTIDADES LOCALES DEL MUNICIPIO DE HUESCA.

Existen intentos previos por parte del Ayuntamiento de valorizar los residuos verdes pero su resultado denota que no se realiza una apuesta clara en lo económico para impulsar esta acción.

También se conocen intentos de cooperación en materia de compostaje entre el Ayuntamiento y la DPH en las instalaciones del Vivero Provincial tratándose más de una apuesta personal por parte de los técnicos de ambas administraciones que de una intención clara y meditada por parte de los organismos.

VENTAJAS DEL USO DEL COMPOST SOBRE LAS SUPERFICIES AJARDINADAS.

ACONDICIONAMIENTO DEL SUELO:

La utilización de compost como enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en los terrenos de labor tiene un gran potencial e interés en nuestro país, ya que la presencia de dicha materia orgánica en el suelo en proporciones adecuadas es fundamental para asegurar la fertilidad y evitar la desertización. Además, cabe comentar que la materia orgánica en el suelo produce una serie de efectos de repercusión agrobiológica muy favorable (Tabla). Entre estos están:

Mejora las propiedades físicas del suelo: la materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados.

Mejora las propiedades químicas: La materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación. Por otra parte, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos y quelatos estables, aumentando la posibilidad de ser asimilados por las plantas.

Mejora la actividad biológica del suelo: La materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad de un suelo.

DESTRUYE LOS PATÓGENOS:

La destrucción de patógenos durante la fase termófila permite la utilización no contaminante del abono orgánico. En la Tabla se recoge la temperatura y tiempo necesario para la destrucción de algunos de los patógenos y parásitos más comunes que pueden estar presentes en el residuo a compostar.

USO DEL COMPOST SOBRE LAS SUPERFICIES VERDES DEL MUNICIPIO DE HUESCA EN LA ACTUALIDAD.

Si bien en la **ORDENANZA MUNICIPAL DE ÁREAS VERDES Y ARBOLADO URBANO DE HUESCA. Aprobada por el Ayuntamiento en Pleno de 07/05/03 B.O.P. HU. N.º 175 de 31 de Julio de 2003**, se contempla el uso de sustancias orgánicas para determinadas operaciones de instalación y mantenimiento de jardines el uso real de estas está completamente limitado por varios motivos:

- *No se cuenta con presupuesto suficiente para la adquisición de las sustancias orgánicas.*
- *No se conoce en la actualidad si existe la posibilidad de producirlo con los recursos propios.*
- *No hay personal suficiente ni maquinaria específica para su aplicación.*

A continuación se nombran los artículos de la citada Ordenanza Municipal donde figura el uso de sustancias orgánicas.

SUELOS Y TIERRAS.

Las siembras de céspedes y praderas se abonarán con substratos orgánicos adecuados (estiércol, substratos de depuradora, compost...) que no contenga materias contaminantes ni metales pesados.

ESCARDA DE ARBOLADO EN ZONA VERDE.

Una vez al año se procederá a añadir compost en toda la superficie escardada con un espesor de 2 cm.

ESCARDA DE ARBUSTOS EN ZONA VERDE.

Las escardas serán todas las necesarias para que la zona se encuentre libre de vegetación. Después de escardar se procederá al extendido por toda la superficie de compost con un espesor de 2 cm en dos épocas anuales.

CONSERVACIÓN Y PREPARACIÓN DE LA PLANTA.

Si la plantación no se hace en el momento de la llegada de la planta, ésta debe almacenarse en un lugar al abrigo del sol y de vientos, y a salvo de heladas. La raíz desnuda se cubrirá completamente con arena húmeda o tierra húmeda, pero se evitará el compost semidescompuesto, pues el calor que desprende activará los brotes de raíz (salvo que esto se desee expresamente).

TRATAMIENTO DE ALCORQUES EN ZONA PAVIMENTADA.

Se cuidará añadir compost en toda la superficie del alcorte con un espesor de 1 cm.

RECEBOS Y ENMIENDAS.

Estas operaciones consisten en el añadido a toda la superficie de césped de una mezcla de arena silícea y mantillo. La arena tendrá una granulometría tipo garbancillo. Esta operación se realizará inmediatamente después de la labor de aireado.

OBJETIVOS DEL PROYECTO.

2. OBJETIVOS.

Por todo lo anteriormente citado, se elabora este PFC con el objetivo principal de:

- Estudiar la factibilidad técnico-económica para instalar una planta de compostaje, utilizando residuos verdes urbanos de la ciudad de Huesca.

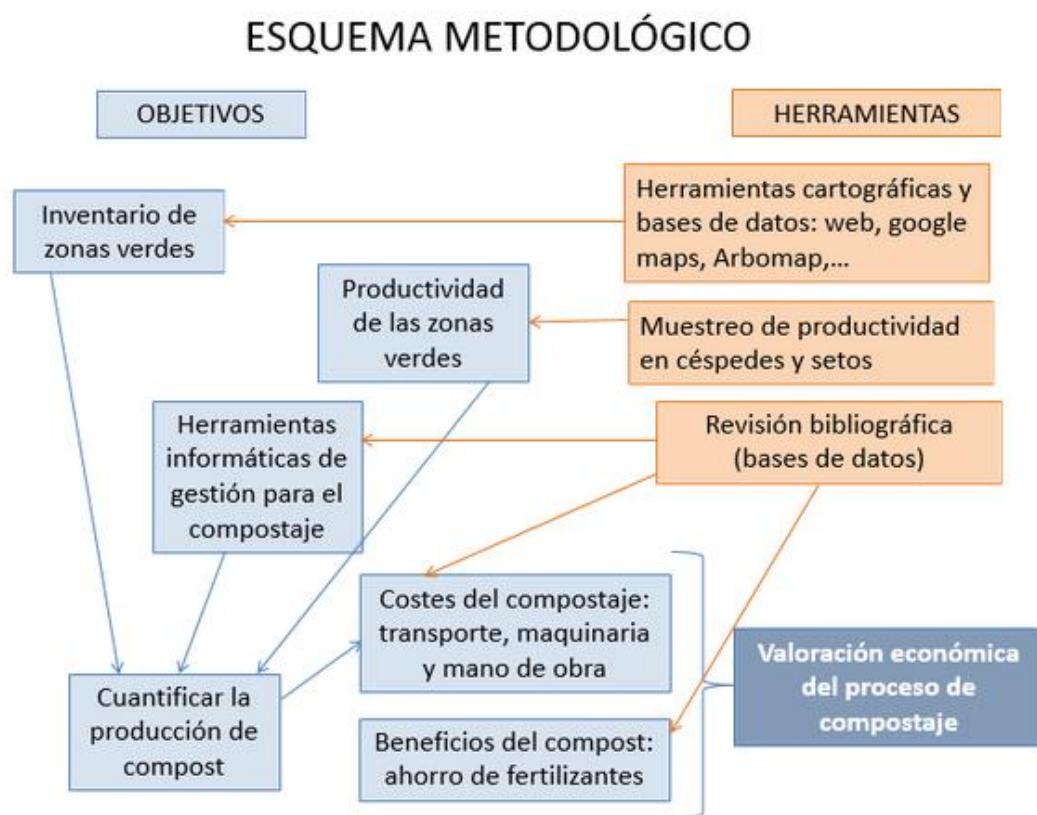
A su vez se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Cuantificar las superficies verdes de la ciudad de Huesca así como su productividad en diferentes recursos compostables.
2. Temporalizar la producción de los mismos.
3. Elaborar una herramienta informática para la adecuada gestión de los recursos con miras al correcto proceso de compostaje.
4. Cuantificar la producción de compost anual generada a partir de los residuos.
5. Dimensionar las superficies a emplear para los distintos procesos a nivel de planta. Estudio de varias alternativas.
6. Estimar los costos de retirada de los residuos verdes desde las zonas ajardinadas al vertedero.
7. Determinar la maquinaria empleada a lo largo de todo el proceso. Estudio de varias alternativas.
8. Dimensionar la mano de obra empleada.
9. Cuantificar el ahorro en fertilizantes químicos así como valorar las ventajas de un abonado orgánico sobre la gestión actual en materia de fertilización en zonas verdes.
10. Valoración económica del modelo propuesto y comparación con el modelo actual.

METODOLOGÍA.

3. METODOLOGÍA.

Para la realización del presente proyecto la metodología seguida se podría resumir en el siguiente esquema:



Esquema 1. Esquema metodológico empleado para la realización del proyecto.

La cuestión principal a abordar para conseguir el dimensionado de una planta de compostaje que pudiera procesar el conjunto de residuos vegetales del municipio de Huesca era cuantificar y temporalizar la producción de los mismos. Para ello era necesario obtener datos acerca de las *características de las diferentes zonas verdes del municipio* (superficie de céspedes, metros lineales de setos, árboles y setos que ocupan dichas superficies...).

El acercamiento a tal objetivo se realizó gracias a datos obtenidos del **programa Arbomap**. Se trata de un programa GIS empleado por el Ayuntamiento de Huesca así como por otros ayuntamientos españoles para optimizar la gestión de los servicios urbanos. Es en sí mismo un inventario georreferenciado de las zonas verdes, elementos vegetales de estas y mobiliario urbano. En él se anotan cada una de las intervenciones realizadas sobre los elementos que constituyen las zonas verdes, las cuales son a su vez divididas en unidades sobre las que opera un determinado grupo de trabajadores de la Brigada de Jardines Municipal. A estas unidades se les denomina **Unidades de Gestión**. Sobre cada una de estas Áreas existe por tanto un historial de actuaciones que permite conocer con detenimiento todas y cada una de las operaciones realizadas y su secuencia temporal.

A partir del programa se obtuvieron todos los datos relativos a la superficie de céspedes, árboles, arbustos aislados, metros lineales de seto y superficie de flor de temporada de cada una de las Unidades de Gestión y del conjunto del municipio.

Para una revisión más a fondo de los elementos que constituyen las zonas verdes del municipio se empleó los datos y mapas ofrecidos en la **Página web del Ayuntamiento de Huesca, Área de Medio Ambiente, Sección Parques y Jardines.** <http://www.huesca.es/areas/medio-ambiente/parques-y-jardines/>

También fue de utilidad el programa **Google Maps**, a partir del cual se han obtenido imágenes de satélite de las diferentes zonas verdes, sobre todo de aquellas para las que no se pudo contar con imágenes del programa Arbomap. De la misma forma sirvió para poder realizar una visión global del conjunto necesaria para la toma de decisiones como la situación de los contenedores de recogida o la posible ubicación de la planta.

Para la *estimación de la productividad en cada uno de los recursos compostables* relacionados con las zonas verdes o Unidades de Gestión se realizaron una serie de **pruebas empíricas** en el instituto Montearagón a partir de las cuales se pudo realizar una valoración de la productividad en dos recursos (césped y poda de recorte de setos).

La aproximación al cálculo de la producción de césped por corte se llevó a cabo un ensayo, realizado en el mes de mayo de 2013 en el IFPE Montearagón (Huesca), donde se empleó una cortacésped rotativa autopropulsada modelo HONDA HRH 536, con una anchura de corte de 0,53 metros. Se realizaron un total de 5 pases en diferentes zonas de la superficie y se midieron la longitud del trazado (superficie) y peso de la hierba recogida. Se escogió este mes por tratarse de un momento medio en lo que respecta al crecimiento en términos anuales.

En el caso de la producción anual de restos de poda procedentes del recorte de setos, los datos fueron obtenidos de la medida del peso de los restos de un seto de *Ligustrum japonicum* de 74 m de longitud, sección rectangular y 1.40 m de altura, situado en el IFPE Montearagón (mayo, 2013).

La estimación de la cantidad de restos de poda de árboles se realizó a partir de un **Informe Final de Campaña de Poda relativo a la temporada 2005-2006** redactado por el Oficial Jardinerº y dirigido al Ingeniero y Oficial del Área de Medio Ambiente de Huesca donde aparecen los datos de poda por especies así como la estimación de los m³ de chips de madera una vez procesados en una trituradora de la marca Champ 620D de Jolhi que pertenece al Ayuntamiento de Huesca. Para estudiar la forma de gestionar este tipo de residuos se contó con la información contenida en el artículo “**Gestión de residuos de poda, una asignatura pendiente**”. Blanco, R. 2006.

La *temporalización*, ofrecida en el programa Arbomap y refrendada por el **Oficial Jardinerº de la Brigada de Parques y Jardines del Área de Medio Ambiente** (com. per) permitió relacionar los datos de productividad con el tiempo.

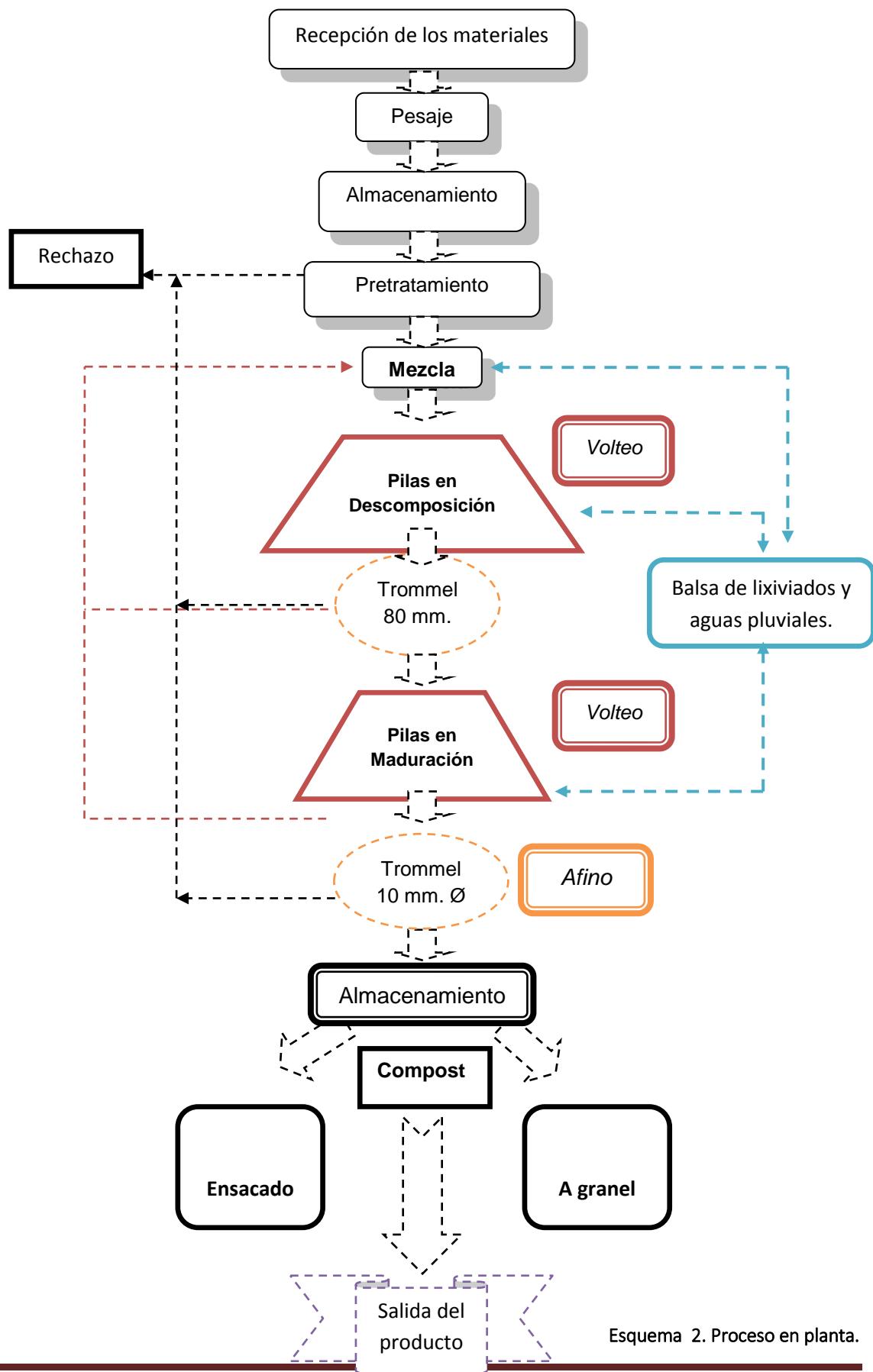
Para la toma de decisión del *modelo de procesado* (Esquema 2) que se realizaría en la planta se manejó información contenida en los Estudios “**Compostaje de residuos municipales. Control del proceso, rendimiento y calidad del producto**”. O.Huerta, *et al*, 2008, “**Estudio de alternativas de diseño de plantas de compostaje en almazaras ecológicas de tamaño reducido**.” Sánchez, A. *et al.* 2006, “**Procesos de co-compostaje y aplicación de sus productos en paisajismo, reforestación, cultivos forestales y agrícolas en Andalucía**” y “**Producción y Gestión del compost**”, M. J. Negro *et al*, 1996.

Los anteriores estudios también servirían como base del *análisis de los flujos de masa y volumen procesados en planta*, cuyo cálculo, permitió el dimensionado de las diferentes *superficies de la planta* así como la elección de la *maquinaria* a emplear durante el proceso y de la mano de obra necesaria.

Para el *dimensionado de la balsa* para la recogida de lixiviados y el agua de lluvia caída sobre la planta se tomaron datos de la Oficina del Regante de los últimos 12 años (2003-2014) en el Municipio de Huesca.

El *emplazamiento de la planta* de compostaje se hace estudiando fundamentalmente los vientos dominantes y la localización de las poblaciones circundantes así como la mayor altura respecto a la ciudad con objeto de salvar a la planta de algunas ocasiones donde se producen bancos de niebla invernales que arrastrarían parte de los olores hacia zonas más bajas.

ESQUEMA DEL PROCESO EN LA PLANTA.



La elección de la maquinaria se aborda intentando adaptar ésta a las necesidades de procesado calculadas mediante la comparación de varios modelos a través de sus **fichas técnicas** y la bibliografía elaborada al efecto (**Sánchez Romero, A.; Hidalgo Muñiz F, 2006. Estudio sobre maquinaria idónea para las labores de compostaje de alperujos.**).

Subyacentes en la toma de decisiones sobre la elección de la maquinaria entre las diferentes tecnologías existentes fueron la sencillez tecnológica y la economía del proceso.

En el apartado de volteo principalmente se comparan dos alternativas que implican elecciones diferentes para algunos otros elementos de la maquinaria e instalaciones. Las alternativas estudiadas son dos máquinas, una de ellas acoplada al tractor (modelo Menart 4800Sp) y otra autopropulsada (Topturn 3500G). La elección de la primera está basada en las experiencias de servicios o redes de compostaje para ganaderos **“Servicio de compostaje. Una alternativa a la gestión tradicional de los estiércoles”** **Abaigar, A. et al. 2012.** La segunda es una máquina seleccionada para la comparación por encontrarse en varias plantas de ámbito municipal de Cataluña **“Compostaje de residuos municipales. Control del proceso, rendimiento y calidad del producto”** **Huerta, O. et al, 2008.** La decisión por una u otro tipo de máquina conllevaba diferentes superficies de procesamiento y otras maquinarias complementarias que se estudiarían en el apartado económico en forma de Alternativas.

Contando con esta información y con la finalidad de integrar todos los recursos calculados en el proceso de compostaje, se utilizaron como modelo herramientas desarrolladas para otros sectores (**Estudio sobre mezclas óptimas de material vegetal para compostaje de alperujos en almazaras ecológicas y caracterización físico química de los compost producidos. Álvarez, J.M. 2006**) y en otros lugares (Herramienta **COMPOST MIXT CALCULATOR**). A partir de estos modelos se desarrolló una herramienta de cálculo Excel propia que permitió programar las mezclas a nivel de planta y puso de manifiesto la necesidad del uso de otros recursos que habrían de ser ingresados para la realización de un compostaje en condiciones óptimas. El recurso adicional elegido fue la paja.

Con objeto de analizar los costes actuales de gestión de los residuos se tuvieron en cuenta las **cifras de registro de pesos a la entrada del vertedero por parte de los vehículos de la Brigada de Parques y Jardines** facilitadas por el Área de Medio Ambiente, así como las **tasas de depósito de restos.**

Contando con los datos de desplazamientos realizados hasta vertedero se calculó el coste de combustible, mantenimiento y seguros en función del tipo de vehículos y kilómetros anuales recorridos y se calculó el coste en concepto de mano de obra atribuible al tiempo invertido en el traslado de los restos desde las Unidades de Gestión al vertedero de Fornillos de Apiés. Para ello se emplearon páginas web de cálculo de costes por trayecto, aseguradoras y cálculo de costes de mantenimiento.

Los datos de *cantidad y coste de adquisición anual de los fertilizantes* empleados en la totalidad de las superficies verdes del municipio se obtuvieron del **Pliego de condiciones técnicas para el suministro de fertilizantes para superficies públicas ajardinadas de la ciudad de Huesca** y de la resolución del mismo, donde se daba un valor para la adjudicación de estos.

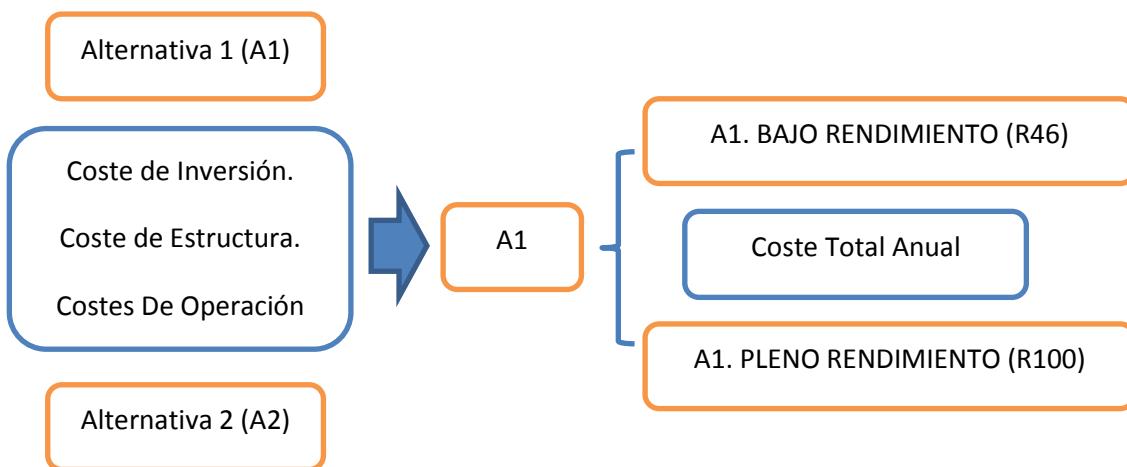
Los datos de riqueza de fertilizante adquirido citados en su **ficha técnica** permitieron calcular las cantidades de los mismos empleados de manera global en el Municipio de Huesca. Ese cálculo se empleó como base para la determinación de la cantidad de compost a utilizar para sustituir el actual plan de abonado por uno orgánico, apoyándose en los resultados de parámetros físicos y químicos de compost producidos a partir de restos de jardinería y ofrecidos en el estudio **“Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso”**, M. Soliva y M. López, 2004.

Con ayuda del documento (**Estudio de viabilidad económica de producción de compost a partir de alperujos y posibles necesidades de incentivos. Álvarez de la Puente, JM. 2006.**) y para el cálculo de la inversión necesaria para el desarrollo del modelo propuesto, se diseñó una estrategia de recogida de restos basada en la colocación de varios contenedores repartidos por la ciudad y cuya colocación se basó en términos de proximidad a las zonas verdes y de cantidad potencial de residuos que podrían llegar hasta los mismos (**datos Arbomap**). Así mismo se decidió por el empleo de un solo vehículo que pudiera portar estos contenedores y realizar la recogida con un solo operario. Esta estrategia de recogida de restos sería compartida por los dos modelos estudiados y que diferirían en tipo de maquinaria empleada y superficie empleada.

ALTERNATIVA 1: Planta de 1 Ha, con volteadora Menart 4800SP y tractor de 150 CV.

ALTERNATIVA 2: Planta de 0.85 Ha con volteadora Topturn 3500G y pala cargadora.

Se procedió al cálculo económico de ambas alternativas conduciendo a un proceso como el del siguiente esquema:



Esquema 2. Esquema de alternativas y variables de rendimiento.

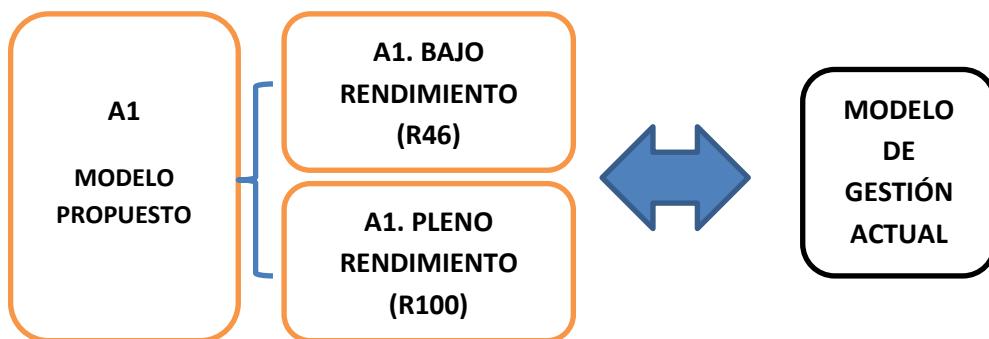
La estimación del *coste de Inversión* de estas dos estrategias o alternativas se realizó de la siguiente manera:

- Obra civil:
 - o **Programa Presto** para el cálculo de la ejecución material de movimiento de tierras, urbanización de la parcela y vallado, cimentaciones, estructura, edificio auxiliar, balsa de lixiviados y aguas pluviales y muretes de acopio.
 - o Para el cálculo de la fontanería, electricidad y sistema de bombeo y riego, estimaciones basadas en el estudio denominado **“Estudio técnico y económico de una planta de tratamiento de residuos vegetales en Getafe”**, Sánchez, I. 2009.
- Estudio de seguridad y salud: Se calculó como el 2,5 % de lo presupuestado para la Obra Civil.
- Maquinaria:
 - o Para el cálculo del coste de la maquinaria empleada se echó mano de precios facilitados por las casas comerciales y del estudio denominado **“Estudio sobre maquinaria idónea para las labores de compostaje de alpeorujos”**, Sánchez, Á. e Hidalgo, F. 2006.

Para la estimación del *coste de Estructura* de ambas alternativas se calcularon los *costes de Amortización e Interés* de la Obra Civil, Instalaciones y Maquinaria.

En la estimación del *coste de Operación* las variables calculadas fueron las que siguen:

- Combustible.
- Energía eléctrica.
- Compra de paja.
- Reposición anual del material de laboratorio.
- Material de embalaje anual.
- Mantenimiento de la maquinaria.
- Mantenimiento de la obra civil.
- Mano de obra y cargas sociales.
- Seguros e impuestos.



Esquema 3. Esquema de la comparación entre los dos modelos.

La *comparación entre los dos modelos* se llevó a cabo mediante los estudios económicos citados. Por un lado se valoró el gasto actual en materia de gestión de restos de las zonas verdes y por el otro se calculó el coste de producción de la cantidad de compost calculada para la sustitución del plan de abonado en los supuestos de Bajo Rendimiento y Pleno Rendimiento de la planta ([Estudio de los mercados del compost. 2005. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Ministerio de Medio Ambiente](#)).

También se realizaron unas consideraciones adicionales basadas en las propiedades beneficiosas del compost citadas en Informaciones Técnicas como “[Producción y Gestión del compost](#)”, M. J. Negro *et al*, 1996 , “[Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso](#)”, M. Soliva y M. López, 2004 y “[Procesos de compostaje y aplicación de sus productos en paisajismo, reforestación, cultivos forestales y agrícolas en Andalucía](#)”.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. CUANTIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES VERDES DEL MUNICIPIO DE HUESCA Y PRODUCTIVIDAD EN DIFERENTES RECURSOS COMPOSTABLES.

4.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS VERDES.

La distribución de las zonas ajardinadas de la ciudad se caracteriza por disponer de un gran número de pequeñas áreas verdes. Las **439 áreas verdes** inventariadas por el ayuntamiento se encuentran repartidas entre todos sus barrios, llamando la atención el alto grado de atomización de las mismas.

Existen (Gráfica 8) más de 300 áreas verdes pequeñas, menores de 200 m², incluidas dentro del tejido urbano de la ciudad. Entre 200 y 400 m² se contabilizan 53, y entre 400 y 800 m² otras 40, lo que da una idea del alto número y dispersión de las áreas verdes de Huesca.

Estos datos muestran que el número de áreas verdes existentes es muy alto para una ciudad del tamaño y población de Huesca (52.000 habitantes) y que la proporción de calles arboladas es también muy importante. Concretamente, la superficie de m² de zona verde disponible por habitante se sitúa en torno a 17,21 por encima incluso del rango recomendado por la OMS que se encuentra entre 10 y 15 m² por habitante.

En la imagen siguiente se han representado las calles de Huesca, ni las calzadas, ni los bordillos, ni los edificios; sólo se han representado las áreas verdes y los árboles -que aparecen como puntos negros. Sin embargo la sensación que produce el plano es la de estar viendo el trazado urbanístico de la ciudad, su trama básica de avenidas, calles y plazas; pero en realidad, son los árboles y el gran número de áreas verdes existentes los que están marcando el trazado de la misma.

En Huesca, nos encontramos con una considerable serie de zonas que presentan unas áreas verdes de tamaño importante con un alto número de árboles, masas arbustivas y setos, así como numerosas parcelas de césped.

