

**Informe de la  
Comisión Técnica de Evaluación  
de los potenciales impactos ambientales y  
energéticos derivados de la puesta en  
marcha en fase piloto del  
Proyecto Waste Cleaner**




Con fecha 6 de noviembre de 2014 el informe de la Comisión Técnica para la Evaluación e Investigación del Proyecto de I+D+i de la Planta Piloto de Separación y Valorización de Residuos Urbanos de Rivas Vaciamadrid, se firma por los siguientes miembros de dicha Comisión:



**D. Jorge Romea Rodríguez**

Jefe de Servicio de Medio Ambiente y Movilidad  
Ayuntamiento Rivas-Vaciamadrid



**Dª Nely Carreras Arroyo**

Investigadora CIEMAT



**Dª Isabel Herráez Sánchez de las Matas**

Investigadora Universidad Autónoma de Madrid



**D. José Gómez Fernández**

Director Rivamadrid



**D. Alejandro Martínez Turégano**

Asociación Riverde

No se firma por los siguientes miembros:

**Dª Alodia Pérez Muñoz**

Representación Amigos de la Tierra,  
Ecologistas en Acción y Greenpeace

**Daniel López Marijuán**

Representación Ecologista Local  
Rivas Aire Limpio



# Índice

Índice .....	i
Índice de Figuras .....	vi
Índice de Tablas.....	vii
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CONSTITUCIÓN DE LA COMISIÓN TÉCNICA .....</b>	<b>2</b>
2.1. COMPOSICIÓN Y REGLAMENTO DE LA COMISIÓN .....	2
2.2. COMPETENCIAS DE LA COMISIÓN .....	3
2.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO DE LA COMISIÓN .....	3
<b>3. OBJETIVO DEL INFORME .....</b>	<b>5</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA CUANDO SE CONSTITUYÓ LA COMISIÓN .....</b>	<b>6</b>
4.1..... UBICACIÓN	6
4.2..... ZONA DE CARGA Y DESCARGA DE CAMIONES	7
4.3..... SISTEMAS DE DRENAJE Y RECOGIDA DEL EXTRACTO LÍQUIDO Y AGUAS PLUVIALES	8
4.4.RELACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS E INSTALACIONES QUE COMPONEN LA PLANTA PILOTO.	8
4.4.1. Triturador.....	10
4.4.2. Esterilizador .....	10
4.4.3. Intercambiador de placas.....	10
4.4.4. Caldera de vapor .....	10
<b>5. ENSAYOS Y ANÁLISIS PREVIOS EXISTENTES.....</b>	<b>11</b>
5.1. CARACTERIZACIÓN DE DIFERENTES MUESTRAS DE RESIDUO PROCEDENTES DE UN ENSAYO DE LA PLANTA .....	11
5.2. CARACTERIZACIÓN DE UNA MUESTRA DE BIOMASA SÓLIDA PROCEDENTE DE RESIDUOS MUNICIPALES.....	11
5.3. CARACTERIZACIÓN DE LIXIVIADOS PROCEDENTES DE VERTEDERO MUNICIPAL .....	12
5.4. ENSAYO DE EVAPORACIÓN DE LIXIVIADO.....	12
5.5. CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO LÍQUIDO PROCEDENTE DE LA PLANTA .....	12
5.6. CARACTERIZACIÓN DEL BIORRESIDUO PROCEDENTE DE LA PLANTA.....	13
5.7. EVALUACIÓN HIGIÉNICA SOBRE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS DE TRABAJADORES .....	13
5.8. ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD DEL BIORRESIDUO PROCEDENTE DE LA PLANTA .....	14

<b>6. PROCEDIMIENTO SEGUIDO POR LA COMISIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>7. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA COMISIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>7.1. ASPECTOS AMBIENTALES A CONSIDERAR Y LEGISLACIÓN APLICABLE .....</b>	<b>18</b>
<b>7.1.1. Estudio de Impacto Ambiental .....</b>	<b>18</b>
<b>7.1.2. Declaración de Impacto Ambiental (DIA, enero 2013) .....</b>	<b>22</b>
<b>7.1.2.1. Condiciones ambientales.....</b>	<b>23</b>
7.1.2.1.1. Condiciones relativas a la protección atmosférica.....	23
7.1.2.1.2. Condiciones relativas a los ruidos. ....	23
7.1.2.1.3. Condiciones relativas a la protección de las aguas subterráneas y suelos.....	23
7.1.2.1.4. Condiciones relativas a vertidos de aguas residuales. ....	24
7.1.2.1.5. Condiciones relativas a la gestión de residuos. ....	24
7.1.2.1.6. Otras condiciones.....	25
7.1.2.1.7. Condiciones sobre el abandono de la actividad.....	25
<b>7.1.2.2. Vigilancia ambiental.....</b>	<b>25</b>
<b>7.1.3. Cumplimiento de las condiciones ambientales de la DIA .....</b>	<b>26</b>
<b>7.1.3.1. Estudio de caracterización de las aguas superficiales, subterráneas y del</b>	
<b>suelo.....</b>	<b>26</b>
<b>7.1.3.2. Identificación de focos de emisión atmosférica .....</b>	<b>28</b>
<b>7.1.4. Aspectos Ambientales a considerar y legislación aplicable .....</b>	<b>29</b>
7.1.4.1. Relativo a Emisiones .....	30
7.1.4.2. Relativo a Residuos Líquidos .....	32
7.1.4.3. Relativo a Residuos Sólidos .....	35
7.1.4.4. Relativa a Suelos .....	39
7.1.4.5. Relativa a Ruidos.....	39
7.1.4.6. Relativa a Olores .....	42
7.1.4.7. Evaluación Ambiental.....	44
7.1.4.8. Seguridad contra incendios .....	44
<b>7.2. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ENSAYOS Y ANÁLISIS EXISTENTES .....</b>	<b>45</b>
7.2.1. Caracterización de diferentes muestras de residuos de la planta .....	45
7.2.2. Caracterización de una muestra de biomasa sólida procedente de residuos	
municipales.....	46
7.2.3. Caracterización de lixiviados procedentes del vertedero municipal .....	47
7.2.4. Ensayo de evaporación de Lixiviado .....	49
7.2.5. Caracterización de la fracción líquida procedente de la planta .....	50
7.2.6. Caracterización de biorresiduo procedente de la planta .....	50
7.2.7. Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes químicos de	
trabajadores.....	51
7.2.8. Biodegradabilidad del biorresiduo en codigestión con purines.....	56
<b>7.3. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS POSTERIORES SOLICITADOS POR LA</b>	
<b>COMISIÓN.....</b>	<b>57</b>
7.3.1. Evaluación de la planta en fase de prueba a lo largo de una jornada para el	
tratamiento de la fracción orgánica y resto procedente del municipio de Rivas	
Vaciamadrid.....	58
7.3.1.1. Selección y caracterización de los residuos a procesar .....	59
7.3.1.1.1. Descripción del tipo de residuos tratados en la planta .....	59
7.3.1.1.2. Características de los vehículos de recogida .....	59

7.3.1.1.3. Selección de la muestra representativa de la fracción orgánica y resto .....	60
7.3.1.1.4. Características de las rutas de recogida de residuos .....	60
7.3.1.1.5. Ruta seguida para la recogida de la muestra objeto de prueba .....	61
7.3.1.1.6. Análisis de caracterización de la fracción orgánica y resto .....	65
<b>7.3.1.2. Proceso del residuo en la planta .....</b>	<b>71</b>
7.3.1.2.1. Pretratamiento .....	71
7.3.1.2.2. Esterilización .....	72
7.3.1.2.3. Postratamiento .....	73
<b>7.3.1.3. Caracterización y análisis del material de salida .....</b>	<b>73</b>
7.3.1.3.1. Material de salida en bruto del proceso .....	74
7.3.1.3.2. Material de rechazo .....	75
7.3.1.3.3. Producción y Caracterización del biorresiduo obtenido .....	77
7.3.1.3.4. Producción y Caracterización del Extracto Líquido .....	79
<b>7.3.1.4. Balances del proceso .....</b>	<b>82</b>
7.3.1.4.1. Consumos de agua, gas y energía eléctrica .....	82
7.3.1.4.2. Costes por consumo de agua, gas y electricidad .....	82
<b>7.3.1.5. Evaluación de la contaminación acústica .....</b>	<b>84</b>
<b>7.3.2. Evaluación de la planta en fase continua .....</b>	<b>87</b>
<b>7.3.2.1. Selección de la muestra representativa. Cálculo estadístico .....</b>	<b>87</b>
7.3.2.1.1. Objeto del Cálculo .....	87
7.3.2.1.2. Metodología .....	87
7.3.2.1.3. Cálculo del período representativo para la planta piloto .....	89
7.3.2.1.4. Conclusión .....	90
<b>7.3.2.2. Período de muestreo considerado .....</b>	<b>90</b>
<b>7.3.2.3. Selección de los residuos a procesar .....</b>	<b>91</b>
7.3.2.3.1. Descripción del tipo de residuos tratados en la planta .....	91
7.3.2.3.2. Características de los vehículos de recogida .....	91
7.3.2.3.3. Selección de la muestra representativa de la fracción orgánica y resto .....	91
7.3.2.3.4. Descripción de la ruta de recogida de residuos .....	92
<b>7.3.2.4. Caracterización de materiales de la fracción orgánica y resto .....</b>	<b>97</b>
7.3.2.4.1. Toma de muestras para la caracterización de materiales de la fracción orgánica más resto .....	98
7.3.2.4.2. Metodología para la caracterización de materiales de la fracción orgánica más resto .....	98
7.3.2.4.3. Resultados de la caracterización de materiales de la fracción orgánica más resto .....	99
7.3.2.4.4. Estudio densimétrico de la fracción orgánica y resto .....	101
<b>7.3.2.5. Caracterización de los materiales de los flujos de salida: salida en bruto, biorresiduo y pasante. ....</b>	<b>101</b>
7.3.2.5.1. Toma de muestras de salida en bruto, biorresiduo y pasante .....	102
7.3.2.5.2. Metodología para la caracterización de los materiales de las muestras de salida en bruto, biorresiduo y pasante .....	102
7.3.2.5.3. Resultados de la caracterización de los materiales de las muestras de salida en bruto, biorresiduo y pasante .....	103
7.3.2.5.4. Estudio densimétrico de la muestra de salida en bruto .....	110
<b>7.3.2.6. Toma de muestras y análisis de laboratorio de los flujos de salida: salida en bruto, biorresiduo y pasante. ....</b>	<b>111</b>
7.3.2.6.1. Resultados de los parámetros analizados por EUROCONTROL de las muestras de la salida en bruto y del pasante .....	112
7.3.2.6.2. Resultados de los parámetros analizados por EUROCONTROL de las muestras de biorresiduo recogida después del cribado .....	113

7.3.2.6.3. Resultados de los parámetros analizados en IPROMA de las muestras de biorresiduo, pasante y salida en bruto .....	114
<b>7.3.2.7. Volumen y características del extracto líquido generado .....</b>	<b>120</b>
7.3.2.7.1. Determinación del volumen .....	120
7.3.2.7.2. Características del extracto líquido extraído.....	122
<b>7.3.2.8. Balance másico del proceso .....</b>	<b>125</b>
7.3.2.8.1. Lecturas obtenidas de los distintos contadores.....	125
7.3.2.8.2. Listado de pesadas .....	125
7.3.2.8.3. Evaluación y análisis de los resultados obtenidos.....	126
<b>7.3.2.9. Balance energético del proceso .....</b>	<b>128</b>
7.3.2.9.1. Consumos por tonelada .....	128
7.3.2.9.2. Repercusión del coste del consumo energético y de agua .....	129
7.3.2.9.3. Ensayo Complementario de julio de 2013.....	130
7.3.2.9.4. Ensayo Complementario de septiembre de 2013 .....	134
<b>7.3.2.10. Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes. Control de gases. ....</b>	<b>136</b>
7.3.2.10.1. Resultados y conclusiones.....	137
7.3.2.10.2. Medidas preventivas .....	137
<b>7.3.2.11. Conclusiones del comportamiento de la planta en la prueba en continuo .....</b>	<b>140</b>
<b>7.3.3. Evolución de las mejoras introducidas en la planta .....</b>	<b>141</b>
<b>7.3.3.1. Sistema de captación de vapor .....</b>	<b>144</b>
7.3.3.1.1. Cálculo de los flujos de masas y consumos energéticos en el sistema de condensación.....	146
7.3.3.1.2. Cálculo del ahorro energético y económico del precalentamiento de agua .....	148
7.3.3.1.3. Características de los condensados.....	149
<b>7.3.3.3. Nueva evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes. Control de gases.....</b>	<b>152</b>
7.3.3.3.1. Resultados y conclusiones.....	153
7.3.3.3.2. Medidas preventivas .....	154
<b>7.3.3.4. Planta de tratamiento de los extractos líquidos. ....</b>	<b>156</b>
<b>8. CONCLUSIONES OBTENIDAS DE LA EVALUACIÓN DE LA PLANTA .....</b>	<b>160</b>
<b>8.1. EVALUACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PLANTA .....</b>	<b>160</b>
<b>8.2. EVALUACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS ENERGÉTICOS DE LA PLANTA .....</b>	<b>164</b>
8.2.1. Consumos de energía .....	164
8.2.2. Consumos y excedentes de agua de red .....	165
8.2.3. Recuperación de calor .....	165
8.2.4. Obtención de combustibles.....	165
<b>8.3. EVALUACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA PLANTA.....</b>	<b>166</b>
<b>9. COMPARACIÓN DE LA TECNOLOGÍA WASTE CLEANER CON OTRAS TECNOLOGÍAS DISPONIBLES EN LA ACTUALIDAD .....</b>	<b>169</b>
<b>9.1. ALTERNATIVA 0: PLANTA DE CLASIFICACIÓN Y COMPOSTAJE, SIN VALORIZACIÓN ENERGÉTICA, PARA EL PROCESAMIENTO DEL 100% DE LOS RESIDUOS RECEPCIONADOS. ....</b>	<b>169</b>
9.1.1. Ventajas .....	169
9.1.2. Inconvenientes.....	169
9.1.3. Inversión y canon.....	170



9.2. ALTERNATIVA 1: PRETRATAMIENTO COMPLETO (ALTERNATIVA 0) CON CONVERSIÓN DEL RECHAZO EN CSR.....	170
9.2.1. Ventajas .....	170
9.2.2. Inconvenientes .....	171
9.2.3. Inversión y canon.....	172
9.3. ALTERNATIVA 2: PRETRATAMIENTO COMPLETO (ALTERNATIVA 0) CON VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DEL RECHAZO MEDIANTE INCINERACIÓN. ....	172
9.3.1. Ventajas .....	172
9.3.2. Inconvenientes .....	172
9.3.3. Inversión y canon.....	173
9.4. ALTERNATIVA 3: PRETRATAMIENTO COMPLETO (ALTERNATIVA 0) Y GASIFICACIÓN POR PLASMA DE TODOS LOS RESIDUOS .....	173
9.4.1. Ventajas .....	173
9.4.2. Inconvenientes .....	174
9.4.3. Inversión y canon.....	174
9.5. ALTERNATIVA 4: TRATAMIENTO COMPLETO PARA ESTERILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS. ...	175
9.5.1. Ventajas. ....	175
9.5.2. Inconvenientes. ....	175
9.5.3. Inversión y canon. ....	175
10. CONCLUSIONES FINALES .....	177
Glosario.....	182
Bibliografía.....	190
Páginas Web.....	194
Siglas y Acrónimos.....	195
Símbolos y Abreviaturas.....	199
Fórmulas y Símbolos Químicos .....	201
ANEXOS.....	203

## Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de situación de la planta .....	6
Figura 2. Zona de carga y descarga de camiones .....	7
Figura 3. Depósito para almacenamiento de extracto líquido .....	8
Figura 4. Diagrama de flujos del proceso .....	9
Figura 5. Rutas de recogida de la fracción orgánica y resto en la zona residencial .....	61
Figura 6. Mapa de situación de las 36 secciones en las que se divide el municipio de Rivas Vaciamadrid .....	63
Figura 7. Camión empleado en la prueba.....	65
Figura 8. Extendido de los residuos recogidos en zona hormigonada y limpia .....	66
Figura 9. Selección de la muestra por cuarteos y homogeneización .....	67
Figura 10. Selección de la muestra final y apertura de las bolsas que quedaron sin abrir .....	68
Figura 11. Selección y cuantificación de los distintos materiales. ....	68
Figura 12. Traslado de residuos a foso y envío a trituración .....	72
Figura 13. Material de salida en bruto del proceso .....	74
Figura 14. Biorresiduo que se obtiene del proceso.....	77
Figura 15. Puntos previos seleccionados.....	85
Figura 16. Vista de la nave. El punto 1 está situado a 7,00m de esta zona .....	85
Figura 17. Plano de las secciones censales .....	93
Figura 18. Rutas de recogida de la fracción orgánica más resto.....	97
Figura 19. Depósito de condensados .....	121
Figura 20. Balance másico obtenido del proceso de higienización.....	127
Figura 21. Balance de agua del proceso de higienización llevado a cabo en julio de 2013.....	132
Figura 22: Detalle del Foso .....	142
Figura 23: Entrada a Trómel.....	143
Figura 24: Zona de descarga .....	143
Figura 25: Sistema de captación de vapor de la planta.....	145
Figura 26: Detalle del depósito del sistema de captación de vapor .....	145

## Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de las superficies de la planta .....	7
Tabla 2. Maquinaria de la planta y potencia nominal de arranque .....	9
Tabla 3. Catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera .....	29
Tabla 4. Parámetros a cumplir en los vertidos industriales a colectores municipales Decreto 57/2005.....	33
Tabla 5. Limite máximo de metales pesados en productos fertilizantes elaborados con residuos Real Decreto 506/2013 sobre fertilizantes .....	34
Tabla 6. Características para riego Real Decreto 1620/2007 Reutilización aguas residuales tratadas .....	35
Tabla 7. Criterios de admisión en vertederos para residuos inertes (1), de residuos no peligrosos (2) y de residuos peligrosos (3). (Orden AAA/661/2013, de 18 de abril) Valores límite de lixiviación .....	37
Tabla 8. Criterios de admisión en vertederos para residuos inertes (1), de residuos no peligrosos (2) y de residuos peligrosos (3). (Orden AAA/661/2013, de 18 de abril).Valores límite de contenido total de parámetros orgánicos .....	38
Tabla 9. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes (Anexo II del R.D. 1367/2007).....	40
Tabla 10. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes (Anexo II Objetivos de calidad acústica RD 1038/2012) .....	41
Tabla 11. Guía horizontal de olores para AAls publicada en el Reino Unido .....	43
Tabla 12. Resultado del análisis físico/químico realizado por Applus de muestras de residuos recogidas de la planta .....	46
Tabla 13. Caracterización de una muestra de biomasa sólida procedente de residuos municipales .....	47
Tabla 14. Resultados de los análisis realizados a una muestra de lixiviados procedente de un vertedero municipal.....	48
Tabla 15. Resultados de los análisis realizados a una muestra de fracción líquida procedente de la planta.....	50
Tabla 16. Resultados de los análisis realizados a una muestra de biorresiduo procedente de la planta.....	51
Tabla 17. Resultados obtenidos de análisis de vapores orgánicos, polvo y metales y mercurio en aire en el puesto de trabajo del operario D. Juan Carlos Aguado .....	52
Tabla 18. Resultados obtenidos del análisis de vapores orgánicos, polvo y metales y mercurio en aire en el Trómel .....	52
Tabla 19. Resultados obtenidos del análisis de vapores orgánicos, polvo y metales y mercurio en aire en el Foso.....	53
Tabla 20. Resultados obtenidos del análisis de CO <sub>2</sub> , amoníaco en trómel, foso y operario .....	53

Tabla 21. Resultados obtenidos del análisis de gases LEL, O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S y CO .....	54
Tabla 22. Consumos producidos en la prueba llevada a cabo por ECOHISPÁNICA el 15 de marzo de 2012.....	57
Tabla 23. Costes aproximados que se producen como consecuencia de la realización de la prueba, llevada a cabo por ECOHISPÁNICA el 15 de marzo de 2012.....	58
Tabla 24. Características de los vehículos recolectores compactadores de residuos.....	59
Tabla 25. Datos de partida para la selección de la muestra .....	62
Tabla 26. Población y contenedores recogidos por sección .....	64
Tabla 27. Composición de los residuos de entrada.....	70
Tabla 28. Densidad de los residuos de entrada .....	71
Tabla 29. Caracterización de Salida en bruto de material procesado .....	75
Tabla 30. Caracterización del material de rechazo .....	76
Tabla 31. Caracterización del biorresiduo en función del tamaño. ....	77
Tabla 32. Análisis físico/químico del biorresiduo. Comparación con Orden AAA 661/2013 para admisión en vertedero de residuos inertes (1) y residuos peligrosos (2),.....	78
Tabla 33. Análisis de biorresiduo < 6 mm de luz de tamiz (por duplicado).....	78
Tabla 34. Resultados del análisis de lixiviado realizado el 10 de mayo 2012 por EUROCONTROL. LIMITE LEGISLACIÓN (A) Decreto 57/2005 (B) Orden AAA/661/2013 (vertederos residuos inertes).....	80
Tabla 35. Comparación del extracto líquido procedente del sistema de esterilización de residuos (mayo 2012) con lixiviado de vertedero (CETENMA, Anexo 6 y García-López et al. 2014) .....	81
Tabla 36. Consumos de agua, gas y electricidad producidos en la prueba llevada a cabo por ECOHISPÁNICA el 10 de mayo de 2012. ....	82
Tabla 37. Costes debidos a los consumos de agua, gas y electricidad en la prueba realizada por ECOHISPÁNICA el 10 de mayo de 2012 .....	83
Tabla 38. Coste por tonelada tratada.....	83
Tabla 39. Niveles sonoros obtenidos en la evaluación acústica de la planta .....	86
Tabla 40. Principales características del muestreo .....	92
Tabla 41. Población de cada sección con el número de contenedores que corresponde recoger en cada una de ellas.....	94
Tabla 42. Detalle de la ruta de recogida.....	95
Tabla 43. Resultados de la caracterización de la fracción orgánica y resto. ....	100
Tabla 44. Características del contenedor para medir la densidad.....	101
Tabla 45. Resultado del estudio de densidades.....	101
Tabla 46. Fracciones obtenidas de la muestra de salida en bruto.....	104
Tabla 47. Fracciones obtenidas de la muestra de biorresiduo .....	105
Tabla 48. Fracciones obtenidas de la muestra pasante .....	106
Tabla 49. Comparativa de la caracterización de los materiales de los distintos flujos de la planta residuos llevada a cabo por EUROCONTROL (27/5/2013). ....	107
Tabla 50. Comparativa de la caracterización de los materiales de los distintos flujos de la planta residuos llevada a cabo por EUROCONTROL (29/5/2013) .....	108

Tabla 51. Comparativa de la caracterización de los materiales de los distintos flujos de la planta residuos llevada a cabo por EUROCONTROL (31/5/2013) .....	109
Tabla 52. Características del contenedor para cálculo de la densidad de la muestra de salida en bruto.....	110
Tabla 53. Características del contenedor para cálculo de la densidad de la muestra después de periodo de secado. ....	110
Tabla 54. Resultado del estudio de densidades de la muestra de salida .....	110
Tabla 55. Parámetros analizados en EUROCONTROL en las fracciones de salida en bruto, pasante y biorresiduo .....	111
Tabla 56. Parámetros que se analizan en IPROMA en las fracciones de salida en bruto, pasante y biorresiduo .....	111
Tabla 57. Características de la muestra de salida en bruto .....	112
Tabla 58. Características de la muestra pasante.....	113
Tabla 59. Características del biorresiduo.....	113
Tabla 60. Características del biorresiduo de salida de la planta en la prueba de mayo de 2013. Comparación con los límites recogidos en la Decisión 2003/33/CE. ....	116
Tabla 61. Características del pasante del trómel de la planta en la prueba de mayo de 2013. Comparación con los límites recogidos en la Decisión 2003/33/CE. ....	117
Tabla 62. Características de la salida en bruto de la planta en la prueba de mayo de 2013. Comparación con los límites recogidos en la Decisión 2003/33/CE. ....	118
Tabla 63. Clasificación de Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos .....	119
Tabla 64. Comparación de los valores obtenidos en el biorresiduo con el límite máximo de metales pesados en productos fertilizantes elaborados con residuos Real Decreto 506/2013 sobre fertilizantes .....	120
Tabla 65. Comparación del valor medio de los análisis de los extractos líquidos de mayo 2013 (EUROCONTROL) con el Decreto 57/2005 sobre vertidos a colector, la Orden AAA/661/2013 sobre aceptación de residuos en vertederos (ensayo percolación residuos inertes) y porcentaje de variación respecto al Decreto 57/2005. ....	124
Tabla 66. Lectura de contadores. Prueba en continuo.....	125
Tabla 67. Control de pesadas en básculas .....	126
Tabla 68. Consumos por tonelada.....	129
Tabla 69. Repercusión del coste del consumo energético y de agua .....	130
Tabla 70. Medida del peso y de los consumos de los contadores de electricidad, gas y agua .....	131
Tabla 71. Consumos por tonelada de electricidad, gas y agua. ....	133
Tabla 72. Comparativa de consumos de las dos pruebas por tonelada tratada.....	133
Tabla 73. Medida del peso y de los consumos de los contadores de electricidad, gas y agua .....	134
Tabla 74. Consumos por tonelada tratada en la prueba de septiembre-2013 .....	135
Tabla 75. Resultados de las mediciones de volúmenes.....	147
Tabla 76. Comparación del condensado procedente del captador de vapor con los extractos líquidos y el Decreto 57/2005 .....	150

<b>Tabla 77. Análisis de muestras de extracto líquido y destilado, porcentaje de variación y comparación con el Decreto 57/2005 .....</b>	<b>158</b>
<b>Tabla 78. Parámetros del destilado en comparación con las características del agua para calderas de vapor .....</b>	<b>159</b>
<b>Tabla 79. Canon aproximado e inversión de una planta de clasificación y compostaje, sin valorización energética para tratar 160.000 t/año .....</b>	<b>170</b>
<b>Tabla 80. Canon aproximado e inversión de una planta de clasificación y compostaje con conversión del rechazo en CDR para tratar 180.000 t/año.....</b>	<b>172</b>
<b>Tabla 81. Canon aproximado e inversión de una planta de clasificación y compostaje con valorización energética del rechazo mediante incineración para tratar 160.000 t/a .....</b>	<b>173</b>
<b>Tabla 82. Canon aproximado e inversión de una planta de clasificación y compostaje, y gasificación por plasma de todos los rechazos, para tratar 160.000 t/año.....</b>	<b>174</b>
<b>Tabla 83. Canon aproximado e inversión de una planta de tratamiento completo para esterilización de residuos para tratar 160.000 t/año .....</b>	<b>176</b>
<b>Tabla 84. Comparativa de precios de tratamiento de residuos en distintas localidades.....</b>	<b>176</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

La ciudad, por la concentración de su población y la intensidad de sus actividades, es, en general, la más expuesta a problemas de degradación ambiental. Los problemas de contaminación de las ciudades pueden tener distintos orígenes, entre los que cabe destacar la contaminación de las masas de agua, la contaminación atmosférica, el ruido y la producción de residuos de distinta procedencia.

Entre la gran variedad de residuos existentes podemos citar los generados en las zonas urbanas como consecuencia de la actividad cotidiana de sus habitantes. Estos residuos urbanos (RU) que de forma común conocemos como "basuras" hasta hace no muchos años no eran un motivo especial de preocupación. En la actualidad, debido al crecimiento económico y la acumulación de población en zonas puntuales, alcanzan cantidades muy importantes, en España más de 24,4 millones de toneladas en 2010 (INE, 2013), que han de ser gestionados adecuadamente, pues de lo contrario se convertirían en un problema de primera magnitud.

La gestión de estos residuos es el término utilizado para todas las actividades asociadas con las operaciones aplicadas a los residuos dentro de la sociedad. La meta básica de la gestión es llevar a cabo estas operaciones sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que puedan perjudicar al medio ambiente y, en particular, sin crear riesgos para el agua, el aire o el suelo, ni para la fauna o flora, sin provocar incomodidades por el ruido o los olores y sin atentar contra los paisajes y lugares de especial interés, y con el objetivo de alcanzar la reutilización y el reciclaje de los materiales residuales y eliminar los vertederos.

Con el fin de estudiar y evaluar nuevos métodos de tratamiento de los RU amigables con el medio ambiente, el Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid, a través de la Empresa Municipal de Servicios RIVAMADRID, decidió poner en marcha un proyecto de Investigación, Desarrollo e Innovación que planteara una alternativa al sistema de gestión de residuos actual. Para ello, RIVAMADRID firmó un Convenio de Colaboración con la empresa ECOHISPÁNICA I+D MEDIOAMBIENTAL para desarrollar una planta piloto basada en un proyecto de separación y valorización de residuos, *Proyecto Waste Cleaner*, basado en tecnología de esterilización de los residuos y posterior separación mecánica de los mismos.

Siendo consciente el Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid del necesario consenso social y ambiental para la implementación de dicha tecnología, se creó una Comisión para la Evaluación e Investigación de la citada planta, integrada por técnicos, a la que se dotó, como órgano colegiado, de Reglamento Interno de funcionamiento (Anexo 1).

## **2. CONSTITUCIÓN DE LA COMISIÓN TÉCNICA**

### **2.1. COMPOSICIÓN Y REGLAMENTO DE LA COMISIÓN**

Como se ha mencionado previamente, el Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid planteó en sesión celebrada el día 3 de noviembre de 2011, la creación de una Comisión para la Evaluación e Investigación del proyecto de gestión y tratamiento de residuos que se pretende realizar en la planta piloto. La Comisión fue nombrada mediante el Decreto de Alcaldía Nº 4788/11 de 02/12/2011 del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid.

La Comisión está constituida por diferentes técnicos, representantes de diversos ámbitos, que ejercen su profesión en Universidades, Organismo Público de Investigación, Empresa Pública, Ayuntamiento y ONGs. En concreto, la Comisión está formada por los siguientes miembros:

- Jefe de Servicio de Medio Ambiente y Movilidad del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid.
- Gerente de la Empresa Municipal de Servicios (RIVAMADRID)
- Dos investigadores de la Universidad Autónoma de Madrid y del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).
- Tres técnicos con experiencia acreditada en residuos nombrados por las asociaciones del Consejo Sectorial de Medio Ambiente. Entre los integrantes de la Comisión se encuentran representadas las Asociaciones Ecologistas en Acción, Amigos de la Tierra, *Greenpeace*, Asociación Riverde y Rivas Aire Limpio.

Una vez constituida la Comisión se aprobó un Reglamento Interno de funcionamiento (Anexo 1). Este Reglamento es un instrumento técnico que norma el funcionamiento y la ejecución del proceso de Evaluación e Investigación y afecta a todos los integrantes de la Comisión Técnica.

El Reglamento tiene por objetivo facilitar el desarrollo de las tareas para elaborar un *“Informe sobre los potenciales impactos ambientales y energéticos derivados de la información solicitada y obtenida de la puesta en marcha en fase piloto del Proyecto Waste Cleaner basado en tecnología de esterilización de los residuos y posterior separación mecánica de los mismos”*.

Lo relativo al funcionamiento y régimen de funcionamiento en cuanto a Convocatoria de Reuniones, Actos y Acuerdos de la Comisión se recoge en los Artículos 8 y 10, respectivamente, del citado Reglamento.



La base legal del Reglamento de la Comisión se sustenta en el Decreto de Alcaldía, antes mencionado, del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid.

## **2.2. COMPETENCIAS DE LA COMISIÓN**

El Artículo 7 del citado Reglamento hace referencia a las competencias de la Comisión para la Evaluación e Investigación de la Planta del Proyecto Waste Cleaner de separación y valorización de los residuos urbanos de Rivas Vaciamadrid.

Según se cita, la Comisión tendrá plena potestad para encargar la realización de todos aquellos estudios, analíticas e informes que considere oportuno de cara a la consecución de los objetivos marcados. Asimismo, tendrá libre acceso a toda la información técnica disponible del funcionamiento de la planta piloto y de la tecnología empleada; todo ello sin perjuicio de la obligación de todos los miembros de dicha Comisión de mantener el secreto profesional vinculado a patentes y a tecnologías industriales empleadas en el proceso, motivo por el cual la Comisión no ha realizado ningún avance de resultados referente a la planta hasta no haber concluido el presente informe.

Entre las competencias de la Comisión, la principal y en la que reposa el fundamento de la Comisión, es la Evaluación de todos los posibles impactos ambientales y energéticos de la planta y de su funcionamiento, así como de los subproductos, emisiones y rechazos que genere este sistema de tratamiento. Los resultados y conclusiones obtenidos serán recogidos y difundidos mediante la elaboración de un informe final que se reportará al Alcalde y al Consejo Sectorial de Medio Ambiente. En cumplimiento de esta competencia se elabora el presente informe.

## **2.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO DE LA COMISIÓN**

La Comisión ha llevado a cabo su labor desde enero de 2012 hasta noviembre de 2014. A lo largo de este período se han realizado 36 reuniones (más tres reuniones previas los días 12, 16 y 20 de enero de 2012). La primera tuvo lugar el 30/01/2012 y la última el 06/11/2014, el contenido de las mismas ha quedado recogido en las Actas correspondientes de cada reunión.

El trabajo llevado a cabo a lo largo de este período se engloba en las siguientes acciones:

- Revisión y evaluación de los trabajos y estudios realizados, relativos a la planta, previos a la constitución de la Comisión.
- Revisión de la normativa aplicada a una planta de las características de la planta a evaluar.

- En base a la documentación revisada y a las características de la planta, indicación de las pruebas y análisis a realizar para evaluar el comportamiento medioambiental de la planta en funcionamiento. En primer lugar en fase de prueba puntual, a lo largo de una jornada, y, posteriormente, en semicontinuo a lo largo de varios días.
- Evaluación de los distintos informes recibidos en base a las pruebas y análisis solicitados.
- En función de los resultados obtenidos se realizaron recomendaciones a implantar con el fin de conseguir mejoras ambientales.
- Seguimiento de los distintos trabajos de mejora que se han ido efectuando en la instalación.
- Informe final sobre la evaluación de los potenciales impactos ambientales y energéticos derivados de la puesta en marcha en fase piloto de la planta.

### **3. OBJETIVO DEL INFORME**

El objetivo del presente informe es la evaluación, por parte de la Comisión, del comportamiento de la *Planta piloto para la separación y valorización de la fracción orgánica y resto de los residuos urbanos*, consistente básicamente en la esterilización de residuos mediante autoclave y posterior separación mecánica de los mismos. La citada planta, perteneciente a la empresa ECOHISPÁNICA, está ubicada en las instalaciones de RIVAMADRID. En la fase de pruebas se han utilizado residuos procedentes de la fracción orgánica y resto de los residuos urbanos recogidos en el municipio de Rivas Vaciamadrid.

Para lograr este objetivo ha sido necesaria la consecución de los siguientes Objetivos Específicos:

- Evaluación de los potenciales impactos ambientales de la planta
- Evaluación de los potenciales impactos energéticos de la planta
- Evaluación de los potenciales impactos económicos de la planta

Todo ello, siempre considerando los límites que marcan los datos disponibles.

Asimismo, se ha optado por establecer una comparativa de esta tecnología con otras disponibles actualmente en el mercado, recogiendo las ventajas y los inconvenientes de cada una de ellas, así como los aspectos económicos.

#### **4. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA CUANDO SE CONSTITUYÓ LA COMISIÓN**

En un principio ECOHISPÁNICA proporcionó a la Comisión información general de la planta así como del balance de masas del proceso (Anexo 2). Información más concreta, por motivos de seguridad industrial, se ha podido consultar en las oficinas de RIVAMADRID.

A lo largo del período de actividad de la Comisión se han ido realizando importantes modificaciones en la planta con el fin de mejorar los aspectos ambientales y de rendimiento de la misma. Esta información ha ido siendo facilitada por la empresa ECOHISPÁNICA y se mostrará en apartados posteriores.

A continuación se expone la descripción de la planta en el momento en que tuvo lugar la constitución de la Comisión Técnica.

##### **4.1. UBICACIÓN**

Según consta en la Memoria del Estudio de Impacto Ambiental realizado a la planta piloto (Anexo 3), cuya actividad va a ser evaluada por la Comisión, ésta se ubica dentro de una nave industrial, situada en parcela de uso industrial 39-15-2, ZUOP 17 La Deseada, c/ Fortuny nº 2 del municipio de Rivas Vaciamadrid (Madrid) (**Figura 1**). Consta de una sola planta y se ha construido una estructura de hormigón prefabricado sobre zapatas arriostradas. Los cerramientos utilizados son paneles de hormigón en capas con asilamiento. La cubierta es panel tipo sándwich.



**Figura 1. Mapa de situación de la planta**

El edificio consta de un foso abierto, una zona de nave y otra de oficinas y cuartos auxiliares. Las características de la superficie construida se recogen en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Distribución de las superficies de la planta

ZONA	SUPERFICIE CONSTRUIDA
Foso 1 (recogida de residuos)	178,42 m <sup>2</sup>
Foso 2 (Instalación maquinaria)	89,49 m <sup>2</sup>
Sala de calderas	49,80 m <sup>2</sup>
Nave	660,88 m <sup>2</sup>
Oficinas-Instalaciones	192,10 m <sup>2</sup>
Total superficie construida	1.170,69 m <sup>2</sup>

#### 4.2. ZONA DE CARGA Y DESCARGA DE CAMIONES

La zona de carga, descarga y maniobra de camiones (**Figura 2**) se sitúa frente a la fachada posterior y consiste en una plataforma de 5.000 m<sup>2</sup>, ejecutada mediante solera de hormigón HA-25 de 18 mm de espesor, impermeabilizada mediante lámina de polietileno y armada con mallazo electrosoldado. La solera está sellada en los desagües, de manera que los posibles derrames accidentales se recogen en el registro principal antes de ser vertidos a la red.



Figura 2. Zona de carga y descarga de camiones

#### **4.3. SISTEMAS DE DRENAJE Y RECOGIDA DEL EXTRACTO LÍQUIDO Y AGUAS PLUVIALES**

El sistema de recogida del extracto líquido consiste básicamente en un circuito cerrado que recoge el proveniente del foso y del esterilizador y lo conduce a una arqueta prefabricada en acero inoxidable de 3.000 l de capacidad, que se desaloja mediante bombeo a un depósito exterior de 8.000 l, en donde se almacenan para su retirada por gestor autorizado (**Figura 3**).



**Figura 3.** Depósito para almacenamiento de extracto líquido

Las redes de saneamiento y pluviales de la parcela conforman una red integral según lo regulado en el Plan General de Ordenación Urbana de Rivas Vaciamadrid, aprobado definitivamente el 18 de marzo de 2004.

El sistema de saneamiento se evacúa a la red general de la urbanización con arquetas de derivación. Se inicia en la zona de oficinas, desde la que se dirigen las aguas mediante tubería de 150 mm de diámetro hasta una arqueta de la red residual, a partir de la cual una tubería de 200 mm de diámetro lleva las aguas residuales a la red general municipal. En el interior de la nave existen sumideros, que recogen el agua que pueda depositarse en su superficie y la dirigen a la red general de saneamiento.

#### **4.4. RELACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS E INSTALACIONES QUE COMPONEN LA PLANTA PILOTO.**

En la **Tabla 2** se relaciona la maquinaria existente en la planta con expresión de su potencia.

Tabla 2. Maquinaria de la planta y potencia nominal de arranque

PROCESO	NÚMERO	MAQUINARIA	CANTIDAD	POTENCIA (kW)
PRETRATAMIENTO	We1	Puente grúa	1	17,0
	We2	Triturador	1	220,0
	We3	Cinta	1	1,10
ESTERILIZADOR	We4	Reactor	1	29,30
POSTPROCESO	We5	Cinta	1	1,50
	We6	Trómel	1	8,20
	We9	Descalcificador	1	0,75
	We11	Bomba	1	2,50
	We12	Bomba	1	2,50
TOTAL POTENCIA ELÉCTRICA				380,10

En la **Figura 4** se muestra la situación de los equipos en el correspondiente flujograma.

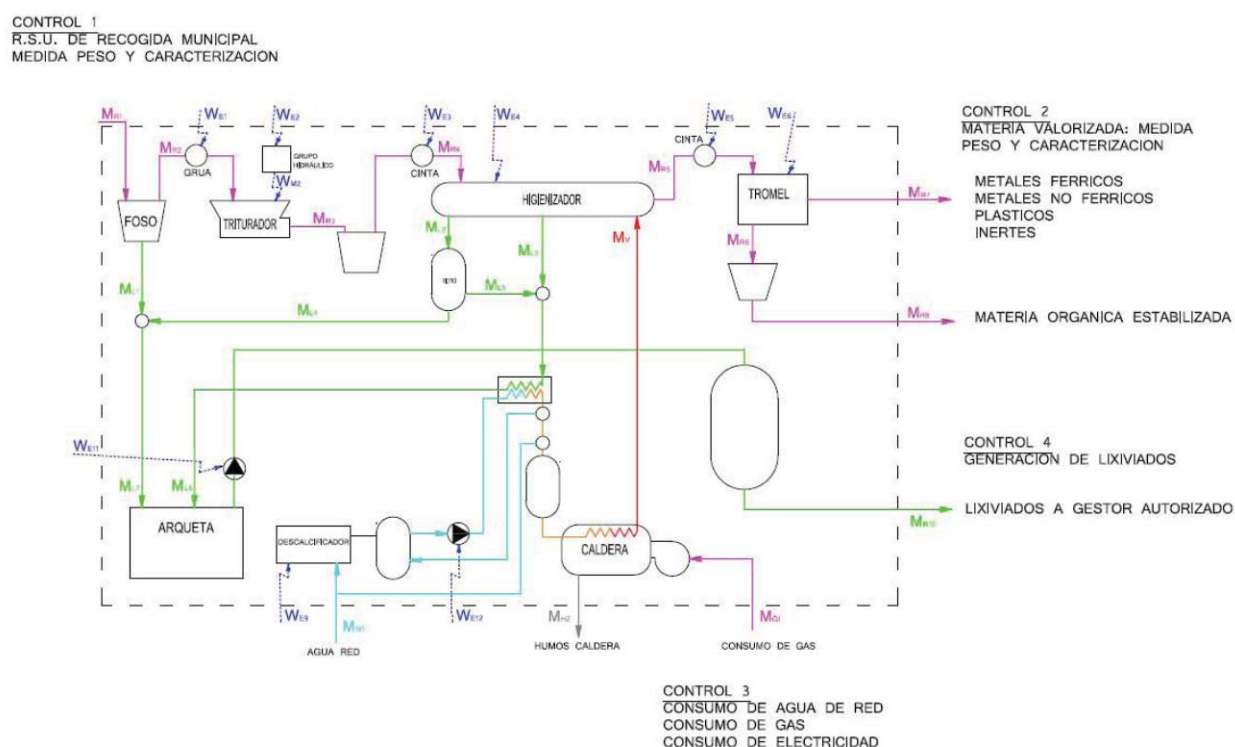


Figura 4. Diagrama de flujos del proceso

A continuación se describen los principales equipos:

#### **4.4.1. Triturador**

Compuesto de rodillos dentados y criba para desmenuzar y cortar los residuos depositados sobre la tolva. Los rodillos están accionados por un grupo electrohidráulico situado en el exterior de la nave, en la plataforma exterior impermeabilizada, estando debidamente cerrado mediante malla metálica y techado.

Tiene una capacidad de hasta 20.000 kg/h de trituración. El material triturado cae desde la criba a una cinta transportadora horizontal.

#### **4.4.2. Esterilizador**

Compuesto por un conjunto de recipientes a presión diseñados para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Comprende varias cámaras separadas por válvulas estancas a través de las cuales se traslada la materia realizando el tratamiento mediante vapor saturado a 2 bares.

Utiliza el vapor generado en la caldera, la cual se describirá más adelante, a 150°C y como resultado de su proceso se genera materia estabilizada y extracto líquido que son enviados, respectivamente, a un filtro y un intercambiador de placas para su enfriamiento. Tiene una capacidad máxima de 3.000 kg/h en la fase de pruebas.

#### **4.4.3. Intercambiador de placas**

Aprovecha el calor del extracto líquido resultante del proceso que se desarrolla en el esterilizador para calentar el agua de red antes de enviarla a la caldera. Es decir, los vapores y extractos líquidos son enfriados mediante un intercambiador de placas. En él se hacen circular, a través de placas estancas, dos circuitos independientes. En uno se enfría el vapor desde la temperatura de salida del estabilizador (150°C) hasta 40°C y en otro se calienta el agua de red descalcificada desde 12°C hasta 90°C para alimentar la caldera y ahorrar en consumo de gas.

#### **4.4.4. Caldera de vapor**

Consiste en un generador convencional de vapor para el proceso. Consume agua de red descalcificada. La caldera utiliza gas natural como combustible y genera vapor de 2.000 kW de potencia y 3.000 kg/h de producción punta de vapor.



## **5. ENSAYOS Y ANÁLISIS PREVIOS EXISTENTES**

Con anterioridad a la creación de la Comisión, ya habían sido encargados por la empresa municipal RIVAMADRID y la empresa ECOHISPÁNICA diferentes estudios relacionados con los residuos generados en el municipio de Rivas y la planta en cuestión, respectivamente. Los correspondientes informes fueron solicitados a las empresas por la Comisión para su evaluación. Dichos informes se incluyen como anexos del presente informe.

A continuación, se informa brevemente sobre las características de los estudios solicitados y se indica el Anexo al que corresponde.

### **5.1. CARACTERIZACIÓN DE DIFERENTES MUESTRAS DE RESIDUO PROCEDENTES DE UN ENSAYO DE LA PLANTA**

La empresa RIVAMADRID encargó, en marzo de 2011, a la empresa Applus Medioambiente el análisis físico/químico de diversas muestras de residuos. Las muestras analizadas procedían de:

- Muestra de residuo procedente de la fracción resto de RU, 250 kg con envases, recogida en Rivas Vaciamadrid que posteriormente era introducida en la planta.
- Muestra de residuo procedente de la 1ª Criba con envases, del ensayo realizado en la planta piloto de ECOHISPÁNICA.
- Muestra de residuo procedente de la 2ª Criba con envases, del ensayo realizado en la planta piloto de ECOHISPÁNICA.
- Muestra de residuo procedente de la 3ª Criba con envases del ensayo realizado en la planta piloto de ECOHISPÁNICA.

Los parámetros analizados fueron: materia orgánica, materia seca, metales (cadmio, cromo, cobre, cinc, níquel, plomo, mercurio) y análisis macroscópico (materia orgánica, vidrio, inertes y plásticos). En la 1ª, 2ª y 3ª Criba el análisis macroscópico también se hizo de metales. Las muestras fueron tomadas el día 31 de marzo de 2011. En el Anexo 4 se recogen los informes correspondientes (Residuos procedentes de la fracción resto (Nº Informe: 1373/11/6413), residuo de la 1ª criba entrada con envases (Nº Informe: 1373/11/6417), residuo de la 2ª criba entrada con envases (Nº Informe: 1373/11/6418) y residuo de la 3ª criba entrada con envases (Nº Informe: 1373/11/6419).

### **5.2. CARACTERIZACIÓN DE UNA MUESTRA DE BIOMASA SÓLIDA PROCEDENTE DE RESIDUOS MUNICIPALES**

La empresa ECOHISPÁNICA encargó a CETENMA en 2011 el análisis de una muestra de biomasa sólida procedente de residuos municipales. Se llevaron a cabo las siguientes determinaciones: Análisis inmediato (humedad total y cenizas), Análisis elemental

(carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre, cloro y oxígeno), Análisis energético (poder calorífico superior y poder calorífico inferior) y Metales (Hg, Cd, Tl, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, Fe) (Anexo 5).

### **5.3. CARACTERIZACIÓN DE LIXIVIADOS PROCEDENTES DE VERTEDERO MUNICIPAL**

En 2011 la empresa ECOHISPÁNICA encargó a CETENMA el análisis de una muestra de lixiviados procedente de un vertedero municipal indeterminado. Los parámetros analizados fueron: pH, turbidez, conductividad a 25°C, DQO, MES (Sólidos en suspensión), color, olor, amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sílice soluble ( $\text{SiO}_2$ ), cianuro total ( $\text{CN}^-$ ) aceites y grasas, carbono orgánico total (COT), sulfatos, bicarbonato, fosfato, nitratos, cloruros, dureza, arsénico, cadmio, cobre, cromo total, cromo VI, hierro, mercurio, níquel, cinc (Anexo 6).