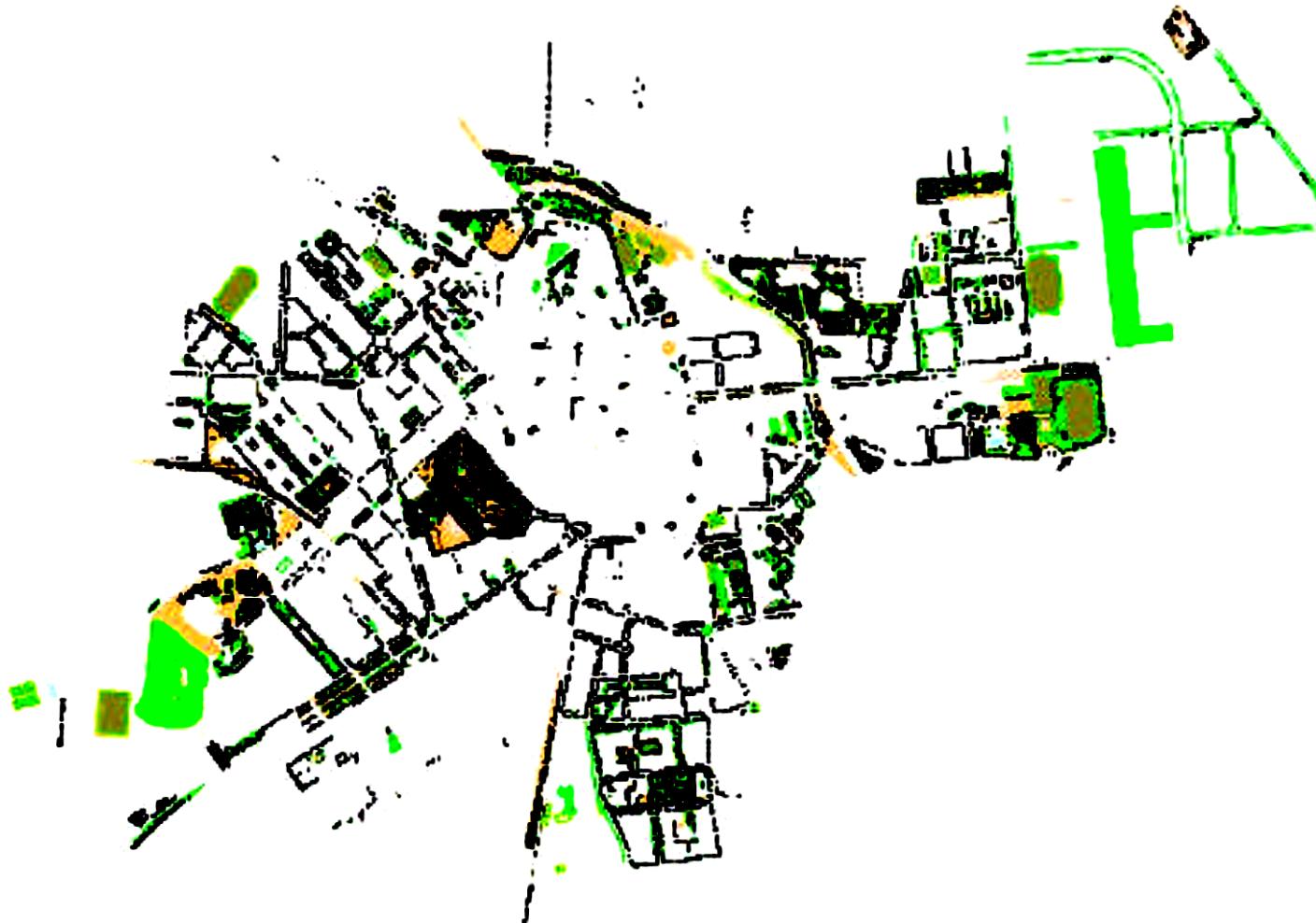


Imagen 2..Áreas verdes y arbolado de la ciudad de Huesca. Fuente: Arbomap.

TRABAJOS DE CONSERVACIÓN DE LAS ZONAS VERDES EN EL MUNICIPIO DE HUESCA.

El departamento de parques y jardines del Ayuntamiento de Huesca es el encargado del mantenimiento de los parques urbanos, jardines y zonas verdes del municipio, si bien existen algunas zonas cuya gestión las realizan empresas externas. Las labores de mantenimiento y conservación que se realizan son las siguientes:

- Conservación de céspedes y praderas.
- Conservación de las plantaciones (macizos de árboles, arbustos y flores).
- Conservación de setos y arbustos o árboles con formas predefinidas.
- Conservación de árboles de alineación.
- Conservación de suelos y pavimentos.
- Conservación de zonas forestales.

Fruto del trabajo de la Brigada de Parques y Jardines sobre las Áreas de Gestión se recogen una serie de recursos que serán los que deberán ser procesados en la planta de compostaje.

4.1.2. UNIDADES DE GESTIÓN

La superficie ajardinada total correspondiente al municipio de Huesca se encuentra subdividida en una serie de unidades sobre las que trabaja un determinado grupo de la Brigada de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Huesca.

A estas unidades se les denomina **Unidades de Gestión** y las operaciones realizadas sobre ellas son anotadas puntualmente en el programa de Gestión Arbomap de forma que existe información detallada y temporalizada sobre cada una de ellas.

Además cada Unidad de Gestión se halla perfectamente georreferenciada y definida en cuanto a los elementos que la componen de forma que los técnicos se apoyan en esta información para una mejor gestión del espacio público.

La relación de Unidades de Gestión es la que sigue. Cada unidad de gestión está catalogada con una letra que la representa.

PARQUES Y ÁREAS VERDES EN LA CIUDAD DE TAMAÑO GRANDE Y MEDIO.

- PARQUE DE MIGUEL SERVET. Unidad de gestión “H”.
- PARQUE DEL ISUELA. Unidad de gestión “J”.
- PARQUE DE LA UNIVERSIDAD. Unidad de gestión “K”.
- PARQUE DE JOAQUÍN ROIG. Unidad de gestión “M”
- PERPETUO SOCORRO. Unidad de gestión “L”.
- PARQUE TORRE MENDOZA. Unidad de gestión “N”.
- PARQUES DE LOS OLIVOS. Unidad de gestión “H”.
- MARTINEZ DE VELASCO. Unidad de gestión “D”.
- POLÍGONO 25. Unidad de gestión “C”.
- PARQUE PADRE QUERBES. Unidad de gestión “B”.
- PARQUE PUERTA DEL PIRINEO. Unidad de gestión “A”.

PARQUES Y ÁREAS VERDES EN LA CIUDAD DE TAMAÑO PEQUEÑO.

- ZONA DEL CASCO ANTIGUO. Unidad de gestión denominada “E” denominada “Casco antiguo y anejos”.

OTRAS ZONAS VERDES PERIMETRALES A LA CIUDAD Y ASOCIADAS AL MUNICIPIO DE HUESCA.

- HUERTA CALASANZ- LOMA VERDE. Unidad de Gestión “Ñ”.
 - ERMITAS. Unidad de gestión “P”.
 - BARRIOS RURALES. Unidad de gestión “O”.
 - ZONAS DE HUERTAS RECREATIVAS PERIMETRALES.
-

LOCALIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE GESTIÓN.

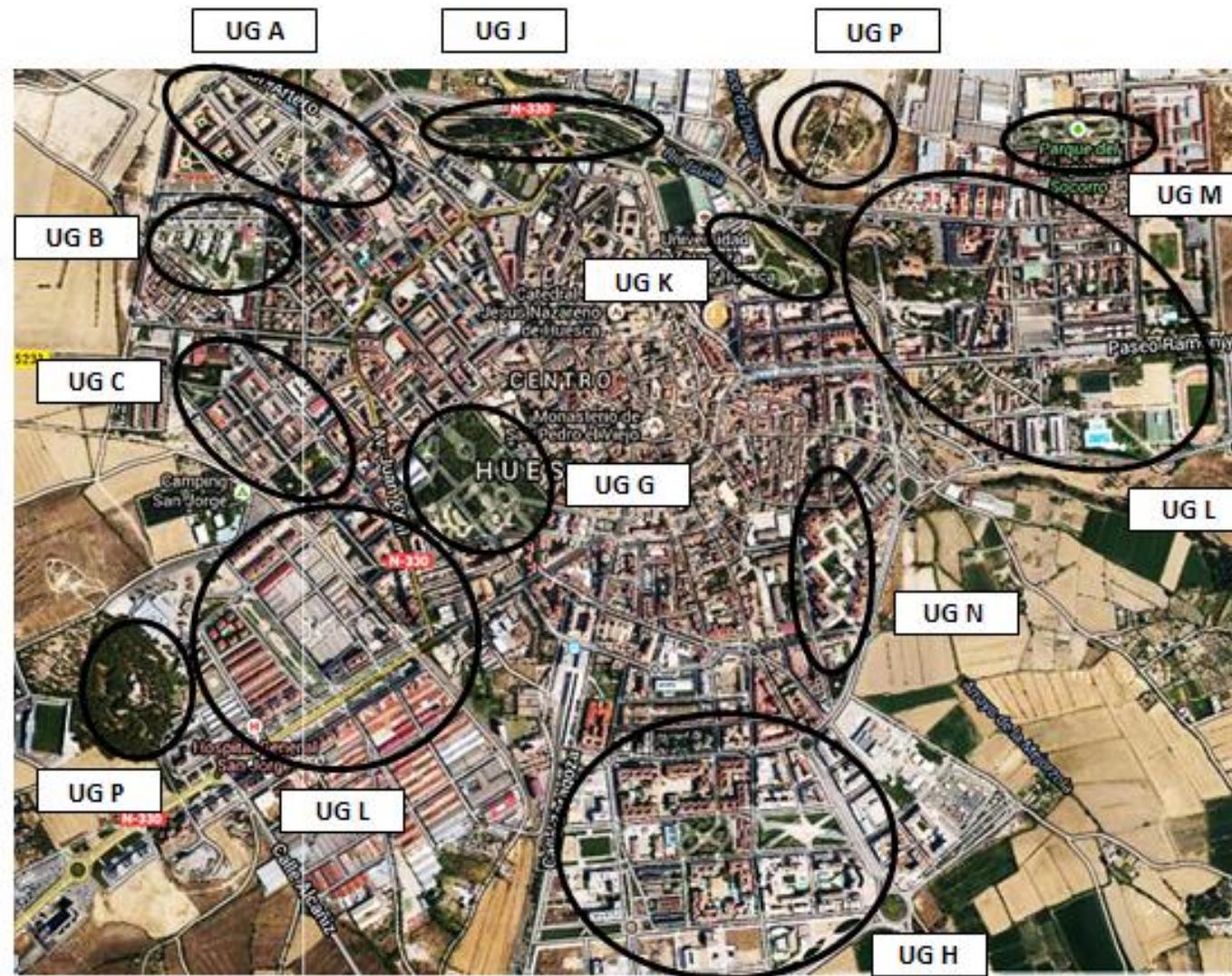


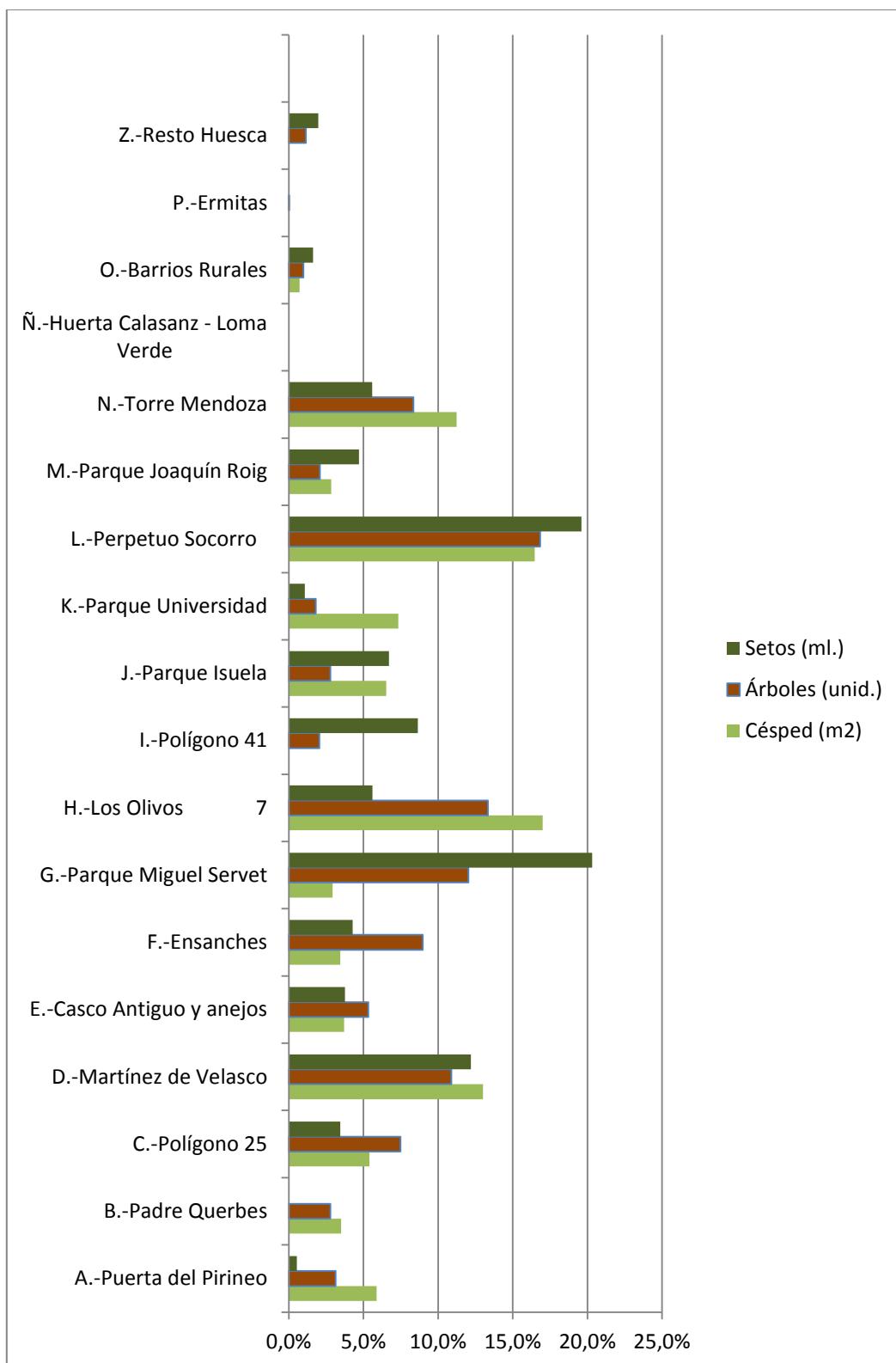
Imagen 3. Localización de las Unidades de Gestión situadas en la ciudad de Huesca.

CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE GESTIÓN.

Unidades de gestión (UG)	Superficies inventariadas - inventariables										Superficie inventariada UG				Elementos puntuales - no superficiales							
	Césped	Pradera natural	Tapizante	Macizo flor anual	Masa arbustiva	Masa arbolada	Zona verde	Zona cultivable	Huerta	Árbol	Arbusto	Seto	unid.	unid.	ml.	ml.						
A.- Puerta del Pirineo	56,0	14293,5											14293,5	579,0		70,7						
B.- Padre Querbes	33,0	8515,9											8912,7	514,0								
C.- Polígono 25	73,0	13116,3	1,0	179,5		61,0	3018						13597,5	1355,0	451,9							
D.- Martínez de Velasco	67,0	31646,3	34,0	45244,6		11,0	206,9	321,0	37559,3	11,0	50293,9			164950,9	2014,0	9,0	1599,1					
E.- Casco Antiguo y anejos	57,0	9004,1	2,0	8243,9		2,0	36,4	185,0	845,4				1,0	8131,2	26361,0	984,0	12,0	492,9				
F.- Ensanche	81,0	8401,3	1,0	24,8		14,0	144,0	250,0	780,3					9350,4	1662,0	1,0	560,6					
G.- Parque Miguel Servet	55,0	7135,8	1,0	107,0	44,0	5798,1	22,0	378,5	264,0	806,3				14225,7	2228,0	80,0	2665,4					
H.- Los Olivos (1)	110,0	4135,5	2,0	3572,1	3,0	103,3			449,0	3117,2				48148,1	2468,0	14,0	734,1					
I.- Polígono 41		4,0		7383,1				27,0	9732,4					17115,5	379,0		1133,6					
J.- Parque Isuela	27,0	15844,1	5,0	7124,0		4,0	118,3	36,0	3029				5,0	3887,7	514,0		878,8					
K.- Parque Universidad	31,0	17825,9	3,0	1816,6	1,0	613,7			71,0	3098,1					23354,4	334,0	15,0	140,6				
L.- Perpetuo Socorro (2)	107,0	40049,8	20,0	51925,2	11,0	914,2	5,0	80,0	617,0	3921,2				96890,4	3117,0	38,0	2570,8					
M.- Parque Joaquín Roig	16,0	6893,1							17,0	260,1				7153,2	386,0		616,2					
N.- Torre Mendoza	69,0	27349,0	6,0	16884,2		1,0	30,3	200,0	1620,0					45883,5	1546,0		732,0					
Ñ.- Huerta Calasanz -			4,0	19877,21		2,0	1,9						2,0	12007,0		210781,0	4,0					
O.- Barrios Rurales	7,0	1735,9	6,0	5763,0				40,0	305,8		1,0	903,2			8707,9	180,0		212,7				
P.- Ermitas													1,0	1330,4	1,0							
Z.- Resto Huesca								46,0	215,8					3133323,8	213,0		259,5					
Huesca Completo (Arbolado)	789,0	243166,4	152,0	3480248,0	59,0	7429,4	61,0	996,4	2588,0	63206,6	11,0	50293,9	1,0	903,2	7,0	15894,7	2,0	9461,6	3871600,1	18504,0	173,0	13118,8

Tabla 8. Características de las Unidades de Gestión

PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE CADA UNIDAD DE GESTIÓN EN EL CONJUNTO DE RECURSOS INVENTARIADO EN EL MUNICIPIO DE HUESCA.



Gráfica 11. Participación porcentual de cada Unidad de Gestión en el conjunto de recursos inventariado en el municipio de Huesca.

4.1.3. RECURSOS COMPOSTABLES SUSCEPTIBLES DE SU APROVECHAMIENTO EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE Y TEMPORALIZACIÓN DE LOS MISMOS.

4.1.3.1. RECURSOS QUE PROVIENEN DE LAS ZONAS VERDES Y TEMPORALIZACIÓN DE LOS MISMOS.

ESTIMACIÓN EMPÍRICA DE LA PRODUCTIVIDAD ANUAL DE RESTOS DE PODA., CÉSPEDES Y RECORTE DE SETOS.

Recurso “MADERA”. Productividad de los restos de poda de árboles.

Se empleó un **Informe Final de Campaña de Poda relativo a la temporada 2005-2006** redactado por el Oficial Jardinerº y dirigido al Ingeniero y Oficial del Área de Medio Ambiente de Huesca. donde aparecen los datos de poda por especies así como la estimación de los m^3 de chips de madera una vez procesados en una trituradora de la marca **Champ 620D de Jolhi** que pertenece al Ayuntamiento de Huesca.

Se consideró, y así fue refrendado por el Oficial Jardinerº que estos datos son representativos de un año cualquiera en número de árboles y volumen de restos de poda.

Se trabajó con los siguientes datos.

Meses en los que se realiza la poda de árboles en el municipio de Huesca.											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
*	*	*							*	*	*

Tabla 9. Meses durante los cuales se realizan actividades de poda de árboles en el Municipio de Huesca.

Meses de poda (temporada poda)	6	meses
Media de Árboles podados por temporada	6077	árboles
Volumen triturado (m^3 / temporada)	525	m^3 triturados / temporada
m^3 madera triturada / árbol	0,09	m^3 triturados / árbol
m^3 de madera trituada / mes de poda.	87,50	m^3 triturados / mes
Densidad chips de madera (Tm. / m^3 .)	0,237	Tm. / m^3 .
Densidad chips de madera (Kg. / m^3 .)	237	Kg. / m^3 .

Tabla 10. Datos base del cálculo del volumen peso de madera de poda triturada.

Los resultados serán dados en peso de chips de madera por facilidad de cálculo y por tratarse del residuo que finalmente será compostado (Blanco R. 2006).

Recurso “CÉSPED”. Productividad de césped por metro cuadrado y corte.

Dado que no se encontraron datos acerca de lo que puede producir un césped en nuestras condiciones se procedió a hacer un ensayo para poder contar con una cifra aproximada.

Para el ensayo, realizado en el mes de mayo de 2013 en el IFPE Montearagón (Huesca), se empleó una cortacésped rotativa autopropulsada modelo HONDA HRH 536, con una anchura de corte de 0,53 metros. Se realizaron un total de 5 pases en diferentes zonas de la superficie y se midieron la longitud del trazado (superficie) y peso de la hierba recogida.

Los datos y resultados de la experiencia son los que siguen:

Muestra	Metros	Anchura de corte (m.)	Superficie (m ²)	Peso hierba verde+tara (cesta de recogida) (Kg.)	Tara (cesta de recogida) (Kg.)	Peso hierba (Kg.)	Kg hierba verde / m ² y corte
1	16	0,53	8,48	4,8	3,1	1,7	0,200
2	23,4	0,53	12,402	5,4	3,1	2,3	0,185
3	40,4	0,53	21,412	9,2	3,1	6,1	0,285
4	42,8	0,53	22,684	10,2	3,1	7,1	0,313
5	41,4	0,53	21,942	7,2	3,1	4,1	0,187
							Promedio 0,234 Kg de césped cortado / m ²

Tabla 11.Datos y resultado de la cantidad de césped producido por metro cuadrado y corte.

Con el promedio obtenido y la superficie de céspedes registrada en el programa Arbomap se procedió a calcular la productividad mensual y anual del recurso césped, teniendo en cuenta el número de cortes al mes que según indicaciones del Oficial Jardinero se realiza sobre cada superficie.

Número de cortes mensual.												
Enero	Febrero	Marzo	Abri	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
0	0	2	2	3	3	4	4	3	2	0	0	

Tabla 12.Número de cortes mensual que se realiza sobre las superficies de césped del municipio de Huesca.

Recurso “SETOS”. Estimación empírica de la productividad de un metro lineal de seto.

Los datos fueron obtenidos de la medida del peso de los restos de un seto de *Ligustrum japonicum* de 74 m de longitud, sección rectangular y 1.40 m de altura, situado en el IFPE Montearagón.

Metros lineales de seto.	74
Kg. de restos	93,1
Kg. / m. lineal de seto	1,3

Tabla 13.Cantidad de restos de poda de recorte producida en un recorte.

Teniendo en cuenta que:

- El seto del que se tomaron los datos es representativo en cuanto a especie del conjunto de setos que existen en las zonas ajardinadas de la ciudad aunque bastante superior en tamaño y frondosidad que la media.
- Se tomó una sola muestra en primavera (mayo) y de un seto de una especie frondosa caben esperar al menos dos podas de recorte; una en primavera (de marzo a mayo) más abundante y otra en verano-otoño (finales de agosto-septiembre) menos cuantiosa.
- El seto que se cortó es algo superior en tamaño (sección) al de la media de los setos del municipio de Huesca.
- No todos los setos de la ciudad son de especies frondosas, habiendo un % no inventariado, pero bajo, de setos de coníferas no utilizables para el compostaje.

Entonces:

- ✓ Tomamos como dato aproximado el de 1 Kg. de restos de poda por metro lineal y año como base del cálculo de la productividad mensual y total del recurso “seto” consecuencia de las podas de recorte de los mismos. Dicha cantidad será dividida en igual cantidad en los meses en los que se realiza el recorte dado que se escalonan los recortes de setos al no poder acometerse toda la actividad de recorte en un solo periodo.

Los meses en los que se pueden realizar podas de recorte en una zona como la de Huesca son:

Meses en los que técnicamente se puede realizar el recorte de setos.											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		*	*	*			*	*			

Tabla 14.Meses en los que se realiza recorte de setos en el municipio de Huesca.

Recurso “HOJARASCA”.

Se trata de la recogida de hojas secas de árboles de hoja caduca en el periodo de final de verano-otoño.

La presencia de este recurso está circunscrita a la caída de hoja de los árboles de hoja caduca entre los meses de septiembre a diciembre.

Es difícil cuantificar la cantidad de hojas caídas y secas por árbol debido a la dificultad para asignar este residuo a un árbol concreto. Además la presencia de viento en esta época hace que exista arrastre del material y que el estado de humedad de las hojas muestre muy distintos grados. La lluvia otoñal juega un papel en el sentido contrario.

No obstante se trata de un residuo del que se prevé una gran afluencia a la planta en épocas concretas y que no estará incluido en los cálculos.

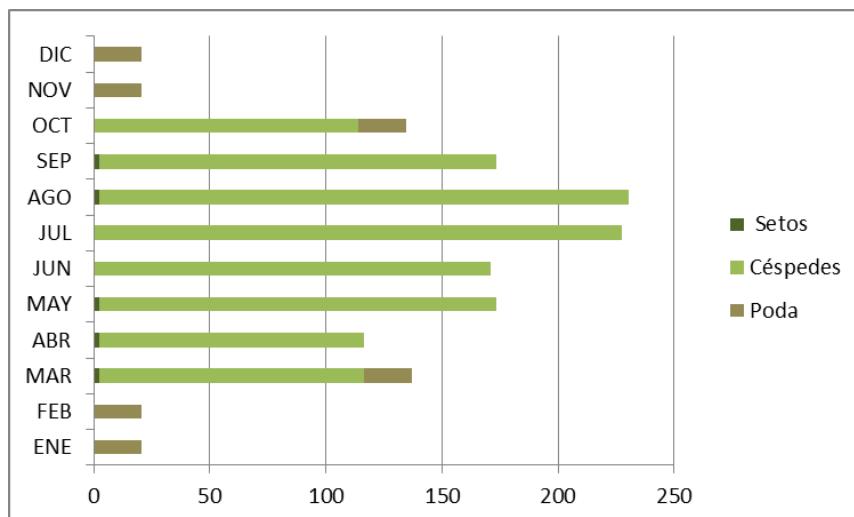
TEMPORALIZACIÓN DE LOS RECURSOS DE LAS ZONAS VERDES.

Los meses en los que se obtiene cada uno de los recursos compostables provenientes de las zonas verdes y con los que se trabaja en el presente proyecto son los siguientes:

													Madera	Césped	Setos
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre				
*	*	*							*	*	*				
		*	*	*	*	*	*	*	*	*					
		*	*	*			*		*						

Tabla 15. Meses en los que se produce cada uno de los recursos compostables que provienen de las superficies verdes del municipio de Huesca.

En el conjunto de las áreas verdes los restos generados como consecuencia de las labores de conservación son las que siguen:



Gráfica 12. Toneladas mensuales de setos, césped y restos de poda generadas en el municipio de Huesca.

4.1.3.2. RECURSOS QUE PROVIENEN DE LA PROPIA PLANTA DE COMPOSTAJE.

Recurso “RECIRCULADO”.

Corresponde a los restos de residuos triturados que habiendo sido compostados, debido a su tamaño inicial y composición, no han sido degradados completamente y por tanto se recupera una fracción de ellos en la fase de afino. Estos materiales pueden ser reintroducidos en el proceso formando parte un nuevo montón reduciendo el rechazo generado por la planta.

Al tratarse de un recurso que proviene de la misma planta y estar ligado al propio proceso de compostaje, tenemos una afluencia mensual del mismo, ya que se genera cuando se realiza el cribado del compost.

4.1.3.3. OTROS RECURSOS.

Recurso “PAJA”.

Corresponde a las balas de paja que son adquiridas en las cercanías de la planta.

Se trata de un material que se introduce en la planta comprado. Elegido por ser un recurso interesante por su reducido precio y características de fibrosidad y composición C/N adecuadas para su mezcla con materiales complementarios como puede ser el césped. Se introduce en planta de marzo a octubre, al igual que se ingresa en planta el recurso “Césped”.

Recurso “ORINA”.

Corresponde a las deyecciones líquidas de los animales de la perrera municipal.

Recurso de producción diaria en el ámbito de la perrera municipal y que se puede almacenar en la misma, dado que cuentan con un depósito destinado a tal fin. Será ingresada en planta para su mezcla, previa dilución con agua, con los restos de madera de poda desfibrados ya que en esa época invernal se carece de recursos ricos en nitrógeno.

Para el cálculo de la anterior tabla se han tenido en cuenta los siguientes datos:

Capacidad de la perrera	50	animales
Cantidad media orinada por Kg de peso vivo	30	ml. / Kg de peso vivo
Peso medio de un perro	20	Kg. de peso vivo
Litros excretados por cada perro al día	0,6	L. / perro y día
Litros excretados por cada perro al mes	18	L. / perro y mes
Litros producidos en la perrera al mes	900	L. perrera / mes
Metros cúbicos producidos en la perrera al mes	0,9	m ³ perrera /mes

Tabla 16. Volumen mensual de orina producida en la perrera municipal.

(*) La perrera municipal de Huesca cuenta con plazas para unos 50 perros y fosa de recogida de la orina, con capacidad para almacenar la orina de todo el año.

TEMPORALIZACIÓN DE OTROS RECURSOS COMPOSTABLES UTILIZADOS EN PLANTA.

Del objetivo 3 se desprende la necesidad de otros recursos compostables no provenientes de las zonas verdes para la realización de mezclas de composición adecuada para el correcto compostaje en planta.

La necesidad (paja) o disponibilidad (orina) de dichos recursos en el transcurso de los meses se presenta en el siguiente cuadro

													Orina	Paja
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
		*	*	*	*	*	*	*	*	*				

Tabla 17. Disponibilidad (orina) o necesidad (paja) mensual de los denominados “otros recursos”.

4.2. HERRAMIENTA INFORMÁTICA CREADA PARA LA ADECUADA GESTIÓN DE LOS RECURSOS CON MIRAS AL CORRECTO PROCESO DE COMPOSTAJE.

Con la hoja Excel creada al efecto para el presente proyecto se realizarán los pertinentes cálculos para la elaboración de las mezclas adecuadas para un correcto desarrollo del compostaje.

Se trata de una hoja que cuenta con las características físicas y químicas de los restos susceptibles de compostaje más habituales en este tipo de plantas y que marca unos niveles mínimos y máximos de humedad y relación C/N en las mezclas que se desarrollarán en planta.

La anotación de los tipos de restos que entran a planta así como su pesaje son la base del cálculo de las mezclas y la herramienta informática facilita la confección de montones o pilas en número y condiciones correctas para el compostaje.

Como base de los cálculos se establecieron los siguientes parámetros:

- **Tamaño de las pilas:**

Alto	2.3	metros
Ancho	4.5	metros
Sección transversal	5	metros cuadrados
Longitud	75	metros
Volumen total	375	metros cúbicos

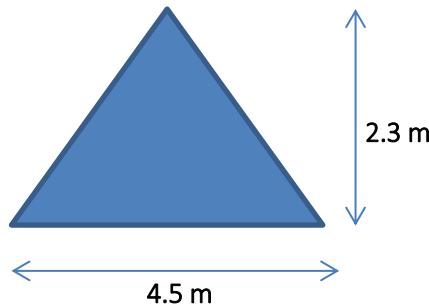


Figura 1.Tamaño de la pila que se empleará en planta.

- **Parámetros físicos límite:**

	Valores de la mezcla		Valores Objetivo	
Relación C/N	28,1		25-35	
Humedad de la mezcla	64,9		55-70	%
Volumen de la mezcla	984,7	2,6	375,0	m ³
-				Número de pilas a realizar

Imagen 4. Intervalo de relación C/N y humedad de la mezcla perseguidos.

A partir de estas premisas y tras realizar los pertinentes cálculos se llega a un punto de partida que servirá para el dimensionado de la planta. Este punto no es más que el conjunto de recursos que deberán llegar a planta mensualmente y que se describen con posterioridad

Además de los recursos provenientes de las zonas verdes se emplearán en planta otros recursos tales como la orina proveniente de la perrera municipal así como la paja, que servirá de material estructurante sobre todo aquellas épocas en las que los restos de poda escasean

4.2.1. RAZONES DE LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DECOMPOSTAJE EN PILAS.

- Relativo poco volumen de materiales a compostar.
- Estacionalidad de los materiales de partida.
- Menor inversión inicial.
- Mínima infraestructura.
- Simplicidad tecnológica.
- Facilidad de acceder a todo el material para el examen visual y toma de muestras.
- Economía energética.
- Situación de la planta alejada de núcleos de población.
- Calidad de los productos entrantes que reduce sustancialmente la emisión de malos olores.
- No existen patógenos peligrosos en los productos entrantes.
- Mayor calidad del producto final.
- Mayor mano de obra por tonelada de producto final producido

4.2.2. HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE LA MEZCLA.

Se ha diseñado una tabla EXCEL para la realización de las mezclas a partir de la cual, en la misma planta, los operarios podrán introducir los datos de peso en báscula de los materiales entrantes en la **columna “Peso (Kg.)”** para conformar montones con las características de *relación C/N y humedad de la mezcla* con valores lo más cercanos posibles a los óptimos para el compostaje.

Se trata de una herramienta informática que pretende facilitar la labor de cálculo en planta en la que se introducirán los datos de la siguiente forma:

- Los restos de césped serán computados como “*Césped suelto-verde*” y solo en caso de que sufriera compactación e inicio de fermentación por un almacenamiento prolongado sería computado como “*Césped compactado-verde*”.
- Los residuos provenientes del recorte de setos serán computados como “*Hojas frescas verdes*” al tratarse de ramillas del año en estado herbáceo.
- No ha habido posibilidad de cuantificar los restos de hojas secas caídas en otoño de las cuales habrá una buena provisión durante esa época y que, en cualquier caso, computarán como “*Hojas sueltas caídas-secas*” u “*Hojas compactadas-húmedas*” en caso de haber sido mojadas por la lluvia.
- Los restos de poda serán desfibrados en planta y a partir de ese momento computarán como “*chips o astillas de madera blanda*”.
- La paja, único material que rutinariamente será introducido en las mezclas siendo de “fuera de la explotación” y debiendo ser adquirido, computará como “*Paja*”.

Los principales parámetros físicos y químicos de los recursos empleados como base del cálculo posterior se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de residuo	Densidad aparente (Tm/m3)	% Nitrógeno	% Carbono	Relación C/N	Humedad (%)
Orina	1,030	29	29	1,0	96
Gallinaza	0,878	8	47,78	6,0	69
Purín porcino	0,950	4,6	28,2	6,1	75
Aves de corral (estiercol)	0,682	5,35	51,64	9,7	53
Restos vegetales usados	0,940	3,2	34,75	10,9	87
Estiercol de vaca lechera	0,865	3	37,93	12,6	80
Estiercol de cerdo	0,961	3,1	41,67	13,4	80
Estiercol de oveja	1,041	2,7	39,1	14,5	69
Residuos de alimentos	0,890	2,5	37,1	14,8	69
Césped suelto-verde	0,178	3,4	52,31	15,4	82
Césped compactado-verde	0,386	3,4	52,31	15,4	82
Estiercol terneros	0,865	2,4	41,27	17,2	81
Estiercol equino	0,961	1,6	43,44	27,2	72
Hojas frescas-verdes	0,178	1,3	48,32	37,2	65
Hojas sueltas caida-secas	0,059	0,9	42,22	46,9	15
Hojas compactadas-húmedas	0,297	0,9	42,22	46,9	38
Paja de trigo	0,135	0,4	21,06	52,7	12
Paja	0,100	0,7	56	80,0	12
Cáscara de arroz	0,100	0,3	36	120,0	14
Chips o astillas de madera blanda	0,237	0,09	20,38	226,4	35
Serrín	0,200	0,2	106,1	530,5	35
Madera	0,650				

Tabla 18. Principales parámetros físicos y químicos de los restos con potencial de uso en la planta.

Fuentes: Moreno, J. 2008, Negro, M.J. 2000, Álvarez de la Puente, JM. 2006, Uranga J. 1999 y Compost Mix Calculator.

Tabla de introducción de datos en planta.

	Peso (Kg)	Peso materia seca (Kg.)	N (Kg.)	C (kg.)	Kg de agua en el peso de residuo	Volumen (m3.)	
Orina	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Gallinaza		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Purín porcino		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Aves de corral (estiercol)		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Restos vegetales		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol de vaca lechera		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol de cerdo		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol de oveja		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Residuos de alimentos		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Césped suelto-verde	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Césped compactado-verde		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol terneros		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol equino		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Hojas frescas-verdes	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Hojas sueltas caida-secas		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Hojas compactadas-húmedas		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Paja de trigo		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Paja	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Cáscara de arroz		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Chips o astillas de madera blanca	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Serrín						0,0	
Madera		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Kilogramos	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Toneladas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		TOTAL

Imagen 5. Introducción de datos en planta.

Peso de agua (columna "Kg de agua en el peso de residuo") = Peso total (columna "Peso (Kg.)") * contenido de humedad (columna "Humedad (%)")

Peso de materia seca (columna "Peso materia seca (Kg.)") = peso total (columna "Peso (Kg.)") - peso de agua (columna "Kg de agua en el peso de residuo")

Peso de N (columna "N (Kg.)") = Peso de MS (columna "Peso materia seca (Kg.)") * (%N/100) (columna "% Nitrógeno")/100)

Peso de C (columna "C (kg.)") = C/N (columna "Relación C/N") * peso de N (columna "N (Kg.)")

Al introducir los datos obtenemos un cuadro como el siguiente:

	Valores de la mezcla	Valores Objetivo	
Relación C/N	#DIV/0!	25-35	
Humedad de la mezcla	#DIV/0!	55-70	%
Volumen de la mezcla	0,0	##	0,0
Número de pilas a realizar			m3

Imagen 6. Valores objetivo de relación C/N y % de Humedad de la mezcla.

Donde aparecen los datos de **relación C/N**, **% de Humedad**, y **Volumen** resultado de la mezcla de los distintos materiales. A su lado aparecen los valores objetivo entre los cuales las mezclas resultarán adecuadas para la descomposición.

También aparece el valor aproximado **del número de pilas realizables** con ese volumen de material dado un volumen de pila (rellenar el dato del volumen de la pila en la casilla con círculo rojo).

✓ **EJEMPLO DE CÁLCULO DE UNA MEZCLA A TRAVÉS DEL EMPLEO DE LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO.**

Recursos:

- 2,7 Tm. de orina.
- 113,9 Tm. de césped.
- 2,6 Tm. de restos de poda de recorte de setos.
- 15 Tm. de paja.
- 41,47 Tm de chips o astillas de madera.

Se introducen los datos en la columna “Peso (Kg.)” correspondiente:

Imagen 7. Ejemplo de cálculo de una mezcla.

	Peso (Kg)	Peso materia seca (Kg.)	N (Kg.)	C (kg.)	Kg de agua en el peso de residuo	Volumen (m3.)	
Orina	2700	108	31,3	31,3	2592,0	2,6	
Gallinaza		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Purín porcino		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Aves de corral (estiercol)		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Restos vegetales		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol de vaca lechera		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol de cerdo		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol de oveja		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Residuos de alimentos		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Césped suelto-verde	113900	20502	697,1	10724,6	93398,0	640,0	
Césped compactado-verde		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol terneros		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estiercol equino		0	0,0	0,0	0,0	2,7	
Hojas frescas-verdes	2600	910	11,8	439,7	1690,0	14,6	
Hojas sueltas caída-secas		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Hojas compactadas-húmedas		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Paja de trigo		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Paja	15000	13200	92,4	7392,0	1800,0	150,0	
Cáscara de arroz		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Chips o astillas de madera blanda	41470	26956	24,3	5493,5	14514,5	174,8	
Serrín						0,0	
Madera		0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Kilogramos	175670	61676	856,9	24081,2	113994,5	984,7	
Toneladas	175,67	61,68	0,86	24,08	113,99		TOTAL

Al introducir los datos en la herramienta de cálculo tenemos:

	Valores de la mezcla		Valores Objetivo
<i>Relación C/N</i>	28,1		25-35
<i>Humedad de la mezcla</i>	64,9		55-70
<i>Volumen de la mezcla</i>	984,7	2,6	375,0

Imagen 8. Resultado del ejemplo

- La mezcla tiene una relación C/N de 28.1, dentro de los valores objetivo de 25 a 35.
 - La mezcla tiene un porcentaje de humedad de 64.9, dentro de los valores objetivo de 55 a 70.
 - Con ese volumen de residuos se pueden realizar **2.6 pilas de 75 metros, y 5 m³. de sección** en circunstancias de relación C/N y humedad de la mezcla adecuadas para la fermentación.

NOTA: Las dimensiones de la pila condicionarán la elección del sistema de volteo y las dimensiones de la planta.

4.2.3. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL CONJUNTA DE LOS RECURSOS A LO LARGO DEL AÑO. VALORACIÓN DE SU APTITUD PARA EL COMPOSTAJE.

Una vez estudiados los diferentes recursos se procede a examinarlos de forma conjunta, es decir, estudiar su comportamiento como una única unidad a lo largo del tiempo.

Como punto de partida se emplean los recursos provenientes de zonas verdes (Tabla 9) para comprobar su aptitud para el compostaje una vez mezclados. El resto de recursos se ajustarán a los primeros para poder realizar correctamente las mezclas en planta.

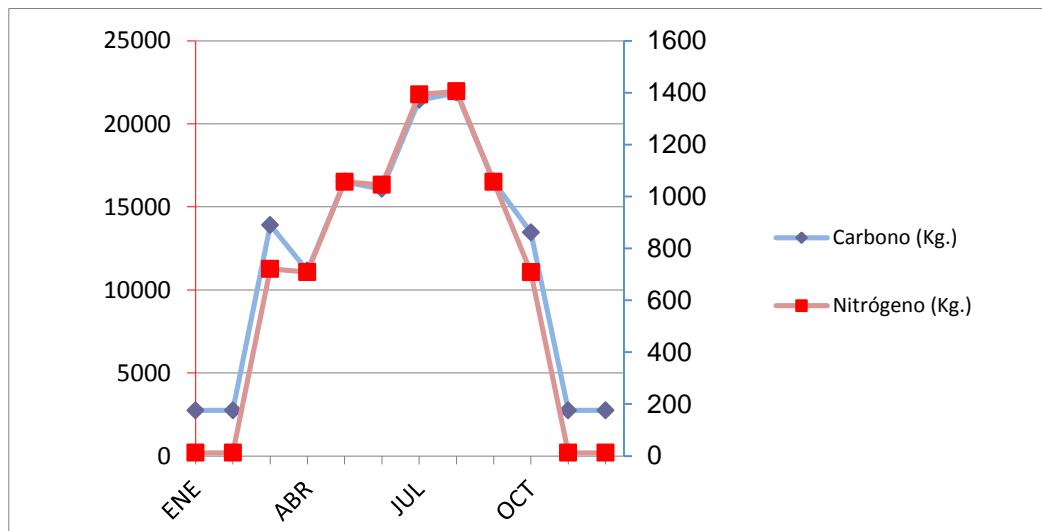
Con ayuda de la herramienta informática presentada se elabora el siguiente cuadro, donde se evalúa la cantidad de carbono y nitrógeno producidos e ingresados en planta.

Distribución del carbono y nitrógeno mensual contenido en los restos provenientes de las zonas verdes.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Carbono (Kg.)	2747	2747	13906	11159	16517	16073	21431	21874	16517	13462	2747	2747
Nitrógeno (Kg.)	12	12	721	708	1057	1045	1393	1405	1057	709	12	12

Tabla 19. Cantidad de carbono y nitrógeno mensuales contenidas en los restos de las zonas verdes. Datos en Kg.

Gráficamente:



Gráfica 13. Kilogramos de carbono y nitrógeno mensuales contenidos en los restos verdes.

Como primer acercamiento para el estudio de la aptitud para el compostaje de dichos materiales, se elabora el siguiente cuadro que muestra la relación C/N mensual de los recursos ingresados así como su humedad en mezcla.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Relación C/N	226,4	226,4	19,3	15,8	15,6	15,4	15,4	15,6	15,6	19,0	226,4	226,4
Humedad de la mezcla (%)	35,0	35,0	74,6	81,6	81,7	82,0	82,0	81,8	81,7	74,8	35,0	35,0

Tabla 20. Relación C/N y humedad mensuales resultado de la mezcla de los restos provenientes de las zonas verdes.

Se observa una desviación importante de los valores respecto a lo que se considera óptimo para el compostaje (Relación C/N entre 25 y 35 y humedad de la mezcla entre 55 y 70%).

En general la época invernal se caracteriza por materiales con elevada relación C/N y baja humedad y la época de crecimiento activo de los vegetales posee relaciones C/N deficientes y humedades muy altas.

Por lo tanto se hace necesaria la participación de otros materiales en la mezcla que compensen estos déficits para lograr valores lo más cercanos a los óptimos posibles.

4.2.4. DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE RESIDUOS VERDES Y OTROS RESIDUOS. Realización de supuestos para un correcto aprovechamiento de los recursos en el tiempo.

Se emplearán la paja fundamentalmente y el recurso “orina” proveniente de la perrera municipal con objeto de dar un uso a este último.

Para analizar la cantidad de paja mensual necesaria así como para definir el momento óptimo de utilización de la orina se utiliza igualmente la herramienta Excel elaborada al efecto.

A continuación se realizan los cálculos pertinentes para adecuar los denominados “Otros recursos” al flujo natural de los recursos que provienen de las zonas verdes de forma que su mezcla de como resultado valores de C/N y humedad adecuadas para el compostaje.

4.2.4.1. SUPUESTO 0 – DOSIFICACIÓN.

Empleo de los recursos según son producidos en el tiempo. (con la inclusión del recurso “Orina”).

Orina	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Setos	0,0	0,0	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0
Céspedes	0,0	0,0	113,8	113,8	170,7	170,7	227,6	227,6	170,7	113,8	0,0
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Poda	20,7	20,7	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	20,7
											DIC

Tabla 21. Distribución mensual supuesto 0. Datos en Tm.

Introduciendo los recursos de cada mes en la tabla obtendríamos los siguientes valores:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Relación C/N	117,7	117,7	18,8	15,5	15,5	15,2	15,3	15,5	15,5	18,5	117,7	117,7
Humedad de la mezcla (%)	42,3	42,3	75,5	81,7	81,8	82,1	82,1	81,9	81,8	75,7	42,3	42,3
Volumen (m3)	88,3	88,3	742,8	655,4	975,3	960,6	1280,5	1295,3	975,3	728,1	88,3	88,3

Tabla 22. Parámetros físicos y químicos de las mezclas del supuesto 0-dosificación.

De los resultados anteriores se desprende:

- Los meses de noviembre a febrero presentan un tipo de residuos cuya mezcla conlleva a una relación C/N excesivamente elevada.
- El resto de meses presentan una relación C/N por debajo del objetivo buscado (valores entre 25-35). Esto es especialmente acusado los meses de abril a septiembre debido a la gran proporción de recursos con una relación C/N baja, especialmente de césped.
- Los niveles de humedad son en todos los casos inferiores o superiores a la humedad objetivo (55-65 %).

4.2.4.2. SUPUESTO 1 – DOSIFICACIÓN.

Empleo de los recursos según son producidos en el tiempo. (con la inclusión de la orina) pero con una nueva combinación en la que la madera y la orina de los meses de Noviembre a Febrero es mezclada a partir de abril con los residuos de cada mes.

Previamente se picará la madera a su llegada a planta y a continuación será rociada con el volumen de orina correspondiente a un mes. Posteriormente estos montones, en los que ya se habrá iniciado la descomposición, serán incorporados a otros montones que inicien la fermentación en los meses de abril a julio de la siguiente forma:

- El montón de noviembre en abril.
- El de diciembre en mayo.
- El de enero en junio.
- El de febrero en julio.
- El de marzo en marzo.

El reparto de los recursos finalmente quedaría como sigue:

Orina	0,0	0,0	0,9	1,8	1,8	1,8	1,8	0,9	0,9	0,9	0,0	0,0
Setos	0,0	0,0	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0
Céspedes	0,0	0,0	113,8	113,8	170,7	170,7	227,6	227,6	170,7	113,8	0,0	0,0
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Poda	0,0	0,0	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	0,0	0,0	20,7	0,0	0,0

Tabla 23. Distribución mensual supuesto 1. Datos en Tm.

Lo que arroja unos valores:

			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Relación C/N			0,0	0,0	18,8	18,5	17,5	17,3	16,9	15,5	15,5	18,5	0,0	0,0
Humedad de la mezcla			0,0	0,0	75,5	75,6	77,5	77,6	78,6	81,9	81,8	75,7	0,0	0,0
Volumen (m3)			0,0	0,0	742,8	743,7	1063,6	1048,9	1367,9	1295,3	975,3	728,1	0,0	0,0
						20737,5	20737,5	20737,5	20737,5					
						900,0	900,0	900,0	900,0					
						Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero					

Tabla 24. Parámetros físicos y químicos de las muestras del supuesto 1- dosificación.

Conclusiones:

- Los valores de C/N, aunque más ajustados, todavía se presentan bajos para todos los meses.
- Los valores de humedad son en todos los casos excesivos. No obstante existe una aproximación al nivel objetivo.

A la vista de los resultados probamos con una nueva estrategia:

4.2.4.3. SUPUESTO 2 – DOSIFICACIÓN.

La madera picada de los meses de noviembre a febrero es compostada en pilas junto con la orina de todo el año, es decir, los restos de poda de esos meses serán mezclados con la orina de tres meses. Posteriormente se añadirán esos montones a los de los meses de marzo a junio.

Orina	0,0	0,0	2,7	2,7	2,7	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Setos	0,0	0,0	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0
Céspedes	0,0	0,0	113,8	113,8	170,7	170,7	227,6	227,6	170,7	113,8	0,0	0,0
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Poda	0,0	0,0	41,5	20,7	20,7	20,7	0,0	0,0	0,0	20,7	0,0	0,0

Tabla 25. Distribución mensual supuesto 2. Datos en Tm.

Lo que arroja unos valores:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Relación C/N	63,9	63,9	21,8	18,5	17,5	17,3	15,4	15,6	15,6	19,0	63,9	63,9
Humedad de la mezcla	42,0	42,0	69,8	75,0	77,0	77,2	82,0	81,8	81,7	74,8	42,0	42,0
Volumen	90,0	90,0	834,4	747,0	1066,7	1049,2	1278,9	1296,4	976,7	726,9	90,0	90,0
	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0
	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0
	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0
	20737,5	20737,5	20737,5	20737,5	20737,5	20737,5	20737,5	20737,5	20737,5	20737,5	20737,5	20737,5

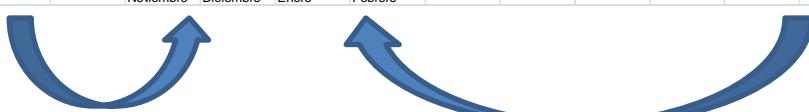


Tabla 26. Parámetros físicos y químicos de las mezclas del supuesto 2- dosificación.

De lo que se desprende:

- Existe un margen menor que en los anteriores casos de la relación C/N mensual. Todavía son bajos, lo que generaría sobre todo pérdidas de N amoniacal de los montones.
 - Los valores de humedad todavía son excesivos lo que provocaría la aparición de procesos de anaerobiosis locales, desencadenando en otras vías de degradación.
- ➔ Así pues se hace necesario el incorporar un material que tenga una relación C/N elevada, bajo contenido en humedad, buena capacidad estructurante (dado que habrá de ser mezclado con grandes cantidades de hierba segada), que no produzca olores desagradables al ser almacenado o compostado y que sea barato.

El material elegido por satisfacer tales demandas es la paja.

4.2.5. SUPUESTO 3 – DOSIFICACIÓN.

Mediante tanteo con la herramienta de cálculo vamos incorporando al *supuesto 2* el recurso paja en cantidad suficiente hasta establecer los valores de C/N y % de humedad dentro de los valores objetivo.

Los recursos empleados quedan de la siguiente forma:

Orina	0,0	0,0	2,7	2,7	2,7	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Setos	0,0	0,0	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0
Céspedes	0,0	0,0	113,8	113,8	170,7	170,7	227,6	227,6	170,7	113,8	0,0	0,0
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Poda	0,0	0,0	41,5	20,7	20,7	20,7	0,0	0,0	0,0	20,7	0,0	0,0
Paja	0,0	0,0	15,0	15,0	25,0	25,0	40,0	40,0	30,0	15,0	0,0	0,0

Tabla 27. Distribución mensual supuesto 3. Datos en Tm.

De esta forma los valores obtenidos son los siguientes:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Relación C/N	63,9	63,9	28,1	25,3	25,2	25,1	25,1	25,2	25,2	26,0	63,9	63,9
Humedad de la mezcla	42,0	42,0	64,9	68,9	69,7	69,7	71,5	71,5	71,5	68,5	42,0	42,0
Volumen (m³)	90,0	90,0	984,4	897,0	1316,7	1299,2	1678,9	1696,4	1276,7	876,9	90,0	90,0
Número de pilas conformadas (1)	0,5	0,5	5,1	4,7	6,9	6,8	8,8	8,9	6,7	4,6	0,5	0,5
Número de pilas conformadas (2)	0,2	0,2	2,6	2,4	3,5	3,5	4,5	4,5	3,4	2,3	0,2	0,2

(1) Caso de utilizar una volteadora con capacidad de trabajo de 2.55 m² de sección y pilas de 75 m.

(2) Caso de utilizar una volteadora con capacidad de trabajo de 5 m² de sección y pilas de 75 m.

Tabla 28. Parámetros físicos y químicos de las mezclas del supuesto 3- dosificación

En consecuencia:

- Las pilas de noviembre a febrero conformadas con la madera de un mes y la orina de tres meses se incorporarán a los meses de marzo a junio.
- De marzo a octubre se incorporará paja a las pilas para ser conformadas.
- Será por tanto necesaria una zona de acopio para la paja que será posteriormente calculada.
- Los valores de C/N están dentro de los considerados objetivo.
- Los valores de humedad son hasta un punto y medio superiores a los considerados objetivo. En cualquier caso están en el límite pero se considera válida la aproximación por estar sometidas las pilas a volteos periódicos que favorecerán la aireación y por tanto la pérdida de agua.

- El número máximo de pilas nuevas a realizar en un mes es de 8.9 pilas para una volteadora de 2,55 m² de sección y de 4.5 pilas para una volteadora con una capacidad de 5 m² de sección. En ambos casos la pila tiene 75 m.

DAMOS EL SUPUESTO 3 - DOSIFICACIÓN COMO VÁLIDO Y LO TOMAMOS COMO BASE PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA.

4.2.3. DISTRIBUCIÓN FINAL DE LOS RECURSOS COMPOSTABLES A LO LARGO DEL AÑO.

La siguiente tabla, obtenida a partir de la herramienta informática diseñada para el presente proyecto, muestra la relación de los principales tipos de residuos compostables producidos o requeridos (paja) a lo largo de los distintos meses del año. Estos serán la base de la producción de compost en la planta.

Orina	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Setos	0,0	0,0	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0
Céspedes	0,0	0,0	113,8	113,8	170,7	170,7	227,6	227,6	170,7	113,8	0,0	0,0
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Poda	20,7	20,7	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	20,7	20,7
Paja	0,0	0,0	15,0	15,0	25,0	25,0	40,0	40,0	30,0	15,0	0,0	0,0

Tabla 29. Distribución mensual de los recursos en planta a lo largo del año. Datos en Tm.

Cabe destacar la presencia de la paja y la orina como residuos compostables. Se debe a la necesidad de realizar una mezcla de partida adecuada para el proceso, siendo estos recursos no originados en las superficies verdes.

Tanto la orina como los restos de poda y la paja son recursos almacenables. La orina por sí sola en la fosa de la perrera y la madera, picada, iniciando un compostaje en pila junto con la orina y agua que evolucionará lentamente en la planta durante los meses de noviembre a febrero.

El resto de residuos serán utilizados con la mayor inmediatez posible, conformándose los montones en cuanto se verifique a través de la herramienta de cálculo que ya han entrado los suficientes materiales como para comenzar el proceso en las condiciones objetivo.

4.3. FASES DEL PROCESO EN LA PLANTA.

Una vez trasladados los restos hasta la planta, estos habrán de pasar por una serie de etapas que se describen a continuación y que conducirán a su transformación definitiva en un producto estabilizado y listo para su aplicación. Las fases por las que deberán pasar los materiales se describen en los siguientes apartados y tienen una duración total estimada de 120 días.

PREPROCESADO

RECEPCIÓN Y PESAJE DE MATERIALES.

Esta fase se compone de:

- Identificación de residuos y anotación de su origen de recogida.
- Pesaje de restos en la báscula.
- Admisión o rechazo.
- Adjudicación del lugar de descarga.

También se realizará pesaje de:

- Productos acabados (compost).
- Rechazos del proceso.

ALMACENAMIENTO Y PRETRATAMIENTO (SEPARACIÓN DE IMPROPIOS Y DESFIBRADO DE RESTOS DE PODA).

Almacenamiento: Los camiones descargan su contenido en la plataforma específica de almacenamiento, que por sus dimensiones, permite realizar acopio de material para cualquier época.

Pretratamiento: Consiste en el acondicionamiento o preparación del producto para obtener una materia prima adecuada para el proceso fermentativo. Se incluyen en esta etapa las acciones necesarias para conseguir obtener un conjunto homogéneo que permita una buena fermentación.

- **Separación de impropios:** La separación consiste en eliminar de la fracción orgánica los elementos que no se degradan biológicamente y aquellos que pueden causar la contaminación de las operaciones biológicas. . El resto se admite como materia prima.

- **Desfibrado o trituración de restos de poda:**

La mayoría de las materias primas que se usan para compostar no requieren molienda ni tamizado; no obstante, hay materiales, como los residuos de poda, que por su gran tamaño necesitan ser troceados.

Consiste en reducir el tamaño de los materiales para facilitar la degradación. Da lugar a la obtención de un producto con alta superficie de contacto, fácil de manipular y de una gran homogeneidad.

Se realiza mediante una **trituradora – desfibradora Champs 620D – 50 de Jolhi**, con capacidad de triturado para troncos de $\varnothing < 120 \text{ mm}$.

Los inconvenientes que pudieran plantear troncos de $\varnothing > 120 \text{ mm}$ se salvan con el corte previo de los mismos por medio de una motosierra antes de ser arrojados al contenedor pertinente.

REALIZACIÓN DE LA MEZCLA.

Esta operación tiene por objeto preparar una mezcla de materiales lo más homogénea posible que favorezca su fermentación.

A través de la herramienta de cálculo creada para el presente proyecto, los operarios premezclarán sobre una superficie habilitada al efecto los materiales entrantes en las dosis establecidas. Dicha operación se realizará con ayuda de un **tractor con pala**. Los materiales mezclados, base del compostaje, serán vertidos sobre un **remolque esparcidor de 17 m³** de capacidad que facilitará el transporte hasta el lugar establecido para la conformación del montón (área de descomposición).

Mezclar los materiales en las proporciones adecuadas y colocar la mezcla en forma de pila se erige como la etapa fundamental de todo compostaje

PROCESADO.

CONFORMACIÓN DE PILAS.

Los materiales serán descargados desde el remolque esparcidor siguiendo una línea recta de 75 metros de longitud. Para ajustar su forma a la previamente establecida se precisa de la ayuda de la pala. Tras la conformación de la pila se dará un primer pase con volteadora para terminar de poner en contacto las diferentes fracciones.

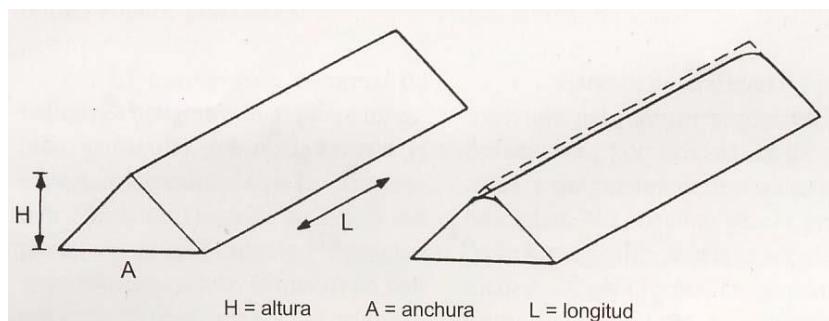


Imagen 9. Dimensiones básicas de las pilas de compostaje.

Las pilas de descomposición tendrán una sección triangular de dimensiones aproximadas:

$$H = 2,3 \text{ m}, A = 4,5 \text{ m}, L = 75 \text{ m.}$$

FASE DE DESCOMPOSICIÓN O DEGRADACIÓN.

Durante dos meses y con una frecuencia semanal se realizará con una **volteadora Menart 4800SP** acoplada al tractor, y de forma rutinaria, un volteo por montón. Los montones serán regados si se detecta una excesiva sequedad de sus materiales.

SECADO.

Esta operación reduce la cantidad de agua en el producto. Su principal propósito es realizar un posterior cribado del compost en buenas condiciones de humedad. El secado se realizará incrementando la temperatura del compost por exposición al sol, sequedad ambiental y volteos.

SEPARACIÓN DE IMPROPIOS Y MATERIAL RECIRCULADO.

Un **trommel de 80 mm de Ø de luz** (modelo **Joker** de la marca **Komptech**) eliminará aquellos materiales no biodegradables de gran tamaño que hayan pasado la separación de impropios primera además de separar aquellos materiales orgánicos de gran tamaño que han sido sólo parcialmente degradados y que constituyen lo que denominamos como recurso “*recirculado*” y que serán añadidos a los nuevos montones como material estructurante.

Sólo se realizará esta fase si en la composición entró mucha madera triturada o si se observa una gran cantidad de impropios en la pila.

FASE DE MADURACIÓN.

Esta fase, al igual que las siguientes se realizará bajo techo en una **nave de 2520 m² (84 x 30m.)** **constituida por 15 pórticos prefabricados separados a 6 m.**

El producto obtenido en la fermentación precisa, para alcanzar el grado de estabilización necesario, ser sometido a una etapa de maduración. Se trata de otro proceso aerobio en el que el contenido de O₂ en el interior de la masa, la temperatura y el grado de humedad, vuelven a ser los parámetros básicos que deben mantenerse, dentro de los rangos adecuados, para conseguir la óptima actividad biológica. Las condiciones adecuadas se consiguen mediante la volteadura citada, que realiza volteos sucesivos de la masa, debidamente espaciados en el tiempo y una red de aportación de agua para conseguir la humedad necesaria en cada momento.

Se utilizará el mismo equipo de volteo que en la descomposición y las pilas serán de las siguientes dimensiones:

$$H = 2,3 \text{ m}, A = 4,5 \text{ m}, L = 50 \text{ m.}$$

Se depositará el producto fermentado sobre una plataforma manteniéndolo durante seis semanas y volteándolo una vez por semana (**maduración dinámica**). Las dos últimas semanas se dejan de dar volteos y riegos en lo que constituye una **maduración estática** que además de aumentar la estabilidad biológica del producto, lo prepara para el afino.