### **5.4. ENSAYO DE EVAPORACIÓN DE LIXIVIADO**

La empresa ECOHISPÁNICA encargó en 2011 a la empresa CETENMA el ensayo de evaporación de lixiviado, técnica que se basa en la separación del agua de una solución acuosa mediante su paso a fase vapor y posterior condensación. El ensayo de evaporación en *batch* propone la concentración de una muestra de lixiviado hasta obtener aproximadamente una reducción entre 5 y 6 veces del volumen alimentado. Las muestras de concentrado y destilado tomadas a lo largo del ensayo fueron caracterizadas mediante la determinación de su pH, conductividad, DQO, y concentración de sólidos. Asimismo, fueron objeto de observación las condiciones de operación fijadas para el proceso de evaporación y la cantidad de producto condensado con el fin de calcular el consumo energético del proceso global de evaporación.

El condensado suministrado por la empresa ECOHISPÁNICA tenía, tras una inspección visual, color naranja/marrón, con una viscosidad próxima a la del agua, y un intenso olor a componentes orgánicos e inorgánicos, así como gran cantidad de sólidos en suspensión (Anexo 7).

### **5.5. CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO LÍQUIDO PROCEDENTE DE LA PLANTA**

La empresa ECOHISPÁNICA encargó a la empresa Applus Medioambiente el análisis una muestra de la fracción líquida procedentes del ensayo realizado en la planta piloto de ECOHISPÁNICA el día 31 de marzo de 2011. Los parámetros analizados fueron: pH, nitrógeno total Kjeldahl, cadmio, cromo, cobre, cinc, níquel, plomo, sólidos disueltos totales y materias oxidables (Anexo 8) (Nº Informe: 1373/11/6409).

## **5.6. CARACTERIZACIÓN DEL BIORRESIDUO PROCEDENTE DE LA PLANTA**

La empresa RIVAMADRID encargó a la empresa CETENMA la determinación de una serie de parámetros físico-químicos y un estudio FTIR (Espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier) a una muestra de biorresiduo procedente del tratamiento térmico de plásticos.

Los parámetros físico-químicos analizados fueron: poder calorífico superior, poder calorífico inferior, análisis elemental (C, H, N, S), solubilidad con distintos disolventes (agua destilada, acetona, n-heptano y tolueno) y residuo carbonoso (Anexo 9).

## **5.7. EVALUACIÓN HIGIÉNICA SOBRE EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES QUÍMICOS DE TRABAJADORES**

Debido a que en el proceso de tratamiento se produce la transformación de la fracción orgánica de los residuos con posible emisión al ambiente de compuestos orgánicos volátiles, la empresa ECOHISPÁNICA encargó a la Sociedad de Prevención ASEPEYO (Empresa certificada por AENOR según la Norma UNE-EN ISO 9001:2008 con el número de certificado: ER-0511/2004) la elaboración de un estudio higiénico con el fin de evaluar la exposición a determinados agentes químicos, así como la indicación de las medidas de corrección y/o prevención procedentes al objeto de controlar y/o reducir el posible riesgo, estableciendo al tiempo la planificación correspondiente.

La colocación de los equipos necesarios para las diferentes determinaciones se situó en tres puestos de trabajo que, por sus características, pudieran tener más probabilidad de exposición. En concreto, se colocaron en:

- Recogida inicial de residuo (el trabajador se encuentra en zona próxima a una cinta transportadora en el foso que recibe la materia de la trituradora).
- Foso decantador donde se recogen los productos de todo el proceso junto con los extractos líquidos.
- Salida del trómel que es utilizado para cribar los residuos (los residuos se hacen pasar por el trómel y se separan en diferentes fracciones según su tamaño).

Debe entenderse que los riesgos higiénicos analizados afectarán, en su caso, al conjunto de trabajadores relacionados en la lista de ámbitos y trabajadores expuestos.

Las mediciones se efectuaron el 02/02/2012, de 09:00 a 14:00. Los contaminantes muestreados fueron: vapores orgánicos (COVs), polvo y metales, mercurio en aire, amoníaco, monóxido de carbono, deficiencia de oxígeno, porcentaje de explosivo (LEL), sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono.

La estrategia de muestreo se planteó con el objeto de poder valorar la concentración ponderada obtenida referida a un período de 8 horas, representativa de la concentración real durante la jornada, con los valores límite para largos períodos de tiempo de exposición VLA-ED, es decir, para evaluar los posibles efectos crónicos que puedan sufrir los trabajadores.

De acuerdo con la Guía del INSHT, se eligieron varios puestos de trabajo representativos de la exposición de los distintos trabajadores, en labores habituales y representativas de su jornada laboral y considerándolas con mayor posibilidad de emitir contaminantes químicos a la atmósfera de trabajo. Los muestreos personales se efectuaron colocando los soportes de captación, lo más cerca posible de las vías respiratorias con el fin de que el muestreo fuera lo más representativo de la exposición del operario a los distintos contaminantes, siguiendo todos sus movimientos durante su trabajo. Del mismo modo, se seleccionaron diferentes focos de posibles contaminantes del proceso y se arriostraron las bombas a la estructura de la instalación.

Se realizó un *screening* en todas las muestras de vapores orgánicos y metales con el fin de orientar qué productos se encuentran en el ambiente de trabajo partiendo de una tabla base donde los citados compuestos están registrados dentro del citado *screening*.

Como criterios de valoración se utilizaron los siguientes:

- Valores Límite Ambientales (VLA) Españoles
- Valor Límite Ambiental - Exposición Diaria (VLA-ED)

El correspondiente informe que lleva por título “Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes químicos: Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), Metales, Mercurio en aire, Amoníaco, Polvo” que tiene como Referencia 2854/CD02751522/EH, se adjunta como Anexo 10.

## **5.8. ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD DEL BIORRESIDUO PROCEDENTE DE LA PLANTA**

Con el fin de evaluar un posible aprovechamiento del biorresiduo procedente de la esterilización de la fracción orgánica separada mecánicamente de los residuos urbanos (FORSU), la empresa ECOHISPÁNICA encargó a CETENMA un ensayo de biodegradabilidad de dicha fracción. Esta empresa llevó a cabo un ensayo de codigestión en continuo desarrollado a escala de laboratorio del citado biorresiduo con purines de cerdo como co-sustratos, utilizando lodo digerido de EDAR como inóculo para el arranque del proceso. El ensayo se realizó en las instalaciones de CETENMA en dos bancos de digestión anaerobia de similares características (Anexo 11).

## **6. PROCEDIMIENTO SEGUIDO POR LA COMISIÓN**

Desde enero de 2012, momento en el que se constituyó la Comisión hubo reuniones continuas hasta el mes de mayo de 2012 con el fin de analizar la documentación existente y definir los distintos parámetros a evaluar para llevar a cabo el control mediambiental de la puesta en marcha de la planta en fase de prueba de un día, previsto para el mes de mayo, y la evaluación de los resultados obtenidos.

El día 10 del citado mes fue el día elegido. Se seleccionó un jueves, entre otras razones, por considerar, en base a la experiencia de RIVAMADRID, que era el día de la semana en el que se preveía un mayor grado de homogeneización de los residuos urbanos recogidos.

La fase de prueba tuvo lugar y se llevaron a cabo muchas de las determinaciones previstas. Sin embargo, problemas surgidos a lo largo de la puesta en marcha de la planta, según consta en el informe facilitado por ECOHISPÁNICA a petición de la Comisión (Anexo 12), propiciaron que no se pudieran tomar todos los datos esperados, produciéndose además una parada de la planta para poder solventar dichos problemas. En concreto, el citado informe dice al respecto *“El prototipo instalado presenta varios problemas mecánicos de difícil o nula solución in situ, tales como atascos, generación excesiva de extracto, baja producción, etc.”*. Tras diversas reuniones posteriores a la prueba, la última el 28 de junio de 2012, la Comisión volvió a reunirse en septiembre de 2012 momento en el que le fueron entregados los informes con los resultados de la caracterización efectuada en la breve puesta en marcha de mayo.

En octubre de 2012 no se pudo plantear una nueva prueba de la planta, como estaba prevista, al tener que efectuarse nuevamente mejoras en las instalaciones y equipos al observar la Comisión deficiencias en cuanto a las emisiones de gases al evaluar el informe realizado por Asepeyo, según se pone de manifiesto en el punto 7.2.7. Para solventar estas deficiencias ECOHISPÁNICA tuvo que llevar a cabo modificaciones mecánicas y estructurales, entre otras: una válvula pulmón más grande, un pulmón almacén en la entrada, la modificación de la cinta de clasificación en la entrada y la ampliación de solera y sótano de la nave. A este respecto, el informe de ECOHISPÁNICA, que abarca desde junio de 2012 a marzo de 2013, dice:

- “- Se comienzan a hacer modificaciones en los puntos clave. Principalmente en la cámara de entrada y en la automatización.*
- Se trabaja en la solución de los defectos observados en los aspectos medioambientales e higiénicos del entorno de trabajo, a raíz de los ensayos higiénicos de marzo de 2012.*
- Se instalan los conductos de captación de vapor ambiente generado en la zona de válvulas y entrada de trómel. Se instalan enfriadoras para condensar estos vapores”.*

Una vez realizadas las modificaciones previstas, en abril de 2013 se reanudaron las reuniones de la Comisión, en concreto ese mes tuvieron lugar 3 reuniones, para planificar la evaluación de la planta en fase de pruebas en continuo, prevista para mayo de 2013. La Comisión llevó a cabo un estudio estadístico con el fin de evaluar, en base a los datos disponibles, el número de días que deberían de considerarse para llevar a cabo esta fase. Teniendo en cuenta no solo este cálculo sino también una serie de factores y consideraciones relacionadas con la operatividad del proceso, se consideró que el número de días necesarios para realizar la prueba en continuo no debería de ser inferior a 5 con un mínimo de 100 horas totales de funcionamiento. Finalmente, una vez definidas las fechas más adecuadas, se realizó la prueba en continuo que dio comienzo el 27 de mayo a las 9 de la mañana y finalizó el 1 de junio, con un funcionamiento diario de 20 horas. La Comisión solicitó que durante el ensayo se realizaran diversas determinaciones, entre ellas, una evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes químico (que fue solicitada nuevamente a ASEPEYO), la caracterización de los condensados y extractos líquidos y los ensayos del condensado de vapor y del destilado de la depuradora.

A lo largo de la prueba se observaron deficiencias en relación a los escapes de vapor en el entorno, siendo las enfriadoras previamente instaladas insuficientes, según consta en el informe de ECOHISPÁNICA (Anexo 12). Asimismo, analizando los informes posteriores recibidos, concretamente el relativo a las mediciones higiénicas solicitado a Asepeyo (Anexo 13), se detectan niveles inaceptables de limoneno y dióxido de carbono, según recoge también el citado informe de ECOHISPÁNICA (Anexo 12). Por estos motivos, las últimas mejoras realizadas han sido la instalación del sistema de vacío y condensado para favorecer el funcionamiento de la planta y la eliminación de vapores tóxicos.

La instalación de los equipos de captación del vapor generado y la planta de evaporación del extracto líquido, que se terminó de instalar en septiembre de 2013, así como la comprobación de su puesta en marcha y funcionamiento, retrasó las mediciones de las emisiones gaseosas en la nave y la caracterización de los condensados y extractos líquidos evaporados.

En las reuniones de julio y septiembre de 2013 la Comisión recibió los informes de las determinaciones efectuadas durante las pruebas de mayo, quedando pendiente la medición de las emisiones de gases y condensados que fueron realizadas en octubre y noviembre y entregadas, respectivamente, en enero y febrero de 2014.

A partir de ese momento la Comisión ha realizado dieciocho reuniones para la elaboración del informe final de evaluación de la planta, cuyo contenido se presenta a continuación.

En resumen, por los diversos motivos aludidos, la puesta en marcha de la planta se fue posponiendo realizándose una primera prueba de 1 día, el 10 de mayo de 2012, y una prueba en continuo que se llevó a cabo los días 27, 28, 29, 30, 31 de mayo y 1 de junio de

2013. Esta prueba junto con las últimas mediciones realizadas en noviembre de 2013 son las que han dado los resultados más concluyentes para este informe.

Por lo tanto, debido a las razones mencionadas, la Comisión quiere hacer constar que su funcionamiento y la elaboración del presente informe se han demorado en el tiempo mucho más de lo previsto inicialmente.

## **7. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA COMISIÓN**

En primer lugar, se analizó la documentación previa a la constitución de la Comisión aportada por ECOHISPANICA y RIVAMADRID (apartado 5). Posteriormente se realizó la revisión del Estudio de Impacto Ambiental de una Planta Piloto para la Separación y Valorización de Residuos Domésticos (Anexo 3), la Declaración de Impacto Ambiental (Anexo 14), el Cumplimiento de los Condicionados de la DIA (Estudio de suelos, Anexo 15) y la Identificación de focos de emisión atmosférica (Anexo 16).

En segundo lugar, se procedió a establecer los aspectos ambientales a tener en cuenta y hacer algunas precisiones a partir de la agrupación de las normas sectoriales tomando como base los procesos esenciales identificados en el desarrollo de la actividad de la planta, teniendo como referente prevenir y asegurar la salud ambiental y, por ende, la de los ciudadanos; basándose en ello, se solicitaron diversos estudios.

En tercer lugar, se analizaron y evaluaron los resultados obtenidos y, por último, se plantearon algunas recomendaciones para atender algunos de los problemas identificados con el análisis. De igual forma, se propusieron algunas mejoras para el correcto funcionamiento ambiental de la planta. Finalmente se ha procedido a la elaboración del presente informe final.

A continuación se presentan los pasos metodológicos que ha seguido la Comisión para el desarrollo del presente informe.

### **7.1. ASPECTOS AMBIENTALES A CONSIDERAR Y LEGISLACIÓN APLICABLE**

Antes de describir los aspectos ambientales y la legislación aplicable que se va a considerar en el informe de la Comisión, se incluye un resumen de los informes del Estudio de Impacto Ambiental y de la Declaración de Impacto Ambiental. Asimismo, se añade un extracto de la autorización de notificación administrativa de la Dirección General de Evaluación Ambiental, Área de Calidad Atmosférica de la Comunidad de Madrid.

#### **7.1.1. Estudio de Impacto Ambiental**

La empresa Evaluación Ambiental realizó el Estudio de Impacto Ambiental (presentado el 4 de junio de 2012, habiéndose incluido en este informe el Documento de Síntesis en el Anexo 3) en cumplimiento del Oficio de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de fecha 8 de marzo de 2012, de la Planta Piloto para la Separación y Valorización de Residuos Domésticos de Rivas Vaciamadrid, con el fin de someter el



funcionamiento de las instalaciones al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental Abreviado.

En el Estudio de Impacto Ambiental (EslA), siguiendo las Directrices remitidas por la Consejería, se analizó la posible incidencia del proyecto en el medio ambiente en el que se ubica.

A continuación se resumen los resultados obtenidos en el Estudio de Impacto Ambiental y el Plan de Vigilancia Ambiental, que sería tenido en cuenta y ampliado en la Declaración de Impacto Ambiental, como se comenta en el apartado 7.1.2. de este informe.

Los impactos más relevantes asociados a la instalación, en principio, serían las emisiones atmosféricas, los olores o el impacto acústico, sobre todo cuando existen urbanizaciones y centro comerciales a distancias de 400 y 250 m, respectivamente. Sin embargo los impactos ambientales significativos identificados a través de la matriz causa-efecto fueron:

*“- Posible afección a los suelos y la red de drenaje por un vertido accidental de los productos utilizados para la limpieza de las instalaciones.*

*- La carga y transporte de maquinaria no generará ningún impacto diferente de los que se podrían producir por el funcionamiento de cualquier otra actividad industrial.*

*- No se consideran los efectos sobre la atmósfera pues no se produce ninguna emisión derivada de esta fase.*

*- No se consideran los efectos sobre la vegetación, la hidrogeología, los espacios naturales protegidos, patrimonio cultural y las vías pecuarias por no existir estos recursos en el ámbito de afección del proyecto.*

*- No se consideran los efectos sobre el paisaje pues la actividad ya está instalada, contando con las consiguientes autorizaciones.*

*- No se consideran los efectos sobre el planeamiento urbanístico pues la propuesta es acorde con éste.*

*- No se consideran los efectos sobre la población, pues no se identifica que se pueda causar ningún impacto significativo sobre ella.*

*- No se consideran los impactos sobre los recursos naturales, pues no se producirán consumos de recursos significativos durante esta fase.”*

El Estudio de Impacto Ambiental *“evidencia que las emisiones atmosféricas que produce la planta (vapor de agua) están exentas de contaminantes como se constata mediante las analíticas efectuadas en el estudio” y “se prevé que no se producirán olores que superen el*

*ámbito de la parcela, pues el tratamiento de los residuos depositados en la planta será inmediato y diariamente únicamente se tratará el contenido de cuatro viajes de camión”. Por otra parte, se dice que “... se presenta un estudio acústico que evidencia que se cumple la normativa en relación a esta materia...” y que “los únicos impactos identificados como COMPATIBLES, están asociados con el riesgo de contaminación de los suelos o la red de saneamiento por vertido de lixiviados, y sólo se podrían producir en caso de accidente, pues se ha dotado a la planta de una solera impermeable y de sistemas de recogida de lixiviados, que hace muy improbable que un vertido pudiera llegar a contaminar los suelos o las aguas”.*

*Por otro lado, se considera en el EsIA que “...este proyecto fomenta la investigación en materia de residuos, contribuyendo al cumplimiento de los principios establecidos en la nueva Ley de Residuos 2/2011, de 28 de junio, que promueve la innovación en la prevención y gestión de los residuos, para facilitar el desarrollo de las soluciones con mayor valor para la sociedad en cada momento”.*

En cuanto al Plan de Vigilancia Ambiental (en adelante PVA) se plantean en el EsIA los siguientes objetivos:

- *“Establecer un sistema de vigilancia que garantice la ejecución correcta de todas las medidas preventivas y correctoras contenidas en el EsIA. Para ello, se establecen indicadores de control, umbrales admisibles y medidas a adoptar en caso de sobrepasarlos.*
- *El seguimiento de las variables ambientales identificadas. De esta forma se pueden cuantificar de forma precisa las alteraciones derivadas de las acciones desarrolladas por la actividad, pudiendo estimar la eficacia de las medidas protectoras y correctoras propuestas en el proyecto, así como poner de manifiesto impactos no detectados o incrementos en la magnitud de los previstos.*
- *Integrar el trabajo de seguimiento ambiental con el de la Comisión de Evaluación e Investigación de la planta que deberá evaluar los posibles impactos ambientales, energéticos y económicos del funcionamiento de la planta, así como de los subproductos, emisiones y rechazos que genere este sistema de tratamiento.”*

Para la consecución de los objetivos citados se plantea la siguiente estructura del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA):

- *“Diseño de un programa de puntos de inspección (en adelante PPI) que permita cubrir las metas necesarias para alcanzar los dos primeros objetivos y que sea una herramienta al servicio de la protección de las variables más sensibles tanto en fase de funcionamiento como en fase de desmantelamiento.*
- *Integración del PVA con la labor de la Comisión de Evaluación e Investigación de la planta. El PVA generará informes de seguimiento periódicos que se nutrirán, en parte, de los resultados obtenidos por la citada Comisión.*

*El cumplimiento, control y seguimiento ambiental de las medidas son responsabilidad del Promotor, quien lo ejecutará con personal propio o mediante asistencia técnica, que se responsabilizará de la ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental y de la emisión de los informes técnicos periódicos”.*

La descripción del programa de puntos de inspección puede consultarse en el Anexo 3 de este informe.

Sin embargo, por su relevancia, a continuación se sintetizan las medidas planteadas en el EsIA por haber sido propuestas en las Directrices para la realización del Estudio de Impacto Ambiental correspondientes a Proyectos de Instalaciones de Gestión de Residuos, remitidos por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, reflejadas en el Estudio de Impacto Ambiental.

#### “Medidas preventivas

- *Instalación de sendos cubetos de retención bajo el grupo hidráulico y el compresor con dimensiones tales que permitan contener el total de los fluidos que pudieran derramarse accidentalmente: A pesar de que tanto el grupo hidráulico como el compresor se encuentran instalados sobre losa de hormigón, conviene reforzar la impermeabilización con la instalación de estos cubetos que van a evitar cualquier afección ambiental en caso de derrame.*
- *Mejora del sistema de ventilación: al objeto de extraer de la zona del foso el limoneno, se instalará de forma previa a la puesta en funcionamiento de las instalaciones un sistema de extracción que evite la generación de una atmósfera explosiva.*
- *En la actualidad se está reevaluando la posibilidad de instalar una depuradora que, además de reutilizar el agua de proceso (bien para el consumo de la planta o bien para usos de riego y/o baldeo), sirva para minimizar la cantidad de residuos producidos, que en este caso pasarían de ser lixiviados a “tortas” procedentes del proceso de depuración. Este tratamiento que, desde el punto de vista teórico, presenta muchas ventajas pues en especial reduciría notablemente el agua que consume la planta, presenta el inconveniente de que el agua utilizada por la caldera debe tener unas características de calidad muy próximas al agua potable, dado que de otra manera la caldera no funcionaría correctamente. Los procesos necesarios para conseguir que el agua resultante de la depuración pueda ser reutilizada en la caldera son bastante costosos, en especial en lo que al consumo energético se refiere.*

*En caso de determinarse que esta reutilización es ineficiente, se destinaría el agua resultante del proceso de depuración a riego de jardines (del municipio) o bien al baldeo de calles (también municipales) o a superficies de la planta. El sistema de depuración que está siendo evaluado es el de evaporación y la ubicación prevista*

*para la instalación de la depuradora es en superficie (sin necesidad de realizar excavación), junto al depósito de lixiviados.*

- *Aislamiento de las tuberías de transporte del agua procedente del intercambiador de placas a la caldera, para minimizar las pérdidas de calor del agua y en consecuencia reducir el consumo energético (de gas en este caso).*

### Medidas correctoras

*Se desarrollan, generalmente, al finalizar la instalación o ejecución del proyecto o simultáneamente con ésta, aumentando su eficacia conforme se adoptan en las fases más tempranas de la actividad.*

*Se proponen las siguientes medidas correctoras:*

- *Sistema de extracción localizada: algunos de los procesos asociados a la esterilización de los residuos generan emisiones de vapor que escapan del sistema de tratamiento de gases propuesto. Se propone la instalación de un sistema de extracción que permitirá recircular estos vapores hacia el intercambiador de placas dónde se enfriaran para ser gestionados como lixiviados.*
- *Aumento del número de placas del intercambiador: el aumento del número de placas permitirá aumentar la capacidad de enfriamiento del intercambiador, de tal forma que se conseguirá disminuir las emisiones de vapor producidas en esta fase y aumentar el calentamiento del agua limpia que se recirculará hacia la caldera. Además de disminuir el vapor emitido en esta operación, se disminuirá el consumo de gas natural en la caldera, ya que el agua llegará a la caldera a mayor temperatura”.*

Algunas de estas medidas, tanto las preventivas como las correctoras, se han ido realizando progresivamente, como se comentará a lo largo del presente informe, con el objetivo de conseguir la disminución de emisiones y obtener una mayor eficiencia energética.

#### **7.1.2. Declaración de Impacto Ambiental (DIA, enero 2013)**

La Declaración de Impacto Ambiental del proyecto “Planta de separación y valorización de residuos sólidos urbanos”, con ref. 10/003889.1/13, se publicó con fecha 16/01/2013 (se incluye en el Anexo 14 de este informe).

En ella se indica que “*se deberán cumplir todas las medidas preventivas y correctoras que contiene el Estudio de Impacto Ambiental, así como las condiciones que se expresan seguidamente, significando que, en los casos en que pudieran existir discrepancias entre unas y otras, prevalecerán las contenidas en la Declaración de Impacto Ambiental*”.

A continuación se resumen las condiciones ambientales y el Plan de Vigilancia Ambiental que pueden consultarse íntegramente en el Anexo 14 de este informe.

#### **7.1.2.1. Condiciones ambientales.**

##### **7.1.2.1.1. Condiciones relativas a la protección atmosférica.**

- Se instalará un sistema de extracción localizada hacia el exterior de la instalación, para minimizar la contaminación por emisiones de vapor en su interior. A su vez, se instalará un sistema de ventilación adecuado en la zona del foso, para evitar el riesgo de explosión debido a la presencia de limoneno, así como una extracción localizada para este contaminante.
- Deberá cumplir la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera y las establecidas en dicha legislación.

##### **7.1.2.1.2. Condiciones relativas a los ruidos.**

- En la fase de funcionamiento, deberán cumplirse los valores límite de inmisión de ruido aplicables a actividades, del Anexo II del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, y en la Ordenanza de Prevención de Ruidos y Vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid.

##### **7.1.2.1.3. Condiciones relativas a la protección de las aguas subterráneas y suelos.**

- La actividad se encuentra incluida en el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establecen las actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- En aplicación del citado Real Decreto, deberá remitirse un Informe de Situación de Caracterización Analítica del Suelo; cuyo objetivo es detectar si existe afección previa a la calidad del suelo en el emplazamiento. En caso de no detectarse contaminación, los resultados obtenidos servirán para definir la situación preoperacional.
- Todas las zonas donde se almacenen o manipulen los residuos, así como las de carga y descarga, deberán disponer de solera impermeabilizada y sistemas de recogida de efluentes, para evitar que se produzca contaminación proveniente de derrames de líquidos o de restos impregnados en dichos materiales.

**7.1.2.1.4. Condiciones relativas a vertidos de aguas residuales.**

- El titular de la instalación deberá presentar, en el Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid, según lo establecido en la Ley 10/1993, sobre Vertidos Líquidos Industriales al Sistema Integral de Saneamiento, el documento de Identificación Industrial.

Además, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- La red interna de saneamiento deberá contar con una arqueta para el registro de efluentes en su tramo final y antes de su conexión al sistema integral de saneamiento, cuyo diseño y localización cumpla el artículo 27 de la Ley 10/1993.
- Los efluentes líquidos generados deberán adaptarse a lo establecido en la Ley 10/1993. Quedarán prohibidos los vertidos de todos los compuestos enumerados en el Anexo 1 de la Ley 10/1993. El resto de los contaminantes contenidos en los efluentes estarán limitados en sus concentraciones a los valores máximos instantáneos señalados en el Anexo 2 de la Ley 10/1993.
- Cuando por accidente o fallo de funcionamiento de las instalaciones se produjera un vertido que esté prohibido y que pueda originar una situación de emergencia, como fugas de hidrocarburos o cualquier otro tipo de residuos peligrosos, el titular deberá comunicar urgentemente tal circunstancia al órgano gestor del sistema de saneamiento, al Ayuntamiento y a la Consejería, con objeto de evitar o reducir al mínimo los daños que pudieran producirse.
- La instalación deberá disponer de redes internas separativas, diferenciándose entre la red de pluviales, fecales y red de recogida interna de posibles derrames generados en interior de la nave. Esta última, deberá conectarse a la red de recogida de extractos líquidos existente.
- En el caso de que el efluente de la depuradora se utilice para riego de zonas verdes, se deberá contar con la preceptiva concesión de la Confederación Hidrográfica del Tajo, y cumplir las medidas aplicables contenidas en el Plan de Cuenca vigente.
- Las aguas pluviales recogidas en la plataforma de carga, descarga y movimiento de vehículos, deberán ser recogidas en una red de drenaje separativa y ser tratadas en un separador de grasas e hidrocarburos, de forma previa a su vertido a la red de saneamiento municipal.

**7.1.2.1.5. Condiciones relativas a la gestión de residuos.**

- Todos los residuos generados se gestionarán de acuerdo a su naturaleza, según establece la Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados y la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid.
- Los aceites industriales usados que se generen durante la actividad serán gestionados conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.

- Dado que se trata de una actividad de gestión de residuos no peligrosos, la instalación deberá contar con la correspondiente autorización exigida en el artículo 27 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados.

#### 7.1.2.1.6. Otras condiciones.

- Según se establece en la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, cuando el titular resulte responsable, se deberán adoptar y ejecutar las medidas necesarias de prevención, de evitación y de reparación de daños medioambientales y sufragar sus costes, cualquiera que sea la cuantía.

#### 7.1.2.1.7. Condiciones sobre el abandono de la actividad.

- Una vez concluido el período de funcionamiento, que el promotor establece en un año desde la puesta en marcha de la planta, se deberán dismantelar las instalaciones y equipos que se utilicen, y dedicarse la nave a alguno de los usos actualmente admitidos por el planeamiento urbanístico vigente.

### 7.1.2.2. Vigilancia ambiental.

En relación con la vigilancia ambiental la DIA señala que *“...se realizarán los controles necesarios en los que se garantice el cumplimiento de cada una de las medidas de protección y corrección contempladas en el Estudio de Impacto Ambiental y en la Declaración de Impacto Ambiental. Al contenido del Plan de Vigilancia establecido en el Estudio de Evaluación de Impacto deberán añadirse los siguientes controles y actuaciones.*

#### 2.1. Control de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

*Se deberá controlar la estanqueidad de los depósitos y arquetas que vayan a contener derrames de productos o residuos peligrosos.*

2.2. Autocontrol de efluentes y vertido al sistema integral de saneamiento. A los dos meses de la recepción de esta Declaración de Impacto Ambiental, deberá llevarse a cabo un autocontrol de vertido, según la metodología señalada en la Ley 10/1993, debiendo analizarse al menos los siguientes parámetros: pH, temperatura, conductividad, sólidos en suspensión, aceites y grasas y DBO<sub>5</sub>.

#### 2.3. Gestión de residuos.

*Se realizará los controles referentes a la naturaleza y cantidad de residuos admitidos en la planta, así como de la naturaleza y cantidad de las fracciones resultantes en el tratamiento de esterilización. Asimismo, se realizará el control del destino final de los residuos.*

*2.4. Deberá elaborarse un registro ambiental en el que figuren los resultados de la ejecución del programa de vigilancia ambiental.*

*Se llevará un registro de incidencias, en el que se describan las situaciones en las que se produzcan fugas o derrames. Se analizarán las causas y el origen de dichas incidencias y se hará una valoración de la eficacia de los sistemas de detección y recogida que en cada caso hubieran intervenido.*

*Además, se deberá elaborar un Plan de Actuación en caso de emergencia, que defina las actuaciones que se deberán llevar a cabo en situaciones de riesgo de contaminación de cualquier tipo (explosión de tanques, incendios, vertidos accidentales, etc.).*

*2.5. Identificación de los impactos residuales que, tras la aplicación de las medidas preventivas y correctoras, pudieran aparecer.*

*2.6. Remisión de documentación e informes.*

*El titular deberá elaborar, a los tres meses de la recepción de la Declaración de Impacto Ambiental, un informe en el que se relacionen las medidas correctoras realmente ejecutadas y se detallen los controles que hayan sido realizados, con los resultados obtenidos, referidos al cumplimiento de las medidas de protección ambiental instrumentadas de acuerdo con la presente Declaración de Impacto Ambiental. Dichos informes quedarán en las instalaciones a disposición de la autoridad competente.*

*Los análisis de agua, suelo y mediciones de ruido, etc. deberán estar certificados por un organismo de control acreditado ante ENAC y autorizado por la Comunidad de Madrid.*

*Sin perjuicio de lo anterior, la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid podrá efectuar las comprobaciones que sean necesarias para verificar dicho cumplimiento”.*

Con objeto de cumplir con estos requisitos, el titular de la instalación ha remitido un informe de medidas correctoras ejecutadas para dar cumplimiento a la Declaración de Impacto Ambiental (Anexo 17) con fecha 14 de octubre de 2013.

### **7.1.3. Cumplimiento de las condiciones ambientales de la DIA**

#### **7.1.3.1. Estudio de caracterización de las aguas superficiales, subterráneas y del suelo.**

En la DIA se establece, con respecto a la protección de las aguas subterráneas y suelos (epígrafe 1.3. “Condiciones relativas a la protección de las aguas subterráneas y suelos”), el siguiente condicionado:



*“... La actividad se encuentra incluida en el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación d actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados por lo que en aplicación del citado Real Decreto deberá remitirse un Informe de Situación de Caracterización analítica del suelo cuyo objetivo es detectar si existe afección previa a la calidad del suelo en el emplazamiento. En caso de no detectarse contaminación, los resultados obtenidos servirán para definir la situación preoperacional.”*

El informe de situación de la caracterización inicial y analítica del suelo y subsuelo se realizó por la empresa Evaluación Ambiental, S.L. para dar cumplimiento a la Declaración de Impacto Ambiental (16 de enero de 2013) sobre el estado de situación de las aguas superficiales, subterráneas y de suelos, se llevó a cabo el 21 mayo 2013 (Anexo 15).

El estudio de caracterización inicial del suelo concluye que se trata de un medio físico totalmente antropizado que cuenta con las siguientes características:

- Red hidrológica superficial natural inexistente.
- Aguas subterráneas bajo la zona de implantación; inexistentes al menos hasta una profundidad de 18 m.
- Solera de hormigón que impide el sistema foco-receptor.

No se ha detectado a partir del estudio histórico, actividades que hayan podido generar episodios de contaminación del suelo o las aguas subterráneas más allá de fuentes difusas como la agricultura o el proceso urbanizador.

El modelo conceptual establece un esquema de sistema foco-vector-receptor en el que en condiciones normales el riesgo ambiental es bajo.

Para el estudio de caracterización analítica se seleccionaron seis muestras en donde se realizaron catas hasta los 30 centímetros, número recomendado por el Área de Planificación y Gestión de Residuos de la Comunidad de Madrid para superficies de dimensiones inferiores a 1 hectárea. El muestreo se llevó a cabo el 12 de abril de 2013 y la ubicación de los puntos queda recogida en el Anexo 15 de este informe. La toma de muestras y posterior analítica fue realizada por IPROMA (entidad acreditada por ENAC) conforme a los criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 (OGA-ENAC-LEC).

Del análisis de los resultados obtenidos y de su comparación con los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) establecidos en el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, *“...por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminado...”*, se puede concluir que no hay ningún parámetro que supere los NGR.

Las conclusiones finales del estudio de Caracterización Inicial y del Estudio de Caracterización analítica a partir de los resultados obtenidos concluyen que los suelos de la parcela 39-15 de la Z.O.U.P. 17 “La Deseada” (anterior Sector 7), sita en la calle Mariano Fortuny 2 del municipio de Rivas Vaciamadrid, no están contaminados.

A partir de estos estudios se establece además el “Blanco Ambiental” en cumplimiento del Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, y del apartado 1.3 “Condiciones relativas a la protección de las aguas subterráneas y los suelos” de la DIA.

#### **7.1.3.2. Identificación de focos de emisión atmosférica**

Los focos de emisión definidos fueron:

Focos de emisión canalizados como tal se ha considerado la caldera de proceso  $\leq 2,3$  MWt y  $\geq 70$  kWt del grupo C. Altura del foco emisión de 8 metros para la correcta dispersión de contaminantes. Valores límite de emisión a cumplir son: CO 100 mg/Nm<sup>3</sup> y NO<sub>x</sub> (expresados como NO<sub>2</sub>) 450 mg/Nm<sup>3</sup> en condiciones normales de presión y temperatura (101,3 kPa de presión y 273 K de temperatura) y a un 3% de oxígeno. Se realizará un control a los tres meses de puesta en marcha de la instalación y se medirá CO y NO<sub>x</sub>, tres medidas de una hora cada una. Al funcionar la instalación un año no será necesario realizar otros controles en este foco, salvo que el órgano competente lo considere oportuno.

Focos de emisión difusa se ha considerado el foso de descarga, trituradora, cintas transportadoras, puertas de la nave. Para la actividad de “Valorización no energética de residuos no peligrosos” no se establecen valores límite de emisión pero se requiere la realización de un estudio olfatométrico por un organismo acreditado por ENAC en el plazo máximo de 6 meses desde la puesta en marcha de las instalaciones.

La instalación ha recibido la resolución de la notificación administrativa por la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid (con fecha 15 de octubre de 2013) (Anexo 16) que tendrá una duración de un año a partir de la puesta en marcha de la planta, transcurrido ese plazo deberá procederse a una nueva notificación. En ella se recoge todas las obligaciones relativas a las emisiones a la atmósfera de las APCA (Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera) que se desarrollan en la instalación.

La instalación realiza las actividades incluidas en el “Catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera CAPCA-2010” del Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades

potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas de aplicación (**Tabla 3**).

**Tabla 3. Catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera**

Actividad	Grupo	Código
Valorización no energética de residuos no peligrosos con capacidad $\leq 50$ t/día	C	09100903
Calderas de P. t.n $\leq 2,3$ MWt y $\geq 70$ kWt	C	03010303
Tratamiento de aguas/efluentes residuales en la industria. Plantas con capacidad de tratamiento $< 10000$ m <sup>3</sup> al día	C	09100102

La actividad de depuración de aguas residuales, generadas en el tratamiento de residuos que realiza ECOHISPÁNICA, se identifica en la notificación administrativa de la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid (con fecha 15 de octubre de 2013) dentro de CAPCA-2010 como “Tratamiento de aguas/efluentes residuales en la industria 09100102” y se considera que no se encuentran contaminantes recogidos en el Anexo I de la Ley 34/2007.

En la resolución de la notificación administrativa se indica que, como elementos de depuración específicos, la instalación dispondrá de filtros de carbón activo en la salida a la atmósfera del sistema de aspiración y tratamiento de los condensados.

Se considerarán, por tanto, para las emisiones atmosféricas el foco canalizado de la caldera y los focos difusos del interior de la nave: foso de descarga, trituradora, cintas, trómel y entradas.

#### **7.1.4. Aspectos Ambientales a considerar y legislación aplicable**

Los aspectos ambientales menos relevantes según el EsIA serían las emisiones atmosféricas, los olores o el impacto acústico, ya que las instalaciones están en el interior de una nave y los niveles medidos no han superado los indicados en la legislación respectiva.

Los impactos ambientales definidos como compatibles y que por tanto se deberían focalizar son principalmente: la generación y recogida de los extractos líquidos y su control para evitar la contaminación de suelos y la red de saneamiento por el vertido de dichos líquidos.

Por consiguiente, en este informe se va a evaluar las diferentes operaciones llevadas a cabo en la instalación y los aspectos ambientales relativos a: emisiones a la atmósfera, ruidos, olores, generación de subproductos sólidos, es decir material sólido: biorresiduo, plásticos, metales, inertes; y productos líquidos como son los vapores condensados y los denominados extractos líquidos.

### **Revisión legislación aplicable**

Se ha llevado a cabo una revisión de la legislación vigente en relación a emisiones gaseosas, residuos líquidos, residuos sólidos, ruidos, olores (guía metodológica del Reino Unido), evaluación ambiental y seguridad contra incendios. La revisión se ha realizado con el objetivo de identificar los ámbitos normativos existentes, entendidos como aquellos aspectos que requieren ser revisados en la medida que pueden afectar al entorno de la ubicación de la actividad de la planta.

#### **7.1.4.1. Relativo a Emisiones**

En el año 2008, la Unión Europea publicó la Directiva 2008/50/CE relativa a la Calidad del Aire Ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, cuyo objeto principal es aplicar el Sexto Programa de Acción Comunitaria en materia de Medio Ambiente y sustituir la normativa anterior sobre calidad del aire, revisando y ampliando sus requisitos y procediendo así a unificar y simplificar estos actos administrativos.

A nivel nacional dicha directiva se transpone al derecho nacional, el 28 de enero de 2011, a través del Real Decreto 102/2011, observando los criterios establecidos en la directiva, entre los que se encuentran los valores límite, umbrales de protección y alerta/información de los distintos contaminantes atmosféricos.

#### Legislación Nacional

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de Calidad del aire y Protección de la atmósfera.
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

La legislación relativa a la calidad atmosférica crea un marco de protección para la atmósfera, sin embargo, tal y como se ha recogido en la descripción de las infraestructuras y su funcionamiento, el proyecto no generará emisiones atmosféricas más allá de las emisiones generadas por el funcionamiento de la caldera.

La normativa en vigor (R.D. 102/2011, Ley 34/2007 y Directiva 2008/50/CE) para proteger la salud y el medio ambiente en relación con la calidad del aire se refiere a la estructura de las redes y representatividad de las estaciones, los nuevos métodos de referencia, aplicables además a los equipos existentes como muy tarde el 11 de junio de 2013, las nuevas obligaciones para partículas de diámetro inferior a 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>), y la necesidad de adoptar planes de mejora de la calidad del aire que tengan en cuenta los tres contaminantes que plantean problemas en la actualidad: dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), partículas de diámetro inferior a 10 µm (PM<sub>10</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>).

La Resolución de la Dirección General de Evaluación Ambiental de fecha 15 de octubre de 2013 (Anexo 16) ha establecido que no existirá ningún foco de emisión a la atmósfera desde la planta, salvo la chimenea de la caldera por lo que la legislación aplicable se refiere a la protección de la salud y seguridad de los trabajadores.

#### Legislación aplicable para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores

- En el Real Decreto 374/2001 sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo se indica que para la valoración de los resultados se utilizarán los criterios de valoración establecidos en su Anexo I y que en su ausencia, se deberán aplicar los establecidos en normativas específicas aplicables o bien, los valores límite ambientales publicados por el INSHT en el “Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España”.
- Para la valoración de los agentes cancerígenos y mutágenos se considera el Real Decreto 665/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo y sus modificaciones (R.D. 1124/2000 y R.D. 349/2003).
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con dichos agentes, publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Real Decreto 486/1997 de lugares de trabajo, 50 m<sup>3</sup>/h/trabajador (14 l/s/trabajador), para locales con presencia de contaminantes Instalar sistema de Ventilación general con el fin de garantizar un caudal de aire mínimo en todos los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 “Reglamento sobre equipos de trabajo” se indica que cualquier equipo (máquinas y aparatos fijos principalmente) que entrañe riesgo por emanación de gases vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

- Real Decreto 681/2003, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

#### **7.1.4.2. Relativo a Residuos Líquidos**

En el proceso de esterilización de los residuos se introduce vapor caliente y se añade presión, esto genera una salida de vapor y de líquidos condensados que denominamos extractos líquidos y que deben ser evaluados según el destino final que se les vaya a dar. Para este tipo de líquidos no existe legislación por lo que vamos a referenciar legislación que se aplica en casos similares.

- 1) La primera consideración es que los residuos tratados en la instalación evaluada corresponden a los residuos recogidos en el contenedor de resto, es decir todo lo que no quiere o puede separar el ciudadano. Este residuo actualmente en Rivas iría a vertedero por lo que una posible vía de eliminación final de los materiales obtenidos en la planta sería el vertedero.

Por ello, el líquido que se genera de ese residuo podría clasificarse de acuerdo con la Decisión 2003/33/CE del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, que establece criterios y procedimientos de admisión de residuos en vertederos y ensayos de lixiviación para establecer la tipología del vertedero al que iría el residuo.

Para la aplicación práctica de los requisitos en España se ha redactado un único texto Orden AAA/661/2013, 18 de abril, que refunde las prescripciones del Anexo II del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre (que transpuso la Directiva 1999/31/CE) y las de la Decisión 2003/33 del Consejo. En el Anexo II de la Orden AAA/661/2013 apartado 2 se recogen los valores límite para los residuos admisibles en diferentes tipos de vertederos: inertes, no peligrosos y peligrosos y los valores de los ensayos de lixiviación (ver apartado 7.1.4.3., **Tabla 7 y Tabla 8**).

- 2) La segunda consideración es que si estos líquidos se sacasen de la planta deberían ser vertidos al colector municipal y al ser un líquido procedente de un proceso industrial debería aplicarse la Ley 10/1993, de la Comunidad de Madrid, sobre vertido de residuos industriales a colector municipal y su Reglamento, Decreto 57/2005 (**Tabla 4**)

Tabla 4. Parámetros a cumplir en los vertidos industriales a colectores municipales Decreto 57/2005

**VALORES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS  
DE LOS PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN**

PARÁMETRO	Unidades	Valores máximos instantáneos
Temperatura	°C	40
pH (intervalo permisible)	unid. de pH	6-10
DBO <sub>5</sub>	mg/l	1000
DQO	mg/l	1750
Sólidos en suspensión	mg/l	1000
Aceites y grasas	mg/l	100
Cianuros totales	mg/l	5
Cloruros	mg/l	2000
Conductividad	µS/cm <sup>2</sup>	7500
Detergentes totales	mg/l	30
Fluoruros	mg/l	15
Sulfatos	mg/l	1000
Sulfuros	mg/l	5
Toxicidad	Equitox/m <sup>3</sup>	25
<b>COMPUESTOS ORGANOHALOGENADOS Y SUSTANCIAS QUE LOS PUEDAN ORIGINAR EN AGUA</b>		
Organohalogenados adsorbibles (AOX)	mg Cl/l	5
Trihalometanos, Total	mg/l	2,5
<b>HIDROCARBUROS PERSISTENTES Y SUSTANCIAS ORGÁNICAS TÓXICAS Y BIOACUMULABLES</b>		
BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno) <sup>1</sup>	mg/l	1,5
Fenoles totales	mg/l	2
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) <sup>2, 3</sup>	mg/l	1
Hidrocarburos totales	mg/l	20
<b>METALES Y SUS COMPUESTOS <sup>4</sup></b>		
Aluminio	mg/l	20
Arsénico	mg/l	1
Bario	mg/l	20
Boro	mg/l	3
Cadmio	mg/l	0,5
Cobre	mg/l	3
Cromo hexavalente	mg/l	1
Cromo total	mg/l	3
Estaño	mg/l	2
Hierro	mg/l	10
Manganeso	mg/l	2
Mercurio	mg/l	0,1
Níquel	mg/l	5
Plata	mg/l	1
Plomo	mg/l	1
Selenio	mg/l	1
Zinc	mg/l	3
Tóxicos metálicos <sup>5</sup>		5
<b>SUSTANCIAS QUE CONTRIBUYEN A LA EUTROFIZACIÓN</b>		
Fósforo total	mg P/l	40
Nitrógeno total <sup>6</sup>	mg N/l	125

<sup>1</sup> Individualmente cada uno de los compuestos del grupo BTEX no podrá superar los 0,5 mg/l.

<sup>2</sup> La concentración de PAH se obtendrá considerando la suma de los siguientes compuestos: Acenaftileno, acenafteno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(ghi)perileno, criseno, dibenzo(ah)antraceno, fenantreno, fluoreno, fluoranteno, indeno(1,2,3cd)pireno, naftaleno, pireno.

<sup>3</sup> Individualmente cada uno de los compuestos del grupo PAH no podrá superar los 0,1 mg/l.

<sup>4</sup> La concentración de metales debe entenderse como total: Fracción disuelta más fracción en suspensión

<sup>5</sup> La suma de las fracciones concentración real/concentración límite exigido, relativa a los elementos tóxicos (arsénico, cadmio, cromo VI, níquel, mercurio, plomo, selenio, cobre y zinc) no superará el valor 5.

<sup>6</sup> El nitrógeno total equivale a la suma de nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico + NH<sub>3</sub>), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito.”

- 3) La tercera consideración es que podría ser un líquido valorizable materialmente, ya que al tener un alto % en materia orgánica podría utilizarse como fertilizante líquido. Por ello, se referencia el Real Decreto 506/2013 (**Tabla 5**) que indica los requisitos que debe cumplir un material procedente de residuos para ser utilizado como fertilizante.

**Tabla 5. Limite máximo de metales pesados en productos fertilizantes elaborados con residuos Real Decreto 506/2013 sobre fertilizantes**

Metal pesado	Límites de concentración Sólidos: mg/kg de materia seca Líquidos: mg/kg		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0.7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1.000
Mercurio	0.4	1.5	2.5
Cromo (total)	70	250	300
Cromo VI	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial

- 4) Podría ser tratado en la planta para reintroducirlo en el proceso de generación de vapor por lo que debería cumplir con los requisitos que requiera la caldera de generación de vapor en cuanto a características del agua de entrada.
- 5) Por otra parte, si se tratara en la planta y se quisiera utilizar como agua de riego debería cumplir con los requisitos que marca el Real Decreto 1620/2007 sobre reutilización de aguas residuales tratadas (**Tabla 6**).



Tabla 6. Características para riego Real Decreto 1620/2007 Reutilización aguas residuales tratadas

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>2.- USOS AGRÍCOLAS<sup>1</sup></b>					
<b>CALIDAD 2.1<sup>2</sup></b> a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases <sup>2</sup> con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia ( <i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000
<b>CALIDAD 2.2</b> a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior. b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne. c) Acuicultura.	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases <sup>2</sup> con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i> : 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne) Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia ( <i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
<b>CALIDAD 2.3</b> a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L

<sup>1</sup> Características del agua regenerada que requieren información adicional: Conductividad 3,0 dS/m; Relación de Adsorción de Sodio (RAS): 6 meq/L; Boro: 0,5 mg/L; Arsénico: 0,1 mg/L; Berilio: 0,1 mg/L; Cadmio: 0,01 mg/L; Cobalto: 0,05 mg/L; Cromo: 0,1 mg/L; Cobre: 0,2 mg/L; Manganeseo: 0,2 mg/L; Molibdeno: 0,01 mg/L; Níquel: 0,2 mg/L; Selenio: 0,02 mg/L; Vanadio: 0,1 mg/L.  
 Para el cálculo de RAS se utilizará la fórmula:

$$RAS(\text{meq/L}) = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{[Ca] + [Mg]}{2}}}$$

<sup>2</sup> Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados

#### 7.1.4.3. Relativo a Residuos Sólidos

##### Estatul:

Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados. Tiene por objeto regular la gestión de los residuos impulsando medidas que prevengan su generación y mitiguen los impactos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente asociados a su generación y gestión, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos. Tiene asimismo como objeto regular el régimen jurídico de los suelos contaminados. La Ley 22/2011 establece, en su artículo 8, una nueva jerarquía en la gestión de los residuos, estableciendo prioridades en la gestión de los mismos, en el siguiente orden:

- Prevención
- Preparación para la reutilización
- Reciclado

- Otro tipo de valorización, incluida la valorización energética
- Eliminación

Otra legislación concordante con la temática abordada se relaciona a continuación:

- Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de envases.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, lista europea de residuos, operaciones de valorización y eliminación de residuos.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 1304/2009, de 31 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante el depósito en vertedero.
- Resolución de 20 de enero de 2009, 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.
- Real Decreto 782/98, Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/97.
- Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el R.D. 782/1998.
- Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2011, de 27 de diciembre, que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.
- Decisión 2003/33/CE del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, que establece criterios y procedimientos de admisión de residuos en vertederos y ensayos de lixiviación para establecer la tipología del vertedero al que irá el residuo.

Para la evaluación de los materiales que se generan en el proceso llevado a cabo en este tratamiento no existe una legislación actualmente aplicable, por lo que se van a referenciar una serie de legislaciones que podrían aplicarse según el destino final que se le diera a ese material.

1) La primera consideración es que los residuos tratados en la instalación evaluada corresponden a los residuos recogidos en el contenedor de resto, es decir todo lo que no quiere o puede separar el ciudadano. Este residuo actualmente en Rivas iría a vertedero por lo que una posible vía de eliminación final de los materiales obtenidos en la planta sería el vertido en vertedero.

Por ello, se recoge la Decisión 2003/33/CE del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, que establece criterios y procedimientos de admisión de residuos en vertederos con arreglo al artículo 16 y Anexo II de la Directiva 1999/31/CE, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos. Los criterios de esta Decisión son aplicables desde julio de 2005.

Para la aplicación práctica de los requisitos en España se ha redactado un único texto Orden AAA/661/2013, 18 de abril, que refunde las prescripciones del Anexo II del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre (que transpuso la Directiva 1999/31/CE) y las de la Decisión 2003/33 del Consejo. En el Anexo II de la Orden AAA/661/2013 apartado 2 se recogen los valores límite para los residuos admisibles en diferentes tipos de vertederos: inertes, no peligrosos y peligrosos. En las **Tablas 7 y 8** se resumen, respectivamente, los valores límite de lixiviación y los valores límite de contenido total de parámetros orgánicos para los distintos tipos de vertederos. Las particularidades específicas para cada vertedero, que se indican con asteriscos en las tablas mencionadas, deberán consultarse en la citada Orden.

**Tabla 7. Criterios de admisión en vertederos para residuos inertes (1), de residuos no peligrosos (2) y de residuos peligrosos (3). (Orden AAA/661/2013, de 18 de abril)**  
**Valores límite de lixiviación**

Componente	Residuos inertes (1) L/S = 10 l/kg (mg/kg de materia seca)	Residuos inertes (1) C <sub>0</sub> (ensayo de percolación) (mg/l)	Residuos no peligrosos (2) L/S = 10 l/kg (mg/kg de materia seca)	Residuos no peligrosos (2) C <sub>0</sub> (ensayo de percolación) (mg/l)	Residuos peligrosos (3) L/S = 10 l/kg (mg/kg de materia seca)	Residuos peligrosos (3) C <sub>0</sub> (ensayo de percolación) (mg/l)
As	0,5	0,06	2	0,3	25	3
Ba	20	4	100	20	300	60
Cd	0,04	0,02	1	0,3	5	1,7
Cr total	0,5	0,1	10	2,5	70	15
Cu	2	0,6	50	30	100	60
Hg	0,01	0,002	0,2	0,03	2	0,3
Mo	0,5	0,2	10	3,5	30	10
Ni	0,4	0,12	10	3	40	12
Pb	0,5	0,15	10	3	50	15
Sb	0,06	0,01	0,7	0,15	5	1
Se	0,1	0,04	0,5	0,2	7	3
Zn	4	1,2	50	15	200	60
Cloruro	800	450	15.000	8.500	25.000	15.000
Fluoruro	10	2,5	150	40	500	120
Sulfato	1.000*	1.500	20.000	7.000	50.000	17.000
Índice de fenol	1	0,3				
COD**	500	160	800	250	1.000	320
STD***	4.000	—	60.000	—	100.000	—

\* Aunque el residuo no cumpla este valor correspondiente al sulfato, podrá considerarse que cumple los criterios de admisión si la lixiviación no supera ninguno de los siguientes valores: 1500 mg/l en C<sub>0</sub> con una relación = 0,1 l/kg y 6000 mg/kg con una relación L/S = 10 l/kg. Será necesario utilizar el ensayo de percolación para determinar el valor límite con una relación L/S = 0,1 l/kg en las condiciones iniciales de equilibrio, mientras que el valor con una relación L/S = 10 l/kg se podrá determinar, bien mediante una prueba de lixiviación por lotes, bien mediante un ensayo de percolación en condiciones próximas al equilibrio local.

\*\* Si el residuo no cumple estos valores de carbono orgánico disuelto (COD) con su propio pH, podrá alternativamente probarse con una relación L/S y un pH dependiendo del tipo de vertedero.

\*\*\* Los valores de sólidos totales disueltos (STD) podrán utilizarse como alternativa a los valores de sulfato y cloruro.

**Tabla 8. Criterios de admisión en vertederos para residuos inertes (1), de residuos no peligrosos (2) y de residuos peligrosos (3). (Orden AAA/661/2013, de 18 de abril). Valores límite de contenido total de parámetros orgánicos**

Parámetro	Valor límite (mg/kg de materia seca)
<b>(1) Residuos Inertes</b>	
COT (Carbono orgánico total).	30.000*
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)	6
PCB (Policlorobifenilos, 7 congéneres)	1
Aceite mineral (C10 a C40)	500
HPA (Hidrocarburos policíclicos aromáticos, 16 congéneres**)	55
<b>(2) Residuos no peligrosos</b>	
COT (Carbono orgánico total)	Máximo 5 % sobre materia seca *
pH	Mínimo 6
CNA (Capacidad de neutralización de ácidos)	***
<b>(3) Residuos peligrosos</b>	
LOI (Pérdida por calcinación)****	Máximo 10 % sobre materia seca
COT (Carbono orgánico total)*	Máximo 6 % sobre materia seca **
CNA (Capacidad de neutralización de ácidos)	***

\* En el caso de la tierra, previa conformidad del órgano ambiental competente de la comunidad autónoma, podrá aplicarse un valor límite más alto siempre que el carbono orgánico disuelto (COD) alcance un valor máximo en unas condiciones que dependen del tipo de vertedero.

\*\* Suma de las siguientes sustancias: Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-c,d)pireno, Naftaleno y Pireno-

\*\*\* En el procedimiento de caracterización básica del residuo deberá evaluarse su capacidad de neutralización de ácidos (CNA). El órgano ambiental competente de la comunidad autónoma podrá eximir de la realización de pruebas para la comprobación de este parámetro cuando se disponga de información suficiente o no se considere relevante teniendo en cuenta las condiciones de pH previsiblemente inducidas por los demás residuos admitidos en el vertedero.

\*\*\*\* Deberá utilizarse o bien la pérdida por calcinación (LOI) o bien el carbono orgánico total (COT).

2) La segunda consideración es que la Ley 22/2011, de 22 julio, sobre residuos y suelos contaminados recoge diferentes definiciones sobre la materia orgánica, ya sea la recogida separadamente y compostada que será denominada compost, como la recogida sin separación previa y tratada en las plantas que será denominada material bioestabilizado.

Sin embargo, actualmente (2014) no se ha definido qué se puede hacer con el material bioestabilizado y se está redactando por parte del MAGRAMA un reglamento sobre normas para su utilización.

3) La tercera consideración es que podría ser material valorizable tanto materialmente como energéticamente por lo que se va a considerar la Ley 22/2011 que define cuando un material debe ser valorizado energéticamente.

4) La cuarta consideración es que, al ser un material con alto % en materia orgánica, se podría utilizar de fertilizante o abono. Para ello, se recoge el Real Decreto 506/2013 que indica los requisitos que debe cumplir un material procedente de residuos para ser utilizado como fertilizante (ver Tabla 5).

#### **7.1.4.4. Relativa a Suelos**

- Ley 22/2011, de 22 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados.
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, que establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

#### **7.1.4.5. Relativa a Ruidos**

Los objetivos de calidad acústica y los valores límite de inmisión se establecen en función de las áreas acústicas. Las áreas acústicas se definen en la Ley del Ruido como el “ámbito territorial, delimitado por la administración competente, que presenta el mismo objetivo de calidad acústica”.

El ruido ambiental se encuentra en la actualidad plenamente introducido en nuestra legislación estatal y en las normas de las comunidades autónomas y ordenanzas municipales.

#### **Legislación**

##### **Estatal:**

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por los que se desarrolla la Ley 37/2003 en lo referente a la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 1038/2012, de 6 julio (modificación del R.D. 1367/2007)

- Norma UNE-ISO 1996-2:2009. “Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental” según el Real Decreto 1367/2007.
- AC-RD1367 Procedimiento General para la determinación de valores límite de emisión e inmisión según el Real Decreto 1367/2007.

Autonómica:

- Decreto 55/2012, de 15 de marzo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece el régimen legal de protección contra la contaminación acústica en la Comunidad de Madrid. Deroga el Decreto 78/1999 por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid, y remite a lo establecido en la legislación estatal en materia de ruido (R.D. 1367/2007).

Municipal:

- Ordenanza de prevención de ruidos y vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid.

**Objetivos de calidad aplicables a áreas acústicas**

- Según el Real Decreto 1367/2007 de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas quedan recogidos en la Tabla A del Anexo II (Tabla 9).

**Tabla 9. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes (Anexo II del R.D. 1367/2007)**

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		$L_d$	$L_e$	$L_n$
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

(1) En estos sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a), del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

Nota: Los objetivos de calidad aplicables a las áreas acústicas están referenciados a una altura de 4 m.

#### ÍNDICES DE RUIDO

- $L_d$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos día de un año.
- $L_e$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos tarde de un año.
- $L_n$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos noche de un año.

El período de día comprende de 7:00 a 19:00 horas, el de tarde de 19:00 a 23:00 horas y el de noche de 23:00 a 7:00 horas.

- El Real Decreto 1038/2012 de 6 de julio (modificación del R.D. 1367/2007 de 19 octubre, desarrolla la Ley del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas) sustituye la Tabla 9 (Tabla A del Anexo II del Real Decreto 1367/2007) por la Tabla 10.

**Tabla 10. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes (Anexo II Objetivos de calidad acústica RD 1038/2012)**

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		$L_d$	$L_e$	$L_n$
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	(2)	(2)	(2)

(1) En estos sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a), del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

(2) En el límite perimetral de estos sectores del territorio no se superarán los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de áreas acústicas colindantes con ellos.

Nota: Los objetivos de calidad aplicables a las áreas acústicas están referenciados a una altura de 4 m.

- Según la Ordenanza de prevención de ruidos y vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid, se establecen los objetivos de calidad acústica aplicables a áreas ruidosas entre las que se sitúan los usos industriales:

Día: 70 dB A

Noche: 60 dB A

#### **7.1.4.6. Relativa a Olores**

En este momento no hay legislación que contemple la contaminación por malos olores en España. Los países que tienen una legislación más elaborada son aquellos que tienen una población más elevada. Esto ocurre así porque la principal fuente de quejas proviene de los habitantes de áreas residenciales.

De esta forma, en Europa los países con una normativa más avanzada son Holanda, Alemania y el Reino Unido. En países de Asia muy poblados como Japón, China o Singapur existe legislación desde hace varias decenas de años. En Japón se introdujo en 1971 la ley de control de los olores ofensivos, corregida en 1995. Hoy en día es necesario realizar incluso un examen riguroso para ser evaluador de olores.

En España, el anteproyecto de ley contra la contaminación odorífera de Cataluña se prepara para su aprobación. Será la primera ley que trata la contaminación por olores en España y es una de las leyes más avanzadas de Europa a este respecto.

De igual forma, la Comunidad Valenciana está preparando una nueva norma que saldrá a la luz próximamente y que establecerá duras sanciones a empresas, comercios y particulares que generen mal olor en zonas densamente pobladas.

#### Legislación en España:

- Anteproyecto de ley contra la contaminación odorífera en Cataluña.
- Proyecto de Decreto por el que se aprueba el Reglamento de la calidad del medio ambiente atmosférico en Andalucía.

#### Unidades de medición:

Estudios olfatométricos basados en la norma UNE-N 13725 “Calidad del Aire - Determinación de la Concentración de Olor por Olfatometría Dinámica”.

Según la norma UNE-EN 13725 la unidad de olor europea es la cantidad de sustancia(s) olorosa(s) que, cuando se evapora en 1 metro cúbico de un gas neutro en condiciones normales, origina una respuesta fisiológica de un panel (umbral de detección) equivalente al que origina una Masa de Olor de Referencia Europea (MORE) evaporada en 1 m<sup>3</sup> de un gas neutro en condiciones normales.



1 MORE = 123 µg n-butanol = 1 UO<sub>E</sub> para la mezcla de gases olorosos.

Los límites de inmisión se expresan en términos de concentraciones de olor medio horario expresados como UO<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> al percentil 98. Ejemplo límites para plantas de compostaje: Residuos verdes: ≤ 1.5 UO<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> a percentil 98. Residuos orgánicos caseros: ≤ 1.5 UO<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> a percentil 98 (**Tabla 11**).

Tabla 11. Guía horizontal de olores para AAls publicada en el Reino Unido

Grado de "desagrado" de los olores		
Olores más desagradables...		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades que impliquen procesos de residuos putrescibles relacionados con restos de animales o peces.</li> <li>• Ladrilleras</li> <li>• Mantequerías</li> <li>• Procesado de grasas animales.</li> <li>• EDARs</li> <li>• Extractoras de aceite</li> <li>• Fábricas de piensos</li> </ul>	<b>ALTA</b>	Criterio indicativo  <b>1,5 uoE/m3</b>  Percentil 98
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cría de ganado intensivo</li> <li>• Fritura de grasas (procesado de comida)</li> <li>• Azucareras.</li> </ul> Estos son olores que no entran obviamente en la categoría de ALTA o BAJA.	<b>MEDIA</b>	Criterio indicativo  <b>3,0 uoE/m3</b>  Percentil 98
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manufactura de chocolate</li> <li>• Cervecerías</li> <li>• Confecciones</li> <li>• Fragancias y aromas</li> <li>• Tostado de café</li> <li>• Panaderías</li> </ul> Olores menos desagradables	<b>BAJA</b>	Criterio indicativo  <b>6,0 uoE/m3</b>  Percentil 98
Estas categorías son solo indicativas. La tabla A1.1 de la Guía Horizontal de Olores enumera una lista mayor de olores industriales.		

Fuente: Consejería de MA. Junta de Andalucía, 2009.

#### **7.1.4.7. Evaluación Ambiental**

##### Estatal:

- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero de 2008, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.

##### Autonómica:

- Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. Anexo IV. Epígrafe 60. Instalaciones destinadas a la valorización o eliminación de residuos no incluidas en otros epígrafes.

#### **7.1.4.8. Seguridad contra incendios**

Esta actividad se incluye en el ámbito de aplicación de la Ley 21/1992 de Industria y le es de aplicación el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos industriales. La actividad dispone de zona administrativa en el mismo establecimiento. Sin embargo, ésta no supera los 250 m<sup>2</sup>, por lo que no le es de aplicación el CTE DB SI (Código Técnico de la Edificación. Documentos Básicos Seguridad en caso de Incendio).

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquel.

Según el riesgo del establecimiento y sus características constructivas se requiere de las siguientes instalaciones de protección de incendios:

- Se instalarán dos pulsadores manuales y una alarma.
- No se exige de sistemas de comunicación de alarma.
- No se exige de sistemas automáticos de detección de incendios.
- Se dispondrá de un aljibe con capacidad para 12 m<sup>3</sup>.
- Se dispondrán 7 extintores 21 A-144 B y dos extintores CO<sub>2</sub> junto a los cuadros eléctricos.
- Se dispondrán 3 bocas de incendio equipadas DN 45 (45 mm de diámetro).

- Se dispone de alumbrado de emergencia
- No se requiere instalación de columna seca.
- No se requiere instalación de rociadores automáticos.
- No se requiere sistemas de agua pulverizada.
- No se requiere sistemas de espuma física.
- No se requiere extinción por agentes gaseosos.
- No se requiere de sistemas de hidrantes exteriores.

## **7.2. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ENSAYOS Y ANÁLISIS EXISTENTES**

Como previamente se ha comentado, con anterioridad a la constitución de la Comisión se habían realizado ensayos y análisis relativos a diversos aspectos del proceso. Estos documentos fueron solicitados por los miembros de la Comisión con el fin de poner al día las acciones emprendidas con anterioridad.

Una vez recibidos estos documentos fueron analizados y evaluados por la Comisión. A continuación se expone la información más destacada y las conclusiones obtenidas. No obstante, los informes completos se adjuntan como anexos al presente informe.

### **7.2.1. Caracterización de diferentes muestras de residuos de la planta**

Los resultados del análisis físico/químico realizado a las muestras de residuos de entrada (250kg con envases) (Nº Informe: 1373/11/6413), residuo de la 1ª criba entrada con envases (Nº Informe: 1373/11/6417), residuo de la 2ª criba entrada con envases (Nº Informe: 1373/11/6418) y residuo de la 3ª criba entrada con envases (Nº Informe: 1373/11/6419), emitidos por Applus Norcontrol se resumen en la **Tabla 12**. Las muestras fueron tomadas el 31 de marzo de 2011 y los correspondientes informes se adjuntan en el Anexo 4.

**Tabla 12. Resultado del análisis físico/químico realizado por Applus de muestras de residuos recogidas de la planta**

Parámetro	Unidades	Entrada 250 kg	1ª criba entrada	2ª criba entrada	3ª criba entrada
Materia Orgánica	(% ms)	83,91	85,59	85,06	80,90
Materia seca	%	46	44	46	51
Metales					
Cadmio	(mg/kg m.s)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cromo	(mg/kg m.s)	136	167	152	153
Cobre	(mg/kg m.s)	26,8	39,3	84,0	62,3
Cinc	(mg/kg m.s)	250	326	270	334
Níquel	(mg/kg m.s)	55,2	76,4	65,4	77,3
Plomo	(mg/kg m.s)	33,1	53,8	46,3	50,4
Mercurio	(mg/kg m.s)	5,12	5,67	4,54	3,18
Análisis macroscópico					
Materia orgánica	(g)	75,11	116,27	143,5	55,34
Vidrio	(g)	2,22	3,67	2,65	1,92
Inertes	(g)	0,30	1,07	0,70	0,51
Plásticos	(g)	0,90	2,23	5,00	3,13
Metales	(g)	-	0,05	0,16	0,02

Al no disponer de la información básica necesaria para poder evaluar esta información como metodología empleada, actividad de la planta en el momento del muestreo, características de las muestras en el momento del muestreo, etc., no se han podido tener en cuenta estos resultados y se consideró necesario realizar una nueva caracterización del residuo utilizando una metodología de muestreo y análisis previamente establecidos.

#### **7.2.2. Caracterización de una muestra de biomasa sólida procedente de residuos municipales**

Los resultados obtenidos del informe del centro tecnológico CETENMA relativo a los diferentes análisis realizados a una muestra procedente de residuos municipales se muestran a la **Tabla 13**. No figura en el informe la fecha de la toma de muestras ni la procedencia de las muestras.

**Tabla 13. Caracterización de una muestra de biomasa sólida procedente de residuos municipales**

Parámetro	Base Seca	Base Húmeda	Unidad
Análisis Inmediato			
Humedad total	-	6,75	%
Cenizas	22,33	20,83	%
Análisis Elemental			
Carbono	41,92	39,10	%
Hidrógeno	5,14	5,54	%
Nitrógeno	1,31	1,22	%
Azufre	0,25	0,23	%
Cloro	1,37	1,28	%
Oxígeno	27,68	31,80	%
Análisis Energético			
Poder calorífico superior	4.125	3.847	Kcal/kg
Poder calorífico inferior	3.854	3.555	Kcal/kg
Metales			
Mercurio	11,8	-	mg/kg
Cadmio	<1,3	-	mg/kg
Talio	<1,3	-	mg/kg
Cromo	96,5	-	mg/kg
Níquel	63,3	-	mg/kg
Cobre	60,0	-	mg/kg
Plomo	67,6	-	mg/kg
Cinc	303,5	-	mg/kg
Hierro	3.860,6	-	mg/kg

El informe correspondiente (Nº Oferta 22/11) se adjunta en el Anexo 5.

El citado informe carece de la información necesaria en cuanto a cómo se ha tomado la muestra y las condiciones de actividad de la planta en el momento del muestreo, no pudiendo, por tanto, ser tomados en consideración.

### **7.2.3. Caracterización de lixiviados procedentes del vertedero municipal**

Los resultados del análisis físico/químico realizado a la muestra de lixiviado procedente de vertedero municipal se muestran en la **Tabla 14**. En el informe no hay referencia de la fecha de muestreo. Estos análisis fueron encargados a CETENMA por la empresa ECOHISPÁNICA. El informe correspondiente (Nº Oferta 19/11) se adjunta en el Anexo 6.

**Tabla 14. Resultados de los análisis realizados a una muestra de lixiviados procedente de un vertedero municipal**

Parámetro	Resultado	Unidades
pH	4,75	Unidades pH
Turbidez	641	NTU
Conductividad a 25°C	7.480	μS/cm
DQO	39.450	mg/l
MES (sólidos en suspensión)	4.680	mg/l
Color	5.000	Índice de dilución
Olor	200	NUO
Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	591,19	mg/l
Sílice soluble (SiO <sub>2</sub> )	99,91	mg/l SiO <sub>2</sub>
Cianuro total (CN <sup>-</sup> )	<0,01	mg/l
Aceites y grasas	2017	mg/l
Carbono orgánico total (TOC)	32.712	mg C/l
Sulfatos	510,4	mg/l
Bicarbonato	<10	mg/l
Fosfato	40,36	mg/l
Nitratos	36,4	mg/l
Cloruros	1.316,7	mg/l
Dureza	3.248,8	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Arsénico (As)	<0,1	mg/l
Cadmio (Cd)	<0,1	mg/l
Cobre (Cu)	11,19	mg/l
Cromo total (Cr)	<0,1	mg/l
Cromo VI (Cr VI)	<0,005	mg/l
Hierro (Fe)	42,78	mg/l
Mercurio (Hg)	<0,0005	mg/l
Níquel (Ni)	0,83	mg/l
Plomo (Pb)	<0,1	mg/l
Cinc (Zn)	20,5	mg/l

Teniendo en cuenta que lo que se produce en la planta no son lixiviados, no se consideró apropiado tener en cuenta estos resultados al no ser útiles para realizar la evaluación de la planta. Únicamente, se pueden considerar para comparar los resultados con los obtenidos en la caracterización de los condensados que se producen en la planta. A este respecto, como se verá posteriormente, se puede concluir que los condensados que se producen en la planta no tienen las características de un lixiviado.

#### **7.2.4. Ensayo de evaporación de Lixiviado**

Según el informe realizado por el centro tecnológico CETENMA, se recogió un volumen de destilado de 42,10 l y se obtuvo un producto concentrado que se redujo hasta los 12,55 l. El volumen alimentado al digestor fue de, aproximadamente, 60 litros. El volumen no contabilizado corresponde a las pérdidas sufridas durante la purga inicial y la evaporación de productos orgánicos, observándose su continua salida a través del tanque de condensación.

Considerando los volúmenes de destilado y concentrado medidos al finalizar el ensayo, puede fijarse un rendimiento volumétrico aproximado del 77%. Si se considera el volumen inicial de producto, el rendimiento puede fijarse en un 70%.

El análisis de los resultados indica que el caudal de producción de destilado se reduce linealmente con el aumento de la concentración de producto. Se observa asimismo una variación lineal ascendente entre el consumo de combustible y la concentración del producto.

El informe concluye que durante el proceso de evaporación se redujo el volumen del lixiviado desde 60 l hasta 12,55 l, siendo por tanto el factor de concentración conseguido de  $60/12,55 = 4,7$  veces. Dicho valor se considera relativamente bajo debido a la baja cantidad de sólidos presentes en la muestra de lixiviado, lo cual provocó que se alcanzase el bajo nivel de producto a unos niveles de factor de concentración no excesivamente elevados. Se destaca en el informe que el ensayo se realizó en *batch*, estando condicionada la duración del mismo al mínimo nivel de seguridad de producto permitido por el equipo. Si se realizase el ensayo en continuo, la concentración de lixiviado puede incrementarse significativamente hasta conseguir un concentrado con un porcentaje de sólidos totales superior al 20% (líquido viscoso).

Se considera que el producto es factible de tratar mediante un proceso de evaporación, alcanzando el consumo energético valores de 1,5 kWh/l destilado.

La metodología de ensayo, los resultados obtenidos y las conclusiones se muestran en el informe correspondiente que se adjunta en el Anexo 7. En el informe no figura fecha de realización.

Por las mismas razones aludidas en el punto anterior, no se consideraron aprovechables los resultados obtenidos de este informe.

### 7.2.5. Caracterización de la fracción líquida procedente de la planta

Los resultados del análisis físico/químico realizado por Applus a la muestra de la fracción líquida obtenida de la planta se muestran en la **Tabla 15**.

**Tabla 15. Resultados de los análisis realizados a una muestra de fracción líquida procedente de la planta.**

Parámetro	Unidades	Resultado
pH (a 25°C)	Unidades pH	4,01±0,48
Nitrógeno Total Kjeldahl	mgN/l	>250
Cadmio	mg/l	<0,05
Cromo	mg/l	<0,2
Cobre	mg/l	0,22±0,03
Cinc	mg/l	5,04±0,76
Níquel	mg/l	1,25±0,18
Plomo	mg/l	<0,2
Sólidos disueltos totales	mg/l	34.706
Materias oxidables	mg/l	276.487

El informe correspondiente (Nº Informe: 1373/11/6409) se adjunta en el Anexo 8.

La caracterización realizada se considera insuficiente, ya que no recoge el análisis de parámetros que son imprescindibles analizar para el tratamiento o valorización de esta fracción, al menos los incluidos en el Decreto 57/2005 (ver Tabla 4) o en el Real Decreto 506/2013, respectivamente.

### 7.2.6. Caracterización de biorresiduo procedente de la planta

Los resultados obtenidos en la caracterización del biorresiduo procedente de la planta se muestran en la **Tabla 16**.



**Tabla 16. Resultados de los análisis realizados a una muestra de biorresiduo procedente de la planta.**

Ensayos	Resultados	Unidades
Poder calorífico superior	10.183,5	kcal/kg
Poder calorífico inferior	9.725,5	kcal/kg
Análisis elemental: C	64,01	% (m/m)
H	9,31	% (m/m)
N	0,23	% (m/m)
S	0,00	% (m/m)
Contenido de cenizas	0,28	% (m/m)
Solubilidad con Agua destilada	Insoluble	-
Solubilidad con Acetona	Parcialmente soluble	-
Solubilidad con n-Heptano	Soluble	-
Solubilidad con Tolueno	Soluble	-
Residuo carbonoso	0,8	% (m/m)

Asimismo fue determinado el espectro FTIR de la muestra disuelta en ciclohexano usando una celda de KBr con una anchura de paso óptico de 0,1mm. Según las bandas analizadas se pueden obtener dos grandes familias de compuestos orgánicos: Derivados amínicos y Derivados de alcoholes y éteres. El informe correspondiente con los resultados obtenidos (Nº Oferta 34/11) se adjunta en el Anexo 9.

La Comisión consideró insuficiente esta caracterización ya que, como se ha comentado, es conveniente la cuantificación de parámetros que determinan el valor agronómico de este producto para poder evaluar su aplicación como enmienda orgánica para el suelo, como se recoge en el Real Decreto 506/2013.

Por otra parte, si no fuera valorizable, habría que caracterizarlo para su eliminación en vertedero, teniendo en cuenta la Orden AAA/661/2013 (ver Tablas 7 y 8).

#### **7.2.7. Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes químicos de trabajadores**

El informe correspondiente a la evaluación de la exposición a agentes químicos por inhalación, con fecha 30 de marzo de 2012 (Anexo 10) se ha basado en los criterios siguientes:

- Valoración por comparación con el VLA-ED (Método basado en la Guía del INSHT)
- Sistema de decisión a partir de un pequeño número de muestras (n 6)
- Sistema de decisión a partir de un gran número de muestras (n> 6)
- Valoración por comparación con el VLA-EC (Método basado en la Guía del INSHT)
- Conclusiones e interpretaciones de las comparaciones de los resultados de los muestreos con los VLA según la Guía del INSHT.

En las **Tablas 17, 18 y 19** se exponen los diferentes resultados de las tomas de muestras y/o mediciones practicadas en los distintos puestos de trabajo y áreas, en concreto en el puesto de trabajo del operario, en el trómel y en el foso. Para los cálculos se han seguido las directrices marcadas por la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos, del INSHT en su Apéndice 4 “Método de evaluación de la exposición a agentes químicos por inhalación”.

**Tabla 17. Resultados obtenidos de análisis de vapores orgánicos, polvo y metales y mercurio en aire en el puesto de trabajo del operario D. Juan Carlos Aguado**

CONTAMINANTES DETECTADOS	Cantidad (µg)	ED (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)	I	Conclusiones
Metales (Arsénico)	0,06	0,00025	0,01	0,025	Exposición aceptable
Hidrocarburos alifáticos C8-C20	247	12,35	290	0,042	Exposición aceptable
Limoneno	316	15,8	110	0,14	Zona indeterminación (*)

(\*) El valor de “I” comprendido entre 0,1 y 1

**Tabla 18. Resultados obtenidos del análisis de vapores orgánicos, polvo y metales y mercurio en aire en el Trómel**

CONTAMINANTES DETECTADOS	Cantidad	ED (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)	I	Conclusiones
Polvo	0,13 mg	0,49	10	0,049	Exposición aceptable
Hidrocarburos alifáticos C8-C20	37 µg	1,85	290	0,0063	Exposición aceptable
Limoneno	180 µg	9	110	0,081	Exposición aceptable

**Tabla 19. Resultados obtenidos del análisis de vapores orgánicos, polvo y metales y mercurio en aire en el Foso.**

CONTAMINANTES DETECTADOS	Cantidad	ED (mg/m <sup>3</sup> )	VLA-ED (mg/m <sup>3</sup> )	I	Conclusiones
Metales (Arsénico)	0,03 µg	0,00025	0,01	0,025	Exposición aceptable
Polvo	0,13 mg	0,40	10	0,040	Exposición aceptable
Mercurio en aire	0,02 µg	0,0005	0,02	0,027	Exposición aceptable
Hidrocarburos alifáticos C8-C20	1.151 µg	57,55	290	0,198	Zona Indeterminación (*)
Limoneno	6.934 µg	346,7	110	3,15	Exposición inaceptable

Nota: En los casos “< x mg”, considerando que se ha medido un tiempo considerable conforme a la normativa y método analítico establecido, se considera que están por debajo del límite de detección del equipo de laboratorio sin recoger cantidades suficientes para tenerlas en cuenta a la hora de los cálculos y siendo prácticamente inapreciables. Es el caso específico de los screening de 12 metales con el fin de detectar principalmente la posible existencia de plomo y cromo. El laboratorio directamente establece 12 compuestos por defecto y, en ninguno de los casos se han obtenido valores por encima del valor límite de detección del equipo (LD), considerando por lo tanto el valor inapreciable.

(\*) El valor de “I” comprendido entre 0,1 y 1.

Los resultados obtenidos de CO<sub>2</sub> y amoníaco, así como de gases LEL, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y CO se muestran respectivamente en las **Tablas 20 y 21**.

**Tabla 20. Resultados obtenidos del análisis de CO<sub>2</sub>, amoníaco en trómel, foso y operario**

CONTAMINANTE	Concentraciones (ppm)	VLA-EC (ppm)	I	Conclusión
CO <sub>2</sub> en Trómel	745	5000	0,149	Zona Indeterminación (*)
CO <sub>2</sub> en Foso	2.696		0,53	
CO <sub>2</sub> en Trabajador	640		0,128	
Amoníaco en Trómel	15	35	0,42	

(\*) El valor de “I” comprendido entre 0,1 y 1.

En el resto de puestos el tubo colorimétrico para medir amoníaco no cambiaba de color con lo que se suponía concentración inapreciable del mismo.

**Tabla 21. Resultados obtenidos del análisis de gases LEL, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y CO**

CONTAMINANTE	Concentraciones (%)
Gases LEL %	12 en Trómel
O <sub>2</sub>	20,9 en todos los puestos
H <sub>2</sub> S	0 en todos los puestos
CO	0 en todos los puestos

El valor más significativo de estas mediciones corresponde al 12% de Gases LEL lo que confirma la presencia de algún producto inflamable en la zona. Dicha indicación se deberá tener presente para hacer estudio de Atmósfera Explosiva ATEX.

A partir de los datos obtenidos en la encuesta higiénica y de las condiciones observadas durante la inspección visual de los puestos de trabajo, de la información recibida de la empresa y de las personas que fueron consultadas, y de acuerdo con los criterios higiénicos mencionados, de los resultados obtenidos en las condiciones que se efectuaron las tomas de muestras/mediciones y en el caso de mantenerse constantes las concentraciones halladas, en el informe se concluye que:

*“... La exposición es aceptable en el foso con compuestos arsénico, mercurio en aire y polvo, en Trómel con polvo, limoneno e hidrocarburos alifáticos y en el puesto de Don Juan Carlos, hidrocarburos alifáticos y arsénico; ya que las concentraciones están muy por debajo de los valores límite, siendo improbable que se superen estos valores en el futuro, con un alto nivel de fiabilidad, salvo cambios en los procesos que puedan modificar la exposición. Por tanto, es poco probable la aparición de efectos adversos para la salud de los trabajadores expuestos, salvo en casos excepcionales de susceptibilidad individual o hiperreactividad del trabajador, debido a la presencia de los contaminantes químicos utilizados en los puestos de trabajo.*

*Aunque, en el caso del arsénico, por ser agente cancerígeno o mutágeno no se puede garantizar la no aparición de efectos adversos graves e irreversibles, pero sí limitar el riesgo, por lo que se requieren acciones destinadas a eliminar su exposición o reducirla a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible con el fin de eliminar o minimizar la probabilidad de que se produzcan dichos efectos, según lo establecido en el R.D. 665/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos y sus modificaciones (R.D. 1124/2000 y R.D. 349/2003).*

*La exposición es inaceptable, ya que se superan los valores límite en el puesto del Foso, con el compuesto LIMONENO. Por tanto, es probable la aparición de efectos adversos para la salud de los trabajadores expuestos debido a la presencia de los contaminantes químicos utilizados en los puestos de trabajo y se deberá proceder a la corrección de la situación mediante la implantación de medidas preventivas.*

*La exposición NO supera el valor límite pero no permite concluir con una fiabilidad aceptable si se superará en el futuro o no en el puesto de Foso con los hidrocarburos alifáticos y en el puesto de Don Juan Carlos con el Limoneno, por lo que estamos en una zona de indeterminación. En este caso se recomienda:*

- *Implantar directamente las medidas de prevención y protección que se indican con el fin de asegurar que las concentraciones seguirán estando por debajo de los valores límite.*
- *Planificar muestreos/mediciones periódicas según las recomendaciones, con el fin de comprobar que las concentraciones se mantienen por debajo de los valores límite.*

*No obstante, aun no alcanzándose niveles de concentración considerable, y como medida de carácter preventivo, sería necesario adoptar las medidas preventivas indicadas.*

*Tras haber realizado el estudio higiénico de los puestos de trabajo evaluados y de acuerdo con las conclusiones basadas en la valoración de los resultados el informe considera necesario, en mayor o menor medida:*

- *Instalar un sistema ventilación interior para evitar atmósfera explosiva y sistema de aspiración que capte los focos de emisión de los contaminantes (foso, trómel), considerando como plazo inmediato la realización de las dos medidas preventivas que aconseja.*
- *Efectuar procedimientos y normas de trabajo, considerando un plazo de entre 3 y 6 meses la adopción de la medida preventiva que aconseja.*
- *En relación a la exposición a contaminantes químicos, efectuar un mantenimiento específico y riguroso de los equipos de trabajo utilizados de forma continuada.*
- *Ante la posibilidad de generación de atmósfera explosiva durante los procesos, elaborar documento de protección contra explosiones (presencia Gases LEL 12% en foso) antes de 12 meses.*
- *Ante la posibilidad de exposición a contaminantes químicos, promulgar hábitos de conducta segura entre los trabajadores afectados de forma continuada.*
- *El uso de equipos de protección individual de forma continuada.*
- *Planificar muestreos/mediciones periódicas, antes de 2 meses*
- *Controlar de forma continuada la presencia de arsénico ya que, aunque las concentraciones obtenidas no corresponden a valores perjudiciales, sin embargo hay que tener siempre en cuenta una necesidad de pasar una adecuada vigilancia de la salud y el RD 665/97”.*

El informe correspondiente en el que se recoge la estrategia de muestreo, los equipos empleados, los criterios de valoración, los resultados obtenidos y las conclusiones se adjunta en el Anexo 10 (Referencia. 2854/CD02751522/EH). Asimismo, se adjunta el Protocolo de Medición llevado a cabo por ASEPEYO.

En función de los resultados que se muestran en este informe, se han visto algunas de las insuficiencias de la planta y la necesidad de elaborar nuevos informes una vez se hayan llevado a cabo las necesarias mejoras.

### **7.2.8. Biodegradabilidad del biorresiduo en codigestión con purines**

El informe fue solicitado por la empresa ECOHISPÁNICA a la empresa CETENMA. Éste se centra en la presentación de los resultados obtenidos en el ensayo de co-digestión en continuo desarrollado a escala de laboratorio con biorresiduo procedente de la esterilización de la fracción orgánica separada mecánicamente de los residuos urbanos (FORSU) y purines como co-sustratos, siendo el lodo digerido de EDAR utilizado como inóculo para el arranque del proceso (Anexo 11).

El ensayo se realizó en las instalaciones de CETENMA utilizando dos bancos de digestión anaerobia de similares características compuestos cada uno por un digestor anaerobio, un contador de biogás, una bolsa de recogida de biogás y un medidor de composición de biogás.

El ensayo se realizó utilizando como inóculo lodo procedente del digestor anaerobio de EDAR y distintos residuos. Las características tanto del inóculo como de los sustratos utilizados se muestran a continuación:

- Fango fresco de EDAR. Es un fango mixto compuesto por la mezcla de fango primario y biológico (aerobio).
- FORSU. Biorresiduo estabilizado procedente de la esterilización de los RSU.
- Purines. Procedentes de una granja porcina local.
- Agua residual. Procedente de la entrada al reactor biológico de una EDAR.

Tras la finalización del ensayo y análisis de los datos obtenidos, una de las principales conclusiones obtenidas fue que la utilización de FORSU estabilizado en digestores anaerobios vía húmeda en codigestión con purín, es factible.

Sin embargo, la Comisión ha considerado que los resultados de este informe no son relevantes ni extrapolables para evaluar la biodegradabilidad de la fracción orgánica ya que el ensayo se ha realizado con un cosustrato, el purín de cerdo, que únicamente está presente en determinadas zonas de España por lo que los resultados serían difícilmente aplicables a cierta escala. Por este motivo, posteriormente la Comisión solicitó un nuevo

ensayo empleando únicamente fracción orgánica, pero éste no se ha realizado hasta el momento.

### 7.3. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS POSTERIORES SOLICITADOS POR LA COMISIÓN

Analizados los distintos informes previos y considerándolos insuficientes para evaluar la actividad de la planta en fase piloto del Proyecto Waste Cleaner de la empresa ECOHISPÁNICA, la Comisión ha considerado necesario, por unanimidad, la solicitud de estudios que permitan poder evaluar el comportamiento de la planta.

En este sentido, la Comisión estimó necesaria la evaluación de la planta en fase de prueba durante una jornada y la evaluación del comportamiento de la planta en fase de prueba en continuo, utilizando en ambos casos un residuo previamente seleccionado y caracterizado.

Para realizar la fase de prueba a lo largo de una jornada se acordó el día 10 de mayo de 2012 como la fecha más adecuada para realizar la prueba.

Previamente, en concreto el día 15 de marzo, ECOHISPÁNICA realizó una prueba de trabajo para comprobar el funcionamiento del trómel y las reformas de las cintas transportadoras, así como determinar los consumos y procesar de manera similar a las pruebas que se realizarían posteriormente. Los resultados de las pesadas, mediciones, cálculos, consumos, costes y observaciones se recogen en el informe llevado a cabo por la empresa (Anexo 18). Según este informe, se procesaron 4.680 kg de residuos, obteniéndose 3.299 kg de materia orgánica estabilizada y 3.050 litros de condensado en 11 horas de trabajo totales, 6 horas de producción efectiva y 5 horas de producción del higienizador. Los resultados obtenidos en cuanto a consumos producidos en la prueba se recogen en la **Tabla 22**.

**Tabla 22. Consumos producidos en la prueba llevada a cabo por ECOHISPÁNICA el 15 de marzo de 2012**

	Agua	Gas	Electricidad	Triturador
Consumos	12,86 m <sup>3</sup>	334,6 m <sup>3</sup> (aprox. 11,5 kWh/m <sup>3</sup> , 3.847,9 kWh)	543 kWh	84 kWh

En el análisis de la prueba se anotaron diferentes observaciones tanto relativas al comportamiento de las cámaras como de las modificaciones previamente realizadas.

Asimismo, la empresa realizó un estudio de los costes aproximados que había supuesto la realización de la prueba, los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 23**.

**Tabla 23. Costes aproximados que se producen como consecuencia de la realización de la prueba, llevada a cabo por ECOHISPÁNICA el 15 de marzo de 2012**

Partida	Medición	Unitario	Coste
Consumo de agua	12,86 m <sup>3</sup>	1,4 €/m <sup>3</sup>	18,00 €
Consumo de gas	3.847,9 kWh	0,049 €/kWh	188,55 €
Consumo de electricidad	543 kWh	0,135 €/kWh	73,31 €
Recogida de extractos líquidos (*)	3,05 m <sup>3</sup>	97 €/m <sup>3</sup>	295,85 €
<b>TOTAL</b>			<b>575,71 €</b>

(\*) Lixiviados según el informe

El resultado de las observaciones de la prueba llevó a las siguientes conclusiones:

- Debería ayudarse a la despresurización mediante compresor, u otro elemento que vacíe la cámara de entrada en un tiempo razonable.
- Se debe aumentar el filtro o separar la salida de extractos líquidos de la de vapor.

#### **7.3.1. Evaluación de la planta en fase de prueba a lo largo de una jornada para el tratamiento de la fracción orgánica y resto procedente del municipio de Rivas Vaciamadrid.**

Como se ha comentado previamente, el día 10 de mayo de 2012 (jueves) se llevó a cabo la evaluación de la planta en fase de prueba correspondiente a una jornada. Se seleccionó ese día, entre otras razones, porque era el día de la semana en el que se preveía un mayor grado de homogeneización de los residuos urbanos.

Previamente se realizó una caracterización de la fracción orgánica y resto de Rivas Vaciamadrid y, posteriormente, una caracterización de los materiales que se obtienen, así como una medición de emisión de ruidos. A continuación se exponen las diversas fases llevadas a cabo.

La fase de prueba tuvo lugar y se llevaron a cabo muchas de las determinaciones previstas. Sin embargo, problemas surgidos a lo largo de la puesta en marcha de la planta, según consta en el informe facilitado por ECOHISPÁNICA a petición de la Comisión (Anexo 12), hizo que se parara y se propusiera otra fase de pruebas cuando se hicieran las mejoras correspondientes.



### 7.3.1.1. Selección y caracterización de los residuos a procesar

#### 7.3.1.1.1. Descripción del tipo de residuos tratados en la planta

Los residuos con los que se realizó la fase de pruebas en la planta de I+D de Rivas Vaciamadrid, han sido los procedentes de la recogida domiciliaria que la empresa RIVAMADRID realiza de forma habitual en este municipio, ya que ésta es una de las tareas que tiene encomendadas la referida empresa. En un principio, los residuos recogidos eran trasladados al Parque Tecnológico de Valdemingómez, tal y como se acreditaba mediante la Autorización de tratamiento/eliminación de residuos urbanos, de 29 de diciembre de 2011, que se adjunta como Anexo (Anexo 19). En la actualidad, los residuos se gestionan con la Mancomunidad del Este teniendo como destino final el vertedero Alcalá de Henares.

#### 7.3.1.1.2. Características de los vehículos de recogida

Para la recogida y transporte de los residuos hasta la planta piloto de experimentación se dispuso de 4 camiones carrozados con caja compactadora de carga lateral (Anexo 20). La **Tabla 24** resume las características más importantes de cada uno de ellos.

**Tabla 24. Características de los vehículos recolectores compactadores de residuos**

Tipo de vehículo	Recolector compactador de carga lateral			
Matrícula	7741-GDS	1187-GDX	9755-GKL	9766-GKL
Fecha de matriculación	21/05/2008	27/05/2008	19/01/2009	19/01/2009
Marca de Chasis	Renault			
Modelo Chasis	Premium 320.26 6X2*4 <sup>1</sup> MUM TR DIRECT			
Masa máxima autorizada (kg)	26.000			
Tara (kg)	15.179			
Capacidad = MMA - Tara (kg)	10.821			
Número de ejes	3			
Motor	Diesel:DX17 –Euro 4			
Combustible	Biodiesel			
Caja de cambios	Automática: Allison 3200V 6 velocidades			
Sistemas auxiliares	EBS <sup>2</sup> , ABS <sup>3</sup> , ASR <sup>4</sup> , APM <sup>5</sup>			
Marca del Carrozado	Ros Roca			
Modelo Carrozado	FMO 25			
Capacidad de la caja (m3)	25			

<sup>1</sup>Vehículo de 3 ejes con 1 eje propulsado trasero y eje direccional detrás del propulsado.

<sup>2</sup>EBS (Electronic Braking System): Sistema de frenado neumático con gestión electrónica, que adapta el frenado rueda por rueda del vehículo a las condiciones de adherencia de la carretera.

<sup>3</sup>ABS (Antilock\_Brake\_System): Controla la trayectoria del vehículo durante un frenado de urgencia.

<sup>4</sup>ASR (Anti Split Regulation): Sistema de antipatinaje de las ruedas que permite un control del vehículo sobre suelo resbaladizo.

<sup>5</sup>APM (Air Product Management): Sistema de gestión, por medios electrónicos, del aire comprimido.

#### 7.3.1.1.3. Selección de la muestra representativa de la fracción orgánica y resto

Para llevar a cabo la fase de prueba se considera imprescindible realizar previamente la selección y caracterización de la muestra representativa de la materia orgánica y resto del Municipio de Rivas Vaciamadrid. La muestra se determinó en función del tiempo de operación de la planta y teniendo en cuenta los datos de partida facilitados por RIVAMADRID. Con objeto de que la muestra fuera representativa del conjunto de la población, la Comisión solicitó a RIVAMADRID una relación de la distribución de la población por secciones con el fin de obtener una muestra ponderada.