Los materiales residuales de la degradación se convierten lentamente en compost.

POSTPROCESADO

Fase realizada en la misma nave diseñada para la fase de maduración.

SECADO.

Es absolutamente necesario que el compost esté seco sobre todo si se va a utilizar como sustrato o va a ser envasado en sacos. Se buscará producir un compost con un contenido en humedad comprendido *entre el 35 y el 45%*, teniendo en cuenta que por debajo del 45% mejora mucho su manejo y que por encima del 35% se minimiza la producción de polvo.

AFINO.

No todo el material que entra al sistema de compostaje se biodegrada con la misma velocidad. Muchos materiales requieren por su estructura física y composición química mayores tiempos para perder su morfología inicial. Por esta razón, es muy frecuente que conjuntamente con el compost, se presenten restos de materiales en distintas etapas de biodegradación o bien el residuo original contenga aún componentes inorgánicos.

Para lograr un compost apto para su aplicación agronómica, sea en forma manual o mecánica, el mismo debe presentar una granulometría adecuada y homogénea y estar libre de elementos orgánicos o inorgánicos que dificulten su aplicación.

Una vez finalizado el proceso de maduración y para conseguir un producto de alta calidad, el compost estabilizado procedente de la maduración estática, será cribado mecánicamente para eliminar, del producto final, todos aquellos elementos indeseables, ya sea porque son inertes, o bien, porque debido a sus dimensiones o naturaleza, ha sido imposible su fermentación (Sahagún, J. 2002).

El sistema de cribado elegido es una **criba de tipo rotativo o trommel móvil** modelo **Joker de la marca Komptech con malla de 10mm**.

A través del afino se separa el compost en dos partes: una primera fracción más fina que está lista para su comercialización, y otra fracción de impurezas y residuos de lenta degradación (recirculado vegetal).

Si el rechazo es exclusivamente de desechos orgánicos, el mismo se ingresará nuevamente al sistema de compostaje como “*recirculado vegetal*”.

ALMACENAMIENTO O ACOPIO DE COMPOST.

Dado que el uso del compost es generalmente estacional, con picos en determinadas épocas, como en primavera y otoño, es necesario almacenar el compost durante períodos comprendidos entre los tres y seis meses.

Los montones de compost acabados que se han dejado madurar adecuadamente, todavía tienen, aunque baja, cierta actividad microbiana, por lo que se evitarán, en lo posible, condiciones que aumenten el riesgo de crear condiciones anaerobias. La altura de las pilas no deberán superar los 4 metros, ya que a medida que aumenta la altura, se incrementa el riesgo de que pueda tener lugar una combustión espontánea.

En el entorno de la instalación de afino, se dispone de una **zona cubierta de 500 m²** de superficie para el almacenamiento de compost depurado, durante el tiempo que la temporalidad de su salida requiera.

ENSACADO.

Se trata de un acondicionamiento final para su comercialización. Se protege así el producto del sol y la humedad excesivos durante el transporte y el almacenamiento, facilitando el transporte y comercialización. El proceso incluye el pesaje del producto.

El compost que se vaya a empaquetar en sacos de plástico deberá tener un contenido en humedad como máximo del 35% ya que de lo contrario, seguirá descomponiéndose y fermentará. Se contará en planta con una ensacadora y una tolva para llenar big-bags.

SALIDA-EXPEDICIÓN DEL PRODUCTO DE LA PLANTA.

El tráfico de salidas es el correspondiente al compost terminado (en sacos, big-bags o a granel), y los rechazos no orgánicos del proceso.

Las salidas de compost producido, serán sometidas a un nuevo protocolo en el que también se efectúan controles administrativos, de peso y analíticos, tanto para el producto a granel como para el ensacado.

El protocolo de salidas de rechazos incluirá solo un control administrativo y otro de pesaje, quedando excluido el control analítico (Convenio IGME-ESAB-MIMAM. Informe 2003 2005)..

4.4. CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE COMPOST ANUAL GENERADA A PARTIR DE LOS RESIDUOS.

Los datos de la Tabla 18 son empleados como dato de partida, es decir las cantidades de cada uno de los recursos que teóricamente serán mezcladas en planta. Pero dado que el compostaje es un proceso dinámico y existen reducciones gravimétricas y volumétricas, se hubieron de tener en cuenta estas tanto para el cálculo del compost final producido como para el análisis de las cantidades (pesos y volúmenes) que van pasando por cada una de las superficies de la planta (acopio de materias primas, mezclado, descomposición, maduración y acopio de producto final). Las reducciones de volumen aplicadas (Huerta O., et al, 2008) son las que siguen:

- Entre el inicio y el final de la fase de descomposición (días 0 a 60) se produce una reducción de volumen del 65 %, aplicada en un 35 % en el primer mes y un 30 % en el segundo.
- Entre el inicio y el final de la fase de maduración (días 60 a 120) se produce una reducción de volumen con respecto al material inicial del 20 %, aplicada en un 10 % para cada uno de los dos meses.
- Durante el afino hay una reducción de volumen del 2.5 % con respecto al volumen inicial.

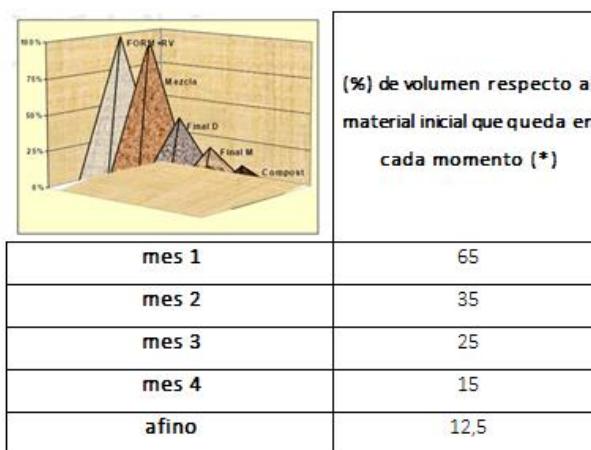


Tabla 30. Reducciones porcentuales mensuales de volumen respecto al volumen de partida (día 0).

NOTA: Las reducciones volumétricas aplicadas corresponden a la gestión mediante compostaje de residuos FORM. Cabe esperar un mayor rendimiento volumétrico ya que los residuos verdes objeto de este estudio tienen en general una naturaleza más fibrosa. De igual manera la cantidad de rechazos o impropios del proceso de afino se estima que sea menor.

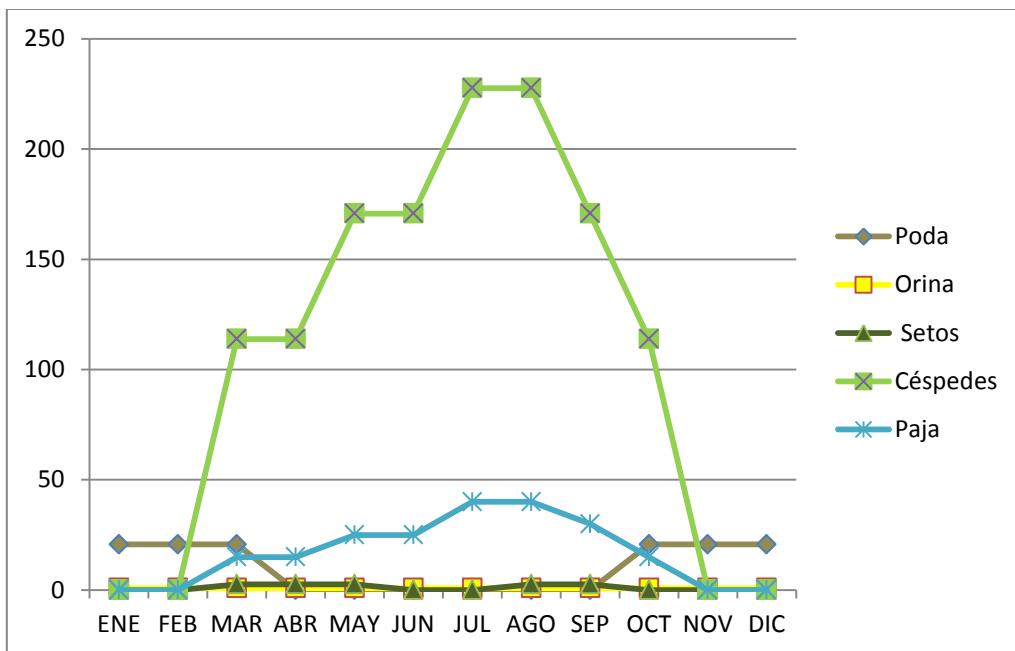
4.4.1. ENTRADA DE MASAS DE RESIDUOS SEPARADOS ANUAL.

La masa total anual entrante de residuos se estima en **1662,1 Tm** repartidos de la siguiente forma:

	Tm.
Orina	10,8
Setos	13,1
Céspedes	1308,7
Poda	124,4
Paja	205,0
	1662,1

Tabla 31.Peso total anual de los residuos empleados en planta. Datos en Tm.

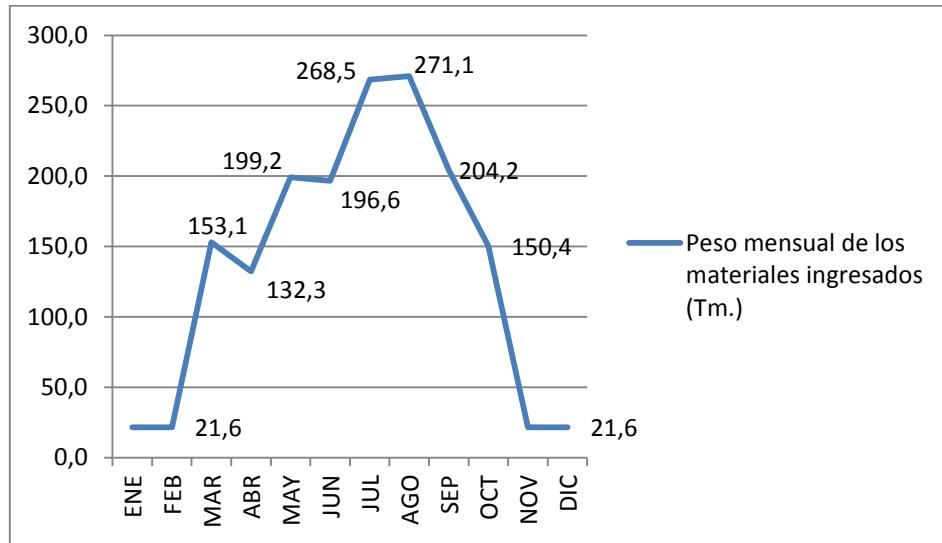
Que se repartirán de la siguiente forma en el tiempo:



Gráfica 14. Entrada-utilización en planta de los recursos en el tiempo. Datos en Tm.

4.4.2. BALANCE DE ENTRADA DE MASAS MENSUAL Y ANUAL.

En el siguiente gráfico aparecen las cantidades mensuales en toneladas de materiales ingresados en planta y que serán la base del compostaje de cada uno de esos meses. El gráfico es el resultado de los datos arrojados en la tabla anterior.



Gráfica 15.Tm. totales de residuos ingresados en planta.

La planta procesará un volumen de residuos aproximado de **10000 m³** totales que se repartirán en el tiempo de la siguiente forma:

4.4.3. BALANCE DE VOLÚMENES MENSUAL EN PLANTA.

El flujo del volumen de las pilas a lo largo de los meses se indica en la siguiente tabla:

día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DESCOMPOSICIÓN												
0	0	0	984,4	897,0	1316,7	1299,2	1678,9	1696,4	1276,7	876,9	0	0
30	0	0	0	639,8	583,0	855,8	844,5	1091,3	1102,6	829,8	570,0	0
60	0	0	0	0	344,5	313,9	460,8	454,7	587,6	593,7	446,8	306,9
MADURACIÓN.												
90	219,2	0	0	0	0	246,1	224,2	329,2	324,8	419,7	424,1	319,2
120	191,5	131,5	0	0	0	0	147,7	134,5	197,5	194,9	251,8	254,5
AFINO.	159,6	109,6	0	0	0	0	123,0	112,1	164,6	162,4	209,9	212,0

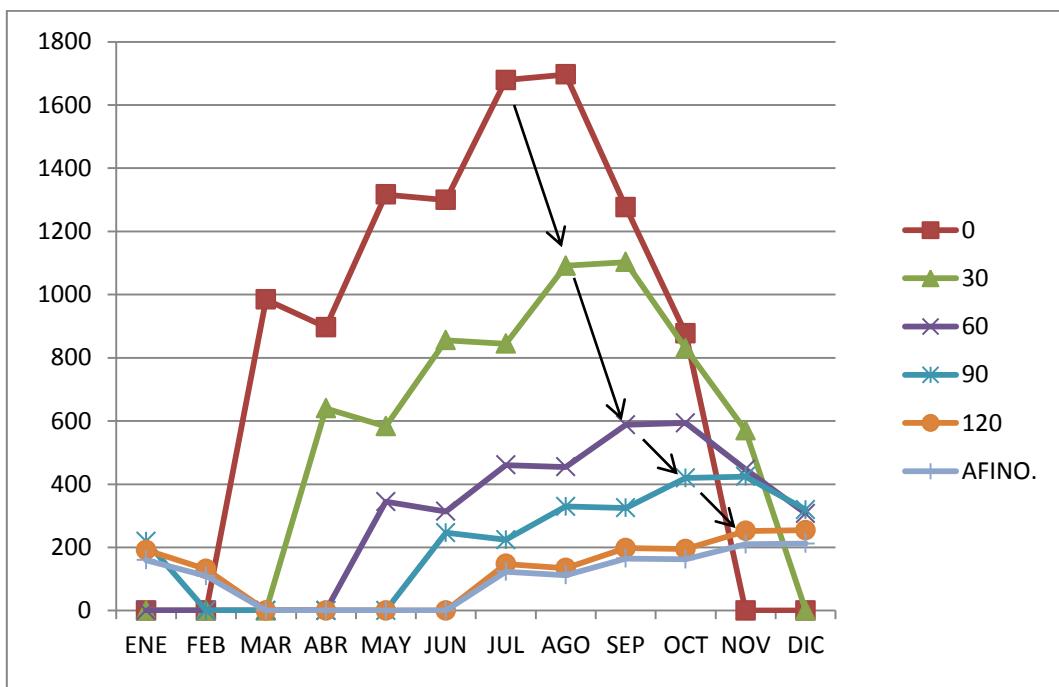
Tabla 32. Flujo de volúmenes por las diferentes superficies a lo largo de los meses. Volúmenes en m³.

Se calcula para una duración del proceso de 120 días.

- El día 0 corresponde a la llegada de los materiales durante el mes correspondiente (*).
- El día 60 corresponde al final de la fase de descomposición, trasiego e inicio de la fase de maduración.
- El día 120 corresponde al final de la fase de maduración, momento en el que se procederá al afino del material.

(*) NOTA: Los volúmenes de enero, febrero, noviembre y diciembre se suman a los meses de marzo a junio correspondientemente.

La siguiente gráfica representa los datos obtenidos de la **Tabla 21**.

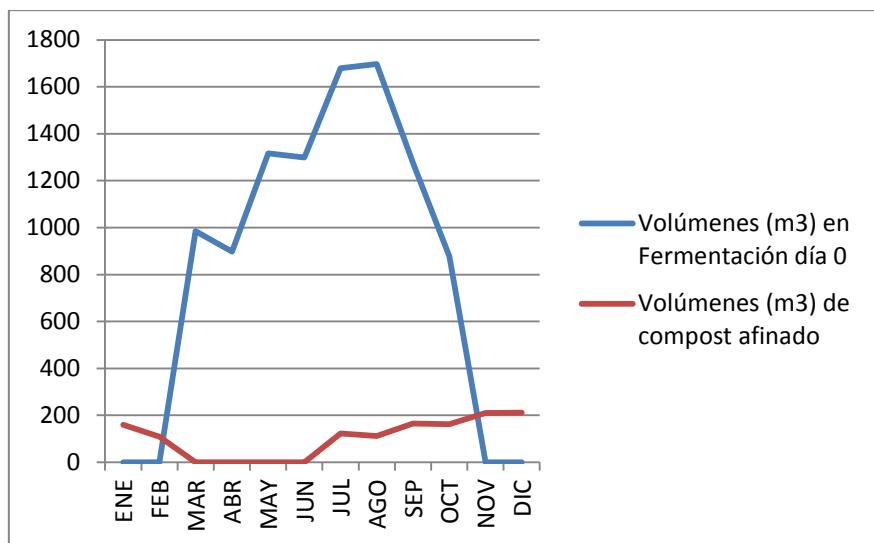


Gráfica 16. Volúmenes en planta a los X días tras el inicio del compostaje.

La reducción del volumen de los materiales en las fases de descomposición, maduración y afino son de gran importancia para el diseño de la planta ya que para un mismo material de entrada las superficies necesarias son cada vez menores. Este aspecto será fundamental en el posterior dimensionamiento de las superficies de acopio, descomposición, maduración y almacenamiento del producto finalizado.

4.4.4. INGRESO MENSUAL DE MATERIALES Y PRODUCCIÓN MENSUAL DE COMPOST FINALIZADO.

En la siguiente gráfica podemos ver la entrada mensual de materiales así como la producción mensual de compost finalizado:



Gráfica 17. Entradas y salidas mensuales de material. Datos en m^3 .

Analizando los datos del gráfico 4 tenemos varios datos interesantes:

- El volumen total de materia prima anual procesada es de **10026 m³**.
- Aunque los datos de la gráfica señalan que durante los meses de noviembre a febrero no se realizan ingresos de material, esto no es así, como se explica en el apartado relativo a la dosificación del producto. El material de estos se incluye respectivamente en los meses de marzo a junio.
- Los meses de marzo a junio, no se obtiene producto acabado, o lo que es lo mismo, la **producción de compost finalizado se realiza entre los meses de julio a febrero (8 meses)**.
- Los meses de octubre y noviembre son los de mayor producción de material acabado.
- La **producción total en volumen de producto a acabado es de 1253.3 m³**.
- Los meses de septiembre a enero se produce en planta más de 159 m³ de material afinado.

4.4.5. VOLUMEN MENSUAL DE MATERIALES PROCESADOS EN LAS SUPERFICIES DE DESCOMPOSICIÓN Y MADURACIÓN.

Con los datos anteriores tenemos que en la superficie de descomposición estarán extendidos los siguientes volúmenes (m^3) de material para cada uno de los meses:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Volumen total en descomposición / mes	0	0	984,4	1536,8	2244,2	2469,0	2984,2	3242,4	2966,9	2300,4	1016,8	306,9

Tabla 33. Volúmenes mensuales en fase de descomposición. Datos en m^3 .

En cuanto a la superficie de maduración se tienen los siguientes volúmenes (m^3):

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Volumen total en maduración / mes	410,7	132	0	0	0,0	246,1	371,9	463,7	522,3	614,6	675,9	573,6

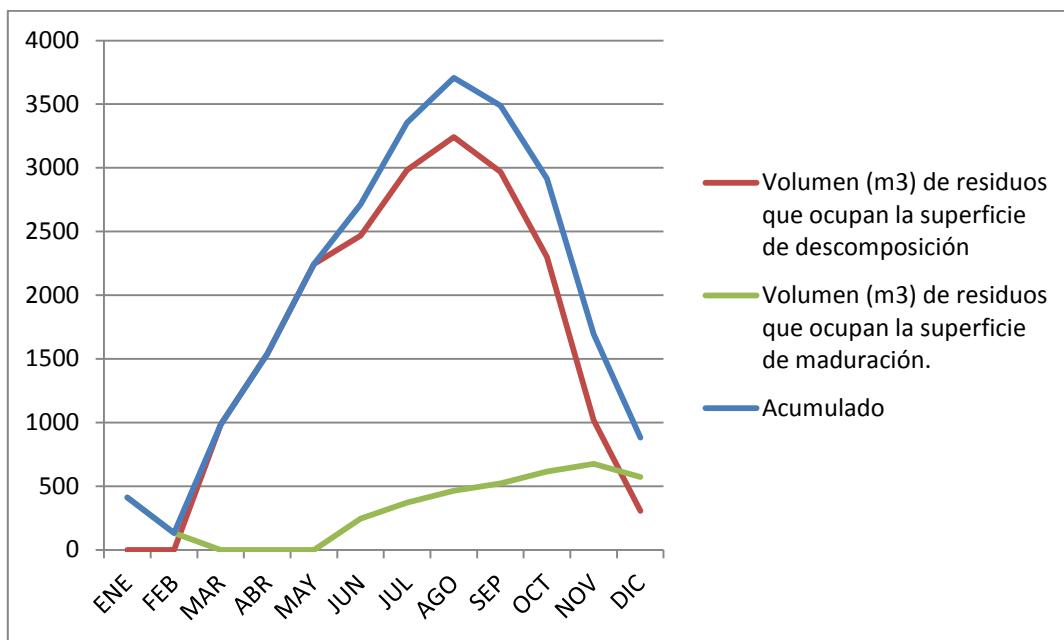
Tabla 34. Volúmenes mensuales en fase de maduración. Datos en m^3 .

El total de volumen mensual (m^3) en planta es el que sigue:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Acumulado	410,7	132	984	1537	2244	2715	3356	3706	3489	2915	1693	880,5

Tabla 35. Volúmenes mensuales acumulados. Datos en m^3 .

Con ello se obtiene el siguiente gráfico:



Gráfica 18. Volúmenes de residuos mensuales que ocupan las superficies de descomposición y maduración.
Datos en Tm.

De cuyo análisis se desprenden las siguientes conclusiones:

- De mayo a octubre se maneja en planta un volumen superior a las 2200 m³/mes, cifra que se deberá tener en cuenta para calcular las horas de volteo realizadas por mes.
- De mayo a octubre la superficie de descomposición está ocupada con más de 2200 m³ de residuos, cifra que condiciona el dimensionado de la misma.
- Durante los meses de marzo a mayo (3 meses) la nave de maduración está vacía de material en fase de estabilización.
- De septiembre a diciembre la superficie de maduración está ocupada con más de 500 m³ de residuos, cifra que condiciona el dimensionado de la misma.

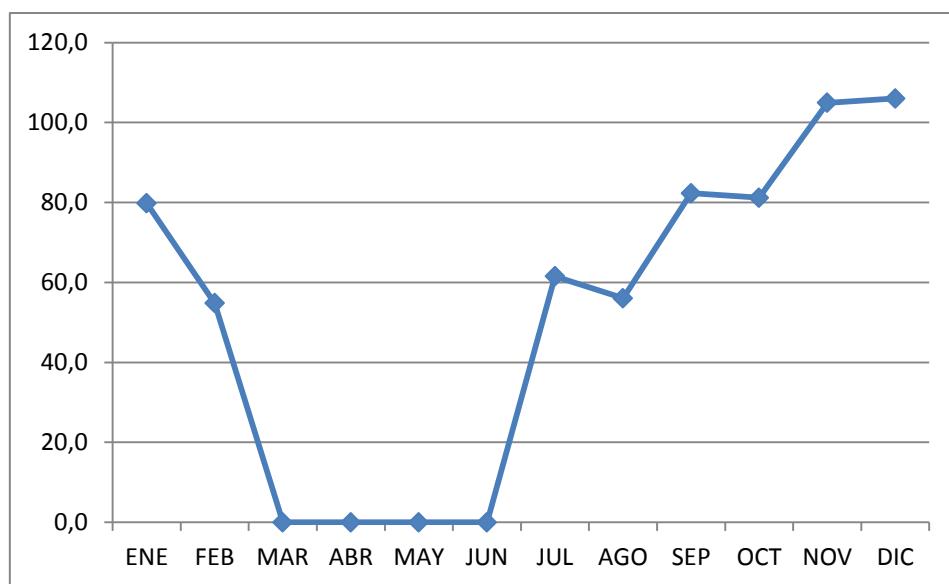
4.4.6. PRODUCTO ACABADO ANUAL Y BALANCE DE SALIDA DE MASAS MENSUAL.

La masa total anual de producto acabado se estima en **626,6 Tm**, con una densidad de producto de **0,5 g/cm³**, que se obtiene mensualmente en las siguientes cantidades:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
AFINO.	79,8	54,8	0	0	0	0	61,5	56,1	82,3	81,2	104,9	106,0

Tabla 36. Masas mensuales en fase de producto acabado. Datos en Tm.

Gráficamente:



Gráfica 19. Toneladas mensuales de producto acabado.

4.5. DIMENSIONADO DE LAS SUPERFICIES A EMPLEAR PARA LOS DISTINTOS PROCESOS A NIVEL DE PLANTA. ESTUDIO DE VARIAS ALTERNATIVAS.

4.5.1. ÁREA DE PREPROCESAMIENTO.

El área de preprocesamiento es el espacio destinado a la recepción de la materia prima, clasificación, separación, acopio, triturado y mezclado.

A la entrada de los camiones a la planta se dispondrá una báscula para el pesaje de los camiones. De esta forma se podrá pesar los camiones a la entrada y salida de las instalaciones, y saber la cantidad de material transportado, tanto residuos como compost.

Normalmente, en las áreas de preprocesamiento se lleva a cabo una labor de separación y clasificación de los residuos entrantes (Sánchez, I. 2009.). Dado que las operaciones de jardinería se realizan en épocas concretas, es poco probable que un vehículo sea cargado con más de un tipo de recurso o material con lo que serán escasos los casos en que varios recursos llegarán mezclados.

En algunas plantas esta área de preprocesamiento es un área cubierta para minimizar las condiciones meteorológicas adversas que se pudieran dar durante el proceso de descarga del material. Tiene que tener un suelo lo suficientemente firme para soportar el peso de los camiones que realizan el transporte de los residuos vegetales, y debe estar endurecido para resistir el raspado de los equipos de la planta de compostaje que van a operar en ésta, principalmente la máquina cargadora frontal o tractor con pala.

Para favorecer las operaciones de estas máquinas, sería conveniente instalar bloques de hormigón que faciliten las operaciones de recogida de los residuos, de modo que la pala de carga pueda empujar los residuos contra los bloques o paredes de hormigón. La anchura mínima de esta área dependerá de los distintos tipos de vehículos que van a descargar los residuos vegetales en ella. Por regla general, deberán permitir una distancia mínima de maniobra de no menos de una vez y media la longitud del camión que va a transportar los residuos.

En esta zona es donde se va a triturar el material a compostar, hasta adquirir un tamaño acorde al que se quiere introducir en las hileras de compostaje. Por lo tanto, es necesario introducir maquinaria que realice las operaciones de triturado.

CÁLCULO DE LA SUPERFÍCIE NECESARIA PARA LA RECEPCIÓN Y PESAJE DE LOS VEHÍCULOS CON CARGA.

A la entrada de los camiones a la planta se dispondrá una báscula para el pesaje de los camiones. De esta forma se podrá pesar los camiones a la entrada y salida de las instalaciones, y saber la cantidad de material transportado, tanto residuos como compost.

La báscula será sobre suelo de esta forma se evitará la construcción del foso con los consiguientes gastos de albañilería, eliminación total de la corrosión en ambientes húmedos, debido a que no hay posibilidad de acumulación de líquidos en la parte inferior de la misma, como puede ocurrir en las tradicionales básculas empotradas. Deberá tener unas dimensiones mínimas de 16 x 4 m y una capacidad de 40 toneladas.

Así mismo será necesaria una caseta que hará las funciones de oficina, vestuario y servicios.

Esta superficie se intentará integrar en la superficie final, una vez hayan sido dimensionadas aquellas superficies de mayor entidad.

CÁLCULO DE LA SUPERFÍCIE NECESARIA PARA EL ACOPIO DE RESIDUOS.

Tras el pesaje de los residuos que llegan a la planta se hace necesaria una zona de acopio hasta que se comienza con el procesado de los mismos.

Debido a la temporalidad con que se generan los residuos vegetales y a su baja densidad aparente, se necesita un gran espacio para su almacenamiento que permita disponer de la cantidad suficiente para no interrumpir el funcionamiento normal de la planta durante todo el año.

Las condicionantes de los que se parte son los siguientes:

- Será necesaria una zona para cada tipo de residuo ingresado en cada época.
- Las zonas serán diferenciadas por muros separadores a modo de trojes que facilitarán la carga con pala.
- Habrá una zona especialmente dedicada al pretratamiento de los recursos que así lo requieran (triturado de restos de poda, restos de setos, paja).
- Deberá ser transitable y que permita las maniobras pertinentes con la maquinaria (maniobras con remolque, con pala...).

CÁLCULO DE LA SUPERFÍCIE NECESARIA PARA EL ACOPIO DE PAJA.

Partimos de la premisa de dimensionar el acopio para el mes más exigente en paja y con una altura máxima para poder extraer las más altas.

Meses de máxima demanda de paja: julio o agosto con 200 pacas cada uno.

En la práctica la altura de la paca es de 1 m. Se decide apilar hasta 5 pacas de esas dimensiones. Cada paca tendida en el suelo tiene una superficie aproximada de 2 m²:

- Escogemos una base de 100 m² con 50 pacas y una altura de 4 pacas (*).

(*) NOTA: En caso de ser necesario se podrán apilar más pisos.

CÁLCULO DE LA SUPERFÍCIE PARA EL ACOPIO DE MADERA DE PODA.

Se trata de un material que ocupa un gran volumen antes de ser triturado pero cuya acumulación dificulta sobremanera la gestión del mismo debido al peso de la masa y al enmarañamiento de las ramas.

Debe ser por tanto, procesado mediante trituración con la mayor inmediatez posible.

Ya que el uso de estos materiales y su procesado queda restringido a los meses en los que se realiza la poda de las alineaciones de la ciudad, y que durante esta época no hay apenas llegada de otros residuos, no dedicaremos ninguna superficie específica para este recurso, siendo el espacio empleado el mismo que lo será luego para el acopio de paja.

Se diseñará en consecuencia un espacio único en el que se realizará el acopio de los materiales estructurantes (paja y madera) dado que no se acumulan durante las mismas épocas.

Por lo tanto:

- La superficie destinada al acopio de materiales estructurantes es de 200 m², superficie calculada en el anterior apartado.

Condicionantes temporales:

- Durante los meses de noviembre a febrero el espacio será ocupado por la madera de poda sin triturar.
- El mes de marzo la superficie será compartida por ambos recursos. Para su acopio la paja de este mes requerirá de una superficie de unos 50 m².
- Durante los meses de abril a octubre el espacio estará destinado al acopio de paja.

CÁLCULO DE LA SUPERFICIE PARA LA HIERBA SEGADA (CÉSPED).