#### 7.3.1.1.4. Características de las rutas de recogida de residuos

En el municipio de Rivas Vaciamadrid para la recogida de la fracción orgánica y resto, realizada por la Empresa Municipal de Servicios RIVAMADRID, se utilizan 2 sistemas distintos: carga lateral y carga trasera. La carga lateral se utiliza en la zona residencial, y la carga trasera se emplea en el Polígono Industrial y las dos zonas del extrarradio. Debido a que en la prueba de la planta piloto sólo se ha considerado tratar residuos procedentes de la zona residencial, se describe a continuación, únicamente la carga lateral.

La recogida de la fracción orgánica y resto de la zona residencial, utilizando el sistema de carga lateral, se realiza todos los días del año en horario de mañana. El municipio se divide en 3 rutas de recogida, las cuales se pueden ver en la **Figura 5**.

Cada vehículo recolector debe realizar 2 transportes de residuos por jornada a la planta de tratamiento de residuos de las Dehesas, perteneciente al Parque Tecnológico de Valdemingómez. Por regla general, el primer transporte se realiza con 10 toneladas de residuos y el segundo transporte con el peso de los residuos hasta completar la ruta, que de media es de 6,6 toneladas. El primer transporte se realiza cuando el equipo recolector emite la señal de presión máxima. Esta señal procede de un presostato y se emite cuando la prensa alcanza la presión establecida (170 - 175 bares). El segundo transporte se realiza al finalizar la ruta.

En función de estas características se procedió al diseño de la ruta de recogida de residuos para las pruebas en la planta.

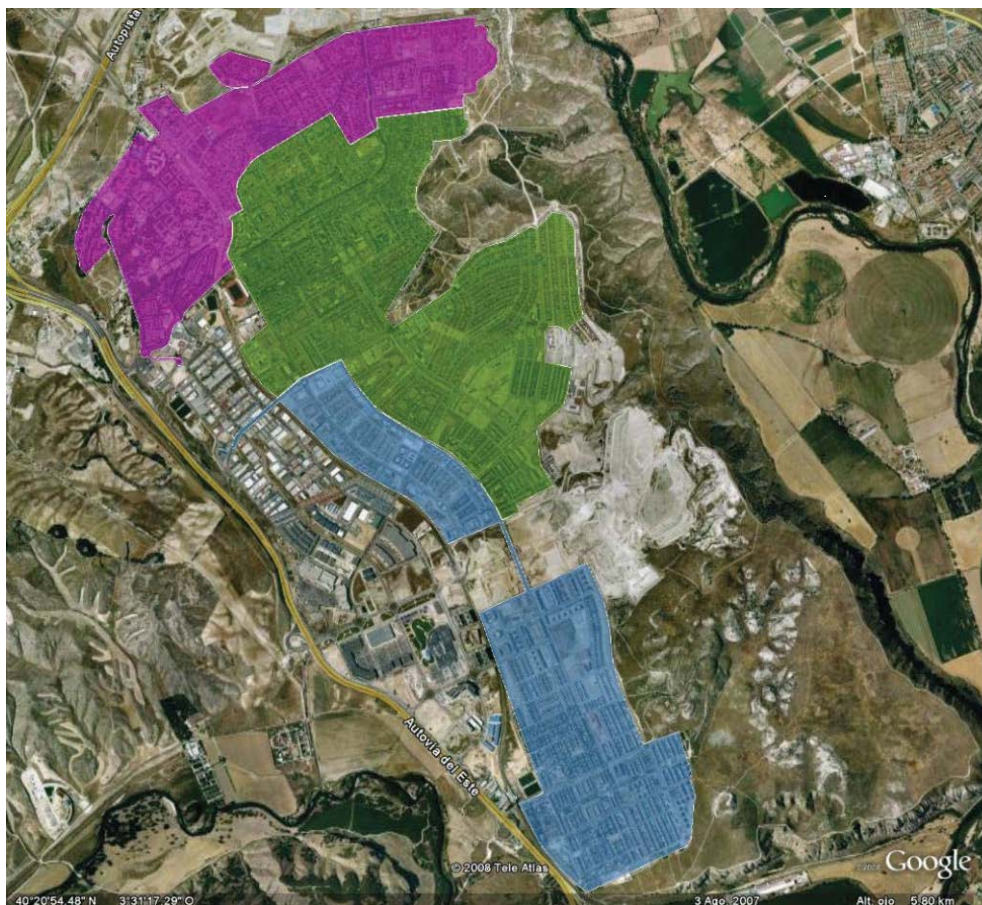


Figura 5. Rutas de recogida de la fracción orgánica y resto en la zona residencial

Una vez determinada la ruta y la muestra a utilizar en el ensayo, de acuerdo con las empresas ECOHISPÁNICA y RIVAMADRID, se determinó la fecha de la prueba. Como se verá más adelante, de forma similar se procedió en la prueba en continuo.

Los camiones recolectores compactadores van recogiendo los residuos de los contenedores, previamente seleccionados por secciones censales para obtener una muestra representativa del municipio, hasta sumar la cantidad de residuos estipulada para la prueba.

#### 7.3.1.1.5. Ruta seguida para la recogida de la muestra objeto de prueba

En función del tiempo de operación de la planta se ha considerado una muestra de 8.000 kg. Para la selección de la misma se ha tenido en cuenta en los datos de partida facilitados por RIVAMADRID (**Tabla 25**) (Anexo 20).

Tabla 25. Datos de partida para la selección de la muestra

Dato	Concepto
75.745	población
36	secciones
8.000	kg muestra
120	kg media contenedor 3.200 litros
67	Contenedores a recoger
1.136	hab/contenedor

Con objeto de que la muestra fuera representativa del conjunto de la población, la Comisión solicitó a RIVAMADRID una relación de la distribución de la población por secciones con el fin de obtener una muestra ponderada (Anexo 20). La **Figura 6** muestra el mapa de distribución de las 36 secciones en que se divide el municipio de Rivas Vaciamadrid.

La **Tabla 26** muestra el número habitantes y los contenedores recogidos en cada una de las 36 secciones en las que se divide el municipio (Información facilitada por RIVAMADRID).

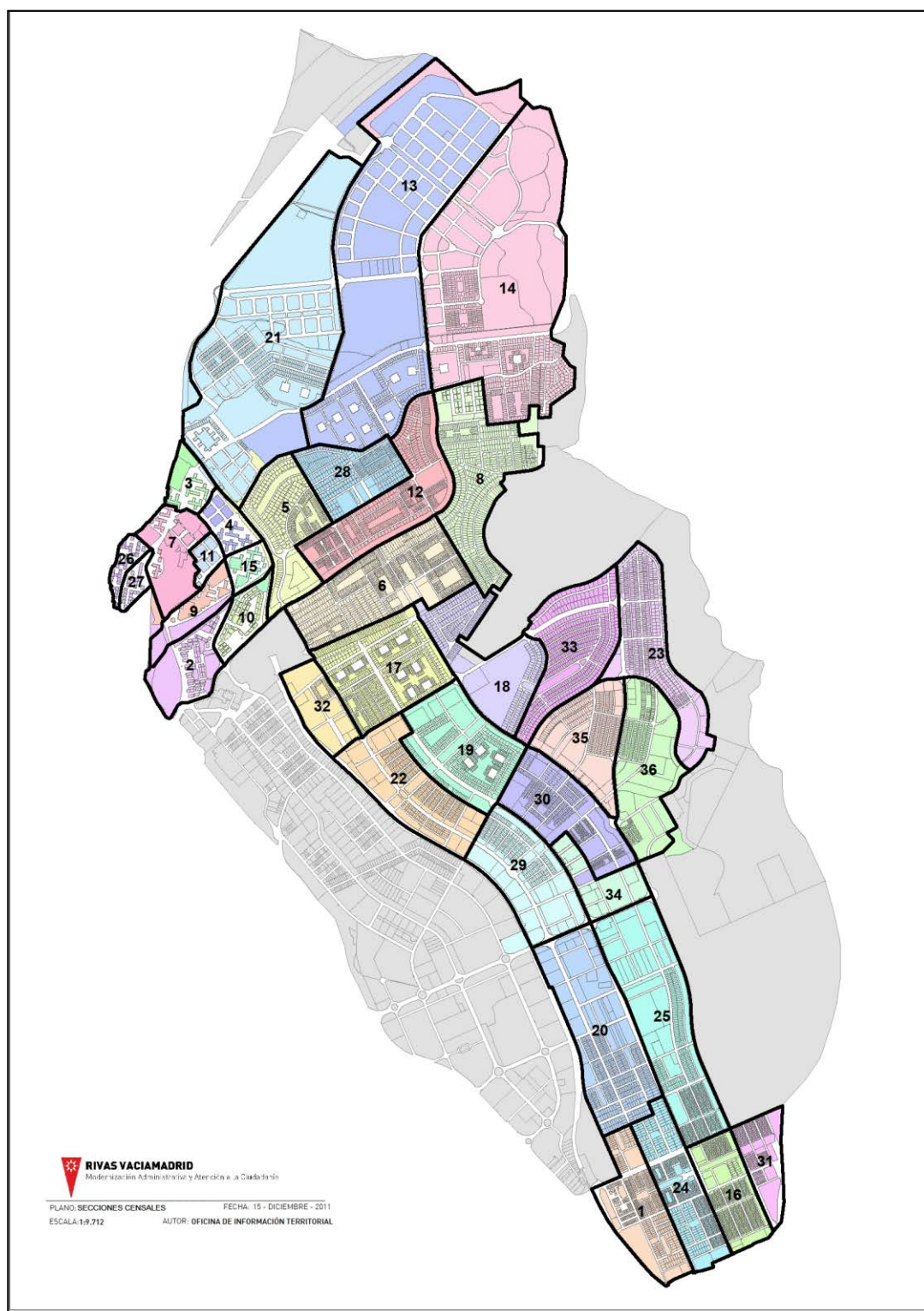


Figura 6. Mapa de situación de las 36 secciones en las que se divide el municipio de Rivas Vaciamadrid



Tabla 26. Población y contenedores recogidos por sección

Sección	Población	Dato	Redondeo
sección 1	2321	2,0	2
sección 2	1524	1,3	1
sección 3	1458	1,3	1
sección 4	2452	2,2	2
sección 5	1679	1,5	1
sección 6	2153	1,9	2
sección 7	1788	1,6	2
sección 8	2583	2,3	2
sección 9	1931	1,7	2
sección 10	1391	1,2	1
sección 11	1372	1,2	1
sección 12	1608	1,4	1
sección 13	2510	2,2	2
sección 14	2456	2,2	2
sección 15	2013	1,8	2
sección 16	1968	1,7	2
sección 17	2518	2,2	2
sección 18	986	0,9	1
sección 19	2961	2,6	3
sección 20	3088	2,7	3
sección 21	4108	3,6	4
sección 22	3241	2,9	3
sección 23	2936	2,6	3
sección 24	1620	1,4	1
sección 25	3181	2,8	3
sección 26	1965	1,7	2
sección 27	1152	1,0	1
sección 28	938	0,8	1
sección 29	2166	1,9	2
sección 30	2215	1,9	2
sección 31	1464	1,3	1
sección 32	2451	2,2	2
sección 33	2157	1,9	2
sección 34	1845	1,6	2
sección 35	1949	1,7	2
sección 36	1597	1,4	1
Total	75745	66,7	67

Una tabla detallada, con el nombre de las calles donde estaban ubicados los contenedores muestreados, se recoge en el Anexo 20.

Asimismo, RIVAMADRID facilitó a la Comisión la comparativa de las recogidas de residuos en el municipio a lo largo de 2010 y 2011 (Anexo 21).

#### 7.3.1.1.6. Análisis de caracterización de la fracción orgánica y resto.

Con objeto de conocer la composición estándar de la materia a tratar se llevó a cabo una caracterización de la fracción orgánica y resto del municipio de Rivas Vaciamadrid. Dicha caracterización fue realizada por EUROCONTROL, empresa con experiencia en el sector de Control y Asistencia Técnica Medioambiental y que cuenta con las certificaciones exigidas por los Reglamentos de Seguridad y las normas universales de más aceptación, tales como ENAC, ISO 9001 y 14001 y certificación AENOR. El informe se recoge en el Anexo 22.

Se empleó la metodología de muestreo para la caracterización de residuos en “*plantas de residuos en masa*” elaborada por Ecoembes, el protocolo para la toma de muestras de residuos se recoge en el Anexo 23. RIVAMADRID puso a disposición de EUROCONTROL una retroexcavadora y un conductor para realizar la homogeneización y separación en cuarteos, según fue indicando su personal.

A las 10:00h, del día 10 de mayo de 2012, según lo previsto, y con la presencia de todos los miembros de la Comisión, llegó el camión recolector-compactador Ros Roca-Renault (**Figura 7**) a la Sede de RIVAMADRID con los 67 contenedores recogidos, previamente seleccionados, como se ha descrito, por secciones censales para obtener una muestra representativa del municipio.



Figura 7. Camión empleado en la prueba

Para conocer de forma exacta la masa total a tratar, previamente se pesó el camión vacío (albarán de báscula de pesaje del último día que se haya usado) y con el contenido de los contenedores recogidos, dando una diferencia de 7.500 kg aproximadamente. En el Anexo 24 se adjuntan los albaranes de pesaje.

La zona de la que se dispuso para realizar la separación es la playa asfaltada delantera a la nave de la Planta Piloto (**Figura 8**).



**Figura 8. Extendido de los residuos recogidos en zona hormigonada y limpia**

Con el fin de conseguir una muestra lo más homogénea posible sobre la que realizar la separación de materiales, los trabajos se desarrollaron en las siguientes fases:

#### 7.3.1.1.6.1. Selección de la muestra de entrada a caracterizar

El material de entrada de RU vertido en la playa de descarga (aproximadamente 7.500 kg) es sometido a una homogeneización por medios mecánicos y se realiza un cuarteo sobre él. De las cuatro partes formadas se elige una aleatoriamente, quedando 2.000 kg



aproximadamente. Ésta se vuelve a homogeneizar y se divide en dos partes, tomando nuevamente una de ellas aleatoriamente (**Figura 9**).



**Figura 9. Selección de la muestra por cuarteos y homogeneización**

Tras este proceso de cuarteos se separan aproximadamente 1.000 kg del total de los residuos que fueron depositados en una superficie limpia y pavimentada.

Posteriormente, se realizó un primer cuarteo de material, seleccionando aleatoriamente dos cuartos opuestos, lo que correspondía a 500 kg. Una vez seleccionados se juntan y se procede a la apertura de las bolsas, con el fin de efectuar una segunda homogeneización de los residuos (**Figura 10**).



**Figura 10. Selección de la muestra final y apertura de las bolsas que quedaron sin abrir**

Una vez homogeneizados se realizó un segundo cuarteo por medios mecánicos y se seleccionaron aleatoriamente dos cuartos opuestos de los que se tomaron 50 kg, aproximadamente, de cada uno de ellos y de los otros dos cuartos restantes se tomaron 75 kg que constituyeron la muestra de 250 kg, aproximadamente, sobre la que se realizó la caracterización de materiales (**Figura 11**).



**Figura 11. Selección y cuantificación de los distintos materiales.**

#### 7.3.1.1.6.2. Análisis porcentual de los distintos componentes de los residuos de entrada

El análisis de la composición se llevó a cabo mediante la separación manual de los siguientes tipos de residuos:

Como material de envase: PEAD Natural, PEAD color, Film bolsas de un solo uso, Film (excepto bolsas de un solo uso), PVC, PET, cartón de bebidas (brik), Acero, Aluminio, Madera, Resto de Plásticos.

Como material no envase: Papel/cartón, Materia orgánica, Plásticos no envase, Plásticos envase comercial/industrial, Restos de jardín y podas, Celulosas, Textil, Film Comercial/Industrial, Film bolsa de basura, Acero no envase, Acero envase comercial/industrial, Aluminio no envase, Aluminio envase comercial/industrial, Vidrio, Restos de obras menores, Madera no envase, Madera envase comercial/industrial y Otros.

Los resultados del análisis porcentual de los distintos componentes de los residuos de entrada se muestran en la **Tabla 27**.

Tabla 27. Composición de los residuos de entrada

Material	Cantidad (kg)	Total (%)
ENVASES recogida selectiva	32,25	13,83
PET	3,31	1,42
PEAD natural	0,66	0,28
PEAD Color	1,05	0,45
PVC	0,03	0,01
Film bolsas de un solo uso	4,06	1,74
Film	6,64	2,85
Resto de plásticos	5,11	2,19
Acero	4,85	2,08
Aluminio	1,82	0,78
Cartón para bebidas	3,79	1,63
Madera	0,93	0,40
RESTO DE MATERIALES	144,06	61,89
Materia orgánica	55,13	23,68
Restos de jardín y podas	40,03	17,19
Celulosas	24,14	10,37
Textiles	4,25	1,83
Madera no envase	2,00	0,86
Madera envase Comercial/Industrial	0,00	0,00
Vidrio (envases)	10,91	4,69
Plásticos no envase	1,27	0,55
Plásticos envase Comercial /Industrial	0,00	0,00
Film bolsa de basura	6,05	2,60
Film Comercial/Industrial	0,14	0,06
Restos de obras menores	0,00	0,00
Acero no envase	0,08	0,03
Acero envase Comercial /industrial	0,00	0,00
Aluminio no envase	0,06	0,03
Aluminio envase Comercial /industrial	0,00	0,00
OTROS (indicar significativos)*	25,96	11,15
Finos	14,77	6,34
Líquido contenido en envase	1,34	0,58
Resto de medicamentos	0,28	0,12
RAEE's	0,07	0,03
Sólido contenido en envase	4,81	2,07
Multimateriales	1,10	0,47
Cerámica	1,31	0,56
Vidro no envase	0,27	0,12
Piedras	1,63	0,70
Arena de gato	0,28	0,12
Espuma no envase	0,10	0,04
PAPEL/CARTÓN	30,58	13,14
Papel impreso	21,86	9,39
Envase Doméstico con Punto Verde	5,44	2,34
Envase Doméstico sin Punto Verde	2,73	1,17
Envase Comercial con Punto Verde	0,00	0,00
Envase Comercial sin Punto Verde	0,55	0,24
Total Envases Ligeros	32,25	13,85
Total No Envases Ligeros	200,60	86,15
Total Muestra Caracterizada	232,85	100,00



#### 7.3.1.1.6.3. Densidad de la muestra

Para el cálculo de la densidad de la muestra de entrada se tomaron muestras parciales de peso aleatorio y de diferentes puntos, buscando la mayor representatividad, hasta completar el volumen de un contenedor de 770 litros, de carga máxima 349 kg y con una tara de 43 kg.

El resultado obtenido del estudio de la densidad del residuo de entrada se muestra en la **Tabla 28**.

**Tabla 28. Densidad de los residuos de entrada**

MUESTRA	Masa (kg)	VOLUMEN (L)	DENSIDAD (kg/L)
Entrada de RSU	73,38	770	0,095

#### 7.3.1.2. Proceso del residuo en la planta

##### 7.3.1.2.1. Pretratamiento

Tanto la fracción de residuos que no se ha considerado para la caracterización, es decir los rechazos de los cuarteos, como posteriormente la fracción caracterizada, se descargan en el borde del foso (**Figura 12**). El foso de residuos tiene unas dimensiones de 123,47 m<sup>2</sup> y una capacidad de 368,25 m<sup>3</sup>. Su profundidad es de 3,50 m.

A continuación desde el foso, mediante un puente grúa con un pulpo, se trasladan los residuos e introducen en un triturador que dispone de una tolva que direcciona el material hacia un rodillo dentado que machaca y tritura los mismos.

Tanto el puente grúa como el triturador son manejados por un operario desde la cabina de operador situada en la zona de oficinas.

El foso de triturador posee unas dimensiones de 43,06 m<sup>2</sup> y es alimentado mediante un compresor hidráulico situado en el exterior de la nave. La superficie que ocupa el compresor y un pequeño grupo electrógeno está techada y cerrada mediante tela metálica.



**Figura 12. Traslado de residuos a foso y envío a trituración**

#### 7.3.1.2.2. Esterilización

La materia triturada se transporta mediante cinta transportadora al reactor de tratamiento o esterilizador. Allí se trata con vapor de agua a 150°C y 3 bares de presión para disgregar la materia orgánica del resto de materiales.

El vapor se produce en una caldera a gas de 700 kW de potencia. El combustible se suministra desde la red de la compañía distribuidora de gas.

La sala de calderas tiene unas dimensiones de 44 m<sup>2</sup> en los que se ha instalado una caldera de gas categoría C, clase 2ª de 3.000 kg/h, alimentada mediante gas natural procedente de la acometida municipal. El agua que se utiliza procede también de la red municipal de abastecimiento, que de forma previa a la entrada a la caldera se circula por un descalcificador.

El esterilizador está compuesto por un conjunto de recipientes a presión, diseñados para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Está compuesto de varias cámaras separadas por válvulas estancas a través de las cuales se traslada la materia realizando el tratamiento mediante vapor saturado a 2 bares.

Utiliza el vapor generado en la caldera y se obtiene la materia orgánica disgregada mezclada con los materiales esterilizados, compuestos de plástico en bolas, polietileno, metales ferromagnéticos, aluminio, e inertes.

Fruto de este proceso se genera vapor de agua y extractos líquidos que son enviados a un filtro y un intercambiador de placas, que son descritos en el siguiente punto.

#### **7.3.1.2.3. Postratamiento**

La materia disgregada se transporta mediante cinta cerrada, desde el esterilizador de tratamiento hasta el trómel, donde se separa la materia orgánica disgregada. Para la separación se cuenta con plataformas vibradoras y la supervisión de operarios. Se producirá recuperación de materia orgánica en el vibrador de materia esterilizada y triaje de limpieza en la plataforma de materia orgánica.

La materia orgánica esterilizada se almacena en contenedores similares a los de recogida domiciliaria, y el resto (metales férricos, metales no férricos, plásticos e inertes) son almacenados en un contenedor provisional hasta su recogida y posterior transporte a Valdemingómez.

Por otro lado, del esterilizador se evacúa el vapor de agua mezclado con residuos en forma de extracto líquido. El vapor se envía a un intercambiador de placas cerrado, donde se licúa el vapor a partir del incremento de la temperatura del agua de red, reduciendo de esta manera las necesidades de empleo de la caldera para el calentamiento de agua. Posteriormente se envía en fase líquida a la arqueta de extractos líquidos, junto con los procedentes del foso para su almacenamiento en el depósito de aluminio estanco colocado en el exterior de la nave, que de forma periódica retirará un gestor autorizado.

#### **7.3.1.3. Caracterización y análisis del material de salida.**

Asimismo, se consideró necesario hacer una caracterización de todos aquellos materiales que se obtienen como consecuencia del proceso, con el fin de poder establecer un balance de masas del mismo. Por ello, se procedió de manera análoga con el material de salida de la planta una vez procesado y sin separar en fracciones, desechando el procedente del arranque del proceso. Es decir, se realizó una caracterización del material procesado y un cálculo de su densidad.

Se tomaron muestras para realizar análisis del biorresiduo y de los extractos líquidos. En el biorresiduo se determinaron los siguientes parámetros: Humedad, pH, Nitrógeno, Fósforo, Metales pesados (cadmio, cromo, cobre, cinc, níquel, plomo, mercurio, Talio, hierro), Poder calorífico y Análisis macroscópico de: materia orgánica, vidrio, inertes,

plásticos y metales. En los extractos líquidos los parámetros analizados fueron: pH, Turbidez, Conductividad, DQO, MES, Color, Olor, Amonio, Sílice soluble, Cianuro total, Aceites y grasas, TOC, Sulfatos, Bicarbonato, Fosfato, Nitratos, Cloruros, Dureza, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo VI, Hierro, Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc. Los informes de las caracterizaciones del biorresiduo y de los extractos líquidos se recogen, respectivamente, en los Anexos 22 y 25.

El material de estudio procedente de la salida en bruto del proceso, el rechazo y el biorresiduo fue proporcionado por personal de la planta, en función de las salidas del flujo del proceso, homogeneizándose de forma manual por personal de la entidad EUROCONTROL para buscar la mayor representatividad posible.

#### 7.3.1.3.1. Material de salida en bruto del proceso

De material de salida en bruto del proceso se generan 337,49 kg, los cuales se homogeneizan mecánicamente y se cuarteán. Se escogen dos cuartos aleatoriamente, tomándose 75 kg de éstos y 50 kg de los restantes. Este proceso nos da como resultado la muestra de 253,65 kg, los cuales al finalizar la caracterización quedaron reducidos a 232,85 kg, debido a la pérdida de humedad que sufrió la muestra (**Figura 13**).



**Figura 13. Material de salida en bruto del proceso**

La **Tabla 29** muestra la caracterización del material de la salida en bruto del proceso.



Tabla 29. Caracterización de Salida en bruto de material procesado

Material	Cantidad (kg)	Total (%)
ENVASES recogida selectiva	15,37	6,48
PET	0,31	0,13
PEAD natural	0,00	0,00
PEAD Color	0,00	0,00
PVC	0,00	0,00
Film	1,31	0,55
Resto de plásticos (1)	6,82	2,88
Acero	5,83	2,46
Aluminio	1,10	0,46
Cartón para bebidas	0,00	0,00
Madera	0,00	0,00
RESTO DE MATERIALES	148,15	62,57
Materia orgánica	127,64	53,91
Restos de jardín y podas	2,33	0,98
Celulosas	0,45	0,19
Textiles	7,17	3,03
Madera no envase	0,93	0,39
Madera envase Comercial/Industrial	0,00	0,00
Vidrio (envases)	6,54	2,76
Plásticos no envase	2,86	1,21
Plásticos envase Comercial /Industrial	0,00	0,00
Film bolsa de basura	0,00	0,00
Film Comercial/Industrial	0,00	0,00
Restos de obras menores	0,00	0,00
Acero no envase	0,23	0,10
Acero envase Comercial /industrial	0,00	0,00
Acero no envase	0,00	0,00
Acero envase Comercial /industrial	0,00	0,00
OTROS (indicar significativos) (2)	36,41	15,38
Plástico bola (1)	5,38	2,27
Piedra (2)	2,00	0,84
RAEE's (2)	0,12	0,05
Cerámica (2)	0,83	0,35
Sólido contenido en envase (2)	0,16	0,07
Resto de medicamentos (2)	0,01	0,01
Pila (2)	0,03	0,01
Finos (2)	33,26	14,05
PAPEL/CARTÓN	36,83	15,56
Total		
Total Envases Ligeros	15,37	6,49
Total No Envases Ligeros	221,39	93,51
Total Muestra Caracterizada	236,76	100,00

#### 7.3.1.3.2. Material de rechazo

Del material de rechazo se originan 102,67 kg, los cuales se homogeneizan mecánicamente y se cuarteán. De las cuatro partes formadas se eligen dos opuestas aleatoriamente, y se pesan 25 kg de cada una para obtener una muestra final de 50,14 kg

para caracterizar. Al finalizar la caracterización quedaron reducidos a 34,66 kg, debido a la pérdida de humedad que sufrió la muestra.

La caracterización del material de rechazo se muestra en la **Tabla 30**

**Tabla 30. Caracterización del material de rechazo**

Material	Cantidad (kg)	Total (%)
ENVASES recogida selectiva	7,13	20,56
PET	0,31	0,89
PEAD natural	0,00	0,00
PEAD Color	0,00	0,00
PVC	0,00	0,00
Film	0,98	2,83
Resto de plásticos (1)	3,36	9,69
Acero	2,05	5,91
Aluminio	0,38	1,10
Cartón para bebidas	0,05	0,14
Madera	0,00	0,00
RESTO DE MATERIALES	10,80	31,16
Materia orgánica	0,61	1,76
Restos de jardín y podas	0,33	0,95
Celulosas	0,20	0,58
Textiles	7,94	22,91
Madera no envase	0,35	1,01
Madera envase Comercial/Industrial	0,00	0,00
Vidrio (envases)	0,58	1,67
Plásticos no envase	0,73	2,11
Plásticos envase Comercial /Industrial	0,00	0,00
Film bolsa de basura	0,00	0,00
Film Comercial/Industrial	0,00	0,00
Restos de obras menores	0,00	0,00
Acero no envase	0,06	0,17
Acero envase Comercial /industrial	0,00	0,00
Aluminio no envase	0,00	0,00
Aluminio envase Comercial /industrial	0,00	0,00
OTROS (indicar significativos) (2)	5,10	14,71
Plástico bola (1)	3,10	8,94
Piedra (2)	0,21	0,61
Multimaterial (2)	0,05	0,14
RAEE's (2)	0,01	0,03
Cerámica (2)	0,12	0,35
Sólido contenido en envase (2)	0,04	0,11
Material inclasificable (2)	1,57	4,53
PAPEL/CARTÓN	11,63	33,55
Totales		
Total Envases Ligeros	7,13	20,57
Total No Envases Ligeros	27,53	79,43
Total Muestra Caracterizada	34,66	100,00

### 7.3.1.3.3. Producción y Caracterización del biorresiduo obtenido.

De biorresiduo se originaron 102,16 kg, los cuales se homogeneizan mecánicamente y se cuarteán. De las cuatro partes formadas se elige una aleatoriamente y se toman 50,77 kg, los cuales al finalizar la caracterización quedaron reducidos a 35,79 kg debido a la pérdida de humedad que sufrió la muestra (Figura 14). El informe de caracterización se recoge en el Anexo 22.



Figura 14. Biorresiduo que se obtiene del proceso

La **Tabla 31** muestra la caracterización del biorresiduo de entrada en función del tamaño.

**Tabla 31. Caracterización del biorresiduo en función del tamaño.**

Muestra	Biorresiduo 0-6 mm		Biorresiduo 6-15 mm		Biorresiduo Bruta	
Material	Cantidad (kg)	% en peso	Cantidad (kg)	% en peso	Cantidad (kg)	% en peso
MATERIALES						
Materia orgánica	14,63	95,68	19,60	95,61	34,23	95,64
Plásticos	0,22	1,44	0,17	0,83	0,39	1,09
Acero	0,00	0,00	0,03	0,15	0,03	0,08
Aluminio	0,22	1,44	0,03	0,15	0,25	0,70
Vidrio	0,22	1,44	0,61	2,98	0,83	2,32
Otros	0,00	0,00	0,06	0,29	0,06	0,17
Totales						
Total Muestra	15,29	100,00	20,50	100,00	35,79	100,00
Observaciones :						
Fracción hundido > 15 mm: (1) Otros: Textil: 0,06 kg						

El estudio analítico de las muestras dieron los resultados que se muestran en las **Tablas 32 y 33**.

**Tabla 32. Análisis físico/químico del biorresiduo. Comparación con Orden AAA 661/2013 para admisión en vertedero de residuos inertes (1) y residuos peligrosos (2),**

PARÁMETRO	RESULTADO	Orden AAA 661/2013		UNIDADES
		(1)	(2)	
Humedad	50 ± 6			%
pH	5,8 ± 0,3			-
Nitrógeno (N)	1,0 ± 0,1			% (sms)
Fósforo (P)	0,6 ± 0,1			%
Cadmio (Cd)	<2,0 ± 0,3	0,04	5	mg/kg
Cromo (Cr)	115 ± 23	0,5	70	mg/kg
Cobre (Cu)	31 ± 5	2	100	mg/kg
Zinc (Zn)	135 ± 23	4	200	mg/kg
Níquel (Ni)	52 ± 7	0,4	40	mg/kg
Plomo (Pb)	<10 ± 2	0,5	50	mg/kg
Mercurio (Hg)	<0,75 ± 0,2	0,01	2	mg/kg
Talio (Tl)	<50 ± 8			mg/kg
Hierro (Fe)	3.250 ± 520			mg/kg

Al comparar los análisis con la Orden AAA 661/2013 (**Tabla 32**) se observa que se superan las concentraciones de Cr, Cu, Zn, Ni en cuanto a la aceptación como residuos inertes, en el caso de Cd, Pb y Hg no puede precisarse. Las concentraciones de Cr y Ni superan las aceptadas para residuos peligrosos.

También se observó que faltaban 16 parámetros de los indicados en la Orden AAA 661/2013, es decir: arsénico, bario, molibdeno, antimonio, selenio, cloruros, fluoruros, sulfato, COD, TDS, COT, BTEX, HPA, índice de fenoles, PCB, aceite mineral (C10 - C40).

**Tabla 33. Análisis de biorresiduo < 6 mm de luz de tamiz (por duplicado)**

PARÁMETRO	RESULTADO		UNIDADES
Humedad	58,1 ± 5,8	56,4 ± 5,6	%
Sólidos volátiles a 550°C	70,7 ± 7,1	67,6 ± 6,6	%
PCI	3847 ± 385	4308 ± 431	J/g
PCS	5757 ± 576	6216 ± 622	J/g
Cloro (Cl)	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01	%
Hidrógeno (H)	5,39 ± 0,54	5,61 ± 0,56	%
Azufre (S)	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	%
Oxígeno	32,2 ± 3,2	30,42 ± 3,0	%
Nitrógeno (N)	2,42 ± 0,24	2,54 ± 0,25	%
Carbono (C)	37,3 ± 3,7	38,02 ± 3,8	%

#### 7.3.1.3.4. Producción y Caracterización del Extracto Líquido

El proceso que tiene lugar para la esterilización de los residuos genera vapor de agua y condensados que se han denominado extractos líquidos por proceder del vapor que se introduce y el condensado que se produce en el interior de los reactores.

Este extracto líquido (lixiviado en los informes de caracterización), procedente del proceso de condensación del vapor introducido en el higienizador, se descarga en un foso y de allí pasa a un tanque pulmón. Para su caracterización se realizó un muestreo el día 10 de mayo por EUROCONTROL. El correspondiente informe se recoge en el Anexo 25.

Se analizaron in situ el pH, la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura, y se tomaron muestras para llevar a cabo un análisis microbiológico (coliformes totales y *Escherichia Coli*) y 26 parámetros físico-químicos. En la **Tabla 34** se recogen los resultados obtenidos.

Comparados los resultados con los límites del Decreto 57/2005 (Tabla 34 columna (A)) se cumplen todos los valores analizados para vertido a colector excepto DQO, aceites y grasas, hierro y zinc (marcados en color en la Tabla 34). Pero se observó que no se habían medido 19 parámetros de interés, como son: DBO, hidrocarburos totales, BTEX, HPA, Trihalometanos, sulfuros, aluminio, bario, boro, estaño, selenio, plata, manganeso, fluoruros, fenoles totales, detergentes totales, nitrógeno total, fósforo total y toxicidad por daphnia.

En cuanto a su relación con los límites de la Orden AAA/661/2013 (Tabla 34 columna (B)) para los ensayos de lixiviación con el fin de evaluar la posibilidad de aceptar los residuos en diferentes tipos de vertederos cabe indicar que:

- El Ni y el Zn superan los valores de residuos inertes pero no el de los residuos no peligrosos.
- Los demás parámetros analizados recogidos en la citada Orden (10 en total) no superan los valores para residuos inertes.
- También se observó que faltaban 8 parámetros de interés, tales como: fluoruros, bario, boro, manganeso, selenio, estaño, BTEX, HPA.

Por ello, se solicitó que para la siguiente prueba se añadieran todos los parámetros que requiere el Decreto 57/2005, ampliándose la analítica a 41 parámetros.

**Tabla 34. Resultados del análisis de lixiviado realizado el 10 de mayo 2012 por EUROCONTROL. Límite Legislación (A) Decreto 57/2005 (B) Orden AAA/661/2013 (vertederos residuos inertes)**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LEGISLACIÓN	
			(A)	(B)
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	μS/cm	1.995±5	7.500	---
pH		5,15±0,02	6-10	---
SOLIDOS EN SUSPENSION	mg/L	319±38	1.000	---
TURBIDEZ	UNF	290±29	---	---
DQO	mg/L	3.130±438	1.750	---
TOC	mg/L	1.152±161	---	30.000
AMONIO	mg/L	67±7	---	---
NITRATOS	mg/L	<0,5±0,06	---	---
CIANUROS TOTALES	mg/L	0,015±0,002	5	---
DUREZA	mg/L	370±70	---	---
CLORUROS	mg/L	105±12	2.000	450
FOSFATOS	mg/L	2,7±0,4	---	---
BICARBONATOS	mg/L	566±57	---	---
SULFATOS	mg/L	127±17	1.000	1.500
ARSENICO	mg/L	<0,050±0,006	1	0,06
CADMIO	mg/L	<0,010±0,001	0,5	0,02
COBRE	mg/L	0,031±0,004	3	0,6
CROMO TOTAL	mg/L	0,063±0,007	3	0,1
CROMO VI	mg/L	0,020±0,004	1	---
HIERRO	mg/L	16±2	10	---
MERCURIO	mg/L	<0,0010±0,0001	0,1	0,002
NIQUEL	mg/L	0,48±0,06	5	0,12
PLOMO	mg/L	<0,050±0,006	1	0,15
ZINC	mg/L	3,3±0,4	3	1,2
ACEITES Y GRASAS	mg/L	122±20	100	500
COLIFORMES TOTALES	UFC/100mL	170±105	---	---
E. COLI	UFC/100mL	72±44	---	---

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EUROCONTROL.

En la **Tabla 35** se comparan los resultados obtenidos en esta prueba con el análisis realizado por CETENMA de un lixiviado de vertedero municipal (apartado 7.2.3. y Anexo

6) y con el valor medio de un lixiviado procedente del vertedero de residuos sólidos municipal de Aranda de Duero, del que se dispone de datos recientes y completos, ya que fue muestreado en 2011 en las cuatro estaciones climatológicas (García-López et al, 2014). Se puede observar que en general las concentraciones del extracto líquido son de 3 a 10 veces, incluso 30, menores que las del lixiviado de vertedero, lo que corrobora la denominación que se hace de extracto líquido y no de lixiviado, a lo largo de este informe.

**Tabla 35. Comparación del extracto líquido procedente del sistema de esterilización de residuos (mayo 2012) con lixiviado de vertedero (CETENMA, Anexo 6 y García-López et al. 2014)**

PARÁMETRO	UNIDAD	EXTRACTO LIQUIDO Mayo 2012 (Anexo 22)	LIXIVIADO DE VERTEDERO CETENMA (Anexo 6)	LIXIVIADO DE VERTEDERO (García-López et al. 2014)
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	μS/cm	2.000	7.500	60.000
pH		5,15	4,75	8
SOLIDOS EN SUSPENSION	mg/L	340	4.680	780
TURBIDEZ	UNF	290	641	
DQO	mg/L	3.500	39.500	16.000
TOC	mg/L	1.150	32.700	10.000
AMONIO	mg/L	70	590	5.000
NITRATOS	mg/L	<0,5	36,4	< limite detección
CIANUROS	mg/L	0,015	<0,01	
DUREZA	mg/L	370	3.250	
CLORUROS	mg/L	105	1.320	
FOSFATOS	mg/L	2,7	40,4	90
BICARBONATOS	mg/L	590	<10	
SULFATOS	mg/L	130	510	
ARSENICO	mg/L	<0,050	<0,10	
CADMIO	mg/L	<0,010	<0,10	0,10
COBRE	mg/L	0,031	11	2,90
CROMO TOTAL	mg/L	0,063	0,070	5,20
CROMO VI	mg/L	0,020	<0,005	
HIERRO	mg/L	16	42	40
MERCURIO	mg/L	<0,0010	<0,0005	
NIQUEL	mg/L	0,48	0,83	1,00
PLOMO	mg/L	<0,050	<0,10	0,60
ZINC	mg/L	3,3	20,5	1,00
ACEITES Y GRASAS	mg/L	142	2.017	

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.3.1.4. Balances del proceso

El día 10 de mayo, al mismo tiempo que se realizaron los análisis de EUROCONTROL para caracterizar el RU y el biorresiduo, se realizó una prueba de trabajo en la planta. La empresa ECOHISPÁNICA elaboró el correspondiente informe (Anexo 26).

Según se recoge en dicho informe, se procesaron 2.998 kg de residuos, obteniéndose 2.577 litros de condensado en 11 horas de trabajo totales y 6 horas de producción efectiva, obteniéndose una producción media de 500 kg/h.

Se anotaron los consumos de agua, electricidad y gas de los contadores de compañía y, adicionalmente, el consumo de la trituradora desde la interfaz de control de la máquina. Asimismo, se midió el nivel de extractos líquidos para control de su producción.

Se tomó medida de la humedad del hundido del trómel siendo ésta de 61,22 % (media de tres medidas), pasando a ser de 35,81% después de haberlo dejado secar una tarde.

Asimismo, el informe recoge la toma de datos, las mediciones y los cálculos realizados. Los resultados de la prueba realizada se muestran a continuación.

##### 7.3.1.4.1. Consumos de agua, gas y energía eléctrica

Los resultados obtenidos de la prueba en cuanto a consumos de agua, gas y electricidad se muestran en la **Tabla 36**.

**Tabla 36. Consumos de agua, gas y electricidad producidos en la prueba llevada a cabo por ECOHISPÁNICA el 10 de mayo de 2012.**

Consumos	En Carga	Totales
Agua	6,7 m <sup>3</sup>	8,8 m <sup>3</sup>
Gas	253,6 m <sup>3</sup>	393,6 m <sup>3</sup>
Electricidad	369 kWh	508 kWh
Triturador	63 kWh	93 kWh

##### 7.3.1.4.2. Costes por consumo de agua, gas y electricidad

A partir de los datos de consumos, ECOHISPÁNICA calculó los costes aproximados debidos a los consumos de agua, gas y electricidad y recogida de extractos líquidos. Considerando



una conversión de gas aproximada de 11,5 kWh/m<sup>3</sup>, los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 37**.

**Tabla 37. Costes debidos a los consumos de agua, gas y electricidad en la prueba realizada por ECOHISPÁNICA el 10 de mayo de 2012**

Partida	Medición		Unitario	Coste	
	En Carga	Total		En Carga	Total
Consumo de agua	6,7 m <sup>3</sup>	8,8 m <sup>3</sup>	1,4 €/m <sup>3</sup>	9,38 €	12,32 €
Consumo de gas	2.916,4 kWh	4.526,4 kWh	0,049 €/kWh	142,90 €	221,79 €
Consumo de electricidad	369 kWh	508 kWh	0,135 €/kWh	49,81 €	68,58 €
Recogida de Extractos Líquidos	1,6 m <sup>3</sup>	2,6 m <sup>3</sup>	97 €/m <sup>3</sup>	155,2 €	252,2 €

Haciendo los correspondientes cálculos, se obtienen los costes de consumo de agua, gas, electricidad y recogida de extracto líquido por tonelada tratada que se muestran en la **Tabla 38**

**Tabla 38. Coste por tonelada tratada**

Parámetro	Coste
Agua	3,12 €
Gas	47,63 €
Electricidad	16,60 €
Extracto líquido	51,73 €

Las conclusiones que se muestran en el informe (Anexo 26), como consecuencia de la prueba realizada, son las siguientes:

- El coste de la recogida de los extractos líquidos es muy elevado. Se requiere un método de depuración que reduzca el coste de recogida.
- El coste así calculado es inasumible. Sin embargo, es posible que el incremento de carga hasta 4000 kg de capacidad, sin modificación de los ciclos de trabajo reduzca los consumos por tonelada en un orden de 7 a 8.

- Se debe plantear como objetivo la reducción de consumos hasta el 13% como mínimo con el aumento de carga. Y el tratamiento de los extractos líquidos hasta un 20% (coste de consumos por tonelada 18,7 €/t).

#### **7.3.1.5. Evaluación de la contaminación acústica**

Dada la actividad de la planta se consideró conveniente evaluar la contaminación acústica. Para ello, se contó con la empresa EUROCONTROL, de contrastada experiencia en este campo, para llevar a cabo la evaluación del nivel de ruido de emisión generado por esta actividad correspondiente a tratamiento de residuos. El muestreo se desarrolló en base a la normativa vigente, es decir la norma UNE-ISO 1996-2:2009 y el Real Decreto 1367/2007. Asimismo, se tomó como referencia la Ordenanza de Prevención de Ruidos y Vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid. Primeramente se determinó el punto a evaluar en base a la Ordenanza de ruido y vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid en base al establecimiento de las condiciones más desfavorables en cuanto a la emisión de ruido. Asimismo, se realizaron estudios previos que determinaron el punto más desfavorable en el que se hicieron las mediciones. El informe de EUROCONTROL se recoge en el Anexo 27.

Se detectaron 4 fuentes de ruido:

- La Nave: Dentro de la nave industrial se ubica prácticamente todo el equipamiento para el tratamiento de los residuos, a excepción de una grúa.
- La Grúa: La grúa se encuentra en un cobertizo apantallado en la dirección de la calle Electrodo, pero abierto en el resto de direcciones.
- El Generador: ubicado en el exterior de la nave.
- El Compresor: ubicado en el exterior de la nave.

Como se ha hecho referencia, para llevar a cabo este estudio se ha tenido en cuenta tanto la norma UNE-ISO 1996-2:2009. “Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental” como el Real Decreto 1367/2007, por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Las fases de ruido identificadas fueron:

FASE 1. Funcionamiento del equipamiento de la nave y trituradora: normal funcionamiento del distinto equipamiento de la nave y la trituradora.

FASE 2. Funcionamiento del equipamiento de la nave y trituradora + Generador: normal funcionamiento del distinto equipamiento de la nave, la trituradora y el generador.

FASE 3. Funcionamiento del equipamiento de la nave y trituradora + Generador + Compresor: normal funcionamiento del distinto equipamiento de la nave, la trituradora, el generador y el compresor.

**FASE 4.** Funcionamiento del generador: normal funcionamiento del generador.

La Ordenanza de ruido y vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid establece que las mediciones deberán establecerse en las condiciones más desfavorables en cuanto a la emisión de ruido, por lo que las mediciones se llevaron a cabo solo en la Fase 3, anteriormente descrita.

Estudios previos determinaron que el punto más desfavorable era en el solar al límite de las instalaciones, a la altura del generador y compresor (Punto 1, **Figuras 15 y 16**).



Figura 15. Puntos previos seleccionados



Figura 16. Vista de la nave. El punto 1 está situado a 7,00m de esta zona

La metodología de ensayo es la recogida en el Anexo IV del Real Decreto 1367/2007 por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del ruido, en lo referente a zonificación acústica,

objetivos de calidad y emisiones acústicas, el AC-RD1367 Procedimiento General para la determinación de valores límite de emisión e inmisión según Real Decreto 1367/2007 y la Instrucción Técnica generada por Dirección de Acústica correspondiente a la Ordenanza de prevención de ruidos y vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid.

Los niveles sonoros obtenidos se muestran en la **Tabla 39**

**Tabla 39. Niveles sonoros obtenidos en la evaluación acústica de la planta**

Medidas	L <sub>Aeq5s</sub> (dBA)	L <sub>Aeq5s,f</sub> (dBA)	L <sub>Aeq5s,r</sub> (dBA)	L <sub>Ceq5s</sub> (dBC)	L <sub>Ceq5s,f</sub> (dBC)	L <sub>Ceq5s,r</sub> (dBC)	K <sub>f</sub>	L <sub>Aeq5s</sub> (dBA)	L <sub>Aeq5s,f</sub> (dBA)	L <sub>Aeq5s,r</sub> (dBA)	K <sub>f</sub>	L <sub>Aeq5s</sub> corregido (dBA)
1	54,0	47,9	52,8	69,6	66,4	68,3	5,0	54,6	48,5	53,4	0,0	57,8
2	53,6	47,9	52,3	69,6	66,4	68,3	5,0	54,2	48,5	52,9	0,0	57,3
3	54,9	47,9	53,9	66,5	66,4	---	0,0	56,0	48,5	55,2	0,0	53,9
4	54,5	47,9	53,4	65,7	66,4	---	0,0	55,7	48,5	54,8	0,0	53,4
5	54,0	47,9	52,8	66,3	66,4	---	0,0	54,6	48,5	53,4	0,0	52,8
Desviación Máxima	1,3	Medida válida										

<b>Nivel Obtenido (dBA)</b>	57,3
<b>Incertidumbre (dBA)</b>	1,4

L<sub>Aeq5s</sub>: nivel de ruido en ponderación A.

L<sub>Aeq5s,f</sub>: nivel de ruido de fondo en ponderación A.

L<sub>Aeq5s,r</sub>: nivel corregido por ruido de fondo en ponderación A

L<sub>Ceq5s</sub>: nivel de ruido en ponderación C.

L<sub>Ceq5s,f</sub>: nivel de ruido de fondo en ponderación C.

L<sub>Ceq5s,r</sub>: nivel corregido por ruido de fondo en ponderación C

L<sub>Aleq5s</sub>: nivel de ruido con ponderación temporal impulsiva I.

L<sub>Aleq5s,f</sub>: nivel de ruido de ponderación temporal impulsiva I.

L<sub>Aleq5s,r</sub>: nivel corregido por ruido de fondo con ponderación temporal impulsiva I

K<sub>f</sub>: penalización por bajas frecuencias.

K<sub>i</sub>: penalización por ruidos impulsivos.

K: valor de penalización a aplicar (K<sub>f</sub>+K<sub>i</sub>).

Si valor de celda = "----" imposible corregir por ruido de fondo

\* No todas las medidas se pueden corregir por ruido de fondo

\*\* Un único valor evaluable

\*\*\* Se toma el segundo valor más alto de los L<sub>Aeq</sub> sin corregir por ruido de fondo

Por tanto, el Nivel de ruido de emisión es (L<sub>keq,5</sub>) = 57,3 ± 1,4 dB

En función de los resultados obtenidos, EUROCONTROL se declara CONFORME con los niveles de ruido producidos por la actividad ECOHISPÁNICA, respecto al límite de 70 dB (A) establecido en el artículo 13.1 de la Ordenanza de prevención de ruidos y vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid.

### 7.3.2. Evaluación de la planta en fase continua

#### 7.3.2.1. Selección de la muestra representativa. Cálculo estadístico

##### 7.3.2.1.1. Objeto del Cálculo

Se propone este cálculo con el fin de obtener la máxima representatividad de los datos obtenidos de acuerdo a las pruebas y la toma de muestras propuestas por la Comisión para dar cumplimiento a su Objetivo definido en el Artículo 2 de su Reglamento y en el marco de sus Competencias, definidas en el Artículo 7 del citado Reglamento.

##### 7.3.2.1.2. Metodología

Para lograr la máxima representatividad de los datos obtenidos se aplica la fórmula estadística de “Muestra representativa”, de acuerdo a los siguientes principios básicos:

- **Población:** conjunto finito o infinito de personas u objetos que presentan características comunes. Cuando la población es muy grande, es obvio que la observación de todos los elementos se dificulte en cuanto al trabajo, tiempo y coste necesario para hacerlo. Para solucionar este inconveniente se examina únicamente una porción de la población, llamada muestra.
- **Muestra:** es un conjunto de valores que pertenecen a una población, es decir, una población es un todo y una muestra es una fracción o segmento de ese todo. La elección de su tamaño es fundamental para el tratamiento estadístico de datos, ya que una muestra representativa contiene las características relevantes de la población en las mismas proporciones que están incluidas en tal población.
- **Muestreo:** procedimiento para obtener muestras de una población. Puede ser de juicio (basado en la experiencia) o aleatorio. En este documento planteamos la utilización de una serie de fórmulas que nos ayuden a realizar el muestreo aleatorio de modo rápido y concluyente.

En base a los principios enumerados la elección del tamaño de la muestra debe asegurar su representatividad, es decir, que de los valores contenidos en la muestra se obtengan resultados concluyentes para toda la población. De esta manera reduciremos las operaciones de cálculo, agilizando el tratamiento de datos y dando una respuesta rápida y fiable. Para estos cálculos se tomará una distribución normal.

Cálculo del tamaño de la muestra representativa (n) conocido el tamaño de la población (N):

$$n = N / (1 + (C^2(N - 1))/(z^2p(1-p)))$$

donde:

**p:** probabilidad de que la población presente las características buscadas. Dicho de una forma más comprensible, es la probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población (homogeneidad).

Este es un parámetro muy importante, debido a que mediante el mismo se asume qué proporción de la muestra puede presentar las mismas características de la población, debido a diversos factores subjetivos y objetivos de los individuos u objetos que conforman esa población. Se asume en una distribución normal, como la que nos ocupa, tomar el valor máximo de 50%.

**N:** tamaño de la población.

**C:** intervalo de confianza (error asumido en el cálculo). Toda expresión que se calcula contiene un error de cálculo debido a las aproximaciones decimales que surgen en la división por decimales o el error en la selección de la muestra, entre otras, por lo que este error se puede asumir entre un 1% hasta un 10 %; es decir, que se asume, en valores de probabilidad correspondiente, un valor de entre un 0,01 hasta un 0,1.

No obstante, se propone la siguiente tabla para valores óptimos del error:

Para  $3 \leq N \leq 10$ , se asume  $C = 0,1$  (un error del 10 %).

Para  $N > 10$ , se asume  $C = 0,05$  (un error del 5 %).

Cuanto menor sea el valor de C, mayor precisión obtendremos utilizando el tamaño de la muestra calculado (a cambio de que el tamaño de la muestra sea mayor).

**z:** valor estandarizado, en función del Nivel de Confianza (el Nivel de Confianza indica la probabilidad de que el intervalo de confianza contenga el valor real que buscamos). Cuanto mayor sea, mayor precisión obtendremos utilizando el tamaño de la muestra calculado (pero el tamaño de la muestra será mayor).

Algunos valores estandarizados (z) en función del Nivel de Confianza (NC) elegido son:

NC = 99 %,  $z = 2,58$  (empleado con frecuencia).

NC = 95 %,  $z = 1,96$  (el más empleado).

NC = 90 %,  $z = 1,64$ .

De lo anterior se infiere que la representatividad de una muestra es tal por considerar que la misma fue extraída de una población con un determinado nivel de confianza (siendo el aconsejable un 95%), de asumir un determinado porcentaje en el error de cálculo (intervalo de confianza), que debe estar comprendido entre un intervalo de 1-10% (0,01 hasta 0,10); y de considerar un adecuado porcentaje (máximo de 0,5) de que la muestra posee las características de la población.

#### 7.3.2.1.3. Cálculo del período representativo para la planta piloto

##### 1) **Exposición:**

Se desea analizar el funcionamiento de la planta piloto en condiciones reales de trabajo durante un período de tiempo equivalente a un año (se estima que en este período de tiempo el funcionamiento de la planta no sufrirá una variación significativa con respecto a su rendimiento). Como unidad de la población se toma 1.000 kg (o 1 tonelada), que es aquella cantidad de residuo de entrada sobre la que se expresarán los datos de monitorización de la planta (caracterización, consumos,...).

Para este período se estima un tratamiento de 36.000 toneladas de residuo urbano procedente de la fracción orgánica más resto y un funcionamiento de 20 horas al día durante 350 días al año, a un ritmo de tratamiento de 5 t/hora (datos proporcionados por ECOHISPÁNICA, *Informe General de Planta*, Rivas Vaciamadrid, 24 de Enero de 2012) (Anexo 2).

##### 2) **Resolución:**

Primero, calculamos el tamaño de la muestra representativa, aplicando la fórmula descrita en la metodología:

$$n = N / (1 + (C^2(N - 1))/(z^2p(1-p)))$$

Valor de p: Tomamos el valor de 0,5 (50%).

Valor de C: Como  $N = 36.000 > 10$ , tomamos un valor de  $C = 0,05$ . Es decir, asumimos que habrá un 5% de error en los cálculos.

Valor de z: Si tomamos un Nivel de confianza del 95%,  $z = 1,96$ .

Aplicando los valores a la fórmula, obtenemos:

$$n = 36.000 / (1 + (0,05^2 * (36.000 - 1)) / (1,96^2 * 0,5 * (1 - 0,5))) = 380 \text{ toneladas}$$

#### 7.3.2.1.4. Conclusión

Por lo tanto, para tratar las 380 toneladas, que al aplicar las fórmulas obtenemos como una muestra representativa del funcionamiento de la planta durante un año, serán necesarias 76 horas (a razón de 5 t/hora, que será el ritmo de tratamiento en el período de pruebas).

Distribuyendo esas 76 horas en jornadas de 20 horas hacen un total de **4 días**. Este es el período que se obtendría como representativo del funcionamiento de la planta durante un año.

Si aplicamos criterios menos restrictivos con un Nivel de Confianza del 90%, el resultado sería de: **3 días**.

Para este cálculo no se atribuye una estacionalidad significativa a la caracterización del residuo de entrada (si se conocen datos sobre esa estacionalidad se podrían realizar nuevos cálculos para obtener unos resultados concluyentes).

Este período de tiempo que se obtiene como muestra representativa no es necesario aplicarlo de forma continuada, sino que puede fraccionarse.

Finalmente, la Comisión decidió aplicar un período superior al obtenido con un proceso en continuo por lo que se realizan más horas de actividad, con el fin de lograr un mayor acercamiento a las condiciones reales de funcionamiento. Por ello, el período elegido correspondió a 5 días.

En este caso, se ha optado por no interrumpir el período para obtener los datos de una manera que se ajusten más a la realidad, de acuerdo con las características de la planta, cuyo óptimo se encuentra en su funcionamiento continuo.

Para llevar a cabo este estudio se han consultado métodos y aplicaciones de muestreo (Azorín, 1994).

#### **7.3.2.2. Período de muestreo considerado**

Teniendo en cuenta el estudio estadístico y otras consideraciones de operatividad de la planta, finalmente la prueba en continuo fue realizada desde el 27 de mayo hasta el 1 de junio de 2013, ambos inclusive.

La planta es actualmente operativa solo en modo de pruebas y puede alcanzar niveles de producción industrial competitivos siempre teniendo en cuenta que su desarrollo parte de un proyecto de I+D+i, y que en el transcurso del mismo se innova gracias al feedback obtenido en pruebas similares a ésta.



La prueba consistió en el funcionamiento continuo durante 20 horas y 4 de parada al día como se recoge en el correspondiente informe presentado por ECOHISPÁNICA. El personal se organizó en dos turnos de trabajo de tres operarios cada uno. El horario del primer turno fue de 6:00 a 16:00 y el segundo de 16:00 a 2:00h. ECOHISPÁNICA elaboró el informe sobre la prueba de trabajo en continuo desde el 27 de mayo al 1 de junio de 2013 (Informe en Anexo 28).

La empresa RIVAMADRID se encargó de proveer el residuo procedente de la recogida directamente al foso de las instalaciones y recoger el material tratado y su traslado al vertedero. Se controló el flujo mediante pesaje en la báscula de camiones de ECOHISPÁNICA.

Como se verá en apartados posteriores, se midieron consumos energéticos, tanto de consumo eléctrico como de gas, y se llevó a cabo el contaje de los flujos de masas, desde el contador de agua, peso procesado medido en cinta-báscula de entrada al proceso y control de nivel de extracto. Asimismo, se programaron caracterizaciones y análisis de productos de entrada y salida por parte de la empresa EUROCONTROL y se realizó el análisis de las condiciones higiénicas por parte de la empresa ASEPEYO.

### **7.3.2.3. Selección de los residuos a procesar**

#### **7.3.2.3.1. Descripción del tipo de residuos tratados en la planta**

Los residuos con los que se ha realizado la fase de pruebas en continuo en la planta de I+D de Rivas Vaciamadrid, han sido los procedentes de la recogida domiciliaria de la fracción orgánica más resto que la empresa RIVAMADRID realiza de forma habitual en este municipio, ya que ésta es una de las tareas que tiene encomendadas.

#### **7.3.2.3.2. Características de los vehículos de recogida**

Los vehículos empleados para llevar a cabo esta prueba son los disponibles por la empresa RIVAMADRID, empresa municipal que gestiona los residuos que se generan en Rivas Vaciamadrid. Las características de estos vehículos son similares a las del vehículo empleado en la fase de prueba de un día (apartado 7.3.1.1.2.).

#### **7.3.2.3.3. Selección de la muestra representativa de la fracción orgánica y resto**

Para llevar a cabo la fase de prueba en continuo se considera imprescindible realizar previamente la selección y caracterización de la muestra representativa de la materia orgánica más resto del Municipio de Rivas Vaciamadrid. La muestra se determinó en función del tiempo de operación de la planta y teniendo en cuenta los datos de partida facilitados por RIVAMADRID. Con objeto de que la muestra fuera representativa del

conjunto de la población, la Comisión solicitó a RIVAMADRID una relación de la distribución de la población por secciones con el fin de obtener una muestra ponderada.

#### 7.3.2.3.4. Descripción de la ruta de recogida de residuos

En el Informe facilitado por RIVAMADRID (Anexo 29), empresa encargada de la recogida de los residuos urbanos generados en el municipio de Rivas, se describen las rutas de recogida de la fracción orgánica más resto llevadas a cabo para la experimentación en la planta piloto de tratamiento de residuos de ECOHISPÁNICA realizada desde el 27 de mayo al 1 de junio de 2013. Se realizaron dos tipos de rutas: 1. Ruta especial para la caracterización de residuos y 2. Rutas habituales de recogida de residuos del municipio.

##### 1. Ruta especial para la caracterización de residuos

Para realizar la caracterización de residuos, procedentes de la fracción orgánica más resto del municipio de Rivas Vaciamadrid, que suponen el material de entrada al proceso de tratamiento, se llevó a cabo un procedimiento análogo al realizado el 10 de mayo de 2012 para el mismo fin (apartado 7.3.1.1.5.).

La hora de comienzo fue, aproximadamente, las 10:30 horas. El camión recolector compactador Ros Roca-Renault matrícula 1187-GDX realizó la ruta de caracterización recogiendo un total de 68 contenedores, previamente seleccionados por secciones censales para obtener una muestra representativa del municipio, sumando un total de 8.250 kilogramos. Seguidamente se adjunta el plano de secciones censales, los cálculos para el diseño de la ruta de caracterización en función a los parámetros definidos y, por último, el detalle real de la ruta ordenado por secciones censales.

La **Tabla 40** recoge las principales características del muestreo y la **Figura 17** y la **Tabla 41** muestran, respectivamente, el plano de las secciones censales y la población de cada sección con el número de contenedores que corresponde recoger en cada una de ellas.

**Tabla 40. Principales características del muestreo**

Concepto	Dato
Población	78.404
Secciones censales	37
Kg de muestra	8.000
Kg media contenedor 3200 litros	120
Contenedores a recoger	67
Habitante/contenedor	1.176

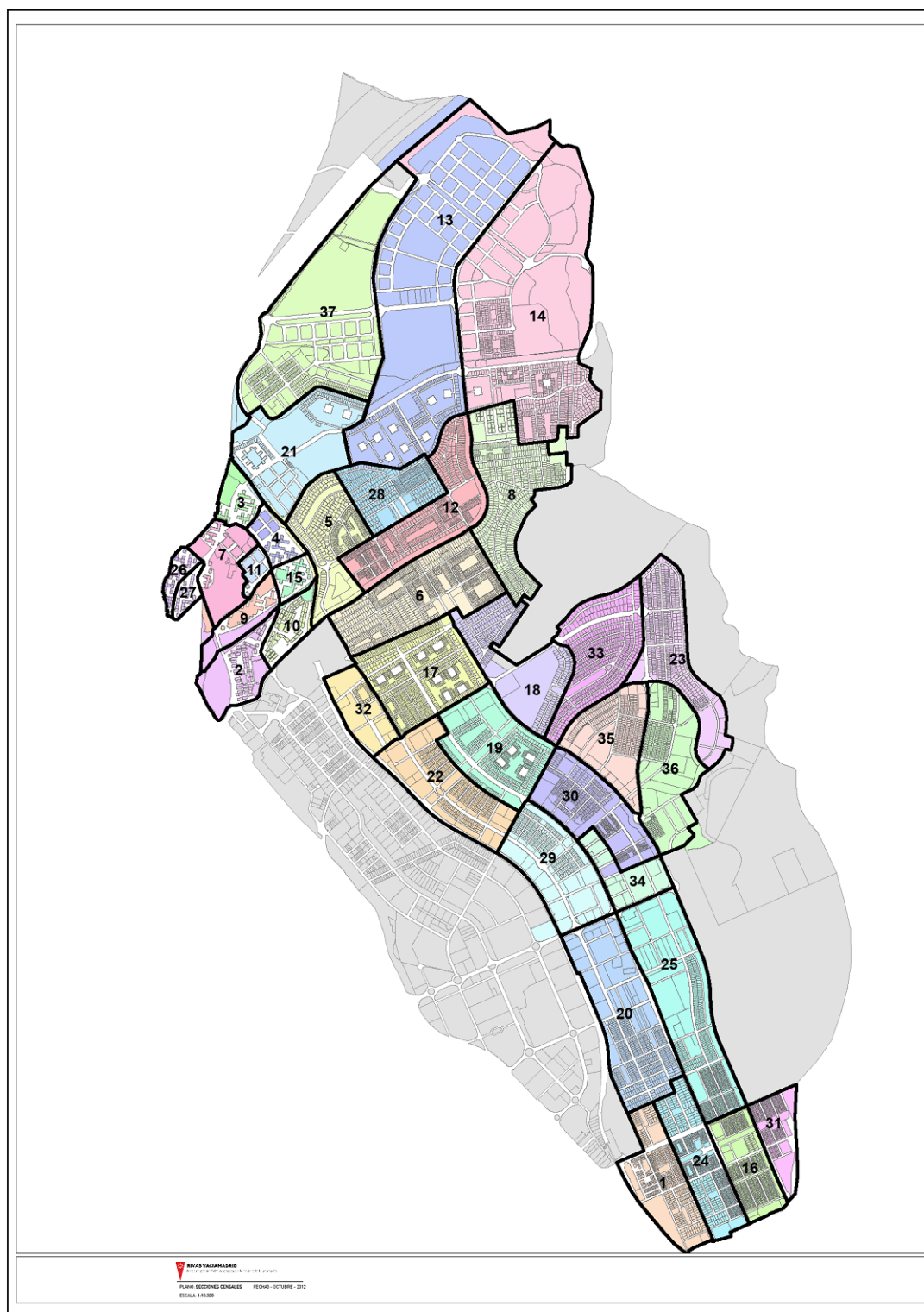


Figura 17. Plano de las secciones censales

Tabla 41. Población de cada sección con el número de contenedores que corresponde recoger en cada una de ellas

Sección	Población	Dato	Redondeo
sección 1	2.484	2,1	2
sección 2	1.461	1,2	1
sección 3	1.411	1,2	1
sección 4	2.393	2,0	2
sección 5	1.644	1,4	1
sección 6	2.082	1,8	2
sección 7	1.805	1,5	2
sección 8	2.541	2,2	2
sección 9	1.938	1,6	2
sección 10	1.358	1,2	1
sección 11	1.365	1,2	1
sección 12	1.561	1,3	1
sección 13	3.167	2,7	3
sección 14	2.620	2,2	2
sección 15	1.989	1,7	2
sección 16	1.952	1,7	2
sección 17	2.510	2,1	2
sección 18	982	0,8	1
sección 19	3.032	2,6	3
sección 20	3.376	2,9	3
sección 21	2.799	2,4	2
sección 22	3.351	2,8	3
sección 23	2.764	2,4	2
sección 24	1.645	1,4	1
sección 25	3.276	2,8	3
sección 26	1.922	1,6	2
sección 27	1.133	1,0	1
sección 28	908	0,8	1
sección 29	2.239	1,9	2
sección 30	2.254	1,9	2
sección 31	1.510	1,3	1
sección 32	2.461	2,1	2
sección 33	2.100	1,8	2
sección 34	1.936	1,6	2
sección 35	2.210	1,9	2
sección 36	1.893	1,6	2
sección 37	2.332	2,0	2
<b>Total</b>	<b>78.404</b>	<b>66,7</b>	<b>68</b>

El detalle de la ruta seguida para la recogida de la muestra objeto de la prueba se recoge en la **Tabla 42**.

Tabla 42. Detalle de la ruta de recogida

Sección	Ruta	Cale	Contenedores
sección 01	1	Francia Campos de fútbol	2
sección 02	3	Miguel Hernández (colegio la Escuela)	primer cubo
sección 03	3	Av. del Deporte con Blas de Otero (Alandalus)	primer cubo
sección 04	3	paseo de la Estación	2 primeros
sección 05	2	Opera	primer cubo
sección 06	2	Aloe con guarderia	2
sección 07	3	Av. Covibar plaza Antonio Machado 1	2
sección 08	2	Plaza los Madroños nº 2	2
sección 09	3	I.E.S. las Lagunas y naranjo de Bulnes nº 16 (Pablo Lima Pro)	1 y 1
sección 10	3	La Prensa (todos los contenedores de esta sección son de 2400)	primer cubo
sección 11	3	Centro de salud la Paz	1
sección 12	2	Av. de los Almendros con Río Jarama	primer cubo
sección 13	3	Oceano nº 1 y 3	1 y 1
sección 14	3	Plazas Almendros y Picos de Urbión	1 y 1
sección 15	3	Valle Nalón nº 9 y Pirineos nº 6	1 y 1
sección 16	1	Francia con lago Constanza	2
sección 17	2	Plazas Arandano y zarzamora	1 y 1
sección 18	2	Ramón y Cajal con Bellavista	primer cubo
sección 19	2	Dalia con Celestino Mutis	3
sección 20	1	Av. Velazquez nº 4 y Juan Gris	1 y 2
sección 21	3	Ronda Oviedo nº 87	2
sección 22	1	José del Hierro con José Saramago	3
sección 23	2	José Isbert con F. F. Gomez y José Isbert frente al nº 14	2 y 1
sección 24	1	Cisne con plaza Europa	1
sección 25	1	1º de mayo con R. Luxemburgo y Frida Kalho nº 2	1 y 2
sección 26	3	Dolores Ibarruri/ La Regentanº 4 (2º recinto)	2
sección 27	3	Dolores Ibarruri/ La Regentanº 1 (3º recinto)	primer cubo
sección 28	2	Paseo de la Chopera, Victoria Kent	1
sección 29	1	José del Hierro con G. T. Ballester	2
sección 30	2	Miguel Gila con javier Marias	2
sección 31	1	Lago Ercina entre los numeros 6 y 8	1
sección 32	2	Capanegra nº 4	2 primeros
sección 33	2	Trebol (isleta)	2 primeros
sección 34	1	Av. Pablo Iglesias nº 85 y 87	2 primeros
sección 35	2	Pilar Miro nº 53	2
sección 36	2	Bernardo Atxaga con Emanuel Kant	1
sección 37	3	M. teresa León con Carmen Amaya y con Maria Moliner	2

## 2. Rutas habituales de recogida de residuos del municipio.

El material de entrada en la planta procede de la recogida de residuos de la fracción orgánica más resto del municipio de Rivas Vaciamadrid según la planificación habitual del servicio de recogida a excepción del 27 de mayo, que se realizó la ruta de caracterización descrita en el apartado anterior, detrayendo esos contenedores de las rutas habituales, que también se realizaron y depositaron en la planta.

La planificación del servicio de recogida de residuos corresponde al año 2013 para la fracción orgánica más resto que divide el municipio en 3 rutas de recogida, que coinciden aproximadamente con la división del municipio por barrios:

- Ruta 1: Rivas Este y parte de Rivas Centro. Representada en color verde.
- Ruta 2: Rivas Centro (excepto la zona de la ruta 1). Representada en color azul
- Ruta 3: Rivas Oeste. Representada en color rosa.

En la **Figura 18** se muestra la representación gráfica de las citadas rutas, que no coincide con la Figura 5 debido al crecimiento de la zona norte y centro del municipio.



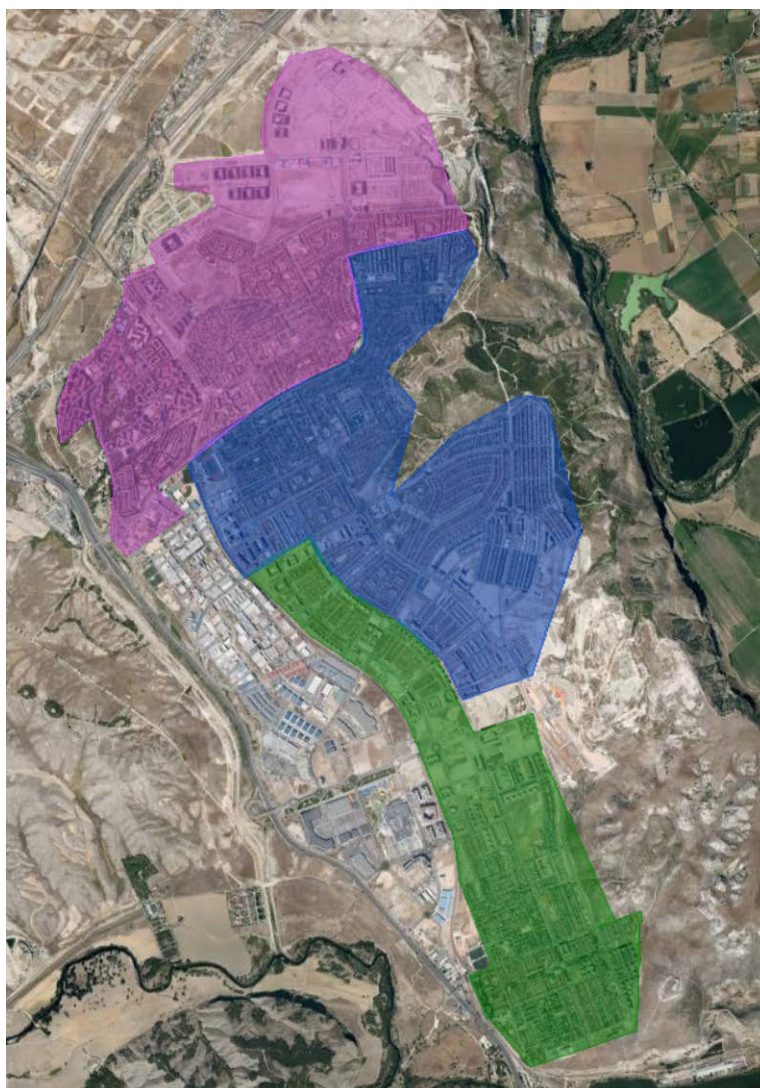


Figura 18. Rutas de recogida de la fracción orgánica más resto.

#### 7.3.2.4. Caracterización de materiales de la fracción orgánica y resto

Con el fin de conocer la composición estándar de la materia a tratar se llevó a cabo una caracterización de la fracción orgánica y resto del municipio de Rivas Vaciamadrid. De igual manera que en la fase de prueba de 1 día, la caracterización fue realizada por la empresa EUROCONTROL, empresa con experiencia en el sector de Control y Asistencia Técnica Medioambiental y que cuenta con las certificaciones exigidas por los Reglamentos de Seguridad y las normas universales de más aceptación, tales como ENAC, ISO 9001 y 14001 y certificación AENOR.

Se empleó también la misma metodología utilizada en la prueba de 1 día (apartado 7.3.1.1.6.), es decir el protocolo de muestreo para la caracterización de residuos elaborada por Ecoembes (Anexo 23). La empresa RIVAMADRID puso a disposición de EUROCONTROL una retroexcavadora y un conductor para realizar la homogeneización y separación en cuarteos. La zona de la que se dispuso para realizar la separación fue también la playa asfaltada delantera a la nave de la Planta Piloto.

El material de entrada proviene de la recogida de fracción orgánica y resto de Rivas Vaciamadrid, correspondiente a una procedencia específica (apartado 7.3.2.3.4.).

El correspondiente informe de EUROCONTROL, cuya referencia es I.13.086.1501.00105, se muestra en el Anexo 30.

#### 7.3.2.4.1. Toma de muestras para la caracterización de materiales de la fracción orgánica más resto

La toma de muestras se realiza de la misma forma que se ha expuesto en el apartado 7.3.1.1.6.

Los muestreos llevados a cabo por EUROCONTROL (Anexo 30) han consistido en la toma de muestras y caracterización de 1 muestra de entrada de RSU (fracción orgánica más resto) en planta de 250 Kg.

Con el fin de conseguir una muestra lo más homogénea posible sobre la que realizar la separación de materiales, los trabajos se desarrollaron según la metodología que se describe a continuación.

#### 7.3.2.4.2. Metodología para la caracterización de materiales de la fracción orgánica más resto

La superficie de trabajo estaba debidamente pavimentada y limpia antes de la caracterización para no interferir en la composición de la muestra y que no se produjesen resultados anómalos.

Con el fin de mantener la representatividad de las muestras a analizar, fue necesario cumplir una serie de requisitos a la hora de realizar la caracterización del material de entrada, buscando una línea de trabajo homogénea e inequívoca.

La caracterización fue realizada por personal de EUROCONTROL (Anexo 30).

Los pasos seguidos en el proceso se describen a continuación:



1. La toma de muestras se realizó siempre sin interrupción del proceso productivo, siguiendo las indicaciones del personal responsable de planta y cumpliendo las normas de seguridad preventiva.
2. Se recepcionó el camión en planta y se depositó la totalidad del material en una superficie limpia y pavimentada.
3. El material acumulado (muestra inicial), fue sometido a una homogeneización por medios mecánicos.
4. Después de esta primera homogeneización, se separaron aproximadamente, 1000 Kg del total de los residuos que fueron depositados en la superficie limpia y pavimentada.
5. Posteriormente se realizó un primer cuarteo del material, y se seleccionaron dos cuartos opuestos (500 Kg) elegidos aleatoriamente. Una vez seleccionados se procedió a la apertura de las bolsas, con el fin de efectuar una segunda homogeneización de los residuos.
6. Una vez homogeneizados, se realizó un segundo cuarteo por medios mecánicos, y de este segundo cuarteo se seleccionaron aleatoriamente dos cuartos opuestos de los que se toman 50 Kg aproximadamente de cada uno de ellos. De los otros dos cuartos restantes se tomaron 75 Kg, constituyendo la muestra final, de aproximadamente 250 Kg, sobre la que se llevó a cabo la caracterización de materiales.
7. Por último, se realizó la separación y determinación de los distintos materiales integrantes de la muestra. La pesada de los materiales separados se realizó con una báscula de precisión convenientemente calibrada, cuya verificación se realizó al comienzo de la jornada de trabajo con pesas patrón. Las hojas de campo a cumplimentar por los inspectores son consensuadas con el cliente.
8. Una vez finalizados los trabajos se recogió el material separado y se eliminó donde la planta consideró oportuno (foso), dejando la superficie de trabajo en condiciones adecuadas de limpieza.

#### 7.3.2.4.3. Resultados de la caracterización de materiales de la fracción orgánica más resto

Los resultados obtenidos de la caracterización de la muestra de entrada de fracción orgánica y resto se recogen en la **Tabla 43**.

Tabla 43. Resultados de la caracterización de la fracción orgánica y resto.

Material	Cantidad (Kg.)	%
<b>ENVASES</b>		
PET	1,87	0,74
PEAD Natural	0,20	0,08
PEAD Color	1,09	0,43
PVC	0,08	0,03
Film	8,90	3,54
Film BUSU	5,98	2,38
Resto de Plásticos	9,05	3,60
Acero	4,85	1,93
Aluminio	1,10	0,44
Cartón para bebidas	2,44	0,97
Madera	0,00	0,00
<b>RESTO DE MATERIALES</b>		
Materia Orgánica	38,99	15,50
Resto de jardín y podas	92,34	36,72
Celulosas	13,03	5,18
Textiles	9,03	3,59
Madera no envase	1,74	0,69
Madera envase Comercial / Industrial	0,00	0,00
Vidrio (envases)	10,97	4,36
Plásticos no envase	1,84	0,73
Plásticos Envase Comercial / Industrial	0,00	0,00
Film bolsa de basura	7,80	3,10
Film Comercial/Industrial	0,83	0,33
Restos de obras menores	10,49	4,17
Acero no envase	0,80	0,32
Acero envase Comercial / Industrial	0,00	0,00
Aluminio no envase	0,00	0,00
Aluminio envase Comercial / Industrial	0,00	0,00
Otros (indicar significativos)*	5,59	2,22
<b>PAPEL / CARTÓN</b>		
Papel Impreso	9,79	3,89
Envase Doméstico con Punto Verde	6,78	2,70
Envase Doméstico sin Punto Verde	2,55	1,01
Envase Comercial con Punto Verde	0,00	0,00
Envase Comercial sin Punto Verde	3,36	1,34
<b>TOTAL</b>		
Total Envases Ligeros	<b>35,56</b>	14,14
Total No Envases Ligeros	<b>215,93</b>	85,86
Total Muestra Caracterizada	<b>251,49</b>	<b>100,00</b>
OBSERVACIONES: * Multimateriales: 0,33 Kg. RAEE's: 2,01 Kg. Restos de medicamentos: 0,15 Kg. Cerámica: 0,72 Kg. Finos : 2,38 Kg.		

Cabe destacar que el componente mayoritario lo constituyen los restos de jardín y podas, con un 36,72%, seguido de la materia orgánica, con un 15,50%.

#### 7.3.2.4.4. Estudio densimétrico de la fracción orgánica y resto

Además se realizó el estudio densimétrico de una muestra representativa procedente de la entrada del residuo a planta.

Para este estudio se tomaron muestras parciales de peso aleatorio y de diferentes puntos (buscando la mayor representatividad) hasta completar el volumen de un contenedor con las características que se muestran en la **Tabla 44**.

**Tabla 44. Características del contenedor para medir la densidad**

Marca	Contenur C800 F
Volumen	770 L
Carga Máxima	308 kg
Tara	41,5 kg

Conociendo el peso del material que se ha añadido al contenedor y el volumen que éste posee, se obtiene la densidad del material de entrada.

Los resultados obtenidos del estudio de densidades se muestran en la **Tabla 45**.

**Tabla 45. Resultado del estudio de densidades**

MUESTRA	MASA (kg)	VOLUMEN (L)	DENSIDAD (kg/L)
Entrada de RSU	102,86	770	0,134

#### 7.3.2.5. Caracterización de los materiales de los flujos de salida: salida en bruto, biorresiduo y pasante.

Con el fin de conocer la composición estándar de los flujos de salida de la planta, se llevó a cabo una caracterización de la salida en bruto, biorresiduo y pasante. La caracterización fue realizada también por la empresa EUROCONTROL, y empleó la misma metodología que la utilizada con la fracción orgánica más resto. El correspondiente informe se muestra en el Anexo 30.

#### 7.3.2.5.1. Toma de muestras de salida en bruto, biorresiduo y pasante

El material de estudio procedente de la salida en bruto del proceso, el pasante y el biorresiduo fue proporcionado por la planta industrial de ECOHISPÁNICA in situ (las muestras fueron proporcionadas a razón de las salidas de flujos del proceso), homogeneizándose de forma manual por personal de la empresa EUROCONTROL para buscar la mayor representatividad posible.

Los muestreos llevados a cabo por EUROCONTROL (Anexo 30) han consistido en:

- Toma de muestras y caracterización de 3 muestras de material de salida en bruto del proceso de 250 Kg.
- Toma de muestras y caracterización de 3 muestras de Biorresiduo de 50 Kg.
- Toma de muestras y caracterización de 3 muestras de Pasante de 50 Kg.

Con el fin de conseguir una muestra lo más homogénea posible sobre la que realizar la separación de materiales, los trabajos se desarrollaron según la siguiente metodología.

#### 7.3.2.5.2. Metodología para la caracterización de los materiales de las muestras de salida en bruto, biorresiduo y pasante

La superficie de trabajo estaba debidamente pavimentada y limpia antes de la caracterización de cada una de las fracciones: salida en bruto, biorresiduo y pasante para no interferir en la composición de las muestras y que no se produjesen resultados anómalos.

La caracterización fue realizada por personal de EUROCONTROL (Anexo 30).

La caracterización del pasante del trómel se refiere a la fracción > 15 mm; la fracción biorresiduo se refiere al hundido de trómel fracción < 15 mm.

Los pasos seguidos en el proceso de caracterización de cada fracción fue el mismo variando únicamente las cantidades tomadas, por lo que se describen a continuación de forma conjunta:

1. La toma de muestras se realizó siempre sin interrupción del proceso productivo, siguiendo las indicaciones del personal responsable de planta y cumpliendo las normas de seguridad preventiva.
2. El material acumulado (muestra inicial), fue sometido a una homogeneización por medios mecánicos.
3. Posteriormente se tomaron aproximadamente 250 Kg, 50 kg y 50 Kg para la salida en bruto, biorresiduo y pasante respectivamente, sobre las que se ha realizó la caracterización de materiales.

4. Por último, se realizó la separación y determinación de los distintos materiales integrantes de cada muestra. La pesada de los materiales separados se realizó con una báscula de precisión convenientemente calibrada, cuya verificación se realizó al comienzo de la jornada de trabajo con pesas patrón. Las hojas de campo a cumplimentar por los inspectores son consensuadas con ECOHISPÁNICA.
5. Una vez finalizados los trabajos se recogió el material separado y se eliminó donde la planta consideró oportuno, dejando la superficie de trabajo en condiciones adecuadas de limpieza.

#### 7.3.2.5.3. Resultados de la caracterización de los materiales de las muestras de salida en bruto, biorresiduo y pasante

Los resultados obtenidos de la caracterización de la muestra de salida en bruto se recogen en la **Tabla 46**.

Tabla 46. Fracciones obtenidas de la muestra de salida en bruto

MUESTRA	SALIDA EN BRUTO			
Fecha	27.05.2013		29.05.2013	
Material	Cantidad (Kg.)	%	Cantidad (Kg.)	%
<b>ENVASES</b>				
PET	0,00	0,00	0,06	0,02
PEAD Natural	0,00	0,00	0,00	0,00
PEAD Color	0,00	0,00	0,00	0,00
PVC	0,00	0,00	0,00	0,00
Film	1,31	0,52	0,14	0,06
Film BUSU	0,00	0,00	0,00	0,00
Resto de Plásticos (1)	14,17	5,65	14,100	5,55
Acero	6,90	2,75	1,89	0,74
Aluminio	1,01	0,40	0,30	0,12
Cartón para bebidas	0,00	0,00	0,00	0,00
Madera	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>RESTO DE MATERIALES</b>				
Materia Orgánica	130,49	52,03	145,67	57,38
Resto de jardín y podas	2,65	1,06	1,90	0,75
Celulosas	0,38	0,15	0,09	0,04
Textiles	7,22	2,88	11,22	4,42
Madera no envase	1,10	0,44	1,01	0,40
Madera envase Comercial / Industrial	0,00	0,00	0,00	0,00
Vidrio (envases)	7,65	3,05	14,01	5,52
Plásticos no envase	0,00	0,00	0,13	0,05
Plásticos Envase Comercial / Industrial	0,00	0,00	0,00	0,00
Film bolsa de basura	0,00	0,00	0,00	0,00
Film Comercial/Industrial	0,00	0,00	0,00	0,00
Restos de obras menores	0,00	0,00	0,00	0,00
Acero no envase	0,23	0,09	0,34	0,13
Acero envase Comercial / Industrial	0,00	0,00	0,00	0,00
Aluminio no envase	0,00	0,00	0,00	0,00
Aluminio envase Comercial / Industrial	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros (indicar significativos)* (2)	37,58	14,98	38,450	15,159
Papel / Cartón	40,10	15,99	24,55	9,67
<b>TOTAL</b>				
Total Envases Ligeros	<b>23,39</b>	9,33	16,49	6,50
Total No Envases Ligeros	<b>227,40</b>	90,67	237,37	93,50
Total Muestra Caracterizada	<b>250,79</b>	100,00	253,86	100,00

OBSERVACIONES: (1) Bolsas: 5,72 Kg. (2) Piedras: 1,89/1,05 Kg. Finos: 35,69/37,40 Kg.

Fuente: Elaboración propia a partir de Informe de EUROCONTROL.

El componente mayoritario de las muestras de salida en bruto es la materia orgánica con un porcentaje superior al 50%.

Se puede observar que la fracción biorresiduo supone un 70,29% (considerando materia orgánica, poda, celulosas y papel/cartón); la fracción plásticos 5,65%; metales 3,15%; vidrio 3,05%; textiles 2,88% y resto 14,98%.

Los resultados obtenidos de la caracterización de la muestra de biorresiduo se recogen en la **Tabla 47**.

**Tabla 47. Fracciones obtenidas de la muestra de biorresiduo**

MUESTRA	BIORRESIDUO			
Fecha	27.05/29.05/31.05	27.05/29.05/31.05	27.05/29.05/31.05	27.05/29.05/31.05
Material	Cantidad (Kg.) 0 - 6 mm	Cantidad (Kg.) 6 - 15 mm	Total (Kg.)	%
<b>MATERIALES</b>				
Materia Orgánica	7,31/6,31/6,87	42,00/41,77/42,09	49,31/48,08/48,96	97,41/95,72/95,10
Plásticos (1)	0,10/0,20/0,17	0,41/0,19/0,21	0,51/0,39/0,38	1,01/0,78/0,74
Acero	0,02/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00	0,02/0,00/0,00	0,04/0,00/0,00
Aluminio	0,03/0,03/0,02	0,13/0,22/0,21	0,16/0,25/0,23	0,32/0,50/0,45
Vidrio	0,11/0,15/0,18	0,22/0,99/1,08	0,33/1,14/1,26	0,65/2,27/2,45
Otros* (2)	0,12/0,15/0,19	0,17/0,22/0,46	0,29/0,37/0,65	0,57/0,74/1,26
<b>TOTAL</b>				
Total	7,69/6,84/7,43	42,93/43,39/44,05	50,62/50,23/51,48	100,00/100,00/10,00

**OBSERVACIONES:**

- 0-6 mm : (2) Textil:0/ 0,05/0,03; Piedras: 0,07/0,07/0,06 Kg; P/C: 0,03/0,05/0,08 Kg; Madera: 0/0/0,02

- 6-15 mm: (1) Bolas: 0,10/0,19/0,09 Kg. (2) P/C: 0,05/0,12/0,13kg. Piedras: 0/0/0,08 kg; Pilas: 0,02/0/0 Kg. Textil: 0,04/0,10/0,13 Kg. Madera:0/0/0,12

Los resultados obtenidos indican que existe una elevada homogeneidad en los tres análisis realizados a lo largo del ensayo y cabe destacar el elevado contenido en materia orgánica del biorresiduo, no siendo inferior en ningún caso al 95%. Desde este punto de vista, se puede considerar que es un producto adecuado para ser utilizado como materia prima en plantas de biometanización ya que el porcentaje de impropios es mínimo comparado al que se obtiene en las plantas de clasificación debido a la heterogeneidad de los RU.

Los resultados obtenidos de la caracterización de la muestra pasante se recogen en la **Tabla 48**.

Tabla 48. Fracciones obtenidas de la muestra pasante

MUESTRA	PASANTE > 15 mm	
	27.05/29.05/31.05	27.05/29.05/31.05
Material	Cantidad (Kg.)	%
<b>ENVASES</b>		
PET	0,00/0,00/0,00	0,00 /0,00/ 0,00
PEAD Natural	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
PEAD Color	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
PVC	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Film	0,17/0,09/0,23	0,34/0,17/0,42
Film BUSU	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Resto de Plásticos (1)	9,26/11,32/11,32	18,25/20,83/20,83
Acero	2,11/2,35/1,34	4,16/4,32/2,47
Aluminio	0,42/0,39/0,31	0,83/0,72/0,57
Cartón para bebidas	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Madera	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
<b>RESTO DE MATERIALES</b>		
Materia Orgánica	1,05/1,85/1,10	2,07/3,40/2,02
Resto de jardín y podas	0,24/0,19/0,23	0,47/0,35/0,42
Celulosas	0,20/0,44/0,51	0,39/0,81/0,94
Textiles	13,95/15,9/514,85	27,49/29,35/27,32
Madera no envase	0,82/1,12/1,25	1,62/2,06/2,30
Madera envase Comercial / Industrial	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Vidrio (envases)	0,90/1,14/0,99	1,77/2,10/1,82
Plásticos no envase	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Plásticos Envase Comercial / Industrial	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Film bolsa de basura	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Film Comercial/Industrial	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Restos de obras menores	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Acero no envase	0,35/0,12/0,20	0,69/0,22/0,37
Acero envase Comercial / Industrial	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Aluminio no envase	0,00/0,00/0,10	0,00/0,00/0,18
Aluminio envase Comercial / Industrial	0,00/0,00/0,00	0,00/0,00/0,00
Otros (indicar significativos)* (2)	0,550,55/1,00	1,08/1,01/34:43
Papel / Cartón	20,72/18,84/18,71	40,84/34,66/34,43
<b>TOTAL</b>		
Total Envases Ligeros	<b>11,96 /14,15/ 14,15</b>	23,57 /26,03/ 26,03
Total No Envases Ligeros	<b>38,78 /40,20/ 40,20</b>	76,43 /73,97/ 73,97
Total Muestra Caracterizada	<b>50,74 / 54,35 / 54,35</b>	100,00 /100,00/ 100,00

OBSERVACIONES: (1) Bolsas: 5,15/4,10/1,60 kg. (2) Piedras: 0,50/1,03/1,00 kg. Multimateriales: 0,05/0/0 kg.



Las **Tablas 49, 50 y 51** muestran un resumen de los datos obtenidos del proceso de caracterización de los materiales de los diferentes flujos de la planta en los tres días muestreados, 27, 29 y 31 de mayo, respectivamente.

**Tabla 49. Comparativa de la caracterización de los materiales de los distintos flujos de la planta residuos llevada a cabo por EUROCONTROL (27/5/2013).**

MATERIAL	ENTRADA (%)	SALIDA BRUTO (%)	BIORRESIDUO (%)	PASANTE (%)
<b>ENVASES</b>				
PET	0,74	0,00	-	0,00
Film	5,92	0,52	-	0,34
Resto de plásticos	3,6	5,62	-	18,25
Acero	1,93	2,75	-	4,16
Aluminio	0,94	0,40	0,32 (*)	0,83
Cartón para bebidas	0,97	0,00	-	0,00
<b>RESTO DE MATERIALES</b>				
Materia orgánica	15,5	52,03	97,41	2,07
Resto jardín y podas	36,72	1,06		0,47
Celulosas	5,18	0,15		0,39
Textiles	3,59	2,88		27,49
Madera no envase	0,69	0,44		1,62
Vidrio envase	4,36	3,05	0,65 (*)	1,77
Plásticos no envase	0,73	0,00	1,01 (*)	0,00
Film bolsa basura	3,1	0,00		0,00
Resto obras menores	4,17	0,00		0,00
Acero no envase	0,32	0,09	0,04 (*)	0,69
Papel/cartón	8,94	15,99		40,84
Otros	2,22	14,98	0,57 (*)	1,06
<b>TOTAL</b>				
ENVASES LIGEROS	14,14	9,33	-	23,57
NO ENVASES	85,86	90,67	-	76,43

(\*) Sin diferenciar entre envase y no envase

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de EUROCONTROL.

Tabla 50. Comparativa de la caracterización de los materiales de los distintos flujos de la planta residuos llevada a cabo por EUROCONTROL (29/5/2013)

MATERIAL	SALIDA BRUTO (%)	BIORRESIDUO (%)	PASANTE (%)
<b>ENVASES</b>			
PET	0,02	-	0,00
Film	0,06	-	0,17
Resto de plásticos	5,55	-	20,83
Acero	0,74	0,00 (*)	4,32
Aluminio	0,12	0,50 (*)	0,72
Cartón para bebidas	0,00	-	0,00
<b>RESTO DE MATERIALES</b>			
Materia orgánica	57,38	95,72	3,40
Resto jardín y podas	0,75	-	0,35
Celulosas	0,04	-	0,81
Textiles	4,42	-	29,35
Madera no envase	0,40	-	2,06
Vidrio envase	5,52	2,27 (*)	2,10
Plásticos no envase	0,05	0,78 (*)	0,00
Film bolsa basura	0,00	-	0,00
Resto obras menores	0,00	-	0,00
Acero no envase	0,13	-	0,22
Papel/cartón	9,67	-	34,66
Otros	15,15	0,74 (*)	1,01
<b>TOTAL</b>			
ENVASES LIGEROS	6,50	-	26,03
NO ENVASES	93,5	-	73,97

(\*) Sin diferenciar entre envase y no envase

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de EUROCONTROL.

Tabla 51. Comparativa de la caracterización de los materiales de los distintos flujos de la planta residuos llevada a cabo por EUROCONTROL (31/5/2013)

MATERIAL	SALIDA BRUTO (%)	BIORRESIDUO (%)	PASANTE (%)
<b>ENVASES</b>			
PET	0,00	-	0,00
Film	0,07	-	0,42
Resto de plásticos	4,68	0,74 (*)	20,83
Acero	0,68	-	2,47
Aluminio	0,08	0,45 (*)	0,57
Cartón para bebidas	0,00	-	0,00
<b>RESTO DE MATERIALES</b>			
Materia orgánica	59,50	95,10	2,02
Resto jardín y podas	0,44	-	0,42
Celulosas	0,07	-	0,94
Textiles	5,79	-	27,32
Madera no envase	0,25	-	2,30
Vidrio envase	3,80	2,45 (*)	1,82
Plásticos no envase	0,04	-	0,00
Film bolsa basura	0,00	-	0,00
Resto obras menores	0,00	-	0,00
Acero no envase	0,04	-	0,37
Papel/cartón	11,16	-	34,43
Otros	13,39	1,26 (*)	1,84
<b>TOTAL</b>			
ENVASES LIGEROS	5,52	-	26,03
NO ENVASES	94,48	-	73,97

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de EUROCONTROL.