Dado que se trata de un recurso que debe de ser empleado con la mayor inmediatez posible por su rápida putrefacción, evaporación y emisión de olores, no se prevén acopios importantes, teniendo que estar preparados con anterioridad a su llegada los materiales estructurantes y con elevada relación C/N.

Los meses de mayor producción de este recurso son julio y agosto, con un flujo de estrada diario aproximadamente de 10 Tm. / día lo que ocupa un volumen cercano a 56 m³.

Por lo tanto:

- **Se contempla una superficie para este recurso de 50 m² que será ampliado a 100 m² mediante la utilización del espacio destinado para los restos de poda de setos y hojarasca en los meses de julio y agosto según se calcula en el siguiente apartado.**

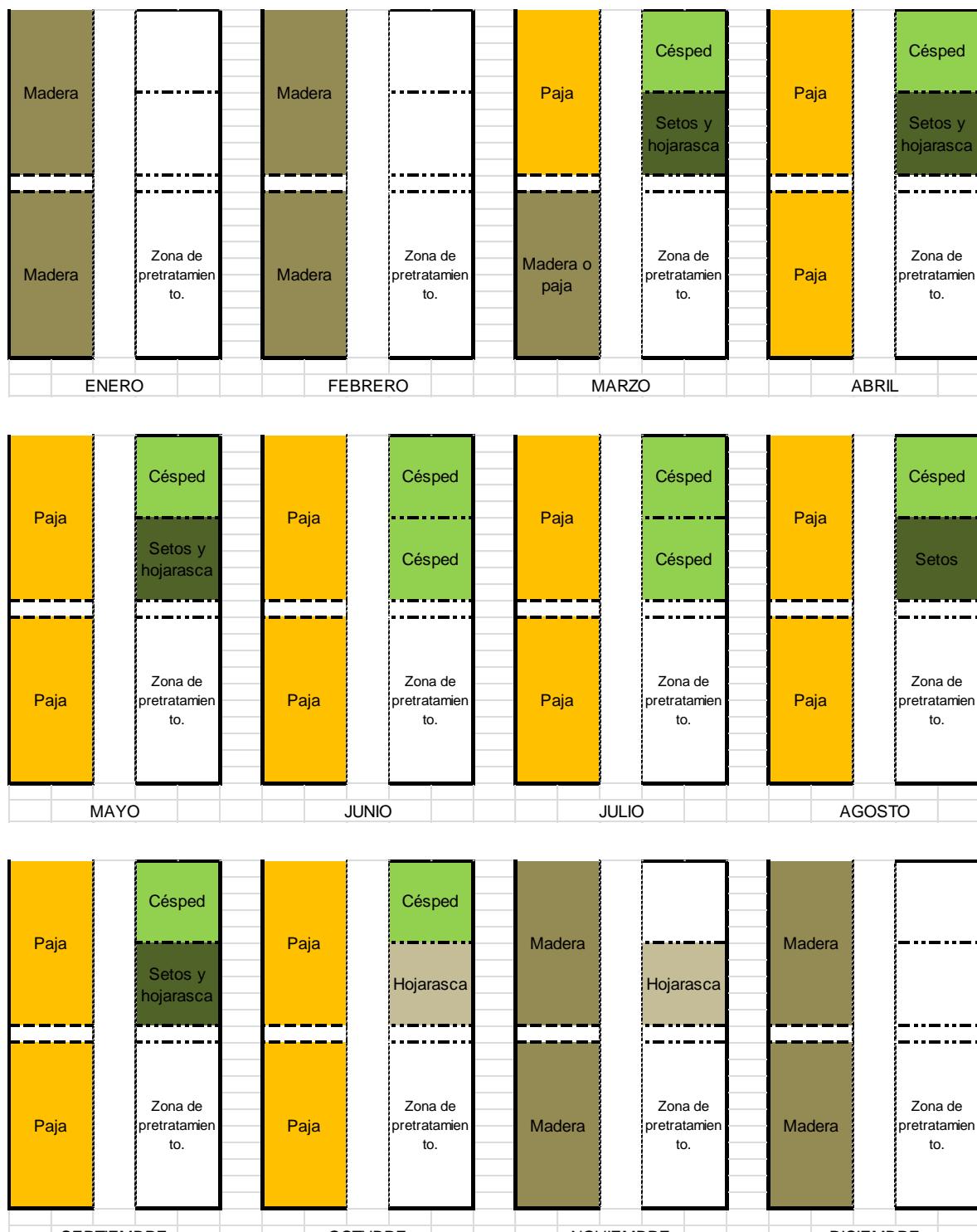
CÁLCULO DE LA SUPERFICIE PARA LOS RESTOS DE PODA DE SETOS Y HOJARASCA.

Los meses de marzo, abril, mayo, agosto y septiembre habrá un flujo de restos de poda de setos en una cuantía de 2.6 Tm. /mes, lo que ocupa un volumen algo inferior a 20 m³/mes.

Dado que la hojarasca se recibirá en los meses de septiembre, octubre y noviembre, se hace posible la utilización ambivalente del espacio. Por lo tanto:

- **Se contempla una superficie para este recurso de aproximadamente 50 m². que podrá ser empleada los meses en los que no existan estos recursos (julio y agosto) para un eventual acopio de césped.**
- **De esta forma el recurso “césped” tiene 50 m² extra para su acopio en los dos meses de mayor flujo a la planta.**

DIAGRAMA DE USO DE LOS DIFERENTES TROJES O ESPACIOS DE ACOPIO A LO LARGO DEL AÑO.



Murete bajo o muro perimetral.
Murete bajo.
Líneas pintadas para delimitación de zonas.
Líneas pintadas para paso de vehículos

CÁLCULO DE LA SUPERFICIE PARA EL TRITURADO DE RESTOS.

En este espacio debe caber la trituradora de restos de poda además de permitir amplitud de trabajo y un adecuado acopio de los restos de poda recién triturados.

En consecuencia:

- El espacio total destinado al acopio y pretratamiento de los residuos será finalmente de **100 m²**.

CÁLCULO DE LA SUPERFICIE PARA EL MEZCLADO DE LOS MATERIALES.

Los materiales se dispondrán para un primer mezclado sobre una superficie destinada al efecto.

El espacio tendrá unas dimensiones mínimas de **200 m²**.

4.5.1.1. DIMENSIONES DE LA SUPERFICIE TOTAL DE PREPROCESAMIENTO.

El espacio necesario para la recepción, acopio y pretratamiento será de **1000 m²** desglosado de la siguiente forma:

SUPERFICIE TOTAL DE PREPROCESAMIENTO		
Recepción y pesaje de vehículos	300	m ²
Acopio de residuos	300	m ²
Pasillos entre trojes	100	m ²
Triturado de restos	100	m ²
Mezclado de materiales	200	m ²
	1000	m ²

Tabla 37. Superficie del Área de Preprocesamiento.

4.5.2. ÁREA DE DESCOMPOSICIÓN.

El área de procesamiento se compone de la zona de compostaje y el área de maduración o curado del compost.

Se recomienda una superficie pavimentada que presente una inclinación mínima (aproximadamente del 3%). Además ésta pendiente permitirá la canalización de las aguas de lluvia.

La disposición de las hileras de compostaje debe de ser en paralelo a la dirección de la pendiente de la zona de compostaje, para permitir que los residuos líquidos fluyan entre las hileras, y no a través de ellas. Es indispensable tener un buen sistema de drenaje, a través de sumideros y canalizaciones, que desvíe el agua de lluvia de las hileras de compostaje (Sánchez, I. 2009).

Esta agua que procede del sistema de compostaje, puede recogerse en depósitos subterráneos o balsas desde los que se hacer recircular al sistema de riego, que mantiene el nivel de humedad óptimo en las hileras de compostaje.

Las hileras de compostaje se pueden ubicar al aire libre o bajo una cubierta. Esto último se recomienda en zonas de clima seco, donde el agua es escasa o cara, para prevenir su evaporación. En zonas en las que hay un exceso de precipitaciones, el techo de la zona de compostaje evitará que se produzca una humidificación excesiva y que se desarrollen condiciones anaeróbicas en las hileras de compostaje.

Aunque la ubicación de las hileras de compostaje bajo cubierta permite un mejor control de las condiciones que afectan al sistema de compostaje, a la vista de los datos climatológicos de Huesca, no es necesaria su instalación.

Los pasillos entre las hileras de compostaje deberán tener una anchura que permita el paso y la maniobra de la maquinaria que se utiliza para disponer de los residuos que se preparan en el área de preprocesamiento, y de la usada en las operaciones de volteo de las hileras.

La mezcla, preparada en la zona de preprocesamiento, es llevada hasta la zona de compostaje con la ayuda de un remolque que irá descargando los materiales en línea hasta finalizar la pila. Una vez dispuestos los materiales en la pila se dará un pase con volteadora para mejorar el mezclado de los mismos y la correcta conformación de los mismos.

El volteado se hará una vez por semana y es a partir del segundo volteo cuando las pilas deberán monitorizarse periódicamente para comprobar que el proceso se está llevando a cabo con normalidad o detectar posibles anomalías.

CÁLCULO DE LA SUPERFICIE NECESARIA PARA LA FASE DE DESCOMPOSICIÓN (ETAPA TERMÓFILA) DE DOS ALTERNATIVAS.

Las dimensiones de las pilas, base del cálculo se citan en la [página 23](#).

SUPUESTOS DE VOLTEO.

SUPUESTO 1-VOLTEO.

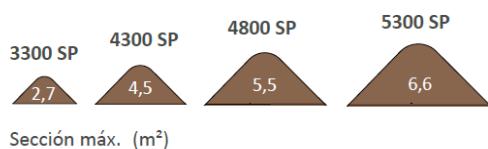
- Volteo con tractor de potencia suficiente para trabajar con volteadora **Menart 4800SP**.



Imagen 10. Volteadora de pilas Menart 4800SP.

DATOS PRÁCTICOS

Dimensiones teóricas de las camas:



	3300 SP	4300 SP	4800 SP	5300 SP
Ancho máx. (m):	3,3	4,3	4,8	5,3
Altura (m) :	1,7	1,8	1,9	2
Altura máx. (m) :	2,2	2,3	2,4	2,5
Capacidad* (m³/h) :	1100	1500	1750	2000
Potencia mín-máx. del tractor (hp) :	60 - 95	80 - 110	90 - 150	100 - 180

La eficiencia de una volteadora puede variar ampliamente, dependiendo de las características del material procesado.

La capacidad horaria puede ser hasta tres veces más en un material fino y ligero que en un material denso y húmedo.

Imagen 11. Datos técnicos de los modelos de volteadora de la marca Menart.

NOTA: Con círculo sobre la tabla se señala la potencia requerida y que deberá ser satisfecha por el tractor escogido.

La principal característica de esta volteadora es que es la propia volteadora la que empuja el tractor y no el tractor que tira de la volteadora. La toma de fuerza del tractor alimenta el sistema hidráulico de la máquina que acciona las ruedas de trabajo. De esta forma la potencia requerida al tractor es optimizada y el consumo de combustible es controlado, siendo menor que el de volteadoras tiradas por el tractor.

El hecho de que en Álava y Navarra existan experiencias de redes o servicios de compostaje para ganaderos que emplean este tipo de máquinas volteadoras de forma satisfactoria animó a la elección de la marca (Aguirre, N. 2012).

El modelo de volteadora elegido dependió de las dimensiones de la pila establecidas como punto de partida en 5 m^2 . Con esa premisa el modelo elegido fue el **4800 SP**.

Como se puede ver en las indicaciones la capacidad de trabajo o rendimiento puede variar según el tipo de restos con los que se trabaje, siendo su **rendimiento máximo de 1750 m^3 / hora**.

SUPUESTO 2-VOLTEO.

- Volteo con volteadora autopropulsada **Topturn 3500G**.



Imagen 12. Volteadora Topturn 3500G.

Se trata de una máquina volteadora autopropulsada de pequeño tamaño, elegida en la comparativa por trabajar con montones o pilas de parecidas características a la anterior (5 m^2) y adecuada al manejo de las cantidades (toneladas) de material con las que se trabaja en el presente proyecto.

Es una máquina que opera en otras plantas municipales de Cataluña de parecidas características (Huerta O, *et al*, 2008).

Su **rendimiento o capacidad de trabajo es de hasta 1000 m^3** , dependiendo siempre de la naturaleza de la mezcla.

PREMISAS PARA EL DIMENSIONADO DE LOS DOS SUPUESTOS.

- Conformar pilas de 75 metros de largo. Estas pilas serán las unidades de compostaje.
- Para volteadora acoplada al tractor (supuesto 1 – volteo):
 - 1 pasillo cada 2 pilas en el caso de volteadoras acopladas al tractor.
 - Pasillo con una anchura de 4 metros entre pilas o entre una pila y otro elemento.
 - Espacio entre dos pilas contiguas de 1.5 m.
- Para volteadora autopropulsada (supuesto 2 – volteo):
 - Dejar un espacio mínimo de 1.5 metros entre pilas.
- En todos los casos será necesario dejar en las cabeceras de las pilas unos 7 metros para maniobrar.
- El tiempo estimado de la fase de descomposición (termófila) es de 2 meses.

Con los volúmenes de residuos que se manejan se conformarán el siguiente número de pilas de las dimensiones señaladas.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pilas conformadas	0,2	0,2	2,6	2,4	3,5	3,5	4,5	4,5	3,4	2,3	0,2	0,2
Pilas extendidas	0,2	0,2	0,2	2,6	2,4	3,5	3,5	4,5	4,5	3,4	2,3	0,2
Total pilas en descomposición	0,4	0,4	2,8	5,0	5,9	7,0	7,9	9,0	7,9	5,7	2,5	0,4

Tabla 38. Número de pilas en la superficie de descomposición.

- La primera fila corresponde a las pilas de nueva formación que tienen lugar durante el mes indicado.
- La segunda fila corresponde a las pilas que están extendidas y a las que restan un mes más en la fase de descomposición.
- El total de pilas es el número de pilas que coexisten sobre la superficie de descomposición en cada mes.

A continuación se calcula la superficie mínima necesaria para llevar a cabo estas dos opciones:

Tiempos empleados en el volteo con cada una de los supuestos.

Teniendo en cuenta los volúmenes mensuales manejados en las superficies de descomposición maduración se realiza la siguiente tabla de tiempos invertidos en la operación de volteo.

Para el cálculo de los tiempos se ha tenido en cuenta una capacidad de trabajo del 70 % de la capacidad máxima indicada por el fabricante.

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	Volumen total en descomposición / mes	0	0	984	1537	2244	2469	2984	3242	2967	2300	1017	307
	Volumen total en maduración / mes	411	132	0	0	0	246	372	464	522	615	676	574
4800SP	Horas de volteo en cada operación de volteo semanal	0,3	0,1	0,8	1,3	1,8	2,2	2,7	3,0	2,8	2,4	1,4	0,7
	Horas de volteo mensuales (4 volteos)	1,3	0,4	3,2	5,0	7,3	8,9	11,0	12,1	11,4	9,5	5,5	2,9
TOPTURN 3500G	Horas de volteo en cada operación de volteo semanal	0,6	0,2	1,4	2,2	3,2	3,9	4,8	5,3	5,0	4,2	2,4	1,3
	Horas de volteo mensuales (4 volteos)	2,3	0,8	5,6	8,8	12,8	15,5	19,2	21,2	19,9	16,7	9,7	5,0

Tabla 39. Resumen de tiempos de volteo semanal y mensual.

Cabe destacar que el número de horas invertido en esta operación no es ni siquiera en el mes de mayor volumen de trabajo demasiado cuantioso, siendo invertidos teóricamente un total de 4.5 horas semanales con la máquina de menor rendimiento.

- **ALTERNATIVA 1 - VOLTEO. Volteo con volteadora Menart 4800SP.**

Mes con mayor número de pilas extendidas: Agosto, con 9 pilas.

Este supuesto, con estas premisas, arroja la superficie siguiente:

Menart 4800SP	Longitud	Ancho	Sup. (m ²)	Número máximo de pilas/pasillos	Sup. Total (m ²)
Pilas	75	4,5	337,5	9,0	3038
Pasillos	75	4	300	5,5	1650
Pasillos pequeños	75	1,5	112,5	4,5	506
Cabeceras	62,5	7	875,07		875,1
					6069,2

Superficie total: **6069 m²**.

- **Esquema de distribución de las pilas del supuesto 1- volteo.**

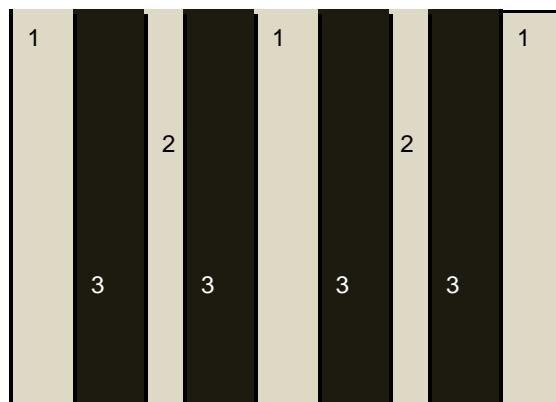


Figura 2. Esquema de la disposición de las pilas en planta.

1. *Pasillos grandes. 4 metros.*
2. *Pasillos pequeños. 1,5 metros.*
3. *Pilas. 3 metros.*

- ALTERNATIVA 2 - VOLTEO. Volteo con volteadora Topturn 3500G.

TopTurn 3500G	Longitud	Ancho	Sup. (m2)	Número máximo de pilas/pa sillos	Sup. Total (m2)
Pilas	75	4,5	337,5	9,0	3038
Pasillos	75	1,5	112,5	10,0	1125
Cabeceras	55,5	7	777,065		777,1
					4939,9

Superficie total: 4939 m2.

La reducción de superficie con este sistema es del 18.6 % con respecto al SUPUESTO 1.

- Esquema de distribución de las pilas del supuesto 2.

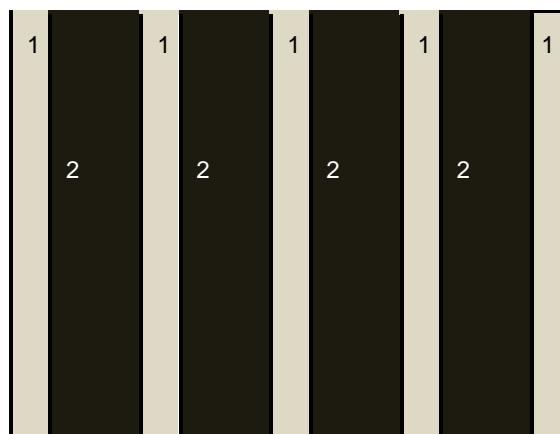


Figura 3. Esquema de la disposición de las pilas en planta.

1. Pasillos. 1.5 metros.
2. Pilas. 4.5 metros.

2.5.2.1. DIMENSIONES DE LA SUPERFICIE DE DESCOMPOSICIÓN PARA LAS DOS ALTERNATIVAS ESTUDIADAS.

Maquinaria empleada para el volteado	Superficie de descomposición mínima
Volteadora Menart 4800SP.	6069 m2.
Volteadora Topturn 3500G.	4939 m2.

Tabla 40. Superficies del Área de Procesamiento para los dos supuestos.

4.5.3. ÁREA DE MADURACIÓN.

Además de la zona de compostaje, el área de procesamiento debe contar con un área de curado o estabilización del compost producido. En esta zona es donde se mantiene el compost durante la última fase del proceso de compostaje, permitiendo que el material se estabilice (Sánchez, I. 2009). Esta área necesita menos espacio, y en las plantas de compostaje suele ocupar una cuarta parte del espacio requerido por la zona de compostaje. Se trata de un proceso donde las pérdidas de nitrógeno en forma de nitratos pueden ser mayores que en la anterior fase por lo que se tratará de una superficie cubierta que deberá de albergar todo el material en fase de estabilización durante dos meses además del material finalizado y ensacado.

Considerando que la etapa de maduración tendrá lugar bajo techo, que se deberá de cambiar la ubicación del material así como la reducción de volumen que tendrá lugar, parece oportuno definir un nuevo tipo de pila para la maduración.

CÁLCULO DE LA SUPERFICIE NECESARIA PARA LA MADURACIÓN DEL COMPOST.

Se prueba a continuación con pilas de 50 y 75 metros, con la sección probada anteriormente para la fase de descomposición. Con esto tenemos el número de pilas que vemos a continuación:

- Pilas de 5 m³ de sección y 50 metros que hay extendidas cada mes en la nave de maduración.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
60-90	0	0	0	0	1,4	1,3	1,8	1,8	2,4	2,4	1,8	1,2
90-120	1,2	0,5	0	0	0	1,4	1,3	1,8	1,8	2,4	2,4	1,8
Total de pilas	1,2	0,5	0	0	1,4	2,6	4,0	3,7	4,2	4,7	4,2	3,0

Tabla 41. Pilas de 50 m y 5m³ de extendidas en el Área de Maduración.

- Pilas de 5 m³ de sección y 75 metros que hay extendidas cada mes en la nave de maduración.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
60-90	0	0	0	0	0,9	0,8	1,2	1,2	1,6	1,6	1,2	0,8
90-120	0,8	0	0	0	0	0,9	0,8	1,2	1,2	1,6	1,6	1,2
Total de pilas	0,8	0	0	0	0,9	1,8	2,1	2,4	2,8	3,2	2,8	2,0

Tabla 42. Pilas de 75 m y 5m³ de extendidas en el Área de Maduración.

- **ALTERNATIVA1 - VOLTEO. Volteo con volteadora Menart 4800SP.**

Pilas de 50 metros de largo, 4 de ancho y 5 m² de sección. Pilas pareadas a 1.5 m. de distancia, pasillos de 4 m.

Menart 4300SP	Longitud	Ancho	Sup. (m ²)	Número máximo de pilas/pasillos	Sup. Total (m ²)
Pilas	50	4,5	225	4,7	1063
Pasillos grandes	50	4	200	3,4	673
Pasillos pequeños	50	1,5	75	2,4	177
					1913,0

Superficie cubierta maduración: 1913 m².

Pilas de 50 metros de largo, 4 de ancho y 5 m² de sección. Pasillos de 1.5 metros.

Topturn 3500G	Longitud	Ancho	Sup. (m ²)	Número máximo de pilas/pasillos	Sup. Total (m ²)
Pilas	50	4,5	225	4,7	1063
Pasillos	50	1,5	75	5,7	429
					1493

Superficie cubierta maduración: 1493 m².

A continuación probamos con pilas de 75 m. Para este nuevo tipo de pilas tendríamos las siguientes superficies:

- ***ALTERNATIVA2. - VOLTEO. Volteo con volteadora Topturn 3500G.***

Menart 4300SP	Longitud	Ancho	Sup. (m2)	Número máximo de pilas/pasillos	Sup. Total (m2)
Pilas	75	4,5	337,5	3,2	1063
Pasillos	75	4	300	2,6	773
Pasillos pequeños	75	1,5	112,5	1,6	177
					2013,0

Superficie cubierta maduración: 2013 m2.

Topturn 3500G	Longitud	Ancho	Sup. (m2)	Número máximo de pilas/pasillos	Sup. Total (m2)
Pilas	75	4,5	337,5	3,2	1063
Pasillos	75	1,5	112,5	4,2	467
					1530

Superficie cubierta maduración: 1530 m2.

2.5.3.1. DIMENSIONES DE LA SUPERFICIE DE MADURACIÓN PARA LAS DOS ALTERNATIVAS ESTUDIADAS.

Maquinaria empleada para el volteado	Superficie de maduración mínima.
Volteadora Menart 4800SP.	1913 m2.
Volteadora Topturn 3500G.	1493 m2.

Tabla 43. Superficies del Área de Procesamiento para los dos supuestos

Conclusiones:

- Todos los casos dan dimensiones bajo techo destinadas a maduración de entre 1500 a 2000 m² aproximadamente.
- La confección de montones de 50 metros arroja unas superficies bajo techo inferiores por lo que será la longitud de pila escogida.
- En cualquiera de los dos casos existe una reducción de la superficie de aproximadamente 500 m² favorable a la volteadora autopropulsada.

4.5.4. ÁREA DE POSTPROCESAMIENTO.

El área de postprocesamiento se usa para realizar pruebas de control de calidad del compost obtenido, realizar operaciones de cribado de éste, de reducción de tamaño, de mezcla, para almacenarlo... El espacio requerido es mucho menor que el necesario para el área de compostaje, normalmente, una quinta parte de ésta (Sánchez, I. 2009.).

Si no se va a usar el compost producido en un corto periodo de tiempo, se recomienda mantenerlo cubierto, ya que el viento puede arrastrar semillas de malas hierbas, que podrían permanecer en el compost obtenido, disminuyendo la calidad de éste. El compost madurado debe mantenerse alejado de zonas en las que pueda circular el agua. Se recomienda mantener una capacidad de almacenamiento de al menos 3 meses.

La producción de compost durante los 3 meses de máxima producción asciende a aproximadamente 582 m³. Suponiendo que se almacena en montones de 1,5 metros de altura, y dejando un espacio libre ¼ de la superficie total para maniobrar con la maquinaria, se necesita una **superficie mínima de 485 m² para el almacén del compost madurado**, lo que en la práctica supondrá unas **dimensiones de 20 x 25 m**. Esta zona estará cubierta preferiblemente.

4.5.4.1. DIMENSIONES DE LA SUPERFICIE CUBIERTA EMPLEADA COMO ÁREA DE MADURACIÓN Y POSTPROCESAMIENTO.

				Menart 4800SP	Topturn 3500G	
Área de maduración				1913	1493	m ²
Área de postprocesamiento				485	485	m ²
				2398	1978	m ²

Tabla 44. Superficie cubierta empleada como superficie de maduración y postprocesamiento.

4.5.5. TRAS ZONAS O INSTALACIONES DE LA PLANTA.

ZONA DE SEPARACIÓN O ZONA TAMPÓN.

La zona de separación o zona tampón es la zona de seguridad que se deja, dentro del recinto, para que se minimicen las molestias ocasionadas por la planta de compostaje a las empresas colindantes (Sánchez, I. 2009).

Se sugiere el emplazamiento de árboles perimetrales, que ayudarán a minimizar el impacto visual de la planta de compostaje, y que reduzcan las molestias que se pudieran ocasionar a las fincas colindantes. Estas pantallas arbustivas y arbóreas aislarán visualmente la instalación, a la vez que cortan la circulación normal del viento de baja cota.

CAMINOS DE ACCESO.

A la hora de diseñar la planta de compostaje habrá que tener en cuenta el tipo de vehículos que van a entrar en las instalaciones.

Deberá estar pavimentada toda la superficie: camino de acceso y toda la planta.

En el diseño de estos accesos hay que tener en cuenta los espacios necesarios para que los camiones realicen los giros y operaciones de carga y descarga.

INSTALACIONES Y SEGURIDAD.

Va a ser necesaria la instalación de un edificio donde los operarios puedan realizar las funciones administrativas, así como vestuarios para el personal encargado de realizar las tareas propias del funcionamiento diario. El edificio (puede instalarse una caseta modular prefabricada) deberá contar con electricidad, línea de teléfono, calefacción, aire acondicionado, aseos y agua potable. Las dimensiones del edificio serían de 10 m x 10 m, con una superficie total de 100 m².

También es necesaria la instalación de un almacén para la maquinaria y las herramientas. Las dimensiones de éste serían de 10 m x 10 m, con una superficie total de 100 m².

El perímetro de la finca debe estar vallado.

BALSA DE LIXIVIADOS Y AGUAS PLUVIALES. DIMENSIONADO.

Todos los procesos de compostaje llevan implícita la producción de lixiviados. Estos líquidos tienen a menudo grandes contenido en azufre y nitrógeno, y pueden ser una fuente de producción de malos olores. Los lixiviados se deberán recoger y gestionar. Uno de los posibles usos es la utilización como riego en la fase de descomposición (en las hileras de compostaje), previa realización de una fase de higienización

Para los residuos de baja degradabilidad, como son los residuos vegetales y los restos de poda, la gestión de lixiviados requiere un tratamiento más sencillo que el de una planta de compostaje que opere con otro tipo de residuos (no es necesaria la construcción de balsas de lixiviados).

La balsa de lixiviados tendrá la función de recoger y almacenar los lixiviados y la lluvia que se produzca tanto en la zona de recepción como en la zona de compostaje. Ambas zonas dispondrán de una ligera pendiente para recoger los lixiviados hacia unas canalizaciones por debajo del nivel de suelo que los conduzcan a la balsa. La balsa de lixiviados se encontrará por debajo del nivel del suelo, para que los efluentes viertan por gravedad. También verterán en el depósito de lixiviados los desagües de las duchas y grifos.

Los lixiviados recogidos en la balsa se usarán para adecuar la humedad de la mezcla de residuos antes del proceso de compostaje, para mantener la humedad adecuada de las pilas y para el riego de las zonas ajardinadas.

Para ello, se requiere la instalación de una bomba que impulse los lixiviados.

En términos de superficie la balsa de lixiviados, al tratarse de una estructura enterrada no cabe tenerlo en cuenta.

CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONADO DE LA BALSA DE LIXIVIADOS Y AGUAS PLUVIALES.

No será necesario el almacenamiento de toda el agua precipitada sino solamente el de aquella que se precise para restituir el agua evaporada desde los montones de forma que estos se encuentren siempre en las condiciones de humedad consideradas óptimas (50-65%). También será necesaria una cierta cantidad para atender el ajardinamiento de la planta y realizar la limpieza de algunas máquinas y superficies.

Agua de los montones:

- Agua lixiviada.

En otros montones de compost realizados con alperujo (J.M. Álvarez de la Puente.2006) está comprobado empíricamente que los montones dejan de drenar al llegar al 60 % de humedad. Dado que la humedad inicial promedio del conjunto de los meses es de 69.5% y que la cantidad máxima estimada de residuos en los meses de mayor ingreso (julio y agosto) será de 267 toneladas respectivamente, se estima que se lixiviaron de los montones mensualmente:

$$267 \text{ Tm} * 0.095 * 1\text{m}^3/\text{Tm} = 25.4 \text{ m}^3.$$

- Agua evaporada.

Además la mezcla procesada durante el proceso de compostaje, gracias a los volteos periódicos, perderá otro 20 % de agua por evaporación, lo que se corresponde con la cantidad a almacenar en la balsa y que será recirculada a la mezcla por necesidades del proceso. :

$$267 \text{ Tm} * 0.2 * 1\text{m}^3/\text{Tm} = 53.4 \text{ m}^3.$$

- Necesidades de agua externa.

Las necesidades netas de agua en los meses más exigentes serán de:

$$\text{Agua evaporada (perdida)} - \text{agua lixiviada (recogida)}: 53.4 - 25.4 = 28 \text{ m}^3$$

Luego, desde el punto de vista del compostaje, será necesario un sistema de acopio de agua que satisfaga, al menos, las necesidades de los meses más exigentes, esto es 28 m³.

Agua precipitada.