Se observa que en la entrada (**Tabla 49**) hay una importante fracción de envases ligeros (14%), a pesar de que los residuos que se han procesado en la planta procedían de la fracción orgánica más resto, que en la salida en bruto queda reducida (entre 5,5-9%). Sin embargo, en la fracción pasante (>15 mm) vuelve a destacar llegando a 26% (**Tablas 49, 50 y 51**). Para obtener mejores resultados sería muy importante que se mejorara la separación en origen realizada por el ciudadano en el municipio de Rivas Vaciamadrid.

En la salida en bruto, la materia orgánica se encuentra entre 52,0% (27/05/2013) y 59,5% (31/05/2013). El biorresiduo tiene un contenido de materia orgánica comprendido entre 95,1% (31/05/2013) y 97,4% (27/05/2013). En el pasante, las principales fracciones han sido: papel con 40,8% (27/05/2013), textil con 29,3% (29/05/2013) y plástico con 20,8% (29 y 31/05/2013).

#### 7.3.2.5.4. Estudio densimétrico de la muestra de salida en bruto

Para el cálculo de densidad de la muestra de salida en bruto del proceso se procedió de forma análoga al procedimiento previamente descrito (apartado 7.3.1.1.6.3.), pero con un contenedor de diferentes características (**Tablas 52 y 53**).

**Tabla 52. Características del contenedor para cálculo de la densidad de la muestra de salida en bruto.**

Marca	OTTO MGB-340
Volumen	340 L
Carga Máxima	160 Kg
Tara	22 Kg

Tras 24 horas y 72 horas de secado de esta muestra, se vuelven a realizar los cálculos respectivos de la densidad del material para verificar la pérdida de humedad, utilizando un contenedor de menor volumen cuyas características se muestran en la **Tabla 53**.

**Tabla 53. Características del contenedor para cálculo de la densidad de la muestra después de periodo de secado.**

Marca	
Volumen	95 L
Carga Máxima	100 Kg
Tara	3 Kg

Por último se vuelve a calcular la densidad del material tras 72 horas de secado. Los resultados obtenidos del estudio de densidades se muestran en la **Tabla 54**.

**Tabla 54. Resultado del estudio de densidades de la muestra de salida**

MUESTRA	MASA (Kg)		VOLUMEN (L)	DENSIDAD (Kg/L)	
Salida en bruto	269,47		340	0,793	
Salida en bruto (24 h. secado)	38,68	41,80	95	0,407	0,440
Salida en bruto (72 h. secado)	28,96	28,55	95	0,305	0,301

### 7.3.2.6. Toma de muestras y análisis de laboratorio de los flujos de salida: salida en bruto, biorresiduo y pasante.

En la prueba de mayo de 2013 se recogieron durante tres días (27, 29 y 31) dos muestras de cada fracción: salida en bruto, biorresiduo y pasante por el trómel. La toma de muestras para llevar a cabo los análisis de laboratorio fue realizada por personal de EUROCONTROL y los análisis fueron realizados en el laboratorio propio de EUROCONTROL y en IPROMA, laboratorio subcontratado acreditado por ENAC que emplea procedimientos y normas en sus análisis de contrastada experiencia. Los parámetros analizados por EUROCONTROL se muestran en la **Tabla 55** y los realizados en IPROMA en la **Tabla 56**.

**Tabla 55. Parámetros analizados en EUROCONTROL en las fracciones de salida en bruto, pasante y biorresiduo**

ANÁLISIS DE LABORATORIO
PCI <sub>base seca</sub> , PCI <sub>base húmeda</sub>
Humedad
% N, % O, % C, % Cl, % S, %H
Sólidos Volátiles

**Tabla 56. Parámetros que se analizan en IPROMA en las fracciones de salida en bruto, pasante y biorresiduo**

ANÁLISIS DE LABORATORIO
Humedad
Metales Pesados (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn)
Cloruros, Fluoruros, Sulfatos
COD, Sólidos totales, Índice de fenoles
Análisis sobre residuo (COT, BTEX, PCB's, Aceite mineral C10-C40, HPA)

La toma de muestras en estado sólido se realizó de acuerdo con los siguientes requerimientos:

1. La toma de muestras se realizó siempre sin interrupción del proceso productivo, siguiendo las indicaciones del personal responsable de planta y cumpliendo las normas de seguridad preventiva.
2. Las muestras tomadas (de 2 kg aproximadamente cada una) fueron identificadas, etiquetadas, envasadas y selladas en nevera para su correcta conservación al ser enviadas al laboratorio.
3. En el interior de la nevera se adjuntó una cadena de custodia en la que se especificó las muestras que se enviaron y su codificación, el número de pedido al que pertenecían, la naturaleza de las muestras, los parámetros a analizar, y la fecha y personal que realizó la toma de muestra. Como acuse de recibo de la entrada de las muestras en el laboratorio, éste nos remitió la correspondiente cadena de custodia sellada.
4. Los parámetros a analizar fueron especificados por la Comisión.

#### 7.3.2.6.1. Resultados de los parámetros analizados por EUROCONTROL de las muestras de la salida en bruto y del pasante.

Los resultados obtenidos de los parámetros analizados en el laboratorio propio de EUROCONTROL S.A., y en el subcontratado acreditado por ENAC (IPROMA), de la salida en bruto y el pasante (Anexo 30) se muestran en las **Tablas 57 y 58**, respectivamente.

**Tabla 57. Características de la muestra de salida en bruto**

SALIDA EN BRUTO				
PARÁMETRO	27.05.2013	29.05.2013	31.05.2013	UNIDADES
PCI base sea	3.777,51	3.705,98	3.977,27	Kcal /Kg
PCI base húmeda	1.496,65	1.865,31	1.846,89	Kcal /Kg
Humedad	52,30	42,90	46,70	%
Hidrógeno (H)	5,65	6,06	6,04	%
Nitrógeno (N)	1,72	1,60	1,77	%
Oxígeno (O)	29,63	30,60	31,95	%
Carbono (C)	40,10	43,22	43,43	%
Cloro (Cl)	9,03	4,39	14,48	%
Azufre (S)	0,21	0,27	0,22	%
Sólidos Volátiles	71,20	67,90	72,70	%

Fuente: EUROCONTROL S.A.

Tabla 58. Características de la muestra pasante

PASANTE				
PARÁMETRO	27.05.2013	29.05.2013	31.05.2013	UNIDADES
PCI base seca	3.657,66	3.744,74	3.777,51	Kcal /Kg
PCI base húmeda	1.812,44	1.788,04	1.710,05	Kcal /Kg
Humedad	43,50	45,20	47,40	%
Hidrógeno (H)	5,52	5,72	5,51	%
Nitrógeno (N)	1,73	1,43	1,75	%
Oxígeno (O)	28,38	30,53	32,78	%
Carbono (C)	40,36	40,73	40,34	%
Cloro (Cl)	27,45	5,65	45,36	%
Azufre (S)	0,29	0,21	0,20	%
Sólidos Volátiles	68,50	62,10	76,40	%

Fuente: EUROCONTROL S.A.

#### 7.3.2.6.2. Resultados de los parámetros analizados por EUROCONTROL de las muestras de biorresiduo recogida después del cribado.

Los resultados obtenidos de los parámetros analizados en el laboratorio propio de EUROCONTROL S.A. del biorresiduo recogido después del cribado (Anexo 30) se muestran en la **Tablas 59**.

Tabla 59. Características del biorresiduo

BIORRESIDUO				
PARÁMETRO	27.05.2013	29.05.2013	31.05.2013	UNIDADES
PCI base seca	3.012,68	2.917,94	3.234,21	Kcal /Kg
PCI base húmeda	1.232,06	1.192,82	1.030,86	Kcal /Kg
Humedad	49,50	49,60	57,70	%
Hidrógeno (H)	4,97	5,05	5,41	%
Nitrógeno (N)	1,58	1,58	2,08	%
Oxígeno (O)	26,84	29,87	30,86	%
Carbono (C)	36,61	36,09	39,32	%
Cloro (Cl)	27,64	1,97	18,55	%
Azufre (S)	0,36	0,31	0,20	%
Sólidos Volátiles	59,50	66,00	67,80	%

Los resultados analíticos indican que, en principio, tiene unas características muy adecuadas para utilizar el biorresiduo como sustrato en procesos de biometanización para la producción de biogás.

La relación C/N es un índice de la susceptibilidad de un material a ser degradado biológicamente. Los microorganismos requieren un sustrato que contenga carbono y nitrógeno en una relación equilibrada para su desarrollo. Si la relación C/N es alta, no habrá suficiente nitrógeno y las bacterias no pueden producir los enzimas necesarios para asimilar el carbono y si la relación C/N es baja, se produce un excesivo desarrollo de microorganismos. En general, el valor óptimo de la relación C/N para que se pueda iniciar un proceso biológico está comprendido entre 20 y 30, y en este caso se puede considerar que está dentro de ese valor (23 el primer día y 19 el último).

Por otra parte, al ser bajo el contenido de azufre favorece las posibilidades de aprovechamiento energético del biogás ya que se generaría poca cantidad de ácido sulfhídrico en el proceso anaerobio, gas con alto poder corrosivo.

No obstante, para poder confirmar las posibilidades del biorresiduo para la producción de biogás sería necesario llevar a cabo ensayos de biodegradabilidad.

#### 7.3.2.6.3. Resultados de los parámetros analizados en IPROMA de las muestras de biorresiduo, pasante y salida en bruto

Los resultados obtenidos de los análisis realizados en IPROMA a las muestras de biorresiduo, pasante y salida en bruto recogidas en la prueba de mayo de 2013 se muestran en las **Tablas 60, 61 y 62**, respectivamente, junto con la comparativa de estos datos con la Decisión 2003/33 que fue transpuesta a la legislación nacional por la Orden AAA/661/2013 (ver apartado 7.1.4.3.) para aceptación de residuos en diferentes tipos de vertederos.

El análisis de los parámetros determinados sobre los distintos flujos de residuos se lleva a cabo mediante lixiviación y según se recoge en el informe de EUROCONTROL (Anexo 30) se ha determinado según la norma UNE EN 12457-4 en el laboratorio de IPROMA.

A continuación, se incluye un ejemplo:



Descripción de la muestra residuo sólido de aspecto “basura”

Características de la lixiviación:

- Método de reducción de tamaño N.A.
- Fracción no triturable (% p/p) N.A.
- Fracción de material demasiado grande (% p/p) N.A.
- Método de separación líquido-sólido. Decantación durante 15 minutos.

Datos de la lixiviación pertenece al número de registro 44532/13:

- Masa de la porción de ensayo, M (kg) 0,166 kg
- Contenido de humedad (% p/p) 84,36 %
- Volumen de lixiviante, L (litros) 0,824 L
- Número de aperturas de la botella (desgasificaciones): Dos veces

El blanco de la muestra pertenece al número de registro 44532/13

Datos del blanco tras la lixiviación:

pH (Ud. pH) 6,18 UpH

Temperatura (°C) 23,9 °C

Conductividad (μS/cm) 2,2 μS/cm

Los resultados del lixiviado se expresan sobre materia seca (sms)

El límite de cuantificación del parámetro fenoles lixiviado es mayor del indicado en el Anexo Técnico del expediente LE 103/268, ya que se ha realizado diluciones para eliminar interferencias de matriz.

La comparación con los límites de la Decisión 2003/33/CE con la muestra de biorresiduo (**Tabla 60**) pone de manifiesto lo siguiente:

En el biorresiduo no hay BTEX ni PCB que superen los valores de aceptación en vertederos de residuos inertes, pero sí se superan los límites en cuanto a: Cr, Ni, Sb, Zn, Cloruros, Sulfatos, COT y aceite mineral, aunque serían aceptables en vertederos de residuos no peligrosos. Solamente se superan los límites para aceptación en vertederos de residuos no peligrosos en sólidos totales (60.000 mg/kg) y para aceptación en vertederos de residuos peligrosos en el COD (1000 mg/kg).

**Tabla 60. Características del biorresiduo de salida de la planta en la prueba de mayo de 2013. Comparación con los límites recogidos en la Decisión 2003/33/CE.**

BIORRESIDUO				2003/33/ce Residuos Inertes	2003/33/ce Residuos No Peligrosos	2003/33/ce Residuos Peligrosos	Unidad
PARÁMETRO	27.05.2013	29.05.2013	31.05.2013				
Arsénico (As)	0,6 ± 0,2	< 0,5	< 0,5	0,5	2	25	mg / kg
Bario (Ba)	0,9 ± 0,2	1,3 ± 0,3	1,4 ± 0,3	20	100	300	mg / kg
Cadmio (Cd)	<0,020	< 0,020	< 0,020	0,04	1	5	mg / kg
Cromo total (Cr)	0,9 ± 0,2	1,6 ± 0,5	0,8 ± 0,2	0,5	10	70	mg / kg
Cobre (Cu)	<0,25	< 0,25	<0,25	2	50	100	mg / kg
Mercurio (Hg)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,01	0,2	2	mg / kg
Molibdeno (Mo)	< 0,10	<0,10	0,11 ± 0,03	0,5	10	30	mg / kg
Níquel (Ni)	1,4 ± 0,4	0,9 ± 0,3	1,2 ± 0,4	0,4	10	40	mg / kg
Plomo (Pb)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	10	50	mg / kg
Antimonio (Sb)	0,07 ± 0,02	0,1 ± 0,02	0,09 ± 0,02	0,06	0,7	5	mg / kg
Selenio (Se)	<0,07	< 0,07	0,1 ± 0,02	0,1	0,5	7	mg / kg
Zinc (Zn)	9 ± 2	8 ± 2	17 ± 4	4	50	200	mg / kg
Cloruros	2.800 ± 600	2.100 ± 500	3.100 ± 700	800	15.000	25.000	mg / kg
Fluoruros	0,7 ± 0,1	1,3 ± 0,3	< 0,5	10	150	500	mg / kg
Sulfatos	6.000 ± 2.000	5.000 ± 1.000	2.200 ± 600	1.000	20.000	50.000	mg / kg
COD	16.000 ± 4.000	26.000 ± 6.000	21.000 ± 5.000	500	800	1.000	mg / kg
Sólidos totales	80.000 ± 20.000	80.000 ± 20.000	60.000 ± 10.000	4.000	60.000	100.000	mg / kg
Índice de Fenoles	< 10	4 ± 1	< 5,0	0,3	-	-	mg / kg
COT	110.000 ± 20.000	80.000 ± 10.000	100.000 ± 10.000	30.000	-	-	mg / kg
BTEX	< 0,1	< 0,1	< 0,1	6	-	-	mg / kg
PCB's	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1	-	-	mg / kg
Aceite mineral C10-C40	700 ± 100	1.100 ± 200	530 ± 90	500	-	-	mg / kg
HPA	-	-	-	Pendiente de establecer	-	-	µg / kg
Humedad	55 ± 5	47 ± 5	61 ± 6	-	-	-	%

En la fracción pasante del trómel se observan los mismos parámetros que en el biorresiduo: Cr, Ni, Sb, Zn, Cloruros, Sulfatos, COT y aceite mineral que superan los límites de aceptación en vertederos de residuos inertes, pero serían aceptados en vertederos de residuos no peligrosos (**Tabla 61**). También se supera el COD para residuos peligrosos (que es 1000 mg/kg).

**Tabla 61. Características del pasante del trómel de la planta en la prueba de mayo de 2013.**  
**Comparación con los límites recogidos en la Decisión 2003/33/CE.**

PASANTE				2003/33/ce Resíduos Inertes	2003/33/ce Resíduos No Peligrosos	2003/33/ce Resíduos Peligrosos	Unidad
PARÁMETRO	27.05.2013	29.05.2013	31.05.2013				
Arsénico (As)	0,5 ± 0,1	< 0,5	< 0,5	0,5	2	25	mg / kg
Bario (Ba)	0,8 ± 0,2	0,8 ± 0,3	1 ± 0,2	20	100	300	mg / kg
Cadmio (Cd)	<0,020	< 0,020	< 0,020	0,04	1	5	mg / kg
Cromo <sub>total</sub> (Cr)	0,9 ± 0,3	0,8 ± 0,3	0,7 ± 0,2	0,5	10	70	mg / kg
Cobre (Cu)	0,26 ± 0,08	< 0,25	< 0,25	2	50	100	mg / kg
Mercurio (Hg)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,01	0,2	2	mg / kg
Molibdeno (Mo)	< 0,10	0,15 ± 0,05	0,13 ± 0,04	0,5	10	30	mg / kg
Níquel (Ni)	0,9 ± 0,3	1 ± 0,3	1,1 ± 0,3	0,4	10	40	mg / kg
Plomo (Pb)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	10	50	mg / kg
Antimonio (Sb)	0,09 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,06	0,7	5	mg / kg
Selenio (Se)	0,07 ± 0,01	< 0,07	0,1 ± 0,02	0,1	0,5	7	mg / kg
Zinc (Zn)	8 ± 2	9 ± 2	14 ± 4	4	50	200	mg / kg
Cloruros	2.800 ± 600	2.200 ± 500	3.000 ± 700	800	15.000	25.000	mg / kg
Fluoruros	0,8 ± 0,2	1,6 ± 0,3	< 0,5	10	150	500	mg / kg
Sulfatos	5.000 ± 1.000	4.000 ± 1.000	2.400 ± 600	1.000	20.000	50.000	mg / kg
COD	11.000 ± 3.000	13.000 ± 3.000	22.000 ± 5.000	500	800	1.000	mg / kg
Sólidos totales	70.000 ± 20000	70.000 ± 20.000	60.000 ± 20.000	4.000	60.000	100.000	mg / kg
Índice de Fenoles	5	< 5,0	< 5,0	0,3	-	-	mg / kg
COT	120.000 ± 20000	90.000 ± 10.000	100.000 ± 10.000	30.000	-	-	mg / kg
BTEX	< 0,1	< 0,1	< 0,1	6	-	-	mg / kg
PCB's	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1	-	-	mg / kg
Aceite mineral C10-C40	1.200 ± 200	800 ± 100	600 ± 100	500	-	-	mg / kg
HPA	-	-	-	Pendiente de establecer	-	-	µg / kg
Humedad	56 ± 6	47 ± 5	58 ± 6	-	-	-	%

En el residuo en bruto se observa una concentración de Cr total mayor (3 mg/kg) que en las fracciones biorresiduo y pasante, pero la concentración de Zn, cloruros y COT es igual que en las otras fracciones (**Tabla 62**). Se supera el COD para residuos peligrosos (que es 1000 mg/kg). Los sulfatos y los sólidos totales son menores que en el biorresiduo y en el pasante.

En resumen, se puede decir que las tres fracciones serían aceptables en vertederos de residuos no peligrosos superando los límites para aceptación en vertedero de residuos inertes en cuatro metales pesados (Cr total, Ni, Sb, Zn), cloruros, COT y aceite mineral. Siendo, sin embargo, los contenidos en sulfatos y sólidos totales menores en el residuo en bruto que en el biorresiduo y el pasante. Únicamente se supera el COD para aceptación en vertederos de residuos peligrosos, que es 1000 mg/kg, en todas las fracciones. El COT

se supera, también en las tres fracciones, para aceptación en vertederos de residuos inertes, pero no está definido el límite para vertederos de residuos no peligrosos y de residuos peligrosos, en la legislación.

**Tabla 62. Características de la salida en bruto de la planta en la prueba de mayo de 2013.**  
Comparación con los límites recogidos en la Decisión 2003/33/CE.

SALIDA EN BRUTO				2003/33/CE Residuos Inertes	2003/33/CE Residuos No Peligrosos	2003/33/C E Residuos Peligrosos	Unidad
PARÁMETRO	27.05.2013	29.05.2013	31.05.2013				
Arsénico (As)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	2	25	mg / kg
Bario (Ba)	0,5 ± 0,1	1,1 ± 0,2	0,9 ± 0,2	20	100	300	mg / kg
Cadmio (Cd)	0,02 ± 0,004	< 0,020	< 0,020	0,04	1	5	mg / kg
Cromo total (Cr)	1,1 ± 0,3	1 ± 0,3	3,2 ± 0,9	0,5	10	70	mg / kg
Cobre (Cu)	1,3 ± 0,4	< 0,25	0,5 ± 0,1	2	50	100	mg / kg
Mercurio (Hg)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,01	0,2	2	mg / kg
Molibdeno (Mo)	< 0,10	0,1 ± 0,03	0,1 ± 0,03	0,5	10	30	mg / kg
Níquel (Ni)	1,7 ± 0,5	0,9 ± 0,3	0,9 ± 0,3	0,4	10	40	mg / kg
Plomo (Pb)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	10	50	mg / kg
Antimonio (Sb)	0,06 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,18 ± 0,04	0,06	0,7	5	mg / kg
Selenio (Se)	0,07 ± 0,01	< 0,07	0,1 ± 0,02	0,1	0,5	7	mg / kg
Zinc (Zn)	7 ± 2	6 ± 1	16 ± 4	4	50	200	mg / kg
Cloruros	2.100 ± 500	2.400 ± 500	3000 ± 700	800	15.000	25.000	mg / kg
Fluoruros	< 0,5	0,7 ± 0,1	< 0,5	10	150	500	mg / kg
Sulfatos	1.900 ± 500	5.000 ± 1.000	1.900 ± 500	1.000	20.000	50.000	mg / kg
COD	20.000 ± 5.000	19.000 ± 5.000	24.000 ± 6.000	500	800	1.000	mg / kg
Sólidos totales	50.000 ± 20.000	60.000 ± 20.000	50.000 ± 10.000	4.000	60.000	100.000	mg / kg
Fenoles	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,3	-	-	mg / kg
TOC	100.000 ± 10.000	90.000 ± 10.000	120.000 ± 20.000	30.000	-	-	mg / kg
BTEX	< 0,1	< 0,1	< 0,1	6	-	-	mg / kg
PCB's	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1	-	-	mg / kg
Aceite mineral C10-C40	1.500 ± 300	1.000 ± 200	800 ± 100	500	-	-	mg / kg
HPA	-	-	-	Pendiente de establecer	-	-	µg / kg
Humedad	62 ± 6	59 ± 5	57 ± 6	-	-	-	%

En lo que respecta a su posible aplicación como fertilizante y de acuerdo con la legislación sobre fertilizantes Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, los fertilizantes elaborados con

materias procedentes de residuos orgánicos se clasifican según el ANEXO IV en las categorías que se muestran en la **Tabla 63**.

**Tabla 63. Clasificación de Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos (R.D. 506/2013 Anexo IV)**

<b>19 RESIDUOS DE LAS INSTALACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS</b>	
19 05 Residuos del tratamiento aeróbico de residuos sólidos	
19 05 01	Fracción no compostada de residuos municipales y asimilados
19 05 02	Fracción no compostada de residuos de procedencia animal (salvo lo exceptuado en el Reglamento 1069/2009) o vegetal
19 06 Residuos del tratamiento anaeróbico de residuos	
19 06 03	Licores ("digestato") del tratamiento anaeróbico de residuos municipales
19 06 04	Materiales de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos municipales
19 06 05	Licores ("digestato") del tratamiento anaeróbico de residuos animales (salvo lo exceptuado en el Reglamento 1069/2009) y vegetales
19 06 06	Materiales de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos animales (salvo lo exceptuado en el Reglamento 1069/2009) y vegetales.
19 08 Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales no especificadas en otra categoría	
19 08 05	Lodos del tratamiento de aguas residuales urbanas, con contenidos en metales pesados inferiores a los establecidos en el real decreto 1310/1990.
19 08 12	Lodos procedentes del tratamiento biológico de aguas residuales industriales, que no contienen sustancias peligrosas
19 08 14	Lodos procedentes de otros tratamientos de aguas residuales industriales, que no contienen sustancias peligrosas

Según el ANEXO V de este Real Decreto deberán tener las siguientes características:

- El contenido de Nitrógeno Orgánico deberá ser de al menos el 85% del Nitrógeno total.
- En abonos granulados el contenido máximo de humedad será del 14%.
- El 90% del producto deberá pasar por una malla de 10 mm.
- Niveles máximos de microorganismos de:

*Salmonella sp.*: Ausente en 25 g de producto elaborado

*Escherichia coli*: < 1000 número más probable (NMP) por gramo de producto elaborado

El límite máximo de metales pesados en productos fertilizantes elaborados con residuos, según Real Decreto 506/2013 sobre fertilizantes, se muestra en la **Tabla 64**.

**Tabla 64. Comparación de los valores obtenidos en el biorresiduo con el límite máximo de metales pesados en productos fertilizantes elaborados con residuos Real Decreto 506/2013 sobre fertilizantes.**

BIORRESIDUO				Límites de concentración Sólidos: mg/kg de materia seca Líquidos: mg/kg		
Metal pesado	27.05.2013	29.05.2013	31.05.2013	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	<0,020	< 0,020	< 0,020	0.7	2	3
Cobre	<0,25	< 0,25	<0,25	70	300	400
Níquel	1,4 ± 0,4	0,9 ± 0,3	1,2 ± 0,4	25	90	100
Plomo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	45	150	200
Zinc	9 ± 2	8 ± 2	17 ± 4	200	500	1.000
Mercurio	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0.4	1.5	2.5
Cromo (total)	0,9 ± 0,2	1,6 ± 0,5	0,8 ± 0,2	70	250	300
Cromo VI	No determinado	No determinado	No determinado	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de EUROCONTROL.

Comparando los niveles de metales pesados del Real Decreto 506/2013 con los resultados obtenidos en el biorresiduo se observa que se podría clasificar como clase A.

### 7.3.2.7. Volumen y características del extracto líquido generado

#### 7.3.2.7.1. Determinación del volumen

Para el control del nivel de extracto líquido se utiliza un depósito de cuerpo cilíndrico y fondos torisféricos casi planos. Inicialmente se disponía de uno en vertical, como el mostrado en la Figura 3. Posteriormente, ECOHISPÁNICA sustituyó éste por uno de mayor capacidad situado en horizontal y nivelado (**Figura 19**).

Suponiendo despreciable la desviación de los fondos sobre el plano, se puede calcular el volumen de líquido almacenado midiendo el nivel de líquido respecto de la parte superior del depósito.

Las características del depósito son: 5,3 m de longitud y 2,45 m de diámetro.



Figura 19. Depósito de condensados

El cálculo para la determinación del volumen se muestra en el informe de ECOHISPÁNICA sobre la prueba de trabajo en continuo desde el 27 de mayo al 1 de junio de 2013 (Anexo 28).

La determinación se ha realizado de la siguiente manera:

Volumen de líquido = Volumen total – Volumen vacío

Volumen vacío = Área segmento vacío x Longitud

Área segmento vacío =  $0,5 \cdot R^2 \cdot (\alpha - \text{sen } \alpha)$ ; siendo  $\text{sen } \alpha = 2 \cdot \arcsin(1-H/R)$

El estado de la arqueta queda al mismo nivel que al inicio de la prueba

Medida inicial,  $H = 1,90 \longrightarrow$  Volumen de líquido =  $4,18 \text{ m}^3$

Medida final,  $H = 0,86 \longrightarrow$  Volumen de líquido =  $17,2 \text{ m}^3$

Total condensado extraído =  $13,02 \text{ m}^3$

#### 7.3.2.7.2. Características del extracto líquido extraído

La toma de muestras, para posterior análisis en laboratorio, fue realizada por personal cualificado de EUROCONTROL los días 27, 29, 31 de Mayo de 2013 en la planta de ECOHISPÁNICA, S.L. de Rivas Vaciamadrid. Todos los resultados y características se recogen en el informe I.13.086.1501.00106 de fecha 10 de julio de 2013 (Anexo 31).

El valor medio de los resultados obtenidos en los tres días se recoge en la **Tabla 65** y se compara con el Decreto 57/2005 de la Comunidad de Madrid sobre vertidos de residuos industriales a colectores y con la Orden AAA/661/2013, además se incluyen los porcentajes de variación con respecto al Decreto 57/2005.

La comparación con el Decreto 57/2005, de los 41 parámetros analizados (Tabla 65), lleva a las siguientes conclusiones:

- 1.- Cinco parámetros superan los límites de vertido: DQO 81%; DBO 71%; nitrógeno total 50%; zinc 35%; hierro 13%.
- 2.- El resto de los parámetros cumplen con el Decreto 57/2005, alcanzando 22 de ellos disminuciones respecto a los límites de vertido mayores del 90%.
- 3.- Es de destacar los bajos valores de metales pesados con elevados porcentajes de reducción respecto a los valores de vertido, en especial de mercurio (100%), cadmio, cromo VI y plomo (98%). Solamente el zinc y el hierro superan ligeramente su límite, como se ha indicado anteriormente.

La comparación con la Orden AAA/661/2013, de los 16 parámetros analizados (Tabla 65) que se recogen en los ensayos de percolación, para evaluar la posibilidad de aceptar los residuos en vertederos (solo se incluyen en la tabla los de inertes) cabe indicar que:

- El níquel y el zinc superan los valores para aceptación en vertederos de residuos inertes pero no superan el de residuos no peligrosos, como ya se observó en la prueba puntual de 2012 pero los valores son menores que entonces, presentando en esta prueba de 2013 una disminución de 70% en el níquel.
- Todos los demás parámetros analizados, recogidos en la Orden, no superan los valores para aceptación en vertederos de residuos inertes, excepto el índice de fenoles.
- Es de destacar que los metales pesados como el cromo VI, cadmio, mercurio y plomo tienen valores menores, entre 50-100%, que los límites de la citada Orden.
- El extracto líquido presenta concentraciones inferiores a las de los lixiviados procedentes de ensayos de lixiviación de residuos inertes, aunque por el índice de



fenoles, níquel y zinc lo haría comparable al lixiviado procedente de ensayos de lixiviación de residuos no peligrosos.

En cuanto a la comparación del extracto líquido con un lixiviado de vertedero, tal como se comentó en el apartado 7.3.1.3.4., se puede indicar que las concentraciones de los parámetros de los extractos líquidos son más bajas que las de un lixiviado de vertedero, siendo menores que éstas entre 3 y 10 veces, e incluso 30 veces en algunos parámetros (ver Tabla 35 y Tabla 65). Además de acuerdo con la comparación con los ensayos de lixiviación el extracto líquido presenta concentraciones inferiores a las de los lixiviados procedentes de residuos inertes a excepción del índice de fenoles, níquel y zinc que haría comparable el extracto líquido con el lixiviado procedente de residuos no peligrosos.

En lo relativo al destino de estos extractos se puede señalar que:

- 1) No se podría verter a colector por los valores de DBO, DQO, nitrógeno, hierro y zinc, por lo que se debería tratar mediante una depuradora.
- 2) Actualmente se ha instalado en pruebas una depuradora por evaporación, cuyos resultados se comentan en el apartado 7.3.3.4., que ha obtenido buenos resultados en cuanto a la reducción de los parámetros de vertido y en especial de DQO, lo que permitiría hacerlas aptas para vertido a colector.
- 3) Se podría utilizar como fertilizante líquido ya que cumple con los valores de metales pesados de la clase A del R.D. 506/2013 Tabla V (ver **Tabla 64**) sobre criterios aplicables a productos fertilizantes elaborados con residuos. Sin embargo, además habría que cumplir con los parámetros microbiológicos referentes a *Salmonella sp.* (ausente en 25 g de producto) y *Escherichia coli* (valores < 1.000 NMP) y el nitrógeno orgánico deberá ser > 85% del N total de acuerdo con el RD 506/2013.
- 4) Podría utilizarse para riego en diferentes usos, según recoge el Real Decreto 1620/2007 sobre reutilización de aguas residuales tratadas, teniendo en cuenta, al menos, los siguientes parámetros: presencia de 1 huevo/ 10 l de nematodos intestinales, 20-35 mg/l de sólidos en suspensión y 100-10.000 UFC/100ml de *Escherichia Coli*.

**Tabla 65. Comparación del valor medio de los análisis de los extractos líquidos de mayo 2013 (EUROCONTROL) con el Decreto 57/2005 sobre vertidos a colector, la Orden AAA/661/2013 sobre aceptación de residuos en vertederos (ensayo percolación residuos inertes) y porcentaje de variación respecto al Decreto 57/2005.**

PARÁMETRO	EXTRACTO LIQUIDO (valor medio)	DCTO 57/2005	% VARIACION	ORDEN AAA/661/2013	UNIDAD
pH	6,8	6-10			Unidad pH
Conductividad 25 °C	2.150	7.500	-71		µS /cm
Aceites y grasas	80	100	-20	500*	mg /kg
Sólidos en suspensión	400	1.000	-60		mg / L
Índice de fenoles	2	2		0,3	mg / L
Hidrocarburos totales	8,7	20	-57		mg / L
Fósforo total	3,7	40	-91		mg / L
Nitrógeno total	255	125	50		mg / L
Cianuros	0,044	5	-99		mg / L
Cloruros	90,6	2.000	-95	450	mg / L Cl
Fluoruros	0,13	15	-99	2,5	mg / L
Sulfatos	54	1.000	-95	1.500	mg / L
Sulfuros	0,53	5	-89		mg / L
HPA	<0,06	1	-94	55*	mg / kg
AOX	2,35	5	-53		mg / L
DBO5	3.500	1.000	71		mg / L
DQO	5.350	1.750	81		mg / L
BTEX	0,01	1,5	-99	6*	mg / kg
Trihalometanos	0,09	2,5	-96		mg / L
Aluminio (Al)	0,73	20	-96		mg / L
Arsénico (As)	<0,05	1	-95	0,06	mg / L
Bario (Ba)	0,08	20	-100	4	mg / L
Boro	0,24	3	-92		mg / L
Cadmio (Cd)	<0,010	0,5	-98	0,02	mg / L
Cobre (Cu)	0,03	3	-99	0,6	mg / L
Cromo VI (Cr(VI))	0,03	1	-97	0,1	mg / L
Cromo total (Cr)	0,07	3	-98	0,1	mg / L
Hierro (Fe)	11,3	10	13		mg / L
Manganeso (Mn)	0,4	2	-80		mg / L
Mercurio (Hg)	0,0014	0,1	-100	0,002	mg / L
Níquel (Ni)	0,14	5	-97	0,12	mg / L
Plata (Ag)	<0,10	1	-90		mg / L
Plomo (Pb)	0,02	1	-98	0,15	mg / L
Selenio (Se)	<0,050	1	-95	0,04	mg / L
Estaño (Sn)	<0,0025	2	-99		mg / L
Zinc (Zn)	4,6	3	35	1,2	mg / L
Toxicidad por Daphnia	5	25	-80		Eq / m <sup>3</sup>
Detergentes aniónicos	1,07	-			mg / L
Detergentes catiónicos	1,13	-			mg / L
Detregentes no iónicos	5,9	-			mg / L
Detergentes totales	8	30	-73		mg / L

• Valor mg/kg materia seca

Fuente: Elaboración propia

### 7.3.2.8. Balance másico del proceso

#### 7.3.2.8.1. Lecturas obtenidas de los distintos contadores

La **Tabla 66** muestra las lecturas obtenidas de los distintos contadores tomada del informe realizado por ECOHISPÁNICA de la prueba de trabajo en continuo, del 27 de mayo al 1 de junio de 2013 (Anexo 28).

**Tabla 66. Lectura de contadores. Prueba en continuo.**

DÍA	FECHA	HORA	AGUA m <sup>3</sup>	GAS m <sup>3</sup>	ELECTRICIDAD kWh
LUNES	27/05/2013	10:00	1.619,202	28.618,6	29.415
LUNES	27/05/2013	15:45	1.623,49	28.842,6	29.856
LUNES	27/05/2013	23:45	1.629,22	29.207,1	30.714
MARTES	28/05/2013	8:30	1.632,8	29.436,6	31.242
MARTES	28/05/2013	15:30	1.638,81	29.745,7	32.001
MARTES	28/05/2013	23:59	1.644,71	30.082,9	32.679
MIÉRCOLES	29/05/2013	8:30	1.650,6	30.401	33.258
MIÉRCOLES	29/05/2013	19:30	1.659,34	30.881,6	34.261
JUEVES	30/05/2013	8:30	1.664	31.075,3	34.730
JUEVES	30/05/2013	19:20	1.671	31.463,8	35.437
VIERNES	31/05/2013	1:20	1.676	31.736,6	36.500
VIERNES	31/05/2013	8:30	1.678,66	31.867	36.922
VIERNES	31/05/2013	19:30	1.687,86	32.367,3	37.316
SÁBADO	01/06/2013	5:00	1.695	32.769,6	37.801
SÁBADO	01/06/2013	12:00	1.706	33.181	38.222
<b>TOTALES</b>	<b>HORAS</b>	<b>102</b>	<b>86,8</b>	<b>4.562,4</b>	<b>8.807</b>

#### 7.3.2.8.2. Listado de pesadas

La **Tabla 67** muestra el listado de pesadas en básculas proporcionado por ECOHISPÁNICA (los albaranes se adjuntan en el Anexo 28).

Tabla 67. Control de pesadas en básculas

Nº Albarán	RSU	Pasante	Hundido	Nº Albarán	RSU	Pasante	Hundido
20	8.250			55		4.710	
23	5.430			56			5.230
26	5.620			57			7.340
27	6.400			59			
28	10.120			60			6.320
31	10.230			61		5.700	
32	10.290			62			6.750
33	10.230			63		6.190	
35		6.310		64	6.750		
36	11.520			67	6.090		
37	11.980			68		7.290	
38	12.260			69			6.450
39		5.110		70		4.490	
40			7.100	74	10.020		
41			7.000	75	10.270		
42		7.460		76	9.970		
43			7.610	77		5.690	
44	11.920			78		5.400	
45			6.320	79			6.950
46	12.180			80		5.850	
47			4.770	81		6.760	
48			8.100	82			6.030
49		7.140		83			7.020
50	8.550			84		6.150	
51		7.000		85		7.080	
52			6.440	86		7.080	
53			5.150	87			7.280
54			5.960	88			4.140
					178.080	105.410	121.960

#### 7.3.2.8.3. Evaluación y análisis de los resultados obtenidos

A continuación se muestran los principales datos obtenidos del informe elaborado por ECOHISPÁNICA (Anexo 28):

- La producción media fue de 1.760 kg/hora
- La cantidad total de residuos procesados fue de 178.080 kg
- El hundido recogido fue de 121.960 kg.

- El pasante recogido fue de 105.410 kg
- El consumo medio de agua fue de 868 litros /hora.
- El consumo medio de electricidad fue de 88 KWh/hora.
- El consumo medio de gas fue de 45,6 Nm<sup>3</sup>/ hora. En kWh, resultan 15,6 Nm<sup>3</sup> x 11,5 kWh/kg x 0,8 kg/Nm<sup>3</sup> = 419,52 kWh/hora.
- En cuanto al balance de agua, se estima una humedad de entrada del 40% y la de salida del 50%.

La Figura 20 muestra un esquema del balance másico del proceso de higienización.

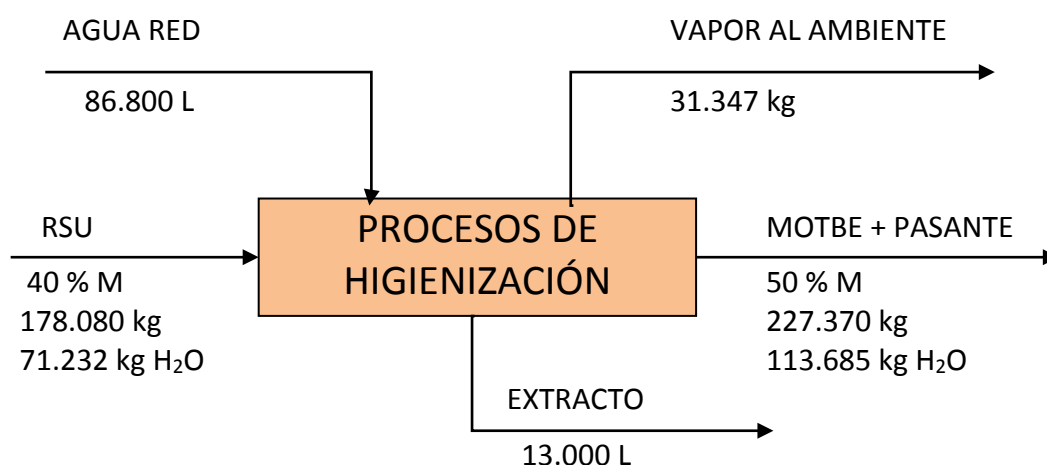


Figura 20. Balance másico obtenido del proceso de higienización.

El vapor al ambiente se pretende canalizar hasta un condensador y una depuradora con lo que se obtendría hasta el 50% del agua consumida y el calor necesario para precalentarla hasta 90°C. Asimismo, se anularía cualquier foco de emisión de vapores a la atmósfera.

El material total de entrada fue de 178.080 kg, teniendo en cuenta la densidad obtenida, 0,134 kg/l (Tabla 45), el volumen sería de 1.328.955 l, mientras que el material de salida fue 227.370 kg con una densidad de 0,793 kg/l (Tabla 54), lo que supone un volumen de 286.721 L. La diferencia entrada – salida implica una reducción del 78,4 % en volumen.

Si el material de salida se seca durante 24 h la densidad se reduce a 0,43 kg/L (Tabla 54) con lo que el peso de salida sería de 123.290 kg lo que supone una reducción de 30.7% en peso. Si el secado alcanza las 72 horas la densidad disminuye a 0,31 kg/L (Tabla 54) y el

peso de salida se reduce a 88.893 kg con lo que llega a un 50,08% de reducción del peso lo que supondría un importante ahorro en transporte.

### 7.3.2.9. Balance energético del proceso

A lo largo de la prueba en continuo, en mayo de 2013, se tomó nota de los datos productivos y de rendimiento energético (Anexo 28) como indicadores de que se trabaja de forma correcta y si bien la planta, que es el modelo básico que dispone la empresa, no variará sustancialmente, sí precisará de ajustes mecánicos.

Los consumos energéticos se toman mediante:

- Contador de consumo eléctrico general en kWh, colocado en la acometida propia de ECOHISPÁNICA. Engloba el consumo general, tanto del proceso como del resto de la actividad de la nave (Puente grúa, trituradora, higienización, depuradora de laboratorio, otros consumos del pequeño taller).
- Contador de gas de compañía en Nm<sup>3</sup>.

En cuanto al cómputo medioambiental, es intención de ECOHISPÁNICA proceder a completar la instalación hasta lograr las emisiones “cero”. En este sentido, se programaron caracterizaciones y análisis de los productos de entrada y salida por parte de la empresa EUROCONTROL y un análisis de las condiciones higiénicas de la planta por parte de la empresa ASEPEYO.

#### 7.3.2.9.1. Consumos por tonelada

Mediante la lectura del peso en pantalla, ECOHISPÁNICA calculó los consumos por tonelada. La **Tabla 68** muestra estos consumos y también adjunta una columna de Observaciones e Incidencias que tuvieron lugar a lo largo del proceso (Anexo 28).

Tabla 68. Consumos por tonelada

FECHA	HORA	PESO t	AGUA m <sup>3</sup> /t	GAS m <sup>3</sup> /t	ELECT. kWh/t	OBSERVACIONES E INCIDENCIAS
27/05/2013	10:00	0				Comienzo del procesado
27/05/2013	15:45	11	0,39	20,36	40,09	
27/05/2013	23:45	31	0,29	18,23	42,90	
28/05/2013	8:30	36	0,72	45,90	105,60	Consumo elevado por parada y arranque
28/05/2013	15:30	56	0,30	15,46	37,95	
28/05/2013	23:59	70	0,42	24,09	48,43	Parada de 2 horas limpieza trituradora
29/05/2013	8:30	78	0,74	39,76	72,38	Parada de 30 min + parada y arranque trabajo hasta las 4 h
29/05/2013	19:30	108	0,29	16,02	33,43	22:30 hasta 8:30 parada avería
30/05/2013	8:30	114	0,78	32,28	78,17	Arranque en frío
30/05/2013	19:20	128	0,50	27,75	50,50	
31/05/2013	1:20	142	0,36	19,49	75,93	Hasta las 4 de la mañana
31/05/2013	8:30	154	0,22	10,87	35,17	
31/05/2013	19:30	161	1,31	71,47	56,29	Parada reparaciones 1 hora
01/06/2013	5:00	169	0,89	50,29	60,63	Arranque en frío
01/06/2013	12:00	176	1,57	58,77	60,14	Fin de procesado y limpieza
<b>Consumo medio ponderado</b>			<b>0,493</b>	<b>25,924</b>	<b>50,040</b>	

#### 7.3.2.9.2. Repercusión del coste del consumo energético y de agua

En base a los consumos producidos, ECOHISPÁNICA elaboró una tabla con la repercusión del coste del consumo energético y de agua (**Tabla 69**), según se muestra en el informe correspondiente a la prueba en continuo (Anexo 28).

Tabla 69. Repercusión del coste del consumo energético y de agua

DÍA	FECHA	AGUA €/t	GAS €/t	ELECTRICIDAD €/t	TOTAL €/t
LUNES	27/05/2013				
LUNES	27/05/2013	0,55 €	11,71 €	6,01 €	18,27 €
LUNES	27/05/2013	0,40 €	10,48 €	6,44 €	17,32 €
MARTES	28/05/2013	1,00 €	26,39 €	15,84 €	43,23 €
MARTES	28/05/2013	0,42 €	8,89 €	5,69 €	15,00 €
MARTES	28/05/2013	0,59 €	13,85 €	7,26 €	21,70 €
MIÉRCOLES	29/05/2013	1,03 €	22,86 €	10,86 €	34,75 €
MIÉRCOLES	29/05/2013	0,41 €	9,21 €	5,02 €	14,63€
JUEVES	30/05/2013	1,09 €	18,56 €	11,73 €	31,38 €
JUEVES	30/05/2013	0,70 €	15,96 €	7,58 €	24,23 €
VIERNES	31/05/2013	0,50 €	11,20 €	11,39 €	23,09 €
VIERNES	31/05/2013	0,31 €	6,25 €	5,28 €	11,83 €
VIERNES	31/05/2013	1,84 €	41,10 €	8,44 €	51,38 €
SÁBADO	01/06/2013	1,25 €	28,92 €	9,09 €	39,26 €
SÁBADO	01/06/2013	2,20 €	33,79 €	9,02 €	45,02 €
	<b>MEDIA</b>	<b>0,88 €</b>	<b>18,51 €</b>	<b>8,55 €</b>	<b>27,94 €</b>

Nota: Precios considerados en función de la facturación del momento: Agua=1,4€/m<sup>3</sup>, Gas= 0,58 €/m<sup>3</sup> y Electricidad = 0,15 €/kWh

#### 7.3.2.9.3. Ensayo Complementario de julio de 2013

En julio de 2013 se llevó a cabo un ensayo complementario con el fin de comprobar las modificaciones realizadas en junio, como consecuencia de las deficiencias observadas en la prueba en continuo de mayo (27 mayo a 1 de junio). En relación a los escapes de vapor en el entorno, resultando insuficientes las enfriadoras, según se recoge en el informe de ECOHISPÁNICA correspondiente al resumen histórico de la evolución de la planta hasta junio de 2013 (Anexo 12), se controlaron los balances energéticos, de masas y consumos en una prueba llevada a cabo en el mes de julio de 2013 (Anexo 32).

##### 7.3.2.9.3.1. Preparación y Toma de Datos

Se trata de una prueba de producción y consumos energéticos de corta duración.

Se descargó un camión de recogida de residuos que pesó en la báscula 11.555 kg netos.



La caldera se mantuvo con presión desde el día anterior y a las 8:00 horas ya estaba preparada.

Se calentaron las máquinas hasta las 8:30 h y a partir de esta hora se comenzó a procesar. La presión de trabajo fue de 1,5 bares.

A partir de las 9:00 y hasta las 14:00 se tomaron los datos de los consumos. A las 9:10 se puso a cero el contador del peso. Hasta el momento se había procesado 1.080 kg (siempre medido desde la báscula en la entrada de las máquinas).

Los datos tomados fueron:

- Contador de consumo eléctrico de la trituradora TANA SHARK 220, datos en kWh, medida directa.
- Contador de consumo eléctrico general en kWh, colocado en la acometida propia de ECOHISPÁNICA. Engloba el consumo general tanto del proceso como del resto de la actividad de la nave (Puente grúa, trituradora, higienización, depuradora de laboratorio, otros consumos pequeños taller).
- Contador de gas de compañía en Nm<sup>3</sup>.
- Contador de agua de compañía en m<sup>3</sup>.
- Peso procesado medido en la cinta-báscula de entrada al proceso, en kg.

La **Tabla 70** muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 70. Medida del peso y de los consumos de los contadores de electricidad, gas y agua**

Hora	TANA (kWh)	Electricidad (kWh)	Gas (Nm <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
9:10	7.132	45.569	36.594,4	1.824,3	0
11:00	7.155	45.826	36.705,5	1.826,1	4.321
13:09	7.182	46.112	36.813,6	1.826,5	9.445
13:50	7.191	46.197	36.845	1.828,6	10.831
<b>Totalizado</b>	<b>59</b>	<b>628</b>	<b>250,6</b>	<b>4,3</b>	10.831

A las 13:50 se terminó de procesar (pasó la última carga del primer camión por la báscula de medida). Posteriormente se descargó un camión para continuar funcionando durante la visita de la tarde.

Se envió a la depuradora y al depósito el extracto líquido generado. Se hicieron un total de tres envíos. Cada envío vaciaba 1.000 litros (la tercera parte de la arqueta de extractos líquidos), es decir en total fueron 3.000 litros.

El cálculo del agua absorbida por el material se realizó según las humedades de entrada y salida. La humedad del material de entrada fue de 35 % – 38 % y la de la MOTBE del 49 %, El del resto se aproximaba a 45 %, luego la ganancia de agua fue del 10 % en peso. Sobre el total procesado fueron 1.083 litros.

#### 7.3.2.9.3.2. Balances del Proceso

Según el informe elaborado por ECOHISPÁNICA, que se adjunta como Anexo 32, cabe destacar:

- El total del peso medido, 10.831 kg, más el procesado anterior 1.080 kg, da un total de 11.911 kg. La medida de la báscula-cinta coincidía, aproximadamente, con la medida de la báscula de camiones que daba 11.555 kg.
- La producción horaria fue de 10.831 kg / 4h 40 min. = 2.321 kg /hora.
- El consumo horario de agua fue de 4.280 litros / 4h 40 min. = 917,2 litros /hora.
- El consumo horario de electricidad fue de 628 kWh / 4h 40 min.= 134,6 kWh /hora, de los cuales corresponden a la trituradora 59 kWh / 4h 40' = 12,66 kWh /hora.
- El consumo de gas horario fue de 250,6 Nm<sup>3</sup> / 4h 40 min. = 53,7 Nm<sup>3</sup> /hora. En kWh, resultan 250,6 Nm<sup>3</sup> x 11,5 kWh /kg x 0,8 kg /Nm<sup>3</sup> = 2.305,52 kWh y 494,11 kWh/hora.
- El balance de agua del proceso se muestra en la **Figura 21**.

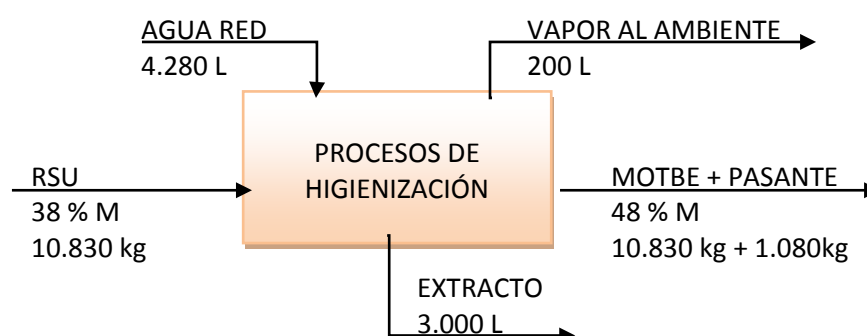


Figura 21. Balance de agua del proceso de higienización llevado a cabo en julio de 2013

- Los consumos por tonelada se muestran en la **Tabla 71**:

**Tabla 71. Consumos por tonelada de electricidad, gas y agua.**

Período	TANA (kWh/t)	Electricidad (kWh/t)	Gas (Nm <sup>3</sup> /t)	Gas (kWh/t)	Agua (m <sup>3</sup> /t)
09:10 - 11:00	5,32	59,48	25,71	236,55	0,42
11:00 - 13:09	5,27	55,82	21,10	194,09	0,08
13:09 - 13:50	6,49	61,33	22,66	208,43	1,52
<b>Totalizado</b>	<b>5,45</b>	<b>57,98</b>	<b>23,14</b>	<b>212,86</b>	<b>0,40*</b>

\*No procede del valor medio

La repercusión en el coste de los consumos energéticos y de agua por tonelada procesada se aproxima a lo siguiente:  $58 \text{ kWh/t} \times 0,15 \text{ €/kWh} + 213 \text{ kWhg/t} \times 0,05 \text{ €/kWhg} + 0,4 \text{ m}^3/\text{t} \times 1,4 \text{ €/m}^3 = 19,91 \text{ €/t}$

El informe hace las siguientes Observaciones:

- Los consumos por tonelada se han reducido respecto de la prueba de mayo de 2013, como se muestra en la **Tabla 72**.

**Tabla 72. Comparativa de consumos de las dos pruebas por tonelada tratada**

Consumo por tonelada	Electricidad (kWh/t)	Gas (Nm <sup>3</sup> /t)	Agua (m <sup>3</sup> /t)
Prueba de mayo 2013 (100 h aprox.)	75,81	35,90	0,66
Prueba de julio 2013 (5 horas aprox.)	57,98	23,14	0,40

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ECOHISPANICA.

- La prueba ha transcurrido sin incidencias.
- La carga por ciclo se ha mantenido estable en torno a 200 kg.
- El tiempo del ciclo fue de 300 segundos. Supone 12 ciclos a la hora. La reducción de tiempos en el vaciado podría ser de 20-25 segundos por ciclo, con lo que se podría alcanzar los 13 ciclos por hora.
- La cinta de alimentación puede llenarse hasta un 70 – 80 % más de su capacidad, sin embargo el motorreductor está al límite de su capacidad. El variador de frecuencia admite ampliar la potencia del motor.
- El husillo de la "T" de entrada al reactor no puede avanzar cuando se introduce el material más seco. Posiblemente se atasca en la entrada al tambor del reactor. Se necesitó abrir el reactor y comprobarlo.

#### 7.3.2.9.4. Ensayo Complementario de septiembre de 2013

De nuevo, con el fin de comprobar nuevas modificaciones realizadas en la planta con posterioridad al ensayo de julio (sistema de captación de vapor), ECOHISPÁNICA realizó una prueba de producción y consumos energéticos de corta duración, sin medidas de extracto ni condensado. Se controlaron los balances energéticos, de masas y consumos en una prueba llevada a cabo en el mes de septiembre de 2013 (Anexo 33).

##### 7.3.2.9.4.1. Toma de Datos

Se descargaron dos camiones de recogida, sus pesadas en la báscula fueron, respectivamente, de 6.940 kg y 5.850 kg netos de residuos. Tras el procesado se obtuvo 7.330 kg de pasante y 6.270 kg de hundido netos en báscula de camiones.

Se tomaron los datos de los consumos antes, durante y una vez finalizada la prueba. La Tabla 43 muestra los resultados obtenidos de las correspondientes medidas.

Los datos registrados figuran en el correspondiente informe de ECOHISPÁNICA (Anexo 33) con las siguientes condiciones:

- Contador de consumo eléctrico general en kWh, colocado en la acometida propia de ECOHISPÁNICA. Engloba el consumo general tanto del proceso como del resto de la actividad de la nave (Puente grúa, trituradora, higienización, depuradora de laboratorio, otros consumos pequeños taller).
- Contador de gas de compañía en Nm<sup>3</sup>.
- Contador de agua de compañía en m<sup>3</sup>.
- Peso procesado medido en la cinta-báscula de entrada al proceso, en kg.

**Tabla 73. Medida del peso y de los consumos de los contadores de electricidad, gas y agua**

Hora	Electricidad (kWh)	Gas (Nm <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
12:00	55.410	40.998,5	2.089,75	4.990
13:53	55.654	41.089,6	2.091,36	8.800
15:24	55.834	41.164	2.092,52	12.850
<b>Diferencia con el primer dato</b>	<b>424</b>	<b>165,5</b>	<b>2,77</b>	<b>7.860</b>

## 7.3.2.9.4.2. Balances del Proceso

El citado informe elaborado por ECOHISPÁNICA muestra que:

- El total del peso medido en el peso dinámico, 13.540 kg, fue un 5% superior al medido en la báscula de camiones.
- La producción horaria fue de 7.860 kg / 3h 24 min. = 2.204,95 kg /hora (corregido el error en báscula)
- El consumo horario de agua fue de 2.770 litros / 3h 24 min. = 814,7 litros /hora.
- El consumo horario de electricidad fue de 424 kWh / 3h 24 min. = 124,7 kWh /hora.
- El consumo horario de gas fue de 165,5 Nm<sup>3</sup> / 3h 24 min. = 48,7 Nm<sup>3</sup> /hora. En kWh, resultan 447,8 kWh/hora.
- Los consumos por tonelada se recogen en la **Tabla 74**.

**Tabla 74. Consumos por tonelada tratada en la prueba de septiembre-2013**

Período	Electricidad (kWh/t)	Gas (Nm <sup>3</sup> /t)	Gas (kWh/t)	Agua (m <sup>3</sup> /t)
12:00 - 13:53	64,04	23,91	219,98	0,42
13:53 - 15:24	44,44	18,37	169,01	0,29
<b>Total</b>	<b>56,78</b>	<b>22,16</b>	<b>203,91</b>	<b>0,37</b>

Según el citado informe, la repercusión en el coste de los consumos energéticos y de agua por tonelada procesada se aproxima a lo siguiente:

$$56,8 \text{ kWh/t} \times 0,15 \text{ €/kWh} + 203,9 \text{ kWhg/t} \times 0,05 \text{ €/kWhg} + 0,37 \text{ m}^3/\text{t} \times 1,4 \text{ €/m}^3 = 19,23 \text{ €/t, valor similar al obtenido en la prueba de julio de 2013.}$$

En observaciones se indica que la prueba transcurrió sin incidencias y que el tiempo del ciclo fue de 297 segundos, lo que supuso 12 ciclos a la hora.

#### **7.3.2.10. Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes. Control de gases.**

De acuerdo con las directrices marcadas por la Dirección de Calidad Ambiental de la Comunidad de Madrid (Anexo 16), la Comisión solicitó a ECOHISPÁNICA que se realizara el muestreo de las zonas afectadas por las emisiones de gases.

Se encargó a la Sociedad de Prevención de Asepeyo realizar el muestreo y la analítica correspondiente para elaborar un estudio higiénico en los puestos de trabajo (descritos en apartados posteriores) con el fin de evaluar la exposición a determinados agentes químicos, así como indicar las medidas de corrección y/o prevención procedentes al objeto de controlar y/o reducir el posible riesgo, estableciendo al tiempo la planificación correspondiente. El correspondiente informe, con fecha 31 de julio de 2013, se incluye en el Anexo 34.

La estrategia de muestreo se planteó con el objeto de poder valorar la concentración ponderada obtenida, referida a un período de 8 horas, representativa de la concentración real durante la jornada, con los valores límite para largos períodos de tiempo de exposición VLA-ED, es decir, para evaluar los posibles efectos crónicos que podrían sufrir los trabajadores.

De acuerdo con la Guía del INSHT, se han elegido varios puestos de trabajo representativos de la exposición de los distintos trabajadores, en labores habituales y representativas de su jornada laboral, y considerándolas con mayor posibilidad de emitir contaminantes químicos a la atmósfera de trabajo. Los muestreos personales se efectuaron colocando los soportes de captación lo más cerca posible de las vías respiratorias con el fin de que el muestreo fuera lo más representativo de la exposición del operario a los distintos contaminantes, siguiendo todos sus movimientos durante su trabajo.

La toma de muestras se realizó el 31 de mayo de 2013, se colocaron las bombas de aspiración en:

- a. TRABAJADOR: Uno de los trabajadores llevaba las bombas y realizaba las tareas más asiduas que normalmente hacía (recogida inicial de residuos, tránsito por las distintas zonas de la nave, zona de descarga, zona cerca del foso...)
- b. ZONA DE DESCARGA: en esta zona descargan de uno a tres autoclaves (según la fase del proceso pueden coincidir los tres equipos o descargar individualmente, durante las mediciones se pudieron “recoger” más de dos descargas colectivas).
- c. FOSO: A éste llegan todos los extractos líquidos del proceso y, se encuentra en la zona cercana a la salida de la trituradora.

#### 7.3.2.10.1. Resultados y conclusiones

A partir de los datos obtenidos por ASEPEYO en el informe de julio de 2013 (Anexo 34) se concluye que:

- Los resultados a nivel del trabajador dan valores dentro del ámbito “Exposición aceptable”.
- La exposición es inaceptable en el foso y la descarga de extractos líquidos, ya que se superan los valores límite de CO<sub>2</sub> en la zona de descarga. Por tanto, es probable la aparición de efectos adversos para la salud de los trabajadores expuestos y se deberá proceder a la corrección de la situación mediante la implantación de medidas preventivas.
- La exposición NO supera el valor límite pero no permite concluir con una fiabilidad aceptable si se superará en el futuro o no en el Foso con el limoneno, el mercurio en aire, el CO<sub>2</sub> en el foso y amoníaco en el foso y amoníaco en la descarga por lo que se ha definido como una zona de indeterminación. En este caso se recomienda:
  - Implantar directamente las medidas de prevención y protección que en el apartado siguiente se indican con el fin de asegurar que las concentraciones seguirán estando por debajo de los valores límite.
  - Planificar muestreos/mediciones periódicas según las recomendaciones del apartado siguiente, con el fin de comprobar que las concentraciones se mantienen por debajo de los valores límite.

No obstante, aún no alcanzándose niveles de concentración considerables, sería necesario adoptar las medidas preventivas indicadas en el siguiente apartado.

- La exposición es aceptable en el resto de puestos, ya que las concentraciones están por debajo de los valores límite, siendo improbable que se superen estos valores en el futuro, con un alto nivel de fiabilidad, salvo cambios en los procesos que puedan modificar la exposición.

#### 7.3.2.10.2. Medidas preventivas

ASEPEYO ha expuesto 7 medidas preventivas y correctoras, las cuales se indican a continuación:

1) Necesidad de instalar un sistema de aspiración que capte los focos de emisión de los contaminantes (foso, zona de descarga). Instalar un sistema ventilación interior para evitar atmósfera explosiva.

- El sistema de aspiración estará focalizado en las zonas donde emanan los contaminantes: Foso, zonas de descargas...
- Instalar un sistema de ventilación general con el fin de garantizar un caudal de aire mínimo en todos los lugares de trabajo, según lo establecido en el R.D. 486/1997 de lugares de trabajo, 50 m<sup>3</sup>/h/trabajador (14 l/s/trabajador), para locales con presencia de contaminantes.
- No obstante, se tendrá en cuenta la posibilidad de existencia de atmósfera explosiva al tener el limoneno una temperatura de inflamación entre 40 y 50 °C.

Medida a realizar de inmediato por el empresario.

2) Necesidad de efectuar procedimientos y normas de trabajo.

Establecer procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos utilizados para trabajar. Para la realización de estos procedimientos se deberán de tener en cuenta las instrucciones de los equipos de trabajo y las indicaciones en las fichas de datos de seguridad de los productos resultantes del proceso industrial.

Medida a realizar por el empresario en 3 - 6 meses.

3) Exposición a contaminantes químicos: necesidad de efectuar un mantenimiento específico y riguroso de los equipos de trabajo utilizados.

En el R.D. 1215/1997 "Reglamento sobre equipos de trabajo" se indica que cualquier equipo (máquinas y aparatos fijos principalmente) que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente. Realizar asiduamente las labores de mantenimiento establecidas tanto del usuario como del técnico del equipo.

Medida a realizar por el empresario en continuo.

4) Posibilidad de generación de atmósfera explosiva durante los procesos. Necesidad de elaborar documento de protección contra explosiones (presencia Gases LEL)

Elaborar documento ATEX conforme al RD 681/2003, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

- Mantener un adecuado orden y limpieza.



- Delimitar las zonas de riesgo mediante una señalización adecuada y únicamente permitir el acceso a dichas zonas al personal autorizado, excluyendo los trabajadores especialmente sensibles a estos riesgos.
- Controlar las exposiciones accidentales y las exposiciones no regulares limitando la autorización para trabajar en la zona afectada a los trabajadores que sean indispensables para efectuar las reparaciones o trabajos necesarios, garantizando que la exposición no sea permanente y que para cada trabajador se limite a la estrictamente necesaria y proporcionando EPIs a los trabajadores. Al tratarse de una posible Atmósfera Explosiva (ATEX), efectuar mediciones específicas para elaborar el informe ATEX.
- Deberán utilizarse aparatos y sistemas de protección con arreglo a las categorías fijadas en el Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

Medida a realizar por el empresario antes de 12 meses.

5) Exposición a contaminantes químicos: Necesidad de promulgar hábitos de conducta segura entre los trabajadores afectados

- Prohibir la introducción, preparación o consumo de alimentos o bebidas en los lugares de trabajo cuando se manipulen o estén presentes agentes químicos peligrosos. Así mismo, recomendar a los trabajadores expuestos a estos riesgos, lavarse las manos, cara y boca antes de tomar alimentos, bebidas o fumar.
- Guardar de manera separada la ropa de trabajo o de protección y la ropa de calle. La contaminación de las ropas de vestir debe evitarse utilizando ropa de trabajo adecuada (monos, batas u otras prendas). No se permitirá el uso de esta ropa fuera de las áreas de trabajo (cafetería, biblioteca, etc.) y se guardará siempre de manera separada de las ropas de vestir. El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin.
- Redactar normas de trabajo.

Medida a realizar por el empresario en continuo.

6) Necesidad de uso de equipos de protección individual. Hacer un estudio de análisis de equipos de protección individual.

- Utilizar protección respiratoria tipo semimáscara con filtros ABK2P3 según normas UNE EN 140 - 141 contra vapores orgánicos, inorgánicos, amoníaco y partículas.

- Guantes impermeables que también deberán tener protección frente a riesgos mecánicos que eviten pinchazos, cortes, arañazos... (UNE EN 388: Guantes para riesgos mecánicos. UNE EN 374: Guantes para riesgos químicos y los microorganismos).
- Utilizar ropa de trabajo de fibras antiestáticas.
- Gafas tipo "cazoleta" (UNE EN 166: Resistencia al impacto) con protección lateral.
- Calzado de seguridad conforme UNE EN 345.

Medida a realizar por el empresario en continuo.

#### 7) Planificar muestreos/mediciones periódicas

Habría que repetir la medición entre las 16 – 34 semanas, según el criterio de la norma UNE-EN 689, el cual se recoge en la Guía de Agentes Químicos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Planificar las mediciones. Hacer la medición de polvo y metales en zona de descarga la siguiente vez. Tener en cuenta la presencia de etanol.

Medida a realizar por el empresario antes de 2 meses.

#### **7.3.2.11. Conclusiones del comportamiento de la planta en la prueba en continuo**

Según informe facilitado por ECOHISPÁNICA (ver Anexo 28), las conclusiones de la prueba en continuo han sido:

- La prueba ha transcurrido con varias incidencias que se detallan en el listado que acompaña al informe, siendo principalmente debidas a averías mecánicas, lo que ha provocado que el rendimiento productivo haya decaído notablemente. En otras pruebas similares se han obtenido resultados de hasta el doble de lo producido en la prueba.
- La carga no se ha mantenido estable por lo que no se pueden hacer conclusiones sobre su rendimiento.
- Cabe destacar la diferencia entre los consumos mientras el procesado se mantiene estable a cuando se produce una parada o una avería, hasta el 100% más de consumo. El funcionamiento sin paradas es más que aconsejable.
- Al incrementar la producción no se ven afectados en la misma proporción los consumos. El llenado de los autoclaves se sitúa en un 25-30% respecto de la capacidad de procesado de la máquina. Hasta dicha capacidad, el consumo de vapor escasamente varía y del mismo modo el de gas. El consumo eléctrico experimentará

mayor variación pero no en la misma proporción que el volumen de residuos. Por estas razones el consumo por tonelada es fácil reducirlo al 50%.

- Si se dobla la cantidad de procesado sin variar la cantidad de vapor, lógicamente se reducirá el condensado y el consumo de la depuración, lo cual redundará en un mayor ahorro energético.
- Se ha de pensar que el consumo de combustible puede obtenerse de la materia orgánica procesada por medio de digestión anaerobia consiguiendo autoabastecer el sistema.

### **7.3.3. Evolución de las mejoras introducidas en la planta**

Según se recoge en el resumen histórico sobre la evolución de la planta realizado por ECOHISPÁNICA en febrero de 2014 a solicitud de la Comisión, y que se adjunta en el Anexo 12, en la prueba de mayo de 2012 se observaron varios problemas mecánicos, como atascos, generación excesiva de extracto, baja producción, etc. En junio de 2012 se comienzan a hacer modificaciones de puntos clave, principalmente en la cámara de entrada y automatización.

Se trabaja en la solución de los defectos observados en los aspectos medioambientales e higiénicos del entorno de trabajo, a raíz de los análisis de ASEPEYO de marzo 2012. Se instalan conductos de captación de vapor ambiente generado en la zona de válvulas y entrada de trómel y se instalan enfriadoras para condensar estos vapores.

En mayo de 2013 se observan, nuevamente, deficiencias en relación a los escapes de vapor en el entorno, las enfriadoras son insuficientes. Las mediciones higiénicas de ASEPEYO realizadas en mayo de 2013 (incluidas en Anexo 34) indican niveles inaceptables de limoneno y dióxido de carbono.

Se instala en junio de 2013 el sistema de vacío y condensación, que favorece el funcionamiento de la planta y elimina vapores tóxicos (según se describe en el siguiente apartado 7.3.3.1.) y se lleva a cabo la caracterización de los condensados (apartado 7.3.3.2.).

Se realiza una nueva medición higiénica por ASEPEYO en noviembre de 2013 que señala (informe incluido en el Anexo 35) que se ha instalado un sistema de captación y condensación de vapores difusos en el aire ambiente mediante enfriadoras y ventiladores mecánicos. Con esta instalación se consigue condensar las emanaciones de la planta. Se mide con el objeto de poder comprobar la eficacia de la instalación nueva. Se efectúan las medidas en cuatro puntos (entrada a la planta (**Figura 22**), entrada al trómel (**Figura 23**), zona de descarga (**Figura 24**) y trabajador en movimiento y se eliminan las medidas efectuadas en muestreos anteriores en el foso y en la arqueta de extracto líquido por

considerar que estas emisiones se han canalizado al sistema de condensación de vapor como indica el informe de ASEPEYO: *“En mediciones anteriores, se midió en la zona del foso y la arqueta de extracto líquido. Técnicamente, se puede apreciar que en estas zonas se han eliminado las emisiones y los escapes desde el origen ya que antes de evacuar los escapes en la arqueta se conducen al sistema de condensado y filtraje que se ha instalado previamente, concretamente, se han instalado unos condensadores y depósitos sobre los que se hace el vacío mediante una bomba de anillo líquido. Los vapores son arrastrados hasta un pulmón con las funciones de ciclón y posteriormente a dos intercambiadores tubulares que los condensan. El líquido cae a un depósito de condensados hermético. Por todo ello, se estima que técnicamente no es necesario medir por estar el proceso cerrado”*. Se adjuntan las fotografías presentadas en el informe de ASEPEYO (Anexo 35).

Además para el tratamiento de los extractos líquidos obtenidos se ha instalado una planta piloto de evaporación en pruebas que también se describe en el apartado 7.3.3.4.

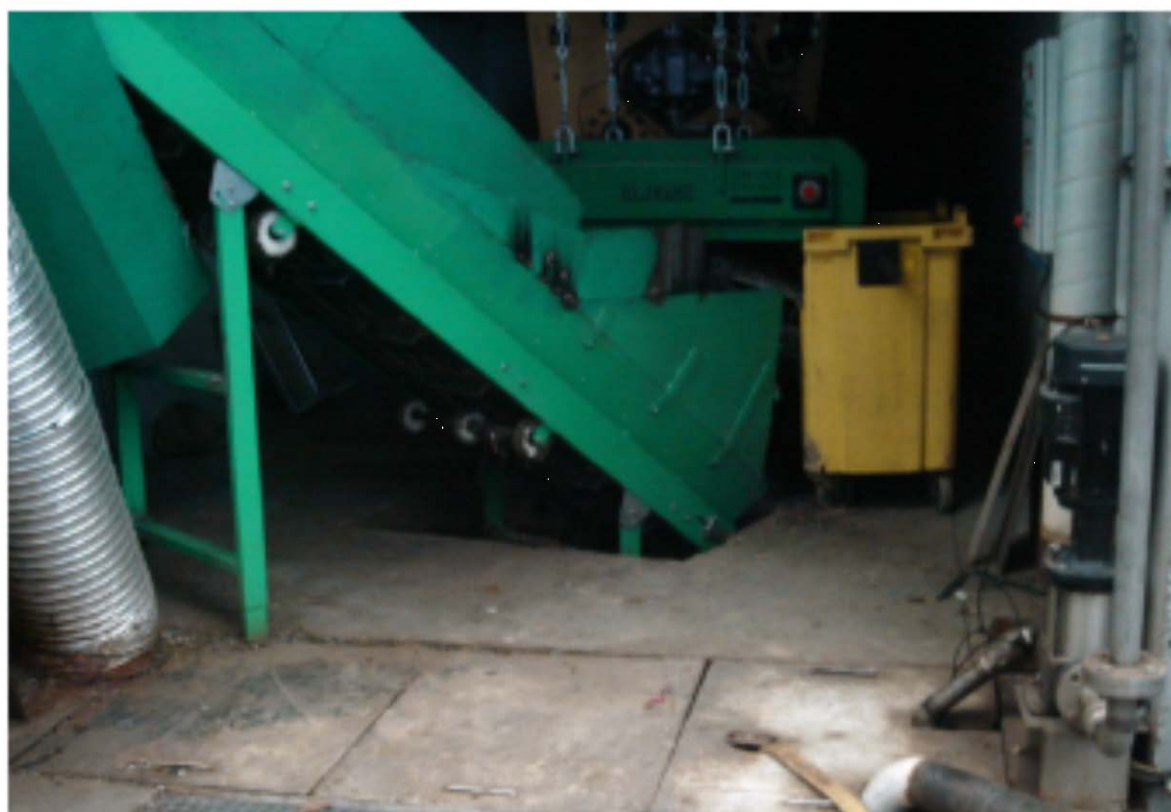


Figura 22: Detalle del Foso



Figura 23: Entrada a Trómel



Figura 24: Zona de descarga

### 7.3.3.1. Sistema de captación de vapor

La eliminación y el tratamiento de los vapores que se producen en el funcionamiento normal de las máquinas, resultan prioritarios en tanto que los resultados de las mediciones higiénicas adviertan de su necesidad, tal y como se refleja en la evaluación higiénica realizada por ASEPEYO el 31 de mayo de 2013 (ver apartado 7.3.2.10.). En este informe se detectaron concentraciones inaceptables de CO<sub>2</sub> en la zona de descarga de las válvulas y valores para determinados compuestos que, aun no superando los límites, no se puede asegurar que no lo pudieran superar en el futuro, tal es el caso de: mercurio, limoneno, amoniaco y CO<sub>2</sub> en la zona del foso y de amoniaco en la zona de descarga.

La Autorización Administrativa, concedida por el Área de Calidad Atmosférica de la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid, ha propuesto correcciones tales como el sistema de captación de vapores, filtros de carbón activo y estudio olfatométrico.

En la actualidad la forma óptima de solucionar el problema es mediante un sistema de vacío que extraiga en origen la mayor parte del vapor y, por otro lado, un sistema de extracción, condensado y ventilación en el interior de la nave que disperse el resto diluyéndolo en el aire ambiente, el cual se renueva mediante la ventilación natural de la nave.

Para la captación de los vapores se emplea una bomba de vacío de anillo líquido, con capacidad para 350 m<sup>3</sup>/h y 150 mbares y 5,5 KWh, aspirando antes de la descarga de las válvulas. En el informe sobre captación de vapor de ECOHISPÁNICA de 13 septiembre de 2013 (Anexo 36) se presenta el esquema de la instalación.

El sistema cuenta con un depósito pulmón de 8.000 litros para almacenar el vapor. A este depósito se conecta el vapor y el extracto en fase líquido-vapor. En él se produce un proceso de decantación de los sólidos en suspensión, mediante el efecto ciclón. Los vapores restantes salen por la parte superior hacia los condensadores tubulares y el condensado y fangos almacenados deberán vaciarse al finalizar los procesos hasta la arqueta de extractos.

La **Figura 25** muestra el sistema de captación de vapor instalado en la planta por ECOHISPÁNICA y la **Figura 26** un detalle del depósito.





Figura 25: Sistema de captación de vapor de la planta



Figura 26: Detalle del depósito del sistema de captación de vapor

Para los dos intercambiadores tubulares en acero inoxidable AISI 304, el refrigerante es agua de red descalcificada que se calienta hasta los 95°C y se transporta hasta la caldera.

En la aspiración de la bomba se instala un depósito de agua en acero inoxidable AISI 316 de 3.000 litros de capacidad para almacenar el condensado; dispone de tomas de vaciado, muestreo y visor de nivel. Estos condensados se describen en el apartado 7.3.3.2.

La bomba de vacío se refrigera mediante agua que entra al proceso, la velocidad del proceso justifica la alta capacidad de la bomba pudiendo vaciar cada cámara en 20 segundos, aproximadamente.

El aire restante expulsado por la bomba de vacío se introducirá en un filtro de carbón activo, para eliminar las trazas de contaminantes, por lo que la descarga se hará al aire ambiente dentro de la nave.

Los vapores que no pueden extraerse por este método son los que quedan al abrir las válvulas y los que emanan del biorresiduo. Estos al estar a presión atmosférica y en espacio abierto no pueden extraerse mediante el sistema de vacío. La solución será mediante aspiradores centrífugos, campanas de aspiración y conducirlo hasta las enfriadoras. Se ha realizado una instalación mediante enfriadoras para climatización de expansión directa readaptadas.

#### 7.3.3.1.1. Cálculo de los flujos de masas y consumos energéticos en el sistema de condensación.

ECOISPÁNICA realizó un informe relativo a los flujos de masas y consumos energéticos del sistema de condensación, basándose en un control del sistema de condensación actual durante una prueba efectuada el día 29 de enero de 2014 (Anexo 37).

Se midieron los volúmenes de condensado y lodo generados. Para ello, antes de efectuar la prueba, se procedió a vaciar los depósitos para poder medir los niveles.

El cálculo del consumo es inmediato. Solo la bomba de vacío consume energía eléctrica. También se necesitó más agua de red para el enfriamiento.

#### Medición de los Volúmenes:

El lodo se recogió en un depósito. En él se decantaron los sólidos en suspensión arrastrados por el líquido y el vapor. Al inicio de la prueba se dejó vacío. Tras la misma se pudo inspeccionar el nivel y calcular el volumen de lodos generado. De esta forma aproximada se calculó que se habían generado 150 litros de lodos.



El condensado se recogió en otro depósito. Éste tenía que mantener un nivel constante, por lo que se controló mediante dos sondas de nivel máximo y mínimo. Cuando se alcanzaba el máximo, la bomba se vaciaba hasta el nivel mínimo. La diferencia entre las dos sondas era de 80 mm. El volumen que vaciaba cada vez era de 356 litros.

Durante la prueba la bomba vació en tres ocasiones, siendo la última al parar la maquinaria. El volumen de condensados fue de 1.068 litros.

Los resultados se recogen en la **Tabla 75**.

**Tabla 75. Resultados de las mediciones de volúmenes**

INICIO	FINAL	TOTAL RSU	CONDENSADO	LODO
9:00	13:00	11.600 kg	1.068 litros	150 litros

En la depuradora instalada, con sistema de evaporación, podría tratarse la mezcla de lodos y condensados. La caracterización de los condensados se recoge en el apartado 7.3.3.2. El lodo, no ha sido caracterizado, y actualmente es almacenado en un depósito junto con los condensados para gestionarlos mediante un gestor autorizado.

#### Cálculo de los Consumos:

La bomba de vacío consume energía eléctrica y agua para el enfriamiento. Los consumos fueron:

Consumo de energía eléctrica: 5,5 kWh

Consumo de agua de enfriamiento: 150 litros /hora

Los intercambiadores utilizan agua de enfriamiento: aproximadamente 1.650 litros/hora.

El agua de los intercambiadores y la refrigeración de la bomba de vacío se lleva a la alimentación de la caldera. Sin embargo es menor el consumo de agua, que está en torno a 900 litros/hora, por lo que se dispone de 900 litros/hora de agua caliente excedente, que de momento no se aprovecha; aunque sería posible su uso en limpieza o secado del material.

Sobrecoste por tonelada:

- Energía eléctrica: + 2 kWh/t equivale a 0,28 € por tonelada.

- Agua: + 333 litros/t equivale a 0,46 € por tonelada (aunque se puede reintroducir al sistema mediante un depósito en cabecera, y así eliminar este sobrecoste)

El agua obtenida podría utilizarse para riego ya que cumple con los requisitos de las normas de la FAO en cuanto a CE, cloruros, boro, pero tiene mucho nitrógeno. Cumple con la Tabla V del Real Decreto 506/2013 sobre criterios aplicables a los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos, en cuanto a contenidos de metales pesados (ver **Tabla 64**).

#### 7.3.3.1.2. Cálculo del ahorro energético y económico del precalentamiento de agua

En el informe facilitado por ECOHISPÁNICA en relación al cálculo del ahorro energético y económico del precalentamiento del agua (Anexo 38) se determina el ahorro en energía térmica debido al aprovechamiento del calor del proceso mediante calentamiento de agua de entrada a caldera.

El calor extraído de los vapores mediante el flujo indirecto del agua fría provoca un incremento de temperatura del agua elevándola hasta los 95 °C.

La temperatura media del agua de red suele ser de 10 °C, media anual, según datos climáticos de la norma técnica UNE 94002-2005, para Madrid.

Según se indica en el informe, la energía necesaria para producir 870 l/h de vapor a 3 bares a partir del agua de la red es:

$$Q = m * [C * (T_{sat} - T_{ent}) + U_{fg}]$$

Siendo: Q = Gasto térmico. (KW)

m = Caudal (0,24 kg/s)

C = Calor específico (4,18 KJ/kg\* K) (4,18 kJ/kg \* °C a 0 °C).

T<sub>sat</sub> = Temperatura de saturación a 3 bares (143,6 °C)

T<sub>ent</sub> = Temperatura de entrada a caldera.

Agua de red 10°C, precalentada 95°C

U<sub>fg</sub> = Energía de vaporización a la temperatura de saturación (1.949,6 kJ/kg).

Sustituyendo valores: Q = 0,24 kg/s \* [4, 18 k.J/kg\* °C \*(143,6 °C – 10 °C) + 1949,6 k.J/kg]  
= 601 kW.

La caldera tiene un rendimiento del 82 %, siendo entonces el consumo energético de 732 kWh de gas.

Este gasto no se debe confundir con el gasto en continuo, que es menor por la inercia del sistema de combustión.

El coste horario supone  $732 \text{ kWh} * 0,04 \text{ €/kWh} = 29,28 \text{ €}$  (teniendo en cuenta que el combustible considerado es gas y su coste es de 0,04 €/kWh).

Si se hace el mismo análisis tomando el agua de entrada de caldera la producida por el intercambiador, es decir Tent, temperatura de entrada a la caldera, 95°C:

$$Q = 0,24 \text{ kg/s} * [4,18 \text{ kJ/kg} * ^\circ\text{C} * (143,6 ^\circ\text{C} - 95 ^\circ\text{C}) + 1.949,6 \text{ kJ/kg}] = 516 \text{ kW}.$$

La caldera tiene un rendimiento del 82 %, siendo entonces el consumo energético de 630 kWh de gas.

El coste horario supone, en este caso,  $630 \text{ kWh} * 0,04 \text{ €/kWh} = 25,20 \text{ €}$

Con lo que utilizando el agua del intercambiador se reduce en un 14 % el consumo de gas.

Además se generaron condensados que fueron caracterizados para establecer sus posibles destinos (apartado 7.3.3.2.).

#### 7.3.3.1.3. Características de los condensados

La planta de captación de vapor genera condensados que han sido caracterizados para establecer sus posibles destinos. La toma de muestra, para posterior análisis de laboratorio, fue realizada por personal cualificado de EUROCONTROL, el día 8 de noviembre de 2013, en la planta de ECOHISPÁNICA de Rivas Vaciamadrid.

Los resultados y todas las características se recogen en el informe I.13.086.1501.00210 de fecha 3 de diciembre de 2013 por EUROCONTROL (Anexo 39).

La **Tabla 76** muestra los resultados del análisis de los condensados procedentes del captador de vapor y la comparativa con los extractos líquidos (ver **Tabla 65**) y con los límites establecidos en el Decreto 57/2005 por ser uno de los posibles destinos del condensado, descargarlo en el colector municipal.

De la revisión de la **Tabla 76** se observa que en los condensados:

1.- el pH es más básico (8,7) que en el extracto líquido, pero cumple con el Decreto 57/2005.

**Tabla 76. Comparación del condensado procedente del captador de vapor con los extractos líquidos y el Decreto 57/2005**

PARÁMETRO	EXTRACTO LÍQUIDO (media* mayo 2013)	CONDENSADO (noviembre 2013)	% variación	DCTO 57/2005	UNIDAD
pH	6,8	8,7 ± 0,2		6-10	Unidad pH
Conductividad 25 °C	2.150	420 ± 30	-80	7.500	μS /cm
Aceites y grasas	80	50 ± 10	-38	100	mg /L
Sólidos en suspensión	400	<5,0	-98	1.000	mg /L
Índice de fenoles	2	2,3 ± 0,3	13	2	mg / L
Hidrocarburos totales	8,7	12 ± 3	38	20	mg / L
Fósforo total	3,7	<0,070	-98	40	mg / L
Nitrógeno total	255	80 ± 10	-68	125	mg / L
Cianuros	0,044	0,014 ± 0,002	-68	5	mg / L
Cloruros	90,6	5,2 ± 0,6	-94	2.000	mg / L Cl
Fluoruros	0,13	<0,15		15	mg / L
Sulfatos	54	0,8 ± 0,1	-99	1.000	mg / L
Sulfuros	0,53	<0,40	24,5	5	mg / L
HPA	<0,06	<0,016	-67	1	mg / L
AOX	2,35	<0,6	-74	5	mg / L
DBO <sub>5</sub>	3.500	3.000 ± 400	-14	1.000	mg / L
DQO	5.350	5.100 ± 700	-4,6	1.750	mg / L
BTEX	0,01	0,07	6	1,5	mg / L
Trihalometanos	0,09	<0,004	-96	2,5	mg /L
Aluminio (Al)	0,73	<0,10	-86	20	mg / L
Arsénico (As)	<0,05	<0,050		1	mg / L
Bario (Ba)	0,08	<0,050	-38	20	mg / L
Boro	0,24	<0,050	-79	3	mg / L
Cadmio (Cd)	<0,010	<0,010		0,5	mg / L
Cobre (Cu)	0,03	<0,025	-33	3	mg / L
Cromo VI (Cr(VI))	0,03	<0,005	-83	1	mg / L
Cromo total (Cr)	0,07	<0,010	-86	3	mg / L
Hierro (Fe)	11,3	0,10 ± 0,01	-99	10	mg /L
Manganeso (Mn)	0,4	<0,010	-98	2	mg / L
Mercurio (Hg)	0,0014	<0,0010	-29	0,1	mg / L
Níquel (Ni)	0,15	<0,010	-93	5	mg / L
Plata (Ag)	<0,10	<0,10		1	mg / L
Plomo (Pb)	0,02	<0,010	-50	1	mg /L
Selenio (Se)	<0,050	<0,050		1	mg / L
Estaño (Sn)	<0,0025	<0,025		2	mg / L
Zinc (Zn)	4,6	0,37 ± 0,05	-93	3	mg / L
Toxicidad por Daphnia	5	10 ± 3	100	25	Eq / m <sup>3</sup>
Detergentes aniónicos	1,07	<0,10	-91	-	mg / L
Detergentes catiónicos	1,13	1,2 ± 0,2	6	-	mg /L
Detegentes no iónicos	5,9	<1,0	-83	-	mg / L
Detergentes totales	8	<2,3	-71	30	mg/L
Detergentes totales		<2,3		30	mg / L

- Media de los valores de la **Tabla 65**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de EUROCONTROL.

2.- La DBO y DQO disminuyen poco frente al extracto líquido (14% y 4,6% respectivamente) y superan el límite del Decreto que es de 1.000 y 1.750 mg/l respectivamente.

3.- Todos los demás parámetros se han reducido considerablemente frente al extracto líquido (apartado 7.3.2.7.2.) de los 41 parámetros analizados 16 han disminuido entre 70-99%, en especial y por este orden más de 90%: sulfatos, hierro, manganeso, fósforo, sólidos en suspensión, trihalometanos, cloruros, níquel y zinc.

4.- Se han reducido ligeramente, menos de 38%, aceites y grasas, bario, cobre, mercurio, DBO y DQO.

5.- Han aumentado ligeramente entre 13-38 % índice de fenoles e hidrocarburos totales. Han aumentado de forma destacada los BTEX y los detergentes catiónicos, indicando que estos compuestos son retirados del vapor mediante este proceso de condensación.

6.- Cinco parámetros no se ven modificados porque sus concentraciones ya eran muy bajas en el extracto líquido, arsénico, cadmio, plata, selenio y estaño.

En cuanto al uso que se le podría dar se plantea lo siguiente:

- 1) El condensado de los vapores no se podría verter a colector porque no cumple en DBO y DQO, supera los límites del Decreto 57/2005, pero han disminuido considerablemente todos los compuestos que estaban presentes en el extracto líquido cumpliendo ya con los límites de vertido a colector.
- 2) Actualmente se ha instalado en pruebas una depuradora por evaporación, cuyos resultados se comentan en el apartado 7.3.3.4., que ha obtenido buenos resultados en la reducción de los parámetros de vertido y en especial de DQO, lo que permitiría hacerlas aptas para vertido a colector.
- 3) Las concentraciones de metales pesados cumplen con la Tabla V del Real Decreto 506/2013 (**Tabla 64**) sobre criterios aplicables a los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos. Habría que comprobar, según este Real Decreto, si el cromo VI no es detectable según método oficial, si el nitrógeno es orgánico en un 85%, si no hay *Salmonella* en 25 g de producto y si la presencia de *Escherichia Coli* es menor de 1.000 NMP.
- 4) Podría utilizarse para riego cumpliendo, según recoge el Real Decreto 1620/2007 sobre reutilización de aguas residuales tratadas, al menos las siguientes condiciones según el uso que se diera: presencia de 1 huevo/ 10 l de nematodos intestinales, 20-35 mg/l de sólidos en suspensión y 100-10.000 UFC/100ml de *Escherichia Coli*.

### **7.3.3.3. Nueva evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes. Control de gases**

De acuerdo con las directrices marcadas por la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid en el informe del 15 de octubre de 2013 (Anexo 16). La Comisión solicitó a ECOHISPÁNICA que se realizara un nuevo muestreo de las zonas afectadas por las emisiones de gases. Se encargó a la Sociedad de Prevención de Asepeyo la ejecución del muestreo y la analítica correspondiente para elaborar un estudio higiénico en los puestos de trabajo, descritos en apartados posteriores, con el fin de evaluar la exposición a determinados agentes químicos, así como indicar las medidas de corrección y/o prevención procedentes al objeto de controlar y/o reducir el posible riesgo, estableciendo al tiempo la planificación correspondiente. El informe se incluye en el Anexo 35 del presente informe.

Las mediciones se realizaron el 26 de noviembre de 2013 de 06:00 a 13:00 horas. La estrategia de muestreo se planteó con el objetivo de poder valorar la concentración ponderada obtenida referida a un período de 8 horas, representativa de la concentración real durante la jornada, con los valores límite para largos períodos de tiempo de exposición VLA-ED, o sea, para evaluar los posibles efectos crónicos que pudieran sufrir los trabajadores.

De acuerdo con la Guía del INSHT, se eligieron varios puestos de trabajo representativos de la exposición de los distintos trabajadores, en labores habituales y representativas de su jornada laboral y considerándolas con mayor posibilidad de emitir contaminantes químicos a la atmósfera de trabajo. Los muestreos personales se efectuaron colocando los soportes de captación, lo más cerca posible de las vías respiratorias con el fin de que el muestreo fuera lo más representativo de la exposición del operario a los distintos contaminantes, siguiendo todos sus movimientos durante su trabajo.

Se colocaron las bombas de aspiración en:

- a. TRABAJADOR: Uno de los trabajadores llevaba las bombas y realizaba las tareas más asiduas que normalmente hacía (recogida inicial de residuos, tránsito por las distintas zonas de la nave, zona de descarga, zona cerca del foso...)
- b. ZONA DE DESCARGA: en esta zona descargan el material esterilizado de uno a tres autoclaves (según la fase del proceso pueden coincidir los tres equipos o descargar individualmente, durante las mediciones se pudieron “recoger” más de dos descargas colectivas).
- c. ENTRADA A TRÓMEL: entrada a la zona de cribado en la planta primera.
- d. ENTRADA A PLANTA: entrada al sistema de esterilización.

En mediciones anteriores, se midió también en la zona de foso y la arqueta de extracto líquido. Técnicamente, se pudo apreciar que en esta zona se habían eliminado las emisiones y los escapes desde el origen ya que antes de evacuar los escapes en la arqueta se conducían al sistema de condensado y filtraje que se había instalado previamente. Concretamente, se instalaron unos condensadores y depósitos sobre los que se hacía el vacío mediante una bomba de anillo líquido. Los vapores son arrastrados hasta un pulmón con las funciones de ciclón y, posteriormente, a dos intercambiadores tubulares que los condensan. El líquido cae a un depósito de condensados hermético. Por todo ello, se estimó que técnicamente no era necesario medir por estar el proceso cerrado.

#### 7.3.3.3.1. Resultados y conclusiones

A partir de los datos obtenidos por ASEPEYO en noviembre de 2013 (Anexo 35) se concluye que:

- **No** hay valores que den **exposición inaceptable** (aquellos cuyo valor de I sea superior a 1) en ninguno de los puestos medidos.
- Los valores situados en la **zona de indeterminación** (valores de I comprendidos entre 0,1 y menores o iguales a 1) son:
  - Zona de descarga con **hidrocarburos alifáticos y limoneno** (siendo la I global de 0.246), **polvo** (I = 0.364), **CO<sub>2</sub>** (I=0,11) y **amoníaco** (I= 0,25).
  - Entrada a Trómel con **amoníaco** (I=0,19).
  - Entrada a planta **limoneno** (I= 0,12).

La **exposición NO supera el valor límite** pero no permite concluir con una fiabilidad aceptable si se superará en el futuro o no en estas zonas por lo que es una zona de indeterminación. Hay que mencionar que hay valores de la indeterminación muy cercanos al 0,10 (valor en el que se pasa de aceptable a indeterminación), como el caso de la entrada a planta, entrada al trómel y el CO<sub>2</sub> en la zona de descarga. Por lo que se estima que la producción de este tipo de productos es propia de la actividad que realiza la planta, sin ser unos valores altos, pero que siempre habrá que tener en cuenta para poder controlar su baremo.

En estos casos se recomienda:

- Comprobar que los sistemas de captación y condensación de vapores difusos funcionan en todo momento.
- Planificar muestreos/mediciones periódicas según las recomendaciones, con el fin de comprobar que las concentraciones se mantienen por debajo de los valores límite.

No obstante, aun no alcanzándose niveles considerables de concentración, y como medida de carácter preventivo, sería necesario adoptar las medidas preventivas.

- La **exposición es aceptable** en el resto de puestos ya que las concentraciones están por debajo de los valores límite, siendo improbable que se superen estos valores en el futuro, con un alto nivel de fiabilidad, salvo cambios en los procesos que puedan modificar la exposición. Por tanto, es poco probable la aparición de efectos adversos para la salud de los trabajadores expuestos, salvo en casos excepcionales de susceptibilidad individual o hiperreactividad del trabajador, debido a la presencia de los contaminantes químicos en el puesto de trabajo.