A continuación se exponen los datos mensuales de precipitaciones medias del año 2003 al 2014, obtenidos a partir de la Oficina del Regante.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEDIA	22,7	22,5	40,3	61,2	43,5	36,8	23,3	14,9	32,7	56,2	30,3	28,3

Tabla 45.Precipitación (l/m2) en el Municipio de Huesca. Media de las medias mensuales.

A partir de la Tabla 47 se calculan las cantidades de agua precipitadas en forma de lluvia sobre las superficies de la Alternativa 1 y 2.

Como se comprueba en el siguiente cuadro las cantidades de agua mensuales recogidas en ambos casos superan ampliamente las necesidades máximas requeridas debidas a evaporación.

Superficies (m2.)		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
Supuesto 1	10000	227,1	225,2	402,8	612,1	434,6	368,3	233,0	149,0	326,5	562,5	302,5	283,3	4053,2
Supuesto 2	8500	193,0	191,4	342,4	520,3	369,4	313,1	198,1	126,7	277,6	478,1	257,2	240,8	3445,2

Tabla 46.Cantidades mensuales de agua en m³ precipitadas sobre la planta para los casos de plantas de 1 y 0.85 Ha.

El agua no es por tanto un recurso limitante, debiéndose decidir ahora cuanto de ella se almacenará.

Se decide en base a las necesidades de los montones así como para aquellos otros usos para los cuales será destinada el almacenar un total de 30 m³.

La gestión de la balsa será de forma que se busque su llenado y a su vez conectado esté conectado a un sistema de evacuación del agua precipitada sobrante.

SISTEMA DE RECOGIDA Y RIEGO.

El sistema está formado por una balsa de almacenamiento, un grupo de presión y una red de riego. El llenado de la balsa se efectúa por medio de la recogida del agua de lluvia que cae sobre la cubierta de la nave de maduración y del agua de escorrentía de la plataforma.

La balsa de lixiviados dispondrá de un filtro a la entrada donde se recogerán todos los sólidos que puedan transportar los efluentes. Todo lo recogido en el filtro también se introducirá en proceso de compostaje para su gestión.

Además, se deberá instalar una bomba en el interior o exterior de la balsa que permita usar los lixiviados para humedecer las pilas de compostaje o regar las zonas ajardinadas.

SUPERFICIE TOTAL NECESARIA PARA LA INSTALACIÓN DE LA PLANTA EN LAS DOS ALTERNATIVAS.

					Menart 4800SP	Topturn 3500G.	
Área de preprocesamiento					1000	1000	m ²
Área de descomposición					6069	4939	m ²
Área de maduración					1913	1493	m ²
Área de postprocesamiento					485	485	m ²
Total					9467	7917	m ²
5 % más en concepto de movilidad de maquinaria					9940	8313	m ²

Tabla 47. Superficie total estimada para la planta.

Se estima por tanto la superficie necesaria para la planta en 1 Ha. para el supuesto 1 y 8.300 m² para el supuesto 2.

4.5.6. DIMENSIONES DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE ELEGIDA.

El apartado económico o de valoración del modelo resulta en la elección del supuesto 1 de volteo.

Las superficies calculadas para cada una de las zonas de la planta son las que siguen:

Planta de compostaje	Planta de compostaje municipal de Huesca				
Municipios de servicio	Municipio de Huesca				
Superficie Total	10,000 m2				
Sistema		Descomposición	Maduración		
Áreas diferenciadas	Recep. / Acopio / Pretrat	1000 m2	Maduración, postprocesado y acopio.	Pilas volteadas bajo techo	
	Trituración	100 m2		2500 m2	
	Descomposición	6400 m2			
Balsa de lixiviados y aguas pluviales	Soterrada	30 m3			
Oficinas, laboratorio y almacén	Edificio de 20 x 10	200 m2	Báscula sobre suelo	16 x 3	

Tabla 48. Resumen de las dimensiones de las principales partes de la planta.

4.5.7. ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA.

A la hora de hacer un compostaje hay que tener en cuenta una serie de consideraciones de tipo medioambiental, entre otras:

El sitio elegido para realizar el compostaje deberá ser de fácil acceso, situado de tal manera que el transporte de los materiales no sea de largo recorrido y tendrá una superficie firme que soporte el tránsito de vehículos bajo diversas condiciones climatológicas. La conveniencia de un sitio determinado debe sopesarse frente a factores tales como el área disponible, la proximidad a núcleos de población, la visibilidad y el control de los lixiviados. A la hora de diseñar una instalación de compostaje hay que realizar un estudio previo en el que se incluyan factores tales como la dirección predominante del viento, el fácil acceso a vías de tráfico, los usos a que se dedican las tierras colindantes, el desnivel del terreno, los patrones de escorrentía, así como la localización de humedales u otros sistemas acuáticos.

Es importante que exista una zona de amortiguación o distancia de separación entre una instalación de compostaje y los acuíferos y los núcleos de población vecinos para mantener un control de la calidad del agua y evitar factores molestos tales como malos olores y ruidos de la maquinaria (Negro M. J. *et al*, 2000).

En lo referente a los olores, éstos se minimizan con un buen manejo del sistema. Además, a la hora de elegir el sitio hay que tener en cuenta la dirección preferente de los vientos durante las estaciones más calurosas.

En cuanto a los ruidos y a la producción de polvo resultantes tanto de las operaciones de compostaje como de los vehículos utilizados para el transporte hay que procurar hacer una planificación a lo largo del día y en las carreteras que se vayan a utilizar. El triturado de los materiales es una operación muy ruidosa que se deberá realizar cuando el ruido tenga el menor impacto posible. Los ruidos aumentarán a medida que el tamaño de la instalación sea mayor. Dependiendo del tipo de material a compostar o del tipo de empresa, los ruidos pueden llegar a ser sólo un factor estacional.

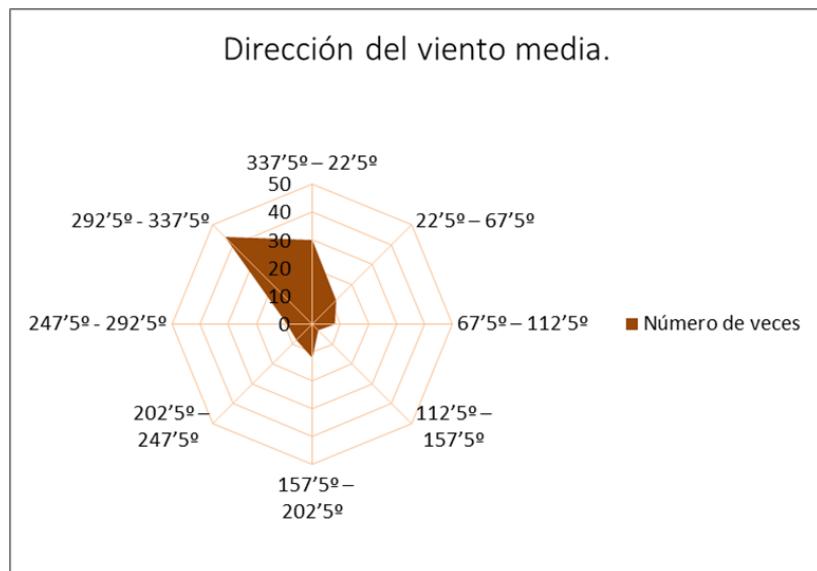
La gestión actual de los residuos obliga a su transporte hasta el vertedero situado en las cercanías de Fornillos de Apiés cuya distancia desde el centro de la ciudad es de 7 Km.

Cualquier emplazamiento de la planta situado en el interior de un círculo de radio esa distancia a partir del centro de la ciudad reduciría los costos de transporte en el concepto combustible.

El sitio elegido para realizar el compostaje deberá ser de fácil acceso, situado de tal manera que el transporte de los materiales no sea de largo recorrido y tendrá una superficie firme que soporte el tránsito de vehículos bajo diversas condiciones climatológicas.

Para la situación de la planta, por motivos ambientales, es necesario analizar la dirección predominante de los vientos:

En el caso del municipio de Huesca el viento medio predominante es el que viene dirección 292.5º – 337.5º.



Gráfica 20. Dirección del viento media registrada en la estación meteorológica de Huesca.

Dados los vientos dominantes, la realidad orográfica y la situación de las poblaciones se considera la zona marcada como más adecuada para la instalación de la planta.



Imagen 13. Posibles emplazamientos de la planta de compo

4.6. MAQUINARIA EMPLEADA EN EL PROCESO.

Furgoneta porta contenedores y contenedores de 6 m3.



Báscula sobre suelo de 40 Tm.



Trituradora-desfibradora de restos Champ 620D de Jolhi.



Esparrcidor de estiércol de 17 m3 y tractor de 150 CV equipado con pala para materiales fibrosos.









Producto final apilado dispuesto para ser expedido a granel o ensacado.

Tolva para relleno de Big-bag y ensacadora.



Material ensacado dispuesto para su uso en las zonas verdes.



RAZONES DE LA ELECCIÓN DE LA MAQUINARIA.

TRITURADORA – DESFIBRADORA.

En este caso se escoge emplear una trituradora-desfibradora de restos vegetales con la que ya cuenta el área de Medio Ambiente. Se trata de una máquina marca **Champ 620D de Jolhi**, con muy pocas horas de trabajo.

Esta máquina está indicada para triturar y reciclar residuos orgánicos en el ámbito de pequeñas plantas de compostaje.

Es una máquina que adquirió el ayuntamiento para la trituración de restos de poda de la ciudad y que empleaba *in situ* para desfibrar los restos y hacerlos menos voluminosos con objeto de abaratar costes de retirada y adecuar los restos para su posterior compostaje en las instalaciones del vivero de la DPH. Esta operación, que duró una campaña, se dio por finalizada por las reiteradas quejas de los vecinos que amparándose en la ORDENANZA MUNICIPAL REGULADORA DE LA EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE RUIDOS Y VIBRACIONES DEL AYUNTAMIENTO DE HUESCA defendían su derecho a una vida sin ruidos excesivos. Así mismo el triturado de restos de poda se llevó a cabo durante unos años en las instalaciones del Vivero Provincial de la DPH pero fue cayendo en desuso por la imposibilidad de hacer frente al triturado de una cantidad tan elevada de restos con el personal propio.

Ventajas:

- Se consigue un tamaño y un desfibrado que permiten en una misma operación disponer de un triturado vegetal que cumple la doble función de equilibrar los nutrientes (intervención en el proceso) y hacer de estructurante para mejorar la aireación de la masa a compostar.

VOLTEADORA DE COMPOST.

Las razones de la elección en este tipo son de tipo económico y operacional y son expuestas en el apartado económico.

REMOLQUE ESPARCIDOR.

La adquisición de un remolque esparcidor supone ventajas:

- Para la confección de pilas de compostaje,
- el movimiento de grandes volúmenes de materiales dentro de la planta y
- para ahorrar combustible por el menor número de trayectos que se tendrán que realizar al mover mayores volúmenes.

Un remolque esparcidor con descarga trasera y bastante anchura para facilitar la confección de los montones, empleado a bajas revoluciones y preferentemente con batidores horizontales, puesto que no se busca la dispersión sino la conformación lineal, será adecuado para las labores para las cuales está destinado

CRIBADO

Tipo de máquina: **Criba de tambor modelo Joker de la marca Komptech.**

Esta máquina presenta entre sus virtudes el tratarse de una máquina móvil y compacta, que ocupa poco espacio, con motor diésel y segmentos de cribado intercambiables de hasta 80 mm. lo que la hace adecuada para el cribado para la separación de la fracción de impropios y recirculado así como para el afino del producto final. Lleva incorporado además un cepillo para la limpieza continua del equipo y evitar que el material más húmedo quede pegado.

Ventajas:

- Simplicidad tecnológica.
- Amplia experiencia de uso y conocimiento de su funcionamiento
- Equipos versátiles (móviles, mallas intercambiables para diferentes funciones) y algunos modelos poca ocupación de espacio.
- Los modelos de gasoil evitan la dependencia de la electricidad

También se deberá adquirir unas uñas portapalets para el manejo de los sacos Big-Bag y la carga de palets con sacos.

TRACTOR E IMPLEMENTOS.

La práctica totalidad de las empresas de compostaje cuentan con una pala cargadora de grandes dimensiones para el movimiento de los montones dentro de la planta (confección de las pilas, movimiento hasta la zona de maduración y movimiento hasta el acopio). Dado que:

- los volúmenes manejados son bajos (en comparación con otras plantas de ámbito municipal que suelen incorporar residuos FORM),
- la densidad de los materiales es baja (sobre todo al inicio del compostaje que es cuando mayores volúmenes se manejan) y que
- se busca simplicidad tecnológica y bajo coste de inversión inicial,

Se decide por prescindir de una pala cargadora, optándose por la alternativa de dotar de una pala al tractor que permita recoger la mayor cantidad de volumen, sobre todo para los manejos de este en estado menos descompuesto. La elección del tractor está relacionada con la potencia demandada por el remolque, siendo necesario un tractor para la planta de al menos 150 CV.

TOLVA PARA RELLENAR BIG – BAG Y ENSACADORA.

Estos dos aparatos se incluyen en la planta para poder presentar el producto en dos formatos que los hagan manejables para su uso en las superficies verdes (Pérez, A. 2012.) .

4.7. MANO DE OBRA EMPLEADA EN EL PROCESO.

4.7.1. RESUMEN DEL AÑO POR HORAS DE ACTIVIDAD MENSUAL Y CÓMPUTO ANUAL.

Transporte de materiales a la planta.		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Porcentaje anual de pesos transportados		1%	1%	9%	8%	12%	12%	16%	16%	12%	9%	1%	1%	
Transporte mensual de materiales desde las zonas verdes.		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Horas anuales
		9	9	63	53	79	78	104	105	79	61	9	9	659
Triturado de restos.		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Porcentaje anual de pesos triturados		15%	15%	17%	2%	2%	0%	0%	2%	2%	15%	15%	15%	
Triturado de restos leñosos		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Horas anuales
		5,7	5,7	6,4	0,7	0,7	0	0	0,7	0,7	5,7	5,7	5,7	37,5
Conformación pilas descomposición		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Pilas confeccionadas / mes		0	0	2,6	2,4	3,5	3,5	4,5	4,5	3,4	2,3	0	0	Horas anuales
Conformación mensual de pilas		0	0	18	17	25	24	31	32	24	16	0	0	187
Veteo de pilas		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Horas anuales
4800SP		1	0	3	5	7	9	11	12	11	10	6	3	79
TOPTURN 3500G		2	1	6	9	13	16	19	21	20	17	10	5	138
Conformación Pilas maduración		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Volumen a transportar		0	0	0	0	345	314	461	455	588	594	447	307	
Número de pilas		0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	Horas anuales
Horas mensuales de transporte y conformación de pilas de maduración		0	0	0	0	10	9	13	13	16	17	13	9	98
Cribado		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Volumen cribado mensual		191	132	0	0	0	0	148	135	198	195	252	254	Horas anuales
Horas mensuales de cribado		9,6	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	6,7	9,9	9,7	12,6	12,7	75
Ensacado		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Producto final (Tm.)		160	110	0	0	0	0	123	112	165	162	210	212	Horas anuales
Horas de alimentación de la máquina y retirada de sacos		80	55	0	0	0	0	62	56	82	81	105	106	627
Control del proceso		12	12	22	22	32	31	37	37	35	31	19	17	307
Mejora , informes y documentos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	192
Limpieza de la planta		8	8	12	12	15	15	17	18	17	15	11	10	157
Horas totales mensuales		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Horas totales anuales
4800SP		142	113	141	125	184	182	299	296	291	262	196	188	2419
TOPTURN 3500G		143	113	143	128	190	188	307	305	300	269	201	190	2478
Promedio		142	113	142	127	187	185	303	300	295	266	199	189	2448

Tabla 49. Resumen del año por horas de actividad mensual y cómputo anual.

ASPECTOS CONSIDERADOS PARA EL CÁLCULO DE LA MANO DE OBRA ASOCIADA A CADA PROCESO.

Transporte de materiales a la planta.

Dado que el sistema de retirada propuesto es con un solo vehículo y de dimensiones de carga mayores, el tiempo de recogida y transporte hasta la planta se verá reducido con respecto al sistema actual lo que redundará en una menor inversión en este apartado.

Para el cálculo se han tenido en cuenta el peso de residuos desplazado, el número de trayectos estimado con los contenedores propuestos y un coeficiente menos optimista que busca una mayor exactitud en los cálculos dado que no cabe esperar un llenado total del contenedor en el 100 % de los casos.

La ficha técnica de la máquina trituradora-desfibradora indica un rendimiento de 35 m³/hora. Para el cálculo y debido a que se trata de muchas ramas de pequeño tamaño se estima su rendimiento en 8 m³/hora, aproximadamente ¼ del rendimiento máximo.

Triturado de los restos de poda.

La ficha técnica de la máquina trituradora-desfibradora indica un rendimiento de 35 m³/hora. Para el cálculo y debido a que se trata de muchas ramas de pequeño tamaño se estima su rendimiento en 8 m³/hora, aproximadamente ¼ del rendimiento máximo.

Conformación de pilas en fase de descomposición.

Se estima una inversión de tiempo de 7 horas para el llenado y extendido de 22 remolques de 17 m³ de capacidad.

Volteo de pilas (fases de descomposición y maduración).

Estimado con anterioridad en el cálculo de las superficies de descomposición y maduración.

Movimiento pilas de descomposición a maduración y reconformación de pilas.

El tiempo estimado para la confección de estas pilas de 50 metros de longitud, 5 m² de sección y un volumen de 250 m³ se estima en 6 horas.

Cribado de materiales tras la descomposición y en el afino.

Tiempos calculados con un rendimiento de cribado de 20 m³ / hora.

Ensacado.

Se estima un rendimiento del proceso de 2 m³/hora.

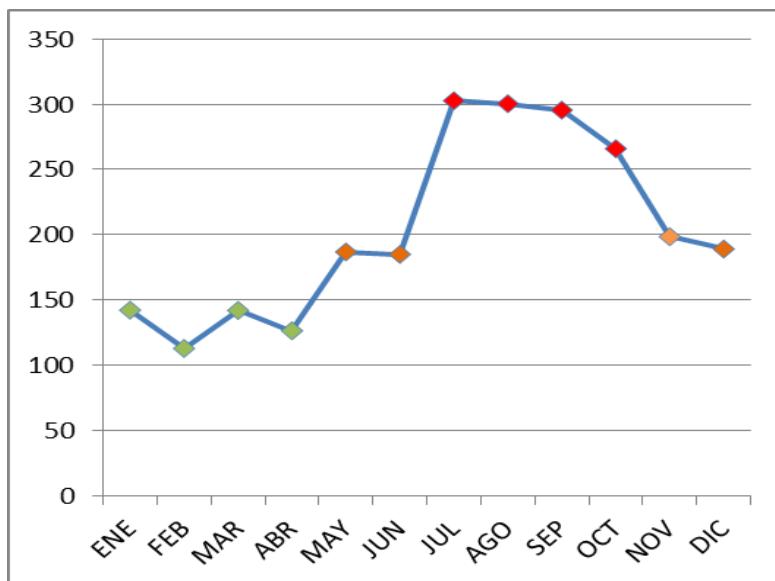
Control del proceso.

Se estima un total de cuatro horas semanales por pila en fase de descomposición o maduración para la realización de las pruebas o controles, más un total de 12 horas semanales para los aspectos de mejora de la planta y gestión.

PERIODOS DE ACTIVIDAD EN PLANTA POR VOLUMEN DE TRABAJO.

Del anterior cuadro se pueden extraer algunas conclusiones importantes.

- El tiempo estimado para las operaciones de la planta no excede en 2500 horas anuales.
- Julio, agosto, septiembre y octubre son los meses de mayor actividad, superándose las 250 horas mensuales de trabajo.
- Enero, febrero, marzo y abril son los meses de menor actividad siendo esta inferior a 150 horas / mes.
- Existen tres períodos de actividad diferenciados con colores en la siguiente gráfica:
 - **Actividad alta.** Superior a 250 horas mensuales.
 - **Actividad media.** Entre 150 y 200 horas mensuales.
 - **Actividad baja.** Entre 95 y 150 horas mensuales.



Gráfica 21. Horas totales trabajadas al mes.

Esta circunstancia podrá ser aprovechada para determinar los períodos vacacionales de los trabajadores de la planta.

PORCENTAJE HORARIO DE CADA ACTIVIDAD EN EL GLOBAL DE LA PLANTA.

En el siguiente cuadro se ha aplicado una escala de color para poder analizar más fácilmente los datos. En él aparece el porcentaje mensual y anual que ocupa cada tarea en el cómputo total de las horas. Y por tanto su importancia relativa en cada momento.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Porcentaje total anual
Transporte mensual de materiales desde las zonas verdes.	7%	8%	44%	42%	42%	42%	34%	35%	27%	23%	5%	5%	27%
Triturado de restos leñosos	4%	5%	4%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	3%	2%
Conformación mensual de pilas	0%	0%	13%	13%	13%	13%	10%	11%	8%	6%	0%	0%	8%
4800SP	1%	0%	2%	4%	4%	5%	4%	4%	4%	4%	3%	2%	3%
TOPTURN 3500G	2%	1%	4%	7%	7%	8%	6%	7%	7%	6%	5%	3%	6%
Horas mensuales de transporte y conformación de pilas de maduración	0%	0%	0%	0%	5%	5%	4%	4%	6%	6%	6%	5%	4%
Horas mensuales de cribado	7%	6%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	3%	4%	6%	7%	3%
Ensacado. Horas de alimentación de la máquina y retirada de sacos	56%	48%	0%	0%	0%	0%	20%	19%	28%	31%	53%	56%	26%
Control del proceso	8%	11%	16%	17%	17%	17%	12%	12%	12%	12%	10%	9%	13%
Mejora , informes y documentos	11%	14%	11%	13%	9%	9%	5%	5%	5%	6%	8%	8%	8%
Limpieza de la planta	6%	7%	8%	9%	8%	8%	6%	6%	6%	6%	5%	5%	6%

Tabla 50.Porcentaje de horas que ocupa cada actividad mensual y anualmente.

NÚMERO DE TRABAJADORES NECESARIO

Se estima oportuna la participación de dos operarios que además harán funciones de recogida con el camión de la planta. Además se considera necesaria la existencia de un jefe de planta que se encargue del control de los procesos, toma de muestras, analíticas y administración y mejora de la planta.

4.8. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE. FICHA DESCRIPTIVA.

Planta de compostaje	Planta de compostaje municipal de Huesca	
Municipios de servicio	Municipio de Huesca	
Superficie Total	10,000 m2	
Entorno de localización	Rural	
Entorno de procedencia de restos	Urbano / Rural	
Titularidad	Ayuntamiento de Huesca	
Sistema	Descomposición	Maduración
	Pilas volteadas	Pilas volteadas bajo techo
Áreas diferenciadas	Recep. / Acopio / Pretrag	1000 m2
	Trituración	100 m2
	Descomposición	6400 m2
Balsa de lixiviados y aguas pluviales	Soterrada	30 m3
Materiales de entrada	Rutinarios	Restos vegetales + Paja + Orina
	Facultativos	Estiércoles
Capacidad de tratamiento a pleno rendimiento (Proyecto)	m3 residuos procesados	21,069 m3.
	Tm. residuos procesados	3.504 Tm.
	m3 compost	2.640 m3.
	Tm. compost	1.320 Tm.
Procesado anual	m3 residuos procesados	10.000 m3.
	Tm. residuos procesados	1.662 Tm.
	m3 compost	1.253 m3.
	Tm. compost	626 Tm.
Tasa de ocupación al inicio de la vida de la planta		47%
Maquinaria del proceso	Función	Modelo o tipo
Trituradora	Desfibrado de restos vegetales leñosos.	Champ 620D de Jolhi.
Remolque esparcidor de estiercol	Confección de pilas de compostaje en fase de descomposición y maduración y transporte de materiales dentro de la planta.	Modelo con capacidad para 17 m3.
Tractor equipado con pala para materiales fibrosos o para compost.	Mezcla de materiales de partida, carga del remolque, tracción del remolque para la confección de pilas.	Modelo con 150 CV de potencia.
Volteadora	Volteo de las pilas en los procesos de descomposición y maduración.	Menart 4800SP
Tromel móvil (80 mm. y 10mm.intercambiable)	Separación de impropios tras descomposición y tras afino.	Modelo Joker de Komptech.
Ensacado	Ensacadora	Sin especificar
Rellenado de Bib bag	Tolva de llenado de Big Bag	Sin especificar
Trabajadores de la planta.	Función	Número
Operarios de planta	Retirada y transporte de materiales desde los distintos puntos de recogida a la planta, operaciones con maquinaria en planta.	2
Jefe de planta - Técnico	Control de procesos, toma de muestras- análisis y mejora de la planta	1

Tabla 51. Resumen de las características generales de la planta.

4.9. MODELOS DE GESTIÓN ACTUAL Y PROPUESTO.

4.9.1. MODELO ACTUAL.

FERTILIZANTE EMPLEADO E IMPORTE DEL MISMO.

Según el PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA EL SUMINISTRO DE FERTILIZANTES PARA SUPERFICIES PÚBLICAS AJARDINADAS DE LA CIUDAD DE HUESCA, el consumo anual de fertilizantes en el municipio de Huesca es de **16.300 Kg.**

El fertilizante escogido es un fertilizante de liberación controlada denominado **FLORANID® PERMANENT**.

La composición de éste es **16-7-15 + (2 MgO) + (9S) + Microelementos**

El empleo del fertilizante se centra en las superficies en cespedadas así como en macizos de flor, setos (borduras, cerramientos...), y árboles y arbustos aislados o de alineación.

En los céspedes se emplea el producto en **dos aplicaciones anuales** en base a **35 gr. /m²**. Dado que existen algunas superficies inventariadas de céspedes con cierto deterioro, se emplea la parte correspondiente en estas otras tareas de abonado.

A continuación se detalla el empleo del fertilizante en las distintas zonas o unidades de gestión del municipio:

<u>ZONA</u>		<u>SUP. (m²)</u> <u>(1)</u>	<u>Aplicación</u> <u>semestral -</u> <u>kg.- (*35</u> <u>gr/m²)</u>	<u>nº sacos</u> <u>semestre</u> <u>(25 kg/</u> <u>saco)</u>	<u>Aplicación</u> <u>anual -kg.-</u> <u>(*70</u> <u>grs./m²)</u>	<u>nº sacos</u> <u>anual (25</u> <u>kg./saco)</u>
01.-	Parque Miguel Servet	9953,4	348,37	13,93	696,74	27,87
02.-	Ensanches	8401,3	294,05	11,76	588,09	23,52
03.-	Torre Mendoza - Polígono 29	27349,0	957,22	38,29	1914,43	76,58
04.-	Casco Antiguo y anejos	9454,1	330,89	13,24	661,79	26,47
05.-	Padre Querbes - CEE San Jorge	8515,9	298,06	11,92	596,11	23,84
06.-	Puerta del Pirineo - CEE San Jorge	14293,0	500,26	20,01	1000,51	40,02
07.-	Polígono 25	13116,3	459,07	18,36	918,14	36,73
08.-	Olivos - Polígono 29	27737,2	970,80	38,83	1941,60	77,66
09.-	Martínez de Velasco	23917,0	837,10	33,48	1674,19	66,97
10.-	Parque Joaquín Roig	20893,1	731,26	29,25	1462,52	58,50
11.-	Perpetuo Socorro	7600,0	266,00	10,64	532,00	21,28
12.-	Parque Isuela - CEE Arcadia	15844,1	554,54	22,18	1109,09	44,36
13.-	Parque Universidad	25825,9	903,91	36,16	1807,81	72,31
14.-	Urbanización Alfonso I	14479,2	506,77	20,27	1013,54	40,54
15.-	Huerta Calasanz	850,0	29,75	1,19	59,50	2,38
16.-	Bº Rurales	1735,9	60,76	2,43	121,51	4,86
TOTALES.-		229965,4	8048,79	321,95	16097,58	643,90

Tabla 52. Superficies y aplicaciones semestrales y anual (Kg.) de fertilizante FLORANID® PERMANENT.

Fuente. Área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Huesca.

(1). Datos extraídos Arbomap 2009 - Arbomap 2008. Corregidos con nuevas incorporaciones de zonas verdes.

A continuación se presenta una tabla en la que se calcula los elementos minerales contenidos en el total de kilogramos de fertilizante adquirido.

Elemento	%	Relación	Kg. de cada elemento contenidos en los 16,300 Kg. de fertilizante
N	16	2,3	2608
P	7	1,0	1141
K	15	2,1	2445
Mg	2		326

Tabla 53. Riqueza del fertilizante mineral FLORANID® PERMANENT según su ficha técnica y cantidades de cada elemento contenidas en la totalidad del fertilizante adquirido.

IMPORTE DEL FERTILIZANTE ADQUIRIDO POR EL AYUNTAMIENTO PARA LA FERTILIZACIÓN DE LAS ZONAS VERDES DEL MUNICIPIO.

En la resolución al PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA EL SUMINISTRO DE FERTILIZANTES DESTINADOS A LAS SUPERFICIES PÚBLICAS AJARDINADAS DE LA CIUDAD DE HUESCA se aprueba un presupuesto para la fertilización de las zonas verdes de Huesca asciende a un total de 22.233,20 Euros.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS VERDES.

En la actualidad los restos vegetales producidos en las zonas verdes del municipio de Huesca son retirados al vertedero situado en la localidad de Fornillos de Apiés siguiendo los siguientes criterios:

- Cuando se han generado suficientes restos como para llenar la caja de un vehículo de transporte de restos.
- Cuando ha concluido la jornada laboral aun no habiéndose llenado la caja.

Para el transporte de los restos vegetales por parte de las brigadas del ayuntamiento se emplean 2 furgonetas con caja, una de ellas equipada con grúa para facilitar la subida de los restos hasta la caja.



Imagen 14. Vehículo de retirada de restos. Fotografía propia.

Existen además varias empresas subcontratadas por el ayuntamiento para la realización de mantenimientos en zonas verdes de la ciudad (Coanfi S.L., Centro Especial de Empleo Atades, Integración Laboral Arcadia S.L.) o simplemente la retirada (contenedor situado en la calle Juan XXIII, junto al parque Miguel Servet por parte de la empresa Hermanos Marquina S.L.). Así mismo otras empresas privadas y particulares deben de depositar los restos vegetales generados por su actividad en el mismo vertedero.



Imagen 15. Contenedor de la calle Juan XXIII para la retirada de restos del parque Miguel Servet. Fotografía propia.

La entrada de los vehículos en el vertedero es registrada con un número de entrada, matrícula del vehículo y tipo de residuo que carga, denominándose “Residuo vegetal y poda” el tipo de resto que atañe este estudio.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Hasta el 31/03/14
RESIDUO VEGETAL Y PODA (Tm.)	160	2.840	3.000	3.280	134.380	432.549	139.020

Tabla 54. Datos de entrada al vertedero de residuos denominados como “residuo vegetal y poda” con vehículos del Ayuntamiento de Huesca desde el 2006. Datos en Kg.

Fuente: Área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Huesca.

Con anterioridad al año 2008 se registraban datos de los restos depositados en vertedero por parte del ayuntamiento de Huesca pero no existe registro de entradas con la denominación “Residuo vegetal y poda”.

Dado que las superficies de zonas verdes no han aumentado sustancialmente en los últimos años, a la vista de la anterior tabla podemos interpretar que, o bien no se catalogó adecuadamente en el vertedero el tipo de residuos ingresados por parte del ayuntamiento o que por el contrario no todos los residuos verdes fueron enviados al mismo.

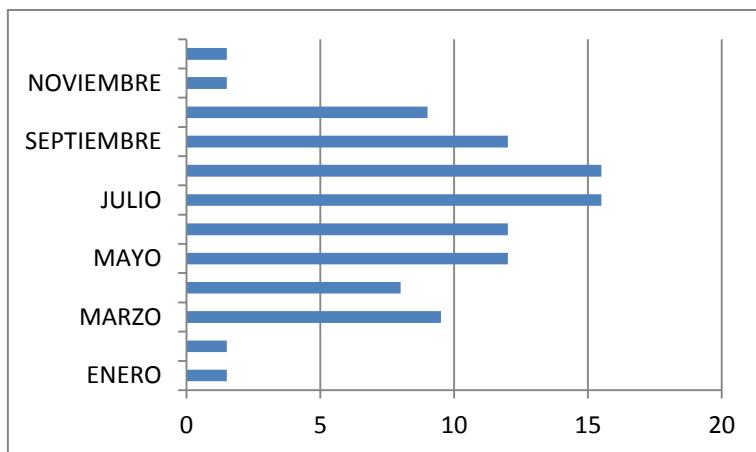
Una posible explicación del destino de los materiales es el depósito (con ánimo de compostaje) que durante algunos años se ha venido realizando en la conocida como Loma Verde de Huesca, situada al norte de la ciudad. Este es un intento por parte del Ayuntamiento de valorizar los residuos pero que denota que no se realiza una apuesta clara en lo económico para impulsar esta acción.

De ello se deriva algún problema acaecido y resultado de no contar con unas instalaciones adecuadas para el proceso: <http://aragondigital.es/noticia.asp?notid=107766&secid=31>

En cualquier caso se aprecia un claro aumento de las toneladas registradas, lo que denota que cada vez son más fieles las cifras de entrada de residuos en el vertedero. Cifras, que de ser más claras, serían de gran ayuda en el diseño de una planta de compostaje ya que facilitarían las estimaciones que se realizan de la productividad de las áreas verdes en este tipo de restos.

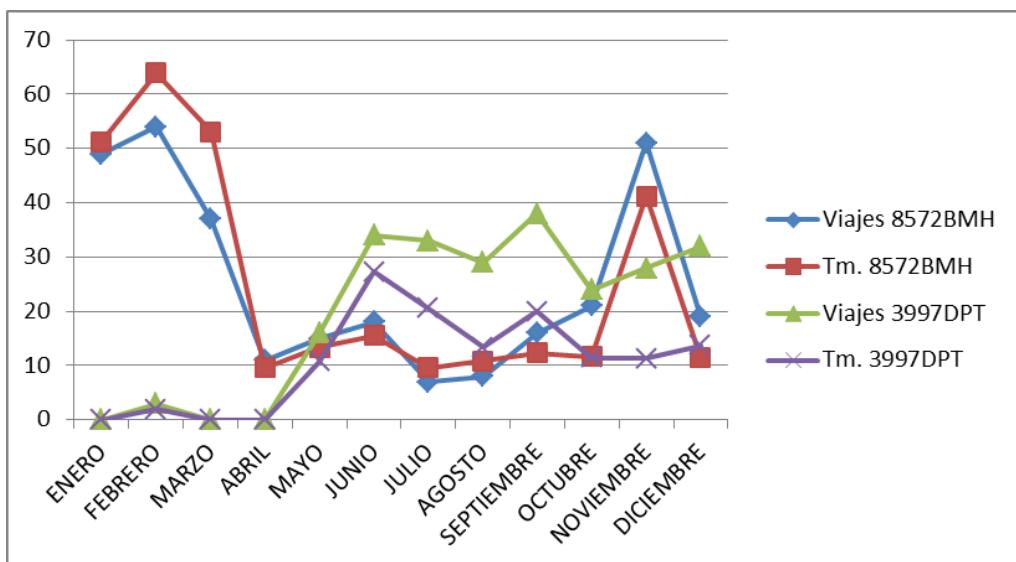
No obstante y fruto de los datos facilitados por el Área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Huesca se pueden extraer algunas conclusiones, sobre todo relativas a los dos vehículos del Ayuntamiento que realizan los depósitos en el vertedero.

En el siguiente gráfico puede verse como la mayor cantidad de viajes se realiza los meses de verano, tratándose de una curva muy similar a la de generación de restos verdes.



Gráfica 22. Porcentaje de viajes realizados a vertedero por los dos vehículos de transporte municipales.
Porcentajes mensuales relativos al total anual.

A continuación se muestra el número de viajes mensual registrado en el vertedero por parte de los dos vehículos, así como el conjunto de las toneladas depositadas por cada uno de ellos:



Gráfica 23. Viajes y toneladas registrados en el vertedero correspondiente con los dos vehículos de transporte de residuos verdes.

De los datos de esta gráfica se destacan las siguientes conclusiones:

- Vehículo con matrícula 8572BMH:
 - ✓ Realiza una mayor actividad durante los meses de poda por tener un mayor volumen de caja.
 - ✓ Realiza una media de peso por viaje de 979 Kg.
- Vehículo con matrícula 3997DPT:
 - ✓ Su mayor actividad coincide con los meses de mayor corte de céspedes.
 - ✓ Realiza una media de peso por viaje de 507 Kg.

4.9.2. MODELO PROPUESTO.

4.9.2.1. RETIRADA DE RESTOS.

PROPIUESTA DE UN SISTEMA DE RECOGIDA DE RESTOS PARA LA PLANTA DE COMPOSTAJE.

El sistema de recogida actual está basado en la retirada de restos con dos furgonetas con caja que según, ficha técnica, son capaces de portar mayores pesos no dándose esta circunstancia en la práctica por los siguientes motivos:

- La baja densidad de los restos verdes que hace que pesos relativamente pequeños ocupen grandes volúmenes,
- el pequeño volumen de la caja de los vehículos y
- la no existencia de puntos específicos de acopio de restos verdes repartidos por la ciudad.

Como consecuencia son numerosos los viajes que se realizan hasta el vertedero y siempre portando pequeños volúmenes lo que genera a su vez:

- Un elevado gasto atribuible a combustible,
- elevado pago de tasas del vertedero al llevar cargas inferiores a 0.5 Tm.

A su vez la existencia de dos vehículos con la misma función provoca:

- Un elevado gasto atribuible a sueldos de conductores,
- Elevado gasto de mantenimiento y seguro de vehículos.

La propuesta del siguiente proyecto para subsanar en parte algunos de estos problemas es la existencia de puntos de acopio y recogida selectivos para restos verdes repartidos por determinadas zonas de la ciudad de forma que tanto el ayuntamiento, las empresas privadas y los particulares puedan depositar los restos de las actividades de jardinería. Dichos restos, que serían recogidos en contenedores por un único vehículo con gancho Hook que realizaría la carga y traslado a la planta de compostaje. La frecuencia de recogida no tendría que ser necesariamente diaria exceptuando aquellos restos que, como el césped, tienden a una rápida putrefacción generando olores desagradables.

La situación de los contenedores debería ser tal que favorezca pequeños desplazamientos desde las zonas verdes, no genere molestias a los vecinos y permita las maniobras pertinentes del vehículo de recogida.

La elección del tipo de vehículo así como de los contenedores se realiza con el objetivo de reducir el número de viajes para reducir costes de retirada en concepto de combustible y reducir la flota para disminuir el coste global de mantenimiento, seguros y salarios.

VEHÍCULO PROPUESTO PARA LA RECOGIDA DE RESIDUOS VERDES.

Una furgoneta o camión de pequeñas dimensiones con gancho Hook sería suficiente para realizar a recogida ya que podría subir a él contenedores de gran volumen.

Estos son algunos ejemplos de la idea propuesta:

- **CAMIÓN DE PEQUEÑAS DIMENSIONES PORTACONTENEDORES EQUIPADO CON GANCHO**



Imagen 16.Camión de pequeñas dimensiones para el transporte de contenedores.



Imagen 17.La misma furgoneta portando un contenedor.

TIPO DE CONTENEDORES PROPUESTO.

Los contenedores que se proponen para su disposición por la ciudad y recogida de residuos son contenedores estándar de entre 5 y 6 metros con una capacidad de 5 a 6 m³ algunos de ellos con portón superior, sobre todo aquellos específicamente destinados al acopio de césped para evitar posibles olores desagradables y los destinados a hojas por tratarse de un material fácilmente arrastrable por el aire. Algunos modelos propuestos son los que siguen:

Imagen 18. Contenedor estándar de 5 m. con puerta para carretillas.



Imagen 19. Contenedor de 6 m³ con tapas ligeras para evitar la dispersión de materiales y malos olores. Capacidad de 6 Tm.



Imagen 20. Contenedor estándar de 6 metros de longitud. Capacidad de 8 Tm.



LOCALIZACIÓN PROPUESTA PARA LOS PUNTOS DE ACOPIO Y RECOGIDA.

Del análisis de los restos producidos por cada una de las Unidades de Gestión así como de la localización de estas se propone una distribución posible de los contenedores donde se deberá de realizar el acopio selectivo de los restos verdes.

Hay que tener en cuenta que el municipio de Huesca cuenta también con los denominados Barrios Rurales o municipios Incorporados así como varios centros situados en el extrarradio de la ciudad y que pertenecen a él y a los que por tanto hay que dar servicio.

No será necesaria la colocación de un contenedor por cada unidad de gestión debido a la cercanía de muchas de ellas debiéndose estudiar con detalle la situación de los contenedores en función del potencial productivo de las Unidades de Gestión por zonas.

Así mismo se podrá estudiar la retirada de algunos de ellos en determinadas épocas para concentrar los restos sobre otros y facilitar la recogida o bien se podrá restringir el uso de algunos de ellos a aquellos materiales putrescibles en un corto periodo de tiempo como ocurre con el césped. De esa manera la recogida de esos contenedores deberá de ser diaria mientras que los restos más leñosos podrán esperar varios días para su retirada.

MAPA GENERAL DE LAS UNIDADES DE GESTIÓN Y PUNTOS DE RECOGIDA PROYECTADOS.

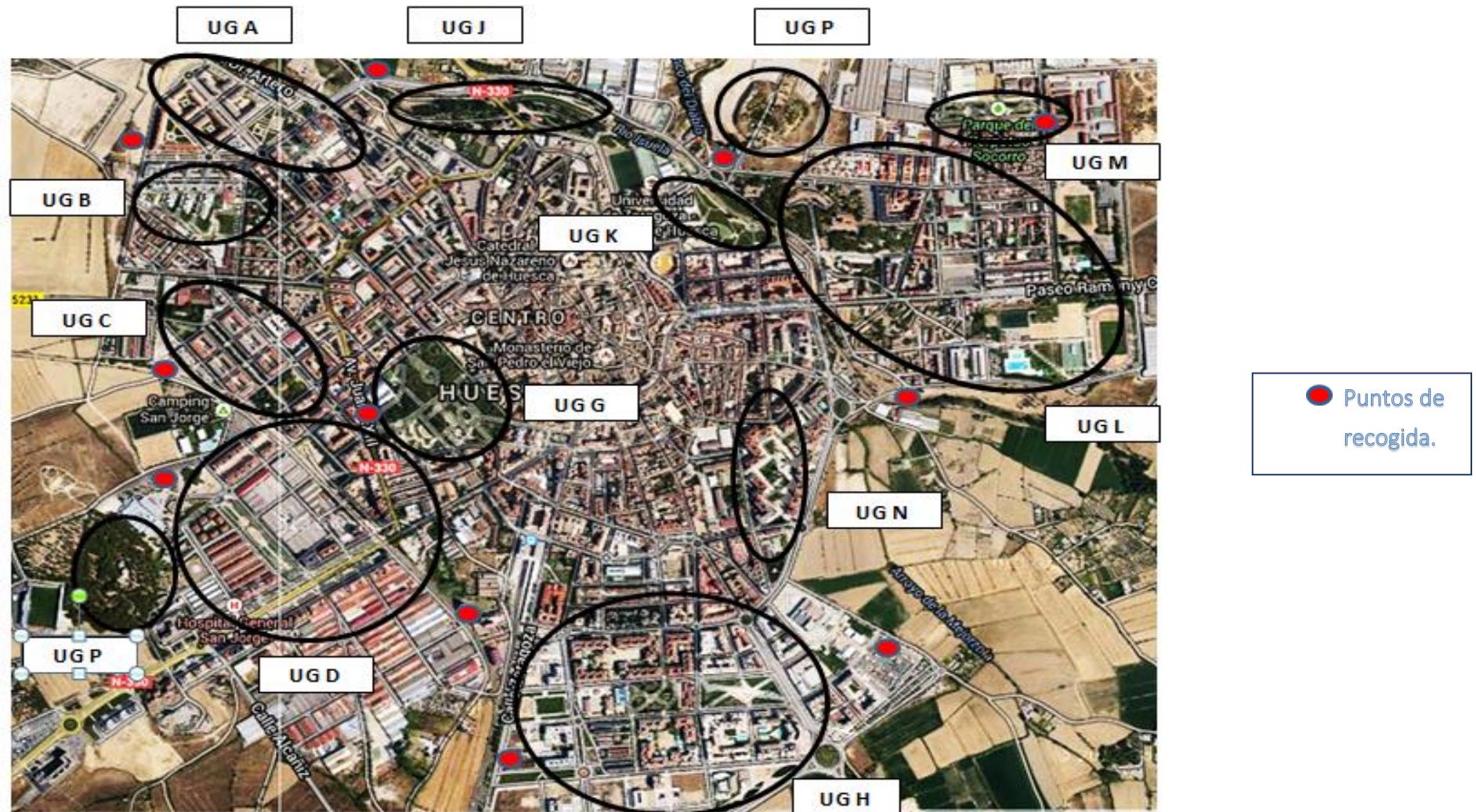
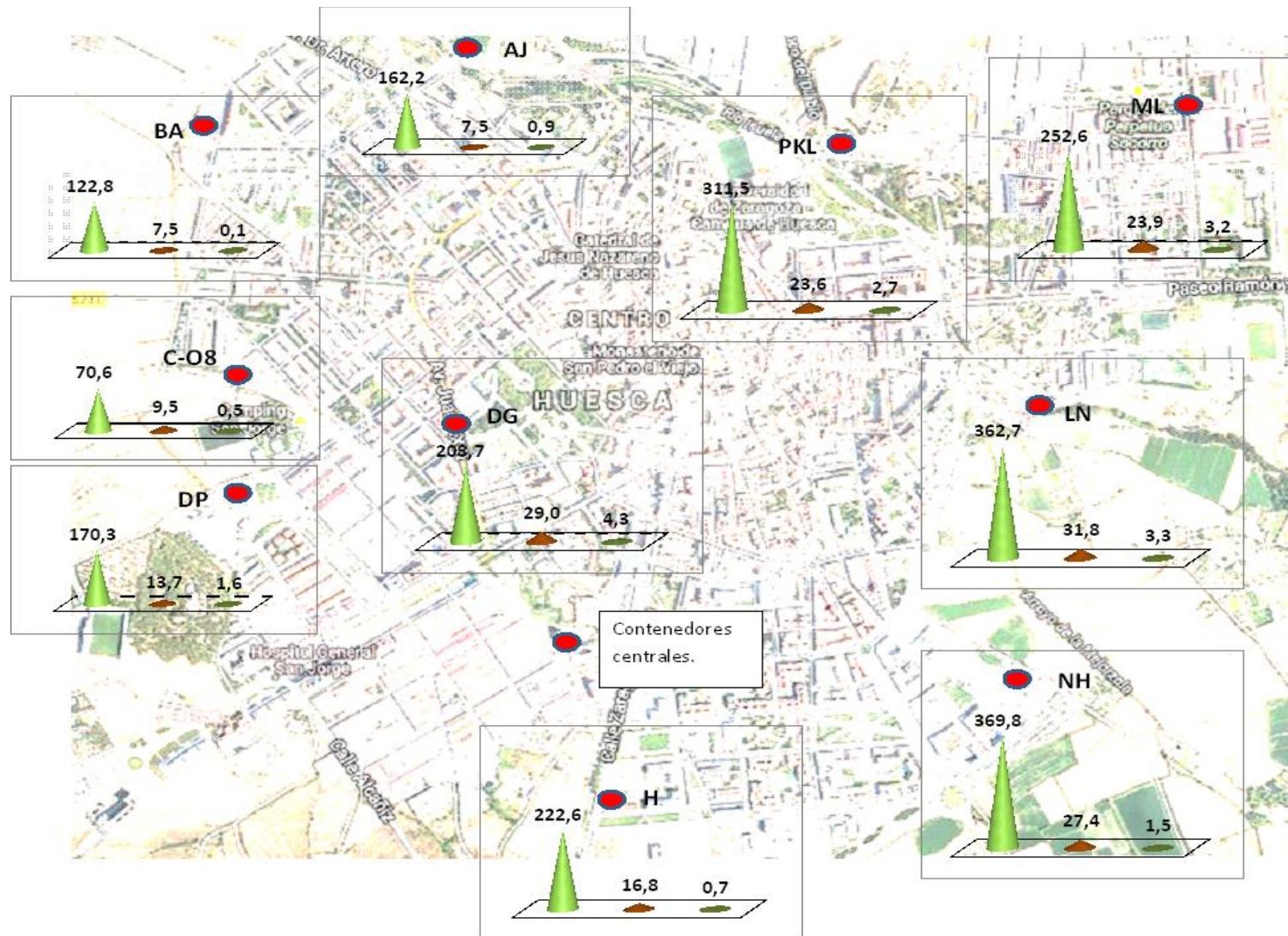


Imagen 21. Mapa general de las unidades de gestión y puntos de recogida propuestos.

POTENCIAL DE RECOGIDA DE CADA CONTENEDOR DESDE LAS UNIDADES DE GESTIÓN CERCANAS.



Los puntos de recogida están nombrados con letras que corresponden a las unidades de gestión más cercanas.

Imagen 22. Potencial de recogida de cada contenedor desde las unidades de gestión cercanas.

**MUNICIPIOS INCORPORADOS AL AYUNTAMIENTO DE HUESCA Y UBICACIÓN
PROPUESTA DE CONTENEDORES DE RECOGIDA PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN “O”
DENOMINADA “BARRIOS RURALES” ASÍ COMO PARA OTROS MUNICIPIOS
CERCANOS.**

- Municipios incorporados.
- Localización de contenedores de recogida para los municipios incorporados y centros educativos y de investigación.
- Posibles puntos de interés para otros municipios cercanos a la ciudad.

1	Apiés
2	Fornillos de Apiés
3	Bellestar
4	Buñales
5	Tabernas de Isuela
6	Cuarte
7	Banariés
8	Huerrios



Imagen 23. Situación propuesta de los contenedores fuera de la ciudad.

4.9.2.2. SUSTITUCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL POR COMPOST PRODUCIDO.

CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST PRODUCIDO Y ELEMENTOS MINERALES CONTENIDOS EN ÉL.

La producción anual de compost de la planta trabajando con los residuos calculados se estima en **626.65 Tm.**

La tabla 7 del apartado Introducción muestra las características de dos compost (v1 y v2) realizados con restos de jardinería.

La media de los valores de estos dos compost es tomada como representativa de lo que podría ser un compost producido en la planta y sirve como base del cálculo posterior.

Compost de residuos verdes V1			Compost de residuos verdes V2			Promedio	
Elemento	%	Relación	Elemento	%	Relación	%	Relación
N	1,1	3,9	N	1,04	6,9	1,07	5,0
P	0,28	1,0	P	0,15	1,0	0,22	1,0
K	0,66	2,4	K	0,42	2,8	0,54	2,5
Mg	0,49		Mg	0,49		0,49	

Tabla 55.Valor promedio de los nutrientes contenidos en dos compost provenientes únicamente de materiales verdes.

Con la cantidad de compost producido tenemos las siguientes cantidades de elementos disponibles:

	Tm. Disponibles	Kg. Disponibles	Kg.de N mineralizable
N	6,71	6705,2	3352,6
P	1,35	1347,3	
K	3,38	3383,9	
Mg	3,07	3070,6	

Tabla 56.Tm y Kg. disponibles de N, P, K y Mg en el total de compost producido.

Para conseguir las mismas cantidades de nutrientes que existen en los 16.300 Kg. del abono mineral adquirido, necesitaremos las siguientes cantidades del compost anteriormente especificado:

	Kg.	Kg.	Tm.
N	243738,3	487476,6	487,5
P	530697,7	530697,7	530,7
K	452777,8	452777,8	452,8
Mg	66530,6	66530,6	66,5

Tabla 57.Kg y Tm. de compost necesarios para igualar el aporte de nutrientes realizado por el fertilizante mineral.

Nota: En rojo la cantidad de N necesaria si todo fuera nitrógeno mineralizable, pero dado que alrededor de la mitad del nitrógeno orgánico corresponde a nitrógeno no hidrolizable (Nnh), esa porción difícilmente estará disponible para la planta por lo que no se cuenta como fracción útil desde el punto de vista de la asimilabilidad.

A la vista de los valores vertidos en las anteriores tablas, **existe suficiente cantidad de los cuatro nutrientes para suplir a través de aporte de compost las necesidades en abonado del municipio.**

4.10. ESTUDIO DE COSTES DEL MODELO ACTUAL.

ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE RETIRADA.

COSTE DE GESTIÓN EN VERTEDERO DE LOS RESIDUOS VERDES GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE HUESCA.

El control sobre la entrada de este tipo de restos se realiza con efecto de cobrar la consiguiente tasa al ayuntamiento por la gestión de los residuos.

	Tarifa	
Tonelada de restos verdes	21,38	€
1/2 Tm.	11,02	€
TM. Restos verdes con papel	41,03	€
1/2 Tm.	21,06	€

Tabla 58.Tasa por la gestión de residuos vegetales en el vertedero de Fornillos de Apiés.

El conjunto de toneladas de residuos vegetales que habrán de ser retiradas a vertedero se calcula en **1450 Tm.**

Dado que el promedio de carga anual registrado en vertedero para cada uno de los dos vehículos del ayuntamiento es de 979 y 504 Kg. y que el primero realiza el 56 % de los viajes acarreando un 70 % de la masa, mientras que el segundo el 44 % de los viajes acarreando un 30 % de la masa, se procede a realizar los cálculos relativos al cobro por parte de la entidad gestora de residuos.

Vehículo 1 Tm.	1015	21700,70	€
Vehículo 1/2 Tm.	435	9587,40	€
TOTAL	1450	31288,10	€

Tabla 59.Coste de gestión de los residuos vegetales aplicando las tarifas de restos verdes sin papel.

Se trata de un coste de gestión que no deberá ser pagado en caso de existencia de una planta de compostaje.

COSTE DEL COMBUSTIBLE DE TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS HASTA EL VERTEDERO.

Este apartado se calcula con objeto de comparar la diferencia entre el coste derivado de la utilización de dos vehículos como sucede en la actualidad con el de un solo vehículo de mayor capacidad de carga y que realice la recogida por los diferentes puntos de recogida asignados a las diferentes zonas de la ciudad.

El trayecto Huesca-Vertedero de Fornillos de Apiés-Huesca comprende un total de 14 Km, para el que se estima un coste en carburante total de 4 euros dadas las características de vehículos y carga. De esta forma el consumo de carburante total resulta:

Trayecto Huesca-Fornillos de Apiés-Huesca	4	Euros
Número de trayectos con Furgón que lleva 1 Tm.	1015	
Número de trayectos con Furgón que lleva 0,5 Tm.	870	
Número de trayectos total	1885	Trayectos
Gasto combustible	7540	Euros

Tabla 60.Gasto de combustible anual

Precios calculados para un precio de carburante de 1.3 Euros / litro.

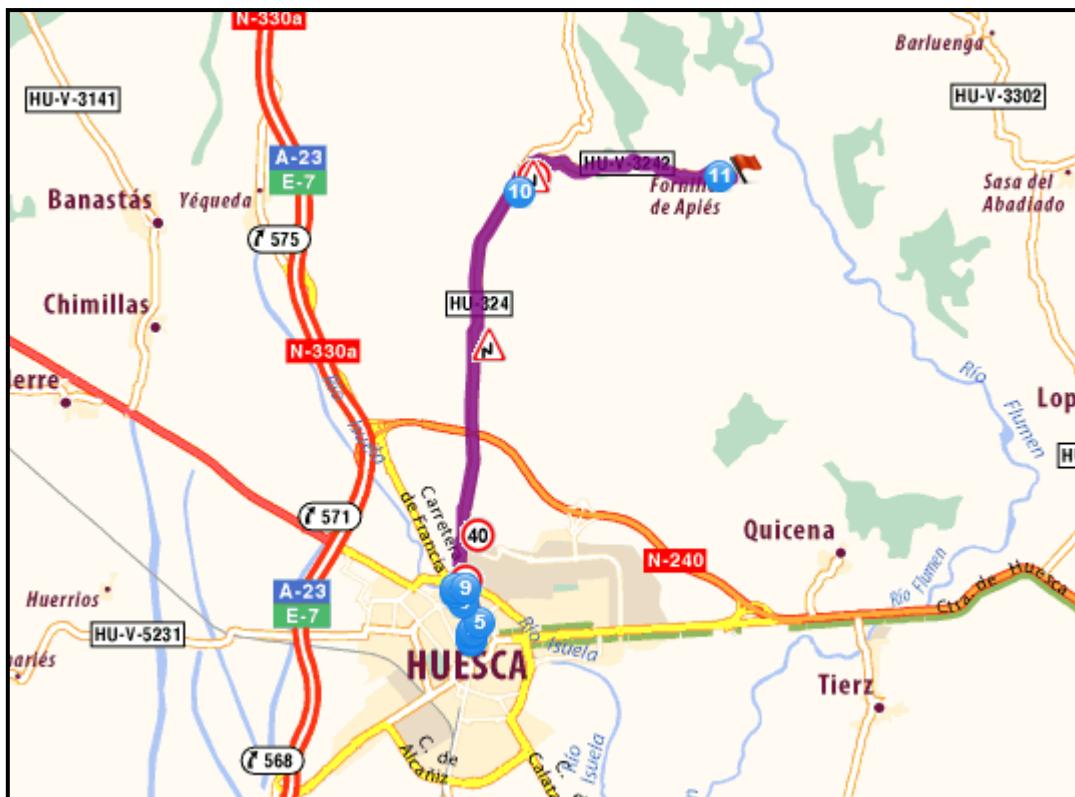


Imagen 24.Trayecto a realizar desde la ciudad al vertedero de Fornillos de Apiés.

COSTE ANUAL DE MANTENIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS IMPUTABLE AL TRASLADO DE LOS RESIDUOS.

El mantenimiento de los dos vehículos de carga en función de los viajes realizados con las cargas habituales se estima a continuación:

Gasto de mantenimiento	0,08	Euros/Km.
Número de trayectos	1889	Trayectos
Kilómetros por trayecto Ida-Vuelta	18	Km.
Kilómetros anuales en el trayecto	34002	Km.
Gasto total mantenimiento	2720,16	Euros

Tabla 61.Coste de mantenimiento de los 2 vehículos encargados del transporte de los restos verdes al vertedero.

COSTE ANUAL DEL SEGURO DE VEHÍCULOS.

Seguro todo riesgo furgona con caja	700	Euros
Total seguro dos vehículos	1400	Euros

Tabla 62.Importe por el seguro “a Todo Riesgo” de los dos vehículos de transporte.

COSTE ATRIBUIBLE AL SUELDO DE LOS CONDUCTORES DE VEHÍCULOS:

Para las operaciones de recogida y transporte de los residuos vegetales producidos en el municipio hasta la planta de tratamiento de RSU de Fornillos de Apiés, se emplean dos personas, cuyo coste supone un total de :

Coste de un jardinero-conductor en el área de medio ambiente sumada la contribución a la seguridad social	20020	Euros / año
Número de trabajadores encargados de la retirada.	2	
Retribución mensual por dos conductores	40040	Euros / año

Tabla 63.Costes asociados a los sueldos de los trabajadores que efectúan la retirada de restos hasta el vertedero de Fornillos de Apiés.

RESUMEN DE COSTES DE RETIRADA:

De lo expuesto anteriormente se deduce que el coste de retirada de residuos verdes de la ciudad de Huesca asciende aproximadamente a **82.983 Euros anuales**.

Tasa del vertedero.	31.288 €
Gasto combustible vehículos	7.540 €
Mantenimiento de vehículos	2.714 €
Seguro de vehículos	1.400 €
Sueldo de los conductores	40.040 €
Coste asociado a la retirada de los restos verdes.	82.983 €

Tabla 64. Tabla resumen de los gastos atribuibles a la retirada de restos hasta el vertedero por el sistema actual.

4.10.1. COSTE ANUAL ASOCIADO A LA RETIRADA, GESTIÓN DE RESIDUOS Y FERTILIZACIÓN.

El siguiente cuadro resume los costes asociados a la retirada y gestión de los residuos y es el resultado de los anteriores cálculos.

Fertilizante	22.233
Tasas de vertedero	31.288
Combustible	7.540
Seguro vehículos	1.400
Mantenimiento	2.714
Sueldo conductores	40.040
TOTAL	105.215

Tabla 65. Resumen de los costes asociados a la retirada y gestión en vertedero actual.

4.11. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MODELO PROPUESTO Y COMPARACIÓN CON EL MODELO ACTUAL.

4.11.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS DOS ALTERNATIVAS DE PLANTA DE COMPOSTAJE PROPUESTAS.

A continuación se detallan cada uno de los dos modelos estudiados en aquellos puntos fundamentales en los que difieren (Álvarez de la Puente, JM. 2006):

ALTERNATIVA 1: Planta de 1 Ha, con volteadora Menart 4800SP y tractor de 150 CV.

ALTERNATIVA 2: Planta de 0.85 Ha con volteadora Topturn 3500G y pala cargadora.

Ambos son iguales en todos los detalles de construcción (nave de maduración y postmaduración, edificio de oficina, laboratorio y almacén, zona de recepción y pretratamiento) así como se precisa de la misma mano de obra y material de laboratorio dado que estos dependen de la cantidad de residuos a procesar.

INVERSIÓN NECESARIA PARA LAS DOS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

La siguiente tabla muestra la inversión que sería necesario realizar en el caso de abordar alguno de los dos supuestos:

	ALTERNATIVA 1.	ALTERNATIVA 2.
VALOR DEL SOLAR	10.000	8.500
OBRA CIVIL		
Total Ejecución material	487.816	408.361
Bombeo y sistema de riego	10.000	10.000
Fontanería	6.000	6.000
Electricidad	12.000	12.000
TOTAL OBRA CIVIL	515.816	436.361
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	12.895	10.909
MAQUINARIA		
Camión pequeño de recogida	60.000	60.000
Contenedores	11.000	11.000
Báscula sobre suelo	7.000	7.000
Trituradora Champ620D Jolhi	0	0
Tractor 150 CV	75.000	
Pala cargadora frontal		80.000
Volteadora Topturn 3500G		250.000
Volteadora Menart 4800SP	100.000	
Remolque esparcidor 17 m ³	36.000	36.000
Trommel Joker de Komtech	45.000	45.000
Pala con implementos	7.500	7.500
Uñas portapalets	1.000	
Transpaleta		1.000
Ensacadora	12.000	12.000
Tolva para Bib Bags	2.000	2.000
TOTAL MAQUINARIA	356.500	511.500
MATERIAL LABORATORIO	6.000	6.000
INVERSIÓN NECESARIA	901.212	973.270

Tabla 66. Inversión necesaria (Euros) para cada uno de los modelos propuestos.

La alternativa 1 resulta en la comparación la más económica.

Alternativa 1. Ejecución Material.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Planta Municipal de Compostaje para el Municipio de Huesca

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP1	Movimiento de Tierras.....	21.317,54	6,29
CAP2	Cimentaciones.....	24.745,58	7,30
CAP3	Estructura.....	125.589,45	37,07
CAP4	Urbanización parcela y vallado.....	148.152,52	43,73
CAP5	Edificio auxiliar.....	13.633,65	4,02
CAP 6	Balsa lixiviados.....	1.136,40	0,34
CAP7	Murete acopio.....	4.209,60	1,24
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		338.784,74	
13,00% Gastos generales.....		44.042,02	
6,00% Beneficio industrial.....		20.327,08	
SUMA DE G.G. y B.I.		64.369,10	
21,00% I.V.A.....		84.662,31	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		487.816,15	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		487.816,15	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS OCHENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS DIECISEIS EUROS con QUINCE CÉNTIMOS

Imagen 25. Coste Total de Ejecución Material para la Alternativa 1.

Alternativa 2. Ejecución Material.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Planta Municipal de Compostaje para el Municipio de Huesca

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP1	Movimiento de Tierras.....	18.106,02	6,38
CAP2	Cimentaciones.....	19.998,82	7,05
CAP3	Estructura.....	99.934,02	35,24
CAP4	Urbanización parcela y vallado.....	126.585,22	44,63
CAP5	Edificio auxiliar.....	13.633,65	4,81
CAP 6	Balsa lixiviados.....	1.136,40	0,40
CAP7	Murete acopio.....	4.209,60	1,48
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		283.603,73	
13,00% Gastos generales.....		36.868,48	
6,00% Beneficio industrial.....		17.016,22	
SUMA DE G.G. y B.I.		53.884,70	
21,00% I.V.A.....		70.872,57	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		408.361,00	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		408.361,00	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS OCHO MIL TRESCIENTOS SESENTA Y UN EUROS

Imagen 26. Coste Total de Ejecución Material para la Alternativa 2.

COSTES DE ESTRUCTURA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

Para el cálculo de los costes estructurales se ha tenido en cuenta el **Real Decreto 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades**, concretamente las tablas de coeficientes de amortización , siendo aplicados los siguientes valores para cada uno de los apartados calculados:

- Para la **Ejecución Material** (explanada, nave, edificio de oficinas – laboratorio – almacén) se estima una vida útil de 50 años y un valor residual del 0%.
- Para las **Instalaciones** (bombeo y riego, fontanería y electricidad) se estima una vida útil de 20 años y un valor residual del 5%.
- Para la **Maquinaria** se estima una vida útil de 12 años y un valor residual del 10%.

Para el cálculo del coste de interés se ha fijado un **interés del 3%**.

Con todo, los **costes de amortización e interés** para cada una de las alternativas propuestas es el que sigue:

		ALTERNATIVA 1.	ALTERNATIVA 2
CA	CA Ejecución material	9756	8167
	CA Instalaciones	1330	1400
	CA Maquinaria	26738	38363
CI	CI Ejecución material	7317	6125
	CI Instalaciones	441	420
	CI Maquinaria	5882	8440
COSTE DE AMORTIZACIÓN TOTAL		37824	47930
COSTE DE INTERÉS TOTAL		13640	14985
COSTE DE ESTRUCTURA		51464	62915

Tabla 67. Costes de Amortización e Interés (Euros) de las alternativas propuestas.

La alternativa 1 resulta también con menores Costes de Estructura.

PAGOS ORDINARIOS A REALIZAR PARA OPERAR EN LA PLANTA EN LAS DOS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

Los pagos ordinarios son aquellos pagos derivados de la actividad normal de la empresa.

Los detalles sobre su cálculo se detallan a continuación:

- **Combustible:** Se calcula estimando un coste de combustible diario de 50 Euros para un total de 22 días al mes y 12 meses.
- **Energía eléctrica:** Se estima un gasto mensual de 600 Euros.
- **Compra de paja:** Se estima un gasto de paja de 60 Euros / Tonelada y una adquisición calculada en 205 Toneladas.
- **Reposición anual del material de laboratorio:** se estima un gasto anual del 10% del coste inicial del aparataje en concepto de reposición de material inventariable y adquisición de material fungible.
- **Material de embalaje anual:** se estima un coste por palet de 4.5 € y un coste de sacos de plástico de 25 Kg. de 0,2 €/saco (40 sacos/Tm.). El material expendido a granel no supondría coste de embalaje.
- **Mantenimiento de la maquinaria:** se estima anualmente en un 1% del coste de adquisición.
- **Mantenimiento de la obra civil:** Se estima en un 1% del coste de la obra civil.
- **Mano de obra y cargas sociales:**

Se calcula para un Jefe de Planta y dos Operarios, para 14 pagas anuales y una cotización a la seguridad social del 30%.

- 1 Jefe de Planta-Técnico: 14 pagas de 1.700 € + cotización a la seguridad social que es un 30% de lo anterior. Total = 30.940 €/año.
- 2 Operarios - Chofer: 14 pagas de 1.100 € + cotización a la seguridad social que es un 30% de lo anterior. Total = 40.040 €/año.
- **Seguros e impuestos:** se estima en un 1 % de la suma del coste de la obra civil y de la maquinaria.

El resumen de costes asociados a la actividad en planta para las cantidades de materiales provenientes de las zonas verdes es el que sigue:

	ALT. 1	ALT. 2
Combustible	13.200	13.200
Energía Eléctrica	2.400	2.400
Compra de paja	12.300	12.300
Reposición anual de material laboratorio	600	600
Material de embalaje anual	8.075	8.075
Mantenimiento de la Maquinaria	3.435	4.585
Mantenimiento Obra Civil	5.038	4.244
Mano de Obra	54.600	54.600
Cargas Sociales	16.380	16.380
Seguros e impuestos	8.473	8.829
TOTAL PAGOS ORDINARIOS	124.502	125.213

Tabla 68. Pagos ordinarios para cada uno de los modelos propuestos.

La opción 1 de nuevo se ofrece como la más económica.

4.11.1.1. COSTES TOTALES ANUALES DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

Los **Costes Totales anuales**, resultado de la suma de los Costes de Operación y los de Estructura son los siguientes:

	ALT. 1	ALT. 2
TOTAL PAGOS ORDINARIOS	124.502	125.213
COSTE DE ESTRUCTURA	51.464	62.915
COSTE TOTAL ANUAL	175.966	188.128

Lógicamente la alternativa 1 se muestra como la más económica.

ALTERNATIVA ELEGIDA PARA EL PROYECTO.

La alternativa 1 resulta la escogida para el siguiente proyecto por los siguientes motivos principales:

-
- Economía del proyecto.
 - Menor coste operacional.
 - Mayor versatilidad de la maquinaria, fundamentalmente en lo referente a la adquisición de un tractor que participa en varias operaciones.
 - Mayor facilidad operacional para la confección de las pilas del tractor con remolque frente a la pala cargadora.
 - Menor consumo de combustible al poder manejar mayores volúmenes de material por la mayor capacidad del remolque frente a la pala cargadora.
-

4.11.2. PAGOS ORDINARIOS Y COSTES TOTALES ANUALES EN DOS SUPUESTOS DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA. COSTES DE OPERACIÓN DE R46 Y R100.

Los pagos Ordinarios son aquellos pagos derivados de la actividad normal de la empresa.

Los pagos Totales son el resultado de la suma de los Ordinarios y de Estructura. Se calculan los dos primeros para dos supuestos:

SUPUESTO 1.1: BAJO RENDIMIENTO (R46).

La planta opera únicamente con los restos que gestiona el departamento de Medio Ambiente y que han sido contabilizados en el presente proyecto.

En este supuesto no se contabilizan:

- los restos de zonas verdes de gestión pública del municipio cuya gestión dependa de otros estamentos (Universidad, Institutos, otros ayuntamientos cercanos a la ciudad pero de Alcaldía propia...).
- Los restos del municipio de gestión privada: recintos vecinales, casas con jardín, huertos privados...

SUPUESTO 1.2: PLENO RENDIMIENTO (R100).

La planta opera en este supuesto con:

- Los restos que gestiona el departamento de Medio Ambiente y que han sido contabilizados en el presente proyecto.
- Los restos de zonas verdes no contabilizados (hojas de otoño).
- Los restos de zonas verdes de gestión pública de dentro del municipio o cercanos al mismo cuya gestión dependa de otros estamentos (Universidad, Institutos, otros ayuntamientos cercanos a la ciudad pero de Alcaldía propia...),
- Los restos del municipio de gestión privada: recintos vecinales, casas con jardín, huertos privados...
- Los restos de otros municipios a los que les resulte rentable o sin rentabilidad pero de interés municipal el llevar sus residuos hasta la planta.
- Otros restos de procedencia agrícola.

Pagos ordinarios del Supuesto 1.1. Bajo Rendimiento.

Se trata de una situación en el que el volumen de residuos procesado es de 10.000 m³ para la producción final de **626 Tm. de compost**. Esto supone un rendimiento de la planta con respecto a su potencial del 46 %.

Los detalles sobre su cálculo se detallan a continuación:

- **Combustible:** Se calcula estimando un coste de combustible diario de 50 Euros para un total de 22 días al mes y 12 meses.
- **Energía eléctrica:** Se estima un gasto mensual de 600 Euros.
- **Compra de paja:** Se estima un gasto de paja de 60 Euros / Tonelada y una adquisición calculada en 205 Toneladas.
- **Reposición anual del material de laboratorio:** se estima un gasto anual del 10% del coste inicial del aparataje en concepto de reposición de material inventariable y adquisición de material fungible.
- **Material de embalaje anual:** se estima un coste por palet de 4.5 € y un coste de sacos de plástico de 25 Kg. de 0,2 €/saco (40 sacos/Tm.). El material expendido a granel no supondría coste de embalaje.
- **Mantenimiento de la maquinaria:** se estima anualmente en un 1% del coste de adquisición.
- **Mantenimiento de la obra civil:** Se estima en un 1% del coste de la obra civil.
- **Mano de obra y cargas sociales:**

Se calcula para un Jefe de Planta y dos Operarios, para 14 pagas anuales y una cotización a la seguridad social del 30%.

- 1 Jefe de Planta-Técnico: 14 pagas de 1.700 € + cotización a la seguridad social que es un 30% de lo anterior.
- 2 Operarios - Chofer: 14 pagas de 1.100 € + cotización a la seguridad social que es un 30% de lo anterior.
- **Seguros e impuestos:** se estima en un 1 % de la suma del coste de la obra civil y de la maquinaria.

	ALT.1, R46
Combustible	13.200
Energía Eléctrica	2.400
Compra de paja	12.300
Reposición anual de material laboratorio	600
Material de embalaje anual	8.075
Mantenimiento de la Maquinaria	3.435
Mantenimiento Obra Civil	5.038
Mano de Obra	54.600
Cargas Sociales	16.380
Seguros e impuestos	8.473
TOTAL PAGOS ORDINARIOS	124.502
COSTE DE ESTRUCTURA	51.464
COSTES TOTALES	175.966

Tabla 69. Pagos ordinarios del supuesto 1.1, Bajo Rendimiento.

Así pues, con los datos recabados en el proyecto, y teniendo en cuenta los pagos ordinarios únicamente (excluido el Coste de Estructura) podemos calcular los siguientes Costes de Operación en relación a las toneladas o los m³ de compost producidos a partir de los restos derivados de la gestión municipal:

COSTES DE OPERACIÓN.	Tm	m3
COMPOST ENSACADO.	198,9	99,4
COMPOST A GRANEL	186,0	93,0

Tabla 70. Costes de operación por tonelada y por m³ de la planta de compostaje. Situación de Bajo Rendimiento.

En este caso el coste de adquisición por parte del Área de Medio Ambiente para la sustitución de la fertilización mineral por compost en los términos en los que ahora se realiza, **supondría un ahorro del 6 % (formato granel)** respecto a los 105.215 Euros que en la actualidad se destinan para esta actividad más la retirada de restos **y del 0 % si es expedido en sacos de 25 Kg.**

Si tenemos en cuenta los Costes Totales tenemos:

COSTES TOTALES	Tm	m3
COMPOST ENSACADO.	281,1	140,5
COMPOST A GRANEL	268,2	134,1

Tabla 71. Costes Totales por tonelada y por m³ de la planta de compostaje. Situación de Bajo Rendimiento.

En este caso el **sobrecoste** sería del **135 %** para el caso de expedir el compost a granel y del **142% para la expedición en sacos.**

Compost sobrante.

En la sustitución calculada del abonado mineral por compost se gastarían 530 Tm. de compost por lo que habría un **superávit de 95 Tm.**

La potencial venta de este compost, considerado como un compost de alta calidad, reportaría un **cobro de 8.550 Euros** calculado según precios de mercado con un coste de la tonelada ensacada de compost de 90 Euros (Ministerio de Medio Ambiente, 2005).

Pagos ordinarios del Supuesto 1.2. Pleno Rendimiento.

Se trata de una situación en la que entran a la planta todos los meses el máximo de masa y volumen para el que está concebida la planta. Esta cantidad resulta el doble de la cantidad anterior. Un total de 21.000 m³ para la producción de **1.320 Tm de compost**.

Para el cálculo del coste de operación en esta situación se han incrementado:

- La Mano de Obra en 1 Operario.
- El combustible en un 50 %.
- La compra de paja en un 100 %.
- La energía eléctrica en un 25 %.
- El material de laboratorio un 100 %.
- El embalaje en un 100 %.

	ALT. 2.R100
Combustible	19.800
Energía Eléctrica	3.000
Compra de paja	24.600
Reposición anual de material laboratorio	1.200
Material de embalaje anual	17.028
Mantenimiento de la Maquinaria	3.565
Mantenimiento Obra Civil	5.158
Mano de Obra	70.000
Cargas Sociales	21.000
Seguros e impuestos	8.723
TOTAL PAGOS ORDINARIOS	149.474
COSTE DE ESTRUCTURA	51.464
COSTES TOTALES	200.939

Tabla 72. Pagos Ordinarios y Costes Totales del supuesto 1.2. Pleno Rendimiento.

Así pues, con los datos recabados en el proyecto, y teniendo en cuenta los pagos ordinarios únicamente (excluido el Coste de Estructura) podemos calcular los siguientes **Costes de Operación** en relación a las toneladas o los m³ de compost producidos a partir de los restos derivados de la gestión municipal:

COSTES DE OPERACIÓN.	Tm	m3
COMPOST ENSACADO.	113,2	56,6
COMPOST A GRANEL	100,3	50,2

Tabla 73. Costes de operación por tonelada y por m³ de la planta de compostaje. Situación de Pleno Rendimiento.

En este caso el coste de adquisición por parte del Área de Medio Ambiente para la sustitución de la fertilización mineral por compost en los términos en los que ahora se realiza, supondría un **ahorro del 43 % (granel)** respecto a los 105.215 Euros que en la actualidad se destinan para esta actividad más la retirada de restos **y del 49 % si es expedido en sacos de 25 Kg.**

Teniendo en cuenta los Costes Totales tenemos:

COSTES TOTALES.	Tm	m3
COMPOST ENSACADO.	152,2	76,1
COMPOST A GRANEL	139,3	69,7

Tabla 74. Costes Totales por tonelada y por m³ de la planta de compostaje. Situación de Pleno Rendimiento.

En este caso el **ahorro sería del 30 % para el caso de expedir el compost a granel y del 23 % para la expedición en sacos.**

Compost sobrante.

En la sustitución calculada del abonado mineral por compost se gastarían 530 Tm. de compost por lo que habría un **superávit de 789 Tm.**

La potencial venta de este compost, considerado como un compost de alta calidad, reportaría un **cobro de 71.010 Euros** calculado según precios de mercado con un coste de la tonelada ensacada de compost de 90 Euros.

4.11.3. COMPARACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL MODELO PROPUESTO CON EL MODELO ACTUAL.

- **CONSIDERACIONES ECONÓMICAS:** Aplicando los costes de producción para los dos rendimientos estudiados (R46 Y R100).

Planta de compostaje			Situación actual		
Restos valorizados a través de compostaje (R46)	1662 Tm.	Retirada de restos desde las Unidades de Gestión.	Restos retirados a vertedero.	1662 Tm.	
			Coste de retirada anual (transporte y tasas de gestión en vertedero).	82.983 €	
Fertilización de las Unidades de Gestión.	Compost empleado.	531 Tm.	Fertilización de las Unidades de Gestión.	Fertilizante mineral empleado.	16,3 Tm.
	Coste anual del fertilizante ensacado. R46	149.262 €		Coste de adquisición del fertilizante.	22.233 €
	Coste anual del fertilizante ensacado. R100	80.832 €	Coste anual TOTAL del sistema.		105.215 €
Compost sobrante (Tm.)	Bajo Rendimiento (R46)	95 Tm.	Potencial de cobro por venta (Euros).	Bajo Rendimiento (R46)	8.550 €
	Alto Rendimiento (R100)	789 Tm.		Alto Rendimiento (R100)	71.010 €

Tabla 75.Comparación económica del modelo propuesto y el actual.

- ALGUNAS CONSIDERACIONES ADICIONALES:

- Supondría un paso delante de la sociedad oscense en el sentido de la toma de conciencia y responsabilidad que el ser humano debe tener frente a sus actividades en el medio que le rodea.
- Resultaría en un acercamiento en favor de las políticas ambientales marcadas por la Unión Europea y recogidas por sus estados miembros.
- El sistema de recogida propuesto ahorraría costes de combustible y tiempo asociado al transporte, así como capital en forma de pago de tasas por depósito en vertedero al haber lugares habilitados para su recogida repartidos por el municipio. No obstante y atendiendo a esto último debería ir acompañado de un incremento de impuestos municipales en forma de tasas de gestión.
- Como consecuencia de la mayor facilidad de retirada de restos y menor coste directo de la gestión de los mismos en concepto de vertedero, se reducirían los vertidos ilegales que se realizan en la actualidad.
- Ahorro de instalaciones finalistas para el tratamiento de residuos (depósitos controlados, incineradoras).
- Incremento de la vida útil del vertedero y reducción de los costes de mantenimiento del mismo.
- Supondría generación de empleo frente al sistema de depósito en vertedero que da punto final al residuo como recurso.
- Resultaría en una mayor recuperación de materia orgánica (MO) y nutrientes para el sistema.
- Reduciría la contaminación de acuíferos, mejoraría los suelos a medio y largo plazo en sus características físicas, químicas y biológicas, lo que resultaría en un crecimiento de la vegetación más armónico y sano y un mayor secuestro de CO₂ atmosférico favoreciendo la reducción de GEI.
- Se podrían acometer algunas de las labores de mantenimiento que la ORDENANZA MUNICIPAL DE ÁREAS VERDES Y ARBOLADO URBANO DE HUESCA citan y que en la actualidad no se pueden acometer.

CONCLUSIONES.

5. CONCLUSIONES.

En la ciudad de Huesca y resultado de la gestión de las zonas verdes de competencia municipal (Área de Medio Ambiente) se producen 1.662,1 Tm de residuos verdes al año, principalmente en los meses de mayo a septiembre en los que se supera la cifra de 196 Tm/mes.

Teniendo en cuenta los residuos producidos (césped, recortes de setos y poda de árboles y arbustos) y otros recursos compostables (paja y orina de la perrera municipal) se puede realizar el compostaje de los residuos a lo largo del año.

La planta de compostaje proyectada trabajaría con un sistema de compostaje en pilas dinámicas y estaría ubicada en algún punto de en un círculo que teniendo su centro en la ciudad tuviera como radio la distancia que existe hasta el vertedero de Fornillos de Apiés, prioritariamente entre las carreteras N-330 y A-1212, por cuestiones de economía energética en el transporte y por su mejor orientación teniendo en cuenta la situación de los pueblos de la zona, los vientos dominantes, y las posibles nieblas invernales.

La planta calculada para el procesado de los restos tendría una superficie pavimentada y vallada total de 1 Ha; 0.1 de ellas destinadas al pretratamiento de los restos, 0.64 Ha. a la fase de descomposición, 0.25 Ha. cubiertas (nave de 30 x 84 con 15 pórticos prefabricados) destinadas a la maduración, postprocesado y acopio y 0.1 Ha. para el movimiento de maquinaria, posibles eventualidades y la ubicación de una balsa de lixiviados y aguas pluviales de 30 m³ de capacidad.

La maquinaria escogida sería un tractor de 150 CV e implementos (pala de áridos, pala para forrajes y uñas portapalets), una volteadora Menart 4800SP o similar accionada mediante la toma de fuerza, remolque esparcidor de 17 m³ de capacidad, criba desplazable de tambor, de malla intercambiable de 10 y 80 mm de luz, modelo Jocker de Komptech o similar, Trituradora-desfibradora de restos Champ 620D de Jolhi (propiedad actual del ayuntamiento), tolva para el relleno de Big-bag y ensacadora. Además se cuenta en planta con una báscula sobre suelo de 40 Tm y material de laboratorio para el control del proceso.

La planta operaría con dos operarios de planta y un jefe de planta-técnico en el modelo estudiado, siendo los meses de julio a octubre los de mayor actividad en planta (>250 horas/mes) y los meses de enero a abril los de menor actividad (<150 horas/mes). En la situación de pleno rendimiento operaría con tres y uno respectivamente.

Tras el análisis de los costes actuales asociados a la retirada y gestión de residuos y el coste asignado a la compra de fertilizantes minerales para la fertilización de las zonas verdes, el presente proyecto concluye que:

El cambio del modelo actual en materia fertilización y de gestión de residuos verdes en el Municipio de Huesca por el sistema de recogida propuesto (contenedores de 5 a 6 m³ equipados con gancho, repartidos por la ciudad y municipios incorporados y recogidos por un camión de pequeñas dimensiones) y la planta estimada para su procesado, daría lugar a la producción de 626 Tm/año. de compost de elevada calidad, ensacado y con densidad estimada en 0.5 g/cm³, de los cuales 531 Tm. serían para la restitución de los elementos minerales aportados a través del actual sistema de fertilización mineral.

Este compost tendría un con un coste Total (coste de Operación y de Estructura) estimado en 268.2 € / Tm. para el compost a granel y 281.1 € / Tm. para el compost ensacado según precios de mercado.

Sin la venta del producto el modelo propuesto supondría un sobrecoste anual estimado en 44.046 € que se reducirían a 35.496 € tras una hipotética venta del producto.

El proyecto también calcula la situación de máximo rendimiento de la planta (R100), una situación en la que la entrada de residuos fuese igual a la del mes de mayor actividad para el cual está dimensionada la planta. En esa situación, explicada en resultados, se producirían 1320 Tm/año de compost con un coste Total estimado en 152.2 y 139.3 € / Tm. para los casos de compost ensacado y servido a granel. Existiría un excedente de 789 Tm. de compost ensacado cuya venta supondría un total de 71.010 €.

Sin la venta del producto el modelo propuesto supondría un ahorro anual estimado en 24.383€ que se incrementarían a 95.393 € tras una hipotética venta del producto.

En el apartado económico también cabe citar la generación de un puesto de empleo (jefe de planta-técnico) en la situación denominada de bajo rendimiento (R46) y de dos puestos (un operario y un jefe de planta) en la situación de pleno rendimiento (R100), además del ahorro derivado del incremento de la vida útil del vertedero y reducción de los costes de mantenimiento de este.

Aunque el resultado económico no es favorable en el caso de los restos estudiados, existen más fuentes de recursos del mismo tipo dentro del municipio como los de gestión privada, pública no calculados (hojas de otoño), pública de gestión independiente del área de Medio Ambiente o de municipios cercanos, lo que haría probable el alcanzar un punto intermedio y rentable entre las dos situaciones planteadas (R46 y R100). En el mismo sentido no se ha contabilizado el cobro de tasas derivado de la nueva gestión de residuos planteada.

Por último hacer notar que además de los consabidos avances en materia ambiental fruto de la valorización de los residuos verdes frente a su eliminación definitiva, la medida estudiada supondría un avance en cuanto a la responsabilidad que el ciudadano tiene respecto a la actividad que desarrolla en el medio que le rodea, lo que a su vez engranaría con lo que en la actualidad se demanda a través de las políticas comunitarias.

BIBLIOGRAFÍA.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Abaigar, A., Aguilar, M., Nazabal, M. y Díez de Ulzurrun C. 2012. Servicio de compostaje. Una alternativa a la gestión tradicional de los estiércoles. Navarra Agraria, número 191, pág. 39.
- Aguirre, N. 2012. Cómo funciona una red de compostaje Una experiencia de ganaderos alaveses trasladable a Navarra. Navarra Agraria, número 191, pág. 45.
- Álvarez de la Puente, JM. 2006. (a) Estudio de viabilidad económica de producción de compost a partir de alperujos y posibles necesidades de incentivos. 24 pág.
- Álvarez de la Puente, JM. 2006. (b) Estudio sobre mezclas óptimas de material vegetal para compostaje de alperujos en almazaras ecológicas y caracterización físico química de los compost producidos. DGPE. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 41 pág.
- Aragóndigital.es. : <http://aragondigital.es/noticia.asp?notid=107766&secid=31>
- Ayuntamiento de Huesca. Informe Final de Campaña de Poda relativo a la temporada 2005-2006 redactado por el Oficial Jardinero.
- Ayuntamiento de Huesca. Ordenanza municipal de protección del medio ambiente en el término municipal de Huesca. (B.O.P. HU-N.º 123 de 30 de Mayo de 1989).
- Ayuntamiento de Huesca. Ordenanza municipal reguladora de la emisión y recepción de ruidos y vibraciones.
- Ayuntamiento de Huesca. Página web del Ayuntamiento de Huesca, Área de Medio Ambiente, Sección Parques y Jardines. <http://www.huesca.es/areas/medio-ambiente/parques-y-jardines/>
- Ayuntamiento de Huesca. Pliego de condiciones técnicas para el suministro de fertilizantes destinados a las superficies públicas ajardinadas de la ciudad de Huesca.
- Blanco R. 2006. Gestión de residuos de poda, una asignatura pendiente. Revista técnica Residuos, número 94, pág. 84-89.
- Compost Mix Calculator. <http://www.klickitatcounty.org/solidwaste/fileshtml/organics/compostcalc.htm>
- Convenio IGME-ESAB-MIMAM. Informe 2003 2005. Caracterización del compost producido en España.56 pág.
- Decreto 2/2006, de 10 de enero, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento de la producción, posesión y gestión de residuos industriales no peligrosos y del régimen jurídico del servicio público de eliminación de residuos industriales no peligrosos no susceptibles de valorización en la Comunidad Autónoma de Aragón. (BOA nº 8, 23 de enero 2006).
- Departamento de medio ambiente de CEPYME Aragón.2011. Guía orientativa dirigida a PYMES sobre la transposición de la directiva marco de residuos a la normativa española la nueva ley de residuos.140 pág.

- Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.2009. Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón 2009-2015. 287 pág.
- Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente, 2005, Estudio de los mercados del compost. 147 pág.
- Dirección General de Medio Ambiente. Comisión Europea. 2000. Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos Dirección. 68 pág.
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.
- Huerta, O., López, M., Soliva, M. y Zaloña, M. 2008. 2008. Compostaje de residuos municipales Control del proceso, rendimiento y calidad del producto. Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (ESAB). 330 pág.
- INE. 2013. España en cifras. 57 pág.
- INE. 2013. Nota de prensa. Encuesta sobre la recogida y tratamiento de residuos Encuesta sobre generación de residuos en servicios y construcción, año 2011. 8 pág.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Jefatura del Estado «BOE» núm. 181, de 29 de julio de 2011 Referencia: BOE-A-2011-13046
- Moreno, J. y Moral, R. 2008. Compostaje. Mundi Prensa Libros.570 pág.
- Negro, M.J., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R. , Ciria, P., Cristóbal, M.V., De Benito, A., García Martín, A., García Muriedas, G., Labrador, C., Lacasta, C., Lezaún, J.A., Meco R., Pardo G., Solano, M.L., Torner, C., Zaragoza, C. 2000. Producción y gestión del compost. Informaciones técnicas del Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón., número 88. 31 pág.
- Oficial Jardiner del Área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Huesca. (com.per)
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Ordenanza Municipal de Áreas Verdes y Arbolado Urbano. Aprobada por el Ayuntamiento en Pleno de 07/05/03 B.O.P. HU. Nº 175 de 31 de Julio de 2003.
- Pérez, A. 2012. Estudio de localización, diseño y construcción de una planta de compostaje para gestión de residuos de explotaciones agropecuarias, industrias agroalimentarias y lodos de depuradora. PFC Escuela Politécnica Superior de Huesca.
- Real Decreto 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.
- Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015.
- Sahagún Gallego, J. 2002. Planta de compostaje de residuos vegetales (Villanueva de la Cañada, Madrid), Ponencia en el I Congreso de Ingeniería Civil y Medio Ambiente, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 20 pág.
- Sánchez Díaz, I. 2009. Estudio técnico y económico de una planta de tratamiento de residuos vegetales en Getafe. 97 pág.
- Sánchez, A. e Hidalgo, F. 2006. Estudio sobre maquinaria idónea para las labores de compostaje de alperujos.123 pág.

- Sánchez, A., Espinosa, D., Olmedo, M. 2006. Estudio de alternativas de diseño de plantas de compostaje en almazaras ecológicas de tamaño reducido. 122 pág.
- Silva, J.P., López, M., Valencia, A. 2003. Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. 25 pág.
- Soliva, M. y López, M. 2004. Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. 20 pág.
- Uranga J. y Erburu, J. 1999. Compostaje. Artículo de marzo – abril de 1999 de la revista del ITG Ganadero. Pág. 56.