#### 7.3.3.3.2. Medidas preventivas

ASEPEYO en su informe expone 7 medidas preventivas y correctoras que se indican a continuación:

1) Mantenimiento del sistema de captación y condensación de vapores difusos.

Es necesario tener un mantenimiento continuo del sistema instalado. No obstante se tendrá en cuenta la posibilidad de existencia de limoneno, en menor medida que las anteriores mediciones, para que no se exceda de una temperatura de inflamación entre 40 y 50 °C (verano).

- En el R.D. 1215/1997 “Reglamento sobre equipos de trabajo” se indica que cualquier equipo (máquinas y aparatos fijos principalmente) que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente. Realizar asiduamente las labores de mantenimiento establecidas tanto del usuario como del técnico del equipo.

Medida a realizar en continuo por el empresario.

2) Zona de descarga de proyecciones de partículas sólidas (valores de polvo en zona de indeterminación  $I = 0,364$ ). Estudiar la posibilidad de instalar una campana para captar las proyecciones de partículas en lugar de las cortinas de plástico.

Medida a realizar en 6 meses por el empresario.

3) Necesidad de efectuar procedimientos y normas de trabajo

Establecer procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos utilizados para trabajar. Para la realización de estos procedimientos se deberán de tener en cuenta las instrucciones de los equipos de trabajo y las indicaciones en las fichas de datos de seguridad de los productos resultantes del proceso industrial.



Medida a realizar por el empresario en 3 – 6 meses.

4) Posibilidad de generación de atmósfera explosiva durante los procesos. Necesidad de elaborar documento de protección contra explosiones (presencia Gases LEL).

Elaborar documento ATEX conforme RD 681/2003, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

- Mantener un adecuado orden y limpieza.

- Delimitar las zonas de riesgo mediante una señalización adecuada y únicamente permitir el acceso a dichas zonas al personal autorizado, excluyendo los trabajadores especialmente sensibles a estos riesgos.

- Controlar las exposiciones accidentales y las exposiciones no regulares limitando la autorización para trabajar en la zona afectada a los trabajadores que sean indispensables para efectuar las reparaciones o trabajos necesarios, garantizando que la exposición no sea permanente y que para cada trabajador se limite a la estrictamente necesaria y proporcionando EPIs a los trabajadores. Al tratarse de una posible Atmósfera Explosiva (ATEX) efectuar mediciones específicas para elaborar informe ATEX.

- Deberán utilizarse aparatos y sistemas de protección con arreglo a las categorías fijadas en el Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

Medida a realizar antes de 12 meses por el empresario.

5) Exposición a contaminantes químicos: Necesidad de promulgar hábitos de conducta segura entre los trabajadores afectados

- Prohibir la introducción, preparación o consumo de alimentos o bebidas en los lugares de trabajo cuando se manipulen o estén presentes agentes químicos peligrosos. Así mismo, recomendar a los trabajadores expuestos a estos riesgos, lavarse las manos, cara y boca antes de tomar alimentos, bebidas o fumar.

- Guardar de manera separada la ropa de trabajo o de protección y la ropa de calle. La contaminación de las ropas de vestir debe evitarse utilizando ropa de trabajo adecuada (monos, batas u otras prendas). No se permitirá el uso de esta ropa fuera de las áreas de trabajo (cafetería, biblioteca, etc.) y se guardará siempre de manera separada de las ropas de vestir. El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin.

- Redactar normas de trabajo.

Medida continúa a realizar por el empresario.

6) Necesidad de uso de equipos de protección individual. Hacer un estudio de análisis de equipos de protección individual

- Utilizar protección respiratoria tipo semimáscara con filtros ABK2P3 según normas UNE EN 140 - 141 contra vapores orgánicos, inorgánicos, amoníaco y partículas.

- Guantes impermeables que también deberán tener también protección frente a riesgos mecánicos que eviten pinchazos, cortes, arañazos... (UNE EN 388: Guantes para riesgos mecánicos. UNE EN 374: Guantes para riesgos químicos y los microorganismos).

- Utilizar ropa de trabajo de fibras antiestáticas

- Gafas tipo "cazoleta" (UNE EN 166: Resistencia al impacto) con protección lateral

- Calzado de seguridad conforme UNE EN 345.

Medida continúa a realizar empresario.

7) Planificar muestreos/mediciones periódicas

Habría que repetir la medición entre las 16 – 34 semanas, según el criterio de la norma UNE-EN 689, el cual se recoge en la Guía de Agentes Químicos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Planificar las mediciones. Hacer la medición de polvo y metales en zona de descarga la siguiente vez. Tener en cuenta la presencia de etanol.

Medida a realizar antes de 6 meses por el empresario.

#### **7.3.3.4. Planta de tratamiento de los extractos líquidos.**

En la planta de ECOHIPANICA se instaló en fase de prueba, en septiembre de 2012, un evaporador para el tratamiento del extracto líquido que consiste en un sistema de evaporación de simple efecto formado por los siguientes elementos:

- Generador de vapor
  - Caldera de gasóleo
  - Carro de medida de consumo de combustible
- Evaporador UnicusR de superficie rascada
- Tanque pulmón de producto (capacidad de 60 litros) + primer separador vapor/líquido.
- Aeroenfriador
- Bomba de producto
- Bomba de agua de refrigeración

- Bomba de vacío

Datos procedentes del informe de CETENMA sobre ensayo de evaporación (Anexo 7).

El proceso de evaporación produce dos corrientes: el destilado, que contiene la mayor parte del agua presente originalmente en la alimentación, y el concentrado o lodo, que contiene las sustancias no volátiles y cuyo volumen es mucho menor.

Después de la instalación de la depuradora, por solicitud de ECOHISPANICA, se tomaron muestras del lixiviado generado en el proceso (denominado por la Comisión extracto líquido), en la arqueta situada en el interior de la planta, y del lixiviado depurado (denominado por la Comisión destilado), en la boca de salida de la depuradora situada en el exterior de la planta. El muestreo y la analítica fue realizada por EUROCONTROL y los resultados se recogen en el Anexo 40.

En la **Tabla 77** se presentan los resultados obtenidos y las diferencias, en porcentaje, entre las muestras de extracto líquido y destilado; así como la comparación con el Decreto 57/2005, sobre vertido de residuos líquidos industriales a colector, para realizar las siguientes observaciones.

Los parámetros analizados fueron 30 y algunos no coinciden con los realizados en las pruebas de mayo de 2012 y mayo de 2013. No se han analizado: DBO, Nitrógeno total, Índice de fenoles, Hidrocarburos totales, HPA, AOX, BTEX, Detergentes totales. Se han analizado parámetros que permiten hacer otras observaciones como: Coliformes totales, *E. coli*, Turbidez, Olor, Color, Amonio, Sílice, Bicarbonatos, Dureza.

En relación con el extracto líquido, que se obtuvo en este muestreo, se observan valores similares, en todos los parámetros, a los obtenidos en las pruebas realizadas en mayo de 2012 y en mayo de 2013 (ver Tabla 34 y Tabla 65). Al igual que en dichas pruebas la DQO (3220 mg/l) supera el límite del Decreto 57/2005, además en este caso, el hierro (50 mg/l) también supera el límite de vertido a colector, no se tienen valores de DBO y nitrógeno total que permitan conocer si se superan los límites como en las pruebas anteriormente mencionadas.

En cuanto al destilado se observa (**Tabla 77**) que disminuyen las concentraciones de todos los parámetros entre un 85-99% (excepto bicarbonatos, fosfatos, nitratos, cobre y cromo total que sufren menor reducción) en relación con el extracto líquido. Es de destacar la importante reducción en DQO de un 92,9% (228 mg/l) que permite que se cumpla el límite de vertido a colector, porque todos los demás parámetros los cumplen.

**Tabla 77. Análisis de muestras de extracto líquido y destilado, porcentaje de variación y comparación con el Decreto 57/2005**

PARÁMETRO	Extracto líquido	Destilado	%	DCTO 57/2005	UNIDAD
pH	6,44 ± 0,02	8,00 ± 0,02		6-10	Unidad pH
Conductividad 25 °C	2.140 ± 5	538 ± 5	-75,0	7.500	µS /cm
Aceites y grasas	77 ± 12	9 ± 1	-88,3	100	mg /L
Sólidos en suspensión	490± 59	28 ± 3	-94,3	1.000	mg /L
Coliformes totales	<1	<1			UFC/100 ml
E.coli	<1	<1			UFC/100 ml
Turbidez	392± 39	11± 1	-97,2		UNF
Amonio (NH <sub>4</sub> )	46 ± 5	86 ± 10	86,9		mg / L
Cianuros	<0,012	<0,012		5	mg / L
Cloruros	123 ± 14	<0,5	-99,6	2.000	mg / L Cl
Bicarbonatos	602 ± 60	226 ± 23	-62,5		mg / L
Sulfatos	82 ± 11	0,9 ± 0,1	-98,9	1.000	mg / L
Fosfatos	0,8 ± 0,1	<0,21	-73,7		mg / L
Olor a 25°C	>3	>3			Ind.dil.
Color	1.089	5,1 ± 0,7	-99,5		mg / L
TOC	1.043 ± 146	60 ± 8	-94,2		mg / L
DQO	3220 ± 451	228± 32	-92,9	1.750	mg / L
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	33	1,1	-96,6		mg / L
Nitratos	<1,0	<0,5	-50,0		mg /L
Dureza	52 ± 6	2,1 ± 0,2	-95,9		°F
Arsénico (As)	<0,050	<0,050		1	mg / L
Cadmio (Cd)	<0,010	<0,010		0,5	mg / L
Cobre (Cu)	0,045 ± 0,006	<0,025	-44,4	3	mg / L
Cromo VI (Cr(VI))	0,030 ± 0,006	<0,005	-83,3	1	mg / L
Cromo total (Cr)	0,051 ± 0,006	0,047 ± 0,005	-7,8	3	mg / L
Hierro (Fe)	50 ± 6	0,63 ± 0,08	-98,7	10	mg /L
Mercurio (Hg)	<0,1	<0,1		0,1	mg / L
Níquel (Ni)	0,33 ± 0,04	0,038 ± 0,005	-88,4	5	mg / L
Plomo (Pb)	0,27 ± 0,03	<0,010	-96,3	1	mg /L
Zinc (Zn)	0,74 ± 0,09	0,036 ± 0,004	95,1	3	mg / L

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EUROCONTROL, Anexo 40.

Los resultados obtenidos en el destilado comparados con las características del agua para calderas, según se recoge en el manual de instrucciones de la misma (Anexo 41), ponen de manifiesto (**Tabla 78**) que el sistema de depuración por evaporación empleado no reduce el hierro, aceite y dureza a los niveles que requiere la caldera, por lo que habría que considerar para ello otro tipo de proceso, como por ejemplo la filtración por membranas.

**Tabla 78. Parámetros del destilado en comparación con las características del agua para calderas de vapor**

Parámetros	Unidad	Destilado	Características caldera de vapor rango total de presión
Conductividad eléctrica	μS/cm	538	<1.500
pH a 25°C		8,0	>7,0
Dureza total	Mmol/l	0,8 (2,1 °F)	<0,05
Hierro	mg/l	0,63	<0,2
Cobre	mg/l	<0,025	<0,1
Sílice	mg/l	1,1	Dependiente presión
Aceite/grasa	mg/l	9	<1
Fosfato	mg/l	<0,21	<15

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de EUROCONTROL.

La Comisión recomienda realizar una analítica completa del destilado y del concentrado, procedente de la planta de depuración. El destilado debería caracterizarse de acuerdo con el Decreto 57/2005 de la Comunidad de Madrid sobre vertidos industriales a colectores municipales, al igual que se ha realizado para la caracterización de los extractos líquidos y de los condensados del sistema de captación de vapor. El concentrado o lodo debería caracterizarse de acuerdo con la Orden AAA/661/2013 para establecer el tipo de residuo: inerte, no peligroso o peligroso.

Entre los posibles usos que tendría el destilado estarían los siguientes:

- 1) El destilado podría verterse al colector, los resultados existentes son adecuados para ello, pero habría que realizar la caracterización completa (sobretudo de DBO y Nitrógeno total) para corroborarlo.
- 2) El destilado podría utilizarse para la caldera siempre y cuando cumpla con las características que establece el fabricante: conductividad, pH, dureza total, hierro, cobre, sílice, oxígeno, aceites, fosfatos, sustancias orgánicas. Con la depuradora por evaporación no cumple con el hierro, la dureza y aceite.
- 3) El destilado podría utilizarse para riego si la caracterización según el Real Decreto 1620/2007 lo hiciera aceptable, porque tiene cualidades interesantes como la presencia de nitrógeno (en forma de amonio), hierro y otros metales pesados en bajas concentraciones y no presenta coliformes totales ni *Escherichia coli*.

## **8. CONCLUSIONES OBTENIDAS DE LA EVALUACIÓN DE LA PLANTA**

El objetivo del presente informe es la evaluación, por parte de la Comisión, del comportamiento de la *Planta piloto para la separación y valorización de la fracción orgánica y resto de los residuos urbanos*, consistente básicamente en la esterilización de residuos mediante autoclave y posterior separación mecánica de los mismos. La citada planta, perteneciente a la empresa ECOHISPÁNICA, está ubicada en las instalaciones de RIVAMADRID. En la fase de pruebas se han utilizado residuos procedentes de la fracción orgánica más resto de los residuos urbanos recogidos en el municipio de Rivas Vaciamadrid.

Para lograr este objetivo ha sido necesaria la consecución de los siguientes Objetivos Específicos:

- Evaluación de los potenciales impactos ambientales de la planta
- Evaluación de los potenciales impactos energéticos de la planta
- Evaluación de los potenciales impactos económicos de la planta

Todo ello, siempre considerando los límites que marcan los datos obtenidos.

Asimismo, se ha optado por establecer una comparativa de esta tecnología con otras disponibles actualmente en el mercado (ver apartado 9), recogiendo las ventajas y los inconvenientes de cada una de ellas, así como los aspectos económicos.

A través de la evaluación de los aspectos ambientales y de los procesos realizados en la instalación, la Comisión puede establecer, de acuerdo con los objetivos planteados en su inicio, las siguientes conclusiones respecto a:

### **8.1. EVALUACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PLANTA**

#### **1) Emisiones a la atmósfera:**

La instalación ha recibido la autorización administrativa por la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid (con fecha 15 de octubre de 2013) que tendrá una duración de un año a partir de la puesta en marcha de la planta (Anexo 16).

- Como focos de emisión canalizados se ha considerado la caldera de proceso cuyas características son:

- Potencia térmica nominal < 2,3 MWt y > 70 kWt, perteneciente al grupo C según la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.
  - Altura del foco emisión de 8 metros.
  - Valores límite de emisión a cumplir: CO 100 mg/Nm<sup>3</sup> y NOx (expresados como NO<sub>2</sub>) 450 mg/Nm<sup>3</sup> en condiciones normales de presión y temperatura (101,3 kPa de presión y 273 K de temperatura) y a un 3% de oxígeno.
  - Se realizará un control a los tres meses de puesta en marcha de la instalación y se medirá CO y NOx: tres medidas de una hora cada una.
- Como focos de emisión difusa se han considerado el foso de descarga, la trituradora, las cintas transportadoras y las puertas de la nave. Para reducir las emisiones difusas se han instalado tres captadores de vapor (entrada y salida del proceso de esterilización y entrada del trómel) que mediante un sistema de vacío conduce estos vapores hacia dos intercambiadores tubulares para recuperar el calor presente en el vapor, posteriormente este es condensado y enviado a una depuradora para reducir su composición y hacerlo apto para vertido a colector.

Al existir focos de emisión difusa en el interior de la nave se han realizado varios estudios higiénicos y de seguridad en el trabajo por ASEPEYO, en el último de ellos, de noviembre de 2013, se concluye:

- No hay valores de exposición inaceptable ( $I > 1$ ) en ninguno de los puestos medidos.
- La exposición no supera el valor límite pero no permite concluir con una fiabilidad aceptable si se superará en el futuro por lo que estamos en una zona de indeterminación (valores de  $I$  comprendidos entre 0,1 y 1) en las siguientes zonas:
- Zona de descarga con presencia de hidrocarburos alifáticos y limoneno (siendo la  $I$  global de 0.246), polvo ( $I = 0.364$ ), CO<sub>2</sub> ( $I=0,11$ ) y amoníaco ( $I= 0,25$ ).
- Entrada a trómel con presencia de amoníaco ( $I=0,19$ ).
- Entrada a planta con presencia de limoneno ( $I= 0,12$ ).

Hay valores de la indeterminación muy cercanos a  $I=0,10$  (valor en el que se pasa de aceptable a indeterminación), como el caso de la entrada a planta, entrada al trómel y el CO<sub>2</sub> en la zona de descarga. Se estima que este tipo de productos son propios de la actividad de la planta industrial, sin ser unos valores altos, pero que siempre habrá que tener en cuenta para poder controlar su baremo.

Se recomienda:

- Comprobar que los sistemas de captación y condensación de vapores difusos funcionan en todo momento.
- Planificar muestreos/mediciones periódicas según las recomendaciones, con el fin de comprobar que las concentraciones se mantienen por debajo de los valores límite.
- La emisión de ruidos al exterior, de acuerdo con el estudio acústico realizado, es asimilable a una actividad con unos niveles sonoros medidos de 57 dB A que cumple la Normativa sectorial y municipal, establecida en un máximo de 70 dB A en áreas ruidosas (zona industrial).
- Para la actividad de “Valorización no energética de residuos no peligrosos” no se establecen valores límite de emisión pero se requiere la realización de un estudio olfatométrico por un organismo acreditado por ENAC en el plazo máximo de 6 meses desde la puesta en marcha de las instalaciones.

## 2) Vertidos al agua:

La actividad de depuración de aguas residuales, generadas en el tratamiento de residuos que realiza ECOHISPÁNICA, se identifica en la autorización administrativa de la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid (de 15 de octubre de 2013) dentro de CAPCA-2010 como “Tratamiento de aguas/efluentes residuales en la industria 09100102” y se considera que no se encuentran contaminantes recogidos en el Anexo I de la Ley 34/2007.

En el proceso de esterilización se producen dos corrientes líquidas: una se debe a que el vapor introducido en el reactor se condensa y forma lo que se ha definido como extracto líquido, la otra se produce a partir de las emisiones de vapor que se captan y condensan y constituyen los condensados. Ambas corrientes líquidas son conducidas a la planta de tratamiento obteniéndose, actualmente mediante un sistema de evaporación, un destilado que según las concentraciones que presente será gestionado por un gestor autorizado o será vertido al colector municipal. El lodo o concentrado generado en el proceso de condensación, en cualquier caso actualmente, es gestionado por un gestor autorizado.

- **El extracto líquido** no tiene nada que ver con un lixiviado procedente de vertedero tanto por el proceso de generación como por sus concentraciones que son de 3 a 10 veces menores, incluso 30 veces. Este extracto líquido se ha caracterizado en las dos pruebas realizadas, mayo de 2012 y mayo de 2013, y los resultados son muy similares indicando que:



‣ El extracto líquido, de acuerdo con los resultados de 41 parámetros analizados, cumple con los límites de vertido a colector Decreto 57/2005 excepto en DBO, DQO, nitrógeno, zinc y hierro por lo que no podría verterse al colector. Pero se podría tratar mediante una depuradora, actualmente se ha instalado en pruebas una depuradora con sistema de evaporación, en cuyos ensayos se han obtenido buenos resultados en cuanto a la reducción de los parámetros de vertido y en especial de DQO, incluso se ha planteado para un futuro un sistema de osmosis inversa. Con este tratamiento se podrían hacer aptas para vertido a colector e incluso para riego, pero habría que tenerse en cuenta los parámetros adecuados al uso correspondiente de acuerdo con el Real Decreto 1620/2007 sobre reutilización de aguas residuales tratadas.

‣ Se podría estudiar su utilización como fertilizante ya que, de acuerdo con los resultados obtenidos, cumple con los valores de metales pesados de la clase A del R.D. 506/2013, Tabla V sobre criterios aplicables a productos fertilizantes elaborados con residuos. Además de acuerdo con el RD 506/2013 no debe presentar *Salmonella sp.* y *Escherichia coli* menor de 1.000 NMP y el nitrógeno orgánico debe ser más de 85% del N total.

- **El condensado** es el vapor emitido en el proceso y condensado mediante el sistema de captación de vapor y de acuerdo con los resultados obtenidos se puede indicar que:

‣ Las concentraciones de 16 parámetros, de los 41 analizados, se han reducido entre 70-99%, con respecto a las que presentaba el extracto líquido.

‣ Otros 3 parámetros (fundamentalmente orgánicos como fenoles, grasas e hidrocarburos) no han sufrido reducción. La DQO y la DBO no han sido prácticamente reducidas, por lo que no se cumple con el Decreto 57/2005 y por tanto el condensado procedente del vapor no se podría verter a colector. Al igual que el extracto líquido se podría tratar en la depuradora instalada en el exterior de la planta, los datos que se disponen de ella indican que podría reducir los parámetros de vertido y en especial la DQO cumpliendo los límites de vertido a colector.

‣ Podría utilizarse como fertilizante, por los datos existentes cumple con los límites de metales pesados y habría que confirmar el resto de parámetros que contempla el Real Decreto 506/2013. Para riego habría que confirmar los parámetros que requiere el Real Decreto 1620/2007 según el uso que se diera al agua.

Se requiere una planta de tratamiento, para reducir los parámetros de DQO y DBO, tanto en el extracto líquido como en los condensados. Actualmente la planta cuenta con una depuradora, que funciona por un proceso de evaporación, que obtiene un destilado que

podría ser apto para vertido al colector. En el análisis de este destilado se observa que se ha producido una reducción de DQO, hierro y zinc, respecto al extracto líquido, pero debería analizarse la DBO y el nitrógeno total para corroborar la disminución de estos cinco parámetros, que en el extracto líquido, no cumplieran con los límites de vertido a colector.

- **El destilado** podría verterse al colector, si la caracterización completa lo corrobora. Podría utilizarse para la caldera siempre y cuando cumpla con las características que establece el fabricante. Podría utilizarse para riego si la caracterización según el Real Decreto 1620/2007 lo hiciera aceptable, porque tiene cualidades interesantes como la presencia de nitrógeno (en forma de amonio), hierro y otros metales pesados en bajas concentraciones y no presenta coliformes totales ni *Escherichia coli*.

### 3) Vertidos al suelo

El estudio de Caracterización Inicial y el Estudio de Caracterización analítica concluyen que los suelos de la parcela 39-15 de la Z.O.U.P. 17 “La Deseada” (anterior Sector 7) sita en la calle Mariano Fortuny 2, del municipio de Rivas Vaciamadrid no están contaminados.

A partir de estos estudios se establece además el “Blanco Ambiental” en cumplimiento del Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, y del apartado 1.3 “Condiciones relativas a la protección de las aguas subterráneas y los suelos” de la DIA.

## 8.2. EVALUACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS ENERGÉTICOS DE LA PLANTA

### 8.2.1. Consumos de energía

La instalación requiere energía en sus diferentes procesos: Caldera, Trituradora, Cintas transportadoras, Esterilizador, Trómel, Sistema de vacío captación vapor, Intercambiadores de calor y Planta tratamiento de extractos líquidos y condensados (por evaporación o por membranas).

- El consumo medio de electricidad en el proceso de esterilización fue de 88 kWh/h.
- El consumo de energía eléctrica de la bomba de vacío fue de 5,5 kWh/h.
- El consumo medio de gas fue de 45,6 Nm<sup>3</sup>/h. En kWh resultan 419,5 kWh/h.

Total de energía consumida: 513 kWh/h.

### **8.2.2. Consumos y excedentes de agua de red**

El consumo medio de agua para el proceso de esterilización fue de 868 l/h.

La bomba de vacío para su refrigeración consumió 150 l/h.

Los intercambiadores utilizaron agua para enfriamiento, 1650 l/h.

El agua de los intercambiadores y la refrigeración de la bomba de vacío (1.800 l/h) se lleva a la alimentación de la caldera, pero como el consumo de agua es de unos 900 l/h (868 l/h) hay un excedente de aproximadamente 900 l/h que de momento no se aprovecha, pero podría usarse para limpieza o secado del material.

Los consumos medios del proceso de esterilización por tonelada de la prueba de mayo de 2013, han sido: agua 493 l/t; gas 25,9 Nm<sup>3</sup>/t y electricidad 50,04 kWh/t. Teniendo en cuenta el precio de cada recurso actual en el momento de la realización del informe (agua: 1,4 €/ m<sup>3</sup>; gas: 0,58 €/ Nm<sup>3</sup> y electricidad: 0,15 €/kWh) los costes totales por tonelada serían de 27,94 €. En dos pruebas complementarias (julio y septiembre de 2013) para obtener los consumos y costes se ha llegado a obtener costes de 19,9 y 19,2€/t, respectivamente.

El sobre coste por tonelada del sistema de captación de vapor ha sido: consumo de agua de 333 l/t que equivale 0,46 €/t y de electricidad de 2 kWh/t que equivale a 0,28 €/t. Los costes totales serían de 0,74 €/t.

### **8.2.3. Recuperación de calor**

Durante el proceso de esterilización se produce un vapor que es captado mediante una bomba de vacío y recuperado el calor mediante dos intercambiadores tubulares, lo que puede suponer un aporte de energía de 100 kWh.

La planta de captación de vapor recupera calor que puede ser reintroducido en el proceso produciéndose un ahorro de combustible (gas) del 14%.

### **8.2.4. Obtención de combustibles**

La obtención de combustibles mediante diferentes tratamientos de las fracciones de biorresiduos y plásticos:

- Biometanización de la fracción orgánica con obtención de biogás.

- Pirolisis de la fracción orgánica con obtención de *char*, *syngas* y aceite.
- Gasificación a partir de la fracción plásticos con producción de biodiesel.

Se podrían generar diferentes tipos de combustibles: biogás, *syngas*, biodiesel, *char* que podrían utilizarse para recuperación de energía para el propio proceso.

### 8.3. EVALUACIÓN DE LOS POTENCIALES IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA PLANTA

1.- La planta de esterilización Waste Cleaner realiza una reducción del volumen de residuos que alcanza un 78,4%. De acuerdo con el balance másico realizado se produce un aumento de la densidad (hasta del 83%) y esto genera una reducción de volumen, existiendo una menor necesidad de espacio para almacenamiento. Si además se sometiera el material de salida a secado (24 y 72 horas) se produciría una disminución del peso de hasta un 50%, con el correspondiente ahorro en el transporte.

2.- Los materiales que salen del sistema quedan limpios y se pueden separar por medios mecánicos y ópticos en: biorresiduo, plásticos, metales, vidrio, textil y resto (estando esta fracción principalmente compuesta por inertes). Estos materiales quedan limpios y pueden ser reciclados como materias primas.

3.- El porcentaje de cada una de las fracciones alcanza las siguientes cifras:

Biorresiduo: 70,29%  
Plásticos: 5,65%  
Metales: 3,15%  
Vidrio: 3,05%  
Textil: 2,88%  
Resto: 14,98%

De acuerdo con la caracterización realizada en mayo de 2013 por EUROCONTROL y que se recoge en el Anexo 30.

4.- De la caracterización realizada en mayo de 2013 se concluye que las tres fracciones analizadas: salida en bruto, pasante por trómel (fracción >15 mm) y biorresiduo (fracción < 15 mm) pueden ser aceptadas en vertederos de residuos no peligrosos por todos los parámetros analizados excepto el COD, de acuerdo con la Orden AAA/661/2013. Para aceptación en vertedero de residuos inertes no se cumplen los límites, de la citada Orden, en 4 metales pesados (Cr total, Ni, Sb, Zn), cloruros, COT y aceite mineral.

Las alternativas propuestas han sido la obtención de subproductos, mediante diferentes tratamientos, del biorresiduo y de plásticos:

- Biometanización obtención de biogás y producto bioestabilizado.

- Pirólisis para obtención de *char*, *syngas* y aceite.
- Aplicación como fertilizante de acuerdo con la legislación concordante (Real Decreto 506/2013, anexo V).

Los fertilizantes elaborados con materias procedentes de residuos orgánicos deben cumplir con límites de metales pesados y el contenido de Nitrógeno Orgánico deberá ser de, al menos, el 85% del Nitrógeno Total. En abonos granulados el contenido máximo de humedad será del 14%. El 90% del producto deberá pasar por una malla de 10 mm. Los niveles máximos de microorganismos presentes deben ser de:

- *Salmonella sp.*: ausente en 25 g de producto elaborado;
- *Escherichia coli*: menor de 1.000 NMP por gramo de producto elaborado.

Comparando los niveles de metales pesados del Real Decreto 506/2013 con los resultados obtenidos en el biorresiduo se podría clasificar como clase A. Los demás parámetros habrá que comprobarlos en su momento.

5.- En el proceso se genera vapor que se condensa formando lo que se ha definido como extracto líquido, que no es comparable, ni en el proceso de generación ni en su composición con un lixiviado procedente de vertedero, ya que sus concentraciones son de 3 a 10 veces menores, incluso de 30 en algunos parámetros. Este extracto líquido se ha caracterizado en las dos pruebas realizadas mayo de 2012 y mayo de 2013 y los resultados son muy similares indicando que:

- No se podría verter a colector por los valores de DBO, DQO, nitrógeno, zinc y hierro, siendo necesario tratarlo mediante una depuradora. Actualmente, se ha instalado en fase de pruebas una depuradora por evaporación en la que se han obtenido buenos resultados en cuanto a la reducción de los parámetros de vertido y de DQO, lo que podría hacerlas aptas para vertido a colector incluso para riego.
- Se podría estudiar su utilización como fertilizante ya que cumple con los valores de metales pesados de la clase A del R.D. 506/2013 Tabla V sobre criterios aplicables a productos fertilizantes elaborados con residuos. Además no debe presentar *Salmonella sp.* y *Escherichia coli* menor de 1000 NMP. El nitrógeno orgánico deberá ser más de 85% del N total de acuerdo con el R.D. 506/2013.

6.- Como subproducto se produce un vapor que ha sido captado mediante bomba de vacío e intercambiadores tubulares y que puede suponer un aporte de energía de:

- La planta de captación de vapor recupera calor que puede ser reintroducido en el proceso produciéndose un ahorro de combustible (gas) para la caldera de un 14%.

- El vapor condensado puede permitir un ahorro de agua muy elevado para el intercambiador de calor, existiendo un sobrante de 900 l/h que podría utilizarse para limpieza o secado de materiales.
- El condensado podría ser utilizado como fertilizante líquido si cumple con la legislación sobre fertilizantes, Real Decreto 506/2013. Los resultados sobre metales pesados, en el análisis realizado, cumplen con el Anexo V, pero habría que comprobar que el contenido de Nitrógeno Orgánico fuera al menos el 85% del Nitrógeno total, los microorganismos: *Salmonella sp.* esté ausente y *Escherichia coli* sea menor de 1.000 NMP.

7.- El destilado procedente de la depuradora podría utilizarse para la caldera siempre y cuando cumpla con las características que establece el fabricante o podría utilizarse para riego si la caracterización según el Real Decreto 1620/2007 lo hiciera aceptable, puesto que tiene cualidades interesantes como la presencia de nitrógeno (en forma de amonio), hierro y otros metales pesados en bajas concentraciones y no presenta coliformes totales ni *Escherichia coli*.

## **9. COMPARACIÓN DE LA TECNOLOGÍA WASTE CLEANER CON OTRAS TECNOLOGÍAS DISPONIBLES EN LA ACTUALIDAD**

Para una producción de 160.000 toneladas anuales de residuos sólidos urbanos procedentes de la fracción orgánica más resto, RIVAMADRID ha llevado a cabo un estudio para analizar diversas alternativas de tratamiento (Anexo 42). Las alternativas de tratamiento evaluadas y las conclusiones obtenidas se muestran a continuación.

### **9.1. ALTERNATIVA 0: PLANTA DE CLASIFICACIÓN Y COMPOSTAJE, SIN VALORIZACIÓN ENERGÉTICA, PARA EL PROCESAMIENTO DEL 100% DE LOS RESIDUOS RECEPCIONADOS.**

Esta alternativa implica pretratamiento completo (clasificación y selección) y compostaje de toda la masa de residuos. Los rechazos finales de la instalación se depositan en el vertedero y la única tecnología de tratamiento que se establece es la de la planta de compostaje existente para el procesamiento de la materia orgánica, aunque no cumple la normativa de la actual Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados.

#### **9.1.1. Ventajas**

Entre las ventajas detectadas cabe destacar:

- ⇒ La tecnología se conoce muy bien.
- ⇒ Los gastos de inversión son moderados
- ⇒ Se puede seguir produciendo y aprovechando biogás de vertedero.

#### **9.1.2. Inconvenientes**

- ⇒ No se cumplen los objetivos de anteponer otros tratamientos a la eliminación.
- ⇒ No se cumplen los objetivos de la Ley de Residuos ni la Directiva Marco de Residuos 2008/98/CE.
- ⇒ No se cumplen los objetivos de la reducción de la entrada de materia orgánica a vertedero establecidos por la Directiva 1999/31, relativa al vertido de residuos.
- ⇒ Necesidad de nuevas superficies para la construcción de vertederos a medio plazo.
- ⇒ No se resuelve la problemática de superficie destinada a vertedero y su posterior mantenimiento post-clausura

### **9.1.3. Inversión y canon**

Tomando como base una planta para el tratamiento de 160.000 t/año, el canon y la inversión para esta alternativa quedan recogidos en la **Tabla 79**.

**Tabla 79. Canon aproximado e inversión de una planta de clasificación y compostaje, sin valorización energética para tratar 160.000 t/año**

Planta de pretratamiento: clasificación y compostaje	Unidad
Canon aproximado	40 €/t
Inversión	22 millones de euros

Fuentes: Estimación de presupuesto de la Ingeniería sobre proyecto presentado en Aragón (2013) y Proyecto de Asebank Energy en Kazajistán (2014). Informe RIVAMADRID (Anexo 42).

## **9.2. ALTERNATIVA 1: PRETRATAMIENTO COMPLETO (ALTERNATIVA 0) CON CONVERSIÓN DEL RECHAZO EN CSR.**

Esta alternativa es una ampliación de la alternativa anterior, es decir sería una planta de clasificación y compostaje en la que el rechazo es convertido en el propio Complejo Medioambiental, en CSR (combustible sólido recuperado) para su entrega o comercialización a una planta externa de valorización energética. El rechazo final de la instalación (aquellos no convertido en CSR) se depositará en el vertedero del Complejo Medioambiental.

### **9.2.1. Ventajas**

Entre las ventajas de esta tecnología cabe destacar:

- ⇒ El IDAE está interesado en ampliar el rango de combustibles alternativos disponibles en el mix energético español actual con lo que pueden ayudar a desarrollar esta alternativa.
- ⇒ Si hay una demanda elevada de CSR y se consigue un precio de venta, en vez de pagar una tasa de tratamiento, puede suponer un balance de explotación más positivo que otras alternativas.
- ⇒ La mayor densidad del residuo permite su transporte a mayores distancias a un menor coste que el traslado de residuo en bruto.



- ⇒ El coste de la inversión es más reducido que otras alternativas de valorización energética de residuos planteada.
- ⇒ Se reduce el vertido y se potencia la valorización energética del residuo con una inversión no muy elevada.
- ⇒ Puede sustituir el consumo de combustibles fósiles. Actualmente algunas empresas estarían interesadas en este tipo de residuos, tanto por el ahorro de combustible que supone, como por las reducciones del consumo de GEIS, con el consiguiente ahorro de derechos de emisión de GEI.
- ⇒ No presentan tanto rechazo social como otras alternativas de valorización energética.

### **9.2.2. Inconvenientes**

Como inconvenientes cabe citar:

- ⇒ La comercialización depende de una demanda en el mercado del combustible producido, esta demanda está relacionada, además, con la actividad de los sectores de aplicación (p. ej. cementeras, centrales térmicas,...) y del precio de venta/tasa de tratamiento.
- ⇒ La ausencia de un mercado potencial puede provocar una acumulación de CSR con destino a vertedero no atendiendo a la solución finalista de eliminación de residuos que plantea este estudio. No obstante, se podría acumular para períodos en los que su salida es más viable.
- ⇒ Con esta alternativa, aunque el coste de inversión es más bajo, durante la explotación hay unos costes de transporte, teniendo además, que pagar, en el caso de que no sea aceptado como combustible, una tasa de tratamiento en la instalación de valorización energética que los reciba.
- ⇒ El mayor inconveniente pues, de esta alternativa, igual que ocurre con la alternativa 1, es la dependencia de terceros para el tratamiento final de una parte importante de los residuos, si bien el abanico de empresas que podrían aceptar el CSR es superior (varias plantas: centrales térmicas, cementeras, cerámicas, industrias de materiales aislantes).
- ⇒ Necesidad de un vertedero de cola para los rechazos y la deposición de residuos en caso de paradas de mantenimiento o averías.
- ⇒ Es necesario tener un control exhaustivo de la composición del CSR limitando el contenido de metales pesados y Hg.

### 9.2.3. Inversión y canon

Tomando como base una planta para el tratamiento de 180.000 t/año, el canon y la inversión para esta alternativa quedan recogidos en la **Tabla 80**.

**Tabla 80. Canon aproximado e inversión de una planta de clasificación y compostaje con conversión del rechazo en CDR para tratar 180.000 t/año**

Planta de pretratamiento + planta de transformación del rechazo en CDR	Unidad
Canon <i>aproximado</i>	75 €/t
Inversión	43,50 millones de euros

Fuente: Planta de Artigas (Bilbao) inaugurada en el 2013. Informe RIVAMADRID (Anexo 42).

## 9.3. ALTERNATIVA 2: PRETRATAMIENTO COMPLETO (ALTERNATIVA 0) CON VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DEL RECHAZO MEDIANTE INCINERACIÓN.

La valorización energética del rechazo mediante Incineración se realiza en el propio Complejo Medioambiental. El rechazo final de la instalación (cenizas y otros) se depositará en el vertedero del Complejo Medioambiental.

### 9.3.1. Ventajas

- ⇒ Espacio a ocupar más reducido
- ⇒ Gran reducción del volumen del residuo.
- ⇒ Numerosos tecnólogos proveedores.
- ⇒ Gran experiencia en la tecnología, implantada en España
- ⇒ Importante valorización energética
- ⇒ Reducidos riesgos tanto tecnológicos y económicos.

### 9.3.2. Inconvenientes

- ⇒ Inversión muy alta respecto otras alternativas (alternativa 0 o 1).
- ⇒ Necesidad de un vertedero de cola para las escorias y para la deposición de residuos en caso de paradas de mantenimiento o averías.
- ⇒ Rechazo social

### 9.3.3. Inversión y canon

Tomando como base una planta para el tratamiento de 160.000 t/año, el canon y la inversión para esta alternativa quedan recogidos en la **Tabla 81**.

**Tabla 81. Canon aproximado e inversión de una planta de clasificación y compostaje con valorización energética del rechazo mediante incineración para tratar 160.000 t/a**

Alternativa: Pretratamiento + planta de incineración	Unidad
Canon aproximado	115 €/t
Inversión	100 millones de euros

Fuente: EUROSTAR, Comisión Europea. 2012.

## 9.4. ALTERNATIVA 3: PRETRATAMIENTO COMPLETO (ALTERNATIVA 0) Y GASIFICACIÓN POR PLASMA DE TODOS LOS RESIDUOS

La gasificación por plasma de todos los residuos se realiza en el propio Complejo Medioambiental. El rechazo final de la instalación (cenizas y otros) se depositará en el vertedero del Complejo Medioambiental.

### 9.4.1. Ventajas

La tecnología ambientalmente es algo mejor a la incineración debido a:

- ⇒ La no producción de cenizas, estas se realimentan al gasificador y los metales quedan encapsulados en la matriz vítrea del residuo generado.
- ⇒ El residuo vitrificado tiene posibilidades de valorización. La EPA actualmente ya ha aprobado el uso del *slag* para multitud de aplicaciones como agregado para construcción de hormigones, como material para ser usado en la construcción de carreteras o como baldosas. No obstante, por precaución en el balance económico, se considerará como destino del *slag* el vertedero.
- ⇒ Los posibles contaminantes son eliminados del gas de síntesis generado en el proceso antes de que puedan dañar el equipamiento encargado de su combustión, es decir, la turbina de gas o la caldera de generación de vapor. Sin embargo no es necesario el tratamiento de los gases de escape producidos por el sistema de valorización del gas de síntesis ya que los niveles de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, mercurio, metales volátiles y partículas constituyen una fracción muy pequeña de la emisión que normalmente se produce en

plantas de carbón o en incineradores. Consecuentemente requiere un esfuerzo significativamente menor para conseguir los niveles de emisión regulados y poder obtener los permisos medioambientales locales y gubernamentales.

#### 9.4.2. Inconvenientes

⇒ El principal inconveniente de la tecnología es la no existencia de plantas en España que puedan garantizar el funcionamiento fiable y experimentado de estas tecnologías con residuos similares a los generados en nuestro país.

⇒ En Europa existen algunas plantas pequeñas pero funcionando con productos diferentes y los tecnólogos no facilitan información fiable sobre su funcionamiento, como resultados de las emisiones. No se dispone de una experiencia de años y muchas plantas funcionando como en la tecnología de incineración por lo que el riesgo técnico de funcionamiento es mayor.

⇒ Es la inversión más alta de todas las alternativas planteadas, presentando además un elevado riesgo técnico.

⇒ Necesidad de un vertedero de cola para las escorias y para la deposición de residuos en caso de paradas de mantenimiento o averías.

⇒ Rechazo social

#### 9.4.3. Inversión y canon

Tomando como base una planta para el tratamiento de 160.000 t/año, el canon y la inversión para esta alternativa quedan recogidos en la **Tabla 82**.

**Tabla 82. Canon aproximado e inversión de una planta de clasificación y compostaje, y gasificación por plasma de todos los rechazos, para tratar 160.000 t/año**

Alternativa: Pretratamiento + Planta de gasificación por plasma	Unidad
Canon aproximado	120 €/t
Inversión	150 millones de euros

Fuente: EUROSTAR, Comisión Europea. 2012. Informe RIVAMADRID (Anexo 42).

## **9.5. ALTERNATIVA 4: TRATAMIENTO COMPLETO PARA ESTERILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS.**

El tratamiento consiste en someter a los residuos a 140°C con vapor de agua y una presión de 3 bares.

El proceso de esterilización se realiza en el propio complejo medioambiental. El rechazo inerte final se deposita en zona de acopio del complejo medioambiental.

### **9.5.1. Ventajas.**

- Espacio a ocupar más reducido de todas las alternativas.
- Reducción real del volumen hasta casi el 80%.
- El biorresiduo con un 95% de materia orgánica es muy adecuada para la biometanización.
- Instalaciones limpias con el material esterilizado.
- Módulo escalable.
- Reduce el vertedero a cero, necesitándose una zona de acopio para inertes.
- Tasa de tratamiento baja.

### **9.5.2. Inconvenientes.**

- Tecnología poco conocida.
- Pocos tecnólogos para su aplicación.
- Coste de inversión media.

### **9.5.3. Inversión y canon.**

Tomando como base una planta para tratamiento de 160.000 T/año el canon y la inversión para esta alternativa quedan recogidos en la **Tabla 83**.

**Tabla 83. Canon aproximado e inversión de una planta de tratamiento completo para esterilización de residuos para tratar 160.000 t/año**

Alternativa: Tratamiento completo para la esterilización	Unidad
Canon aproximado	25€/t
Inversión	51 millones de euros

Fuente: Presupuesto ECOHISPÁNICA. 2014. Informe RIVAMADRID (Anexo 42).

## 9.6. COSTE DE TRATAMIENTOS DE RESIDUOS URBANOS EN DISTINTAS LOCALIDADES

A partir de normativas de las CC.AA. y ayuntamientos, RIVAMADRID elaboró una tabla en la que se recogían costes de tratamiento de residuos urbanos en distintas localidades (**Tabla 84**). La información facilitada por RIVAMADRID a la Comisión se muestra en el Anexo 42

**Tabla 84. Comparativa de precios de tratamiento de residuos en distintas localidades**

2013		
COGERSA		53,43 €/t
GERSUL (LEÓN) <sup>1</sup>		59,00 €/t
TIRME (MALLORCA) <sup>2</sup>		131,52 €/t
SOGAMA (GALICIA) <sup>2</sup>		54,00 €/t
MARE (CANTABRIA) <sup>2</sup>		88,52 €/t
VERTEDERO DE SASIETA (GUIPUZCOA) <sup>1</sup>		71,10 €/t
CONSORCIO GUIPUZCOA (GHK) <sup>2</sup>		131,15 €/t
GARBIKER (VIZCAYA) <sup>2</sup>		66,59 €/t
SIRUSA (TARRAGONA) <sup>3</sup>		37,00 €/t
CASTELLÓN <sup>1</sup>		94,00 €/t
VALDEMINGÓMEZ (MADRID)	Vertedero	28,93 €/t
	Incineración	59,97 €/t
MANCOMUNIDAD ESTE DE MADRID <sup>1</sup>		85,00 €/t

(1) No tienen incineración

(2) Tienen incineración

(3) Sólo disponen de tratamiento de incineración.

Fuente: Estudio realizado por RIVAMADRID a partir de información de las CC.AA. y ayuntamientos.

## 10. CONCLUSIONES FINALES

La Comisión Técnica constituida para evaluar el comportamiento de la *Planta piloto para la separación y valorización de la fracción orgánica y resto de los residuos urbanos*, a la vista de los documentos revisados y de las diversas pruebas realizadas durante la puesta en marcha de la instalación, así como otras pruebas complementarias y progresivas mejoras introducidas, ha llegado a las siguientes conclusiones elaboradas en las condiciones de la planta que se han descrito en el informe:

- 1) El sistema de tratamiento que se emplea en la planta evaluada, se utiliza para la fracción orgánica más resto, recogida en Rivas Vaciamadrid después de la separación selectiva. La caracterización de los residuos del municipio se realizó seleccionando una muestra representativa y ponderada del conjunto de la población, teniendo en cuenta su distribución por secciones y ruta específica planteada. Cabe destacar que en esa caracterización, se observó una fracción de envases ligeros no deseable (14% en peso), a pesar de que la ruta y los contenedores que se escogieron en el muestreo procedían de la fracción orgánica más resto. Los residuos introducidos en la planta se recogieron por las rutas regulares y habituales de recogida según la hora de finalización de las mismas. Para obtener mejores resultados sería muy importante que se mejorara la separación en origen realizada por el ciudadano en el municipio de Rivas Vaciamadrid.
- 2) El sistema de tratamiento consiste en un proceso de esterilización mediante vapor de agua a 150°C y presión a 3 bares que se lleva a cabo en un reactor estanco. En el proceso se genera: vapor, extracto líquido procedente de la condensación del vapor introducido en el reactor y los siguientes subproductos sólidos: biorresiduo, fracciones metálicas, plásticas, textiles e inertes.
- 3) El funcionamiento de la planta se planificó con las condiciones que se describen a continuación: se realizó una prueba puntual de inicio de corta duración (un día) y con posterioridad, se puso en funcionamiento en continuo durante 100 horas, equivalente estadísticamente, según la proyección planteada, a un período de un año con un margen de confianza de un 90%. Se trataron 2,7 toneladas de residuos por hora. La valoración de los principales impactos ambientales se describen y analizan a continuación:

### 3.1. Emisiones a la atmósfera:

- La producción de emisiones a la atmósfera ha quedado limitada, tras las mejoras realizadas, por un lado a un foco localizado en el exterior de la nave (la salida de la caldera de gas industrial) y por otro, a tres focos en el interior que están canalizados hacia captadores de vapor al vacío.

- Los vapores recogidos por los captadores mediante intercambiadores de calor transfieren la energía a un circuito de agua de la red que vuelve a introducirse en el proceso. Las posibles emisiones dispersas cumplen con los valores de interior de acuerdo con la Normativa de Seguridad e Higiene en el Trabajo según los informes aportados. Sin embargo, debido a que la exposición no supera el valor límite pero no permite concluir con una fiabilidad aceptable si se superará en el futuro o no; se concluye que deberán cumplir todas las recomendaciones y medidas preventivas establecidas en el informe de referencia.
- En cuanto a la medición de olores ha quedado pendiente la realización de un estudio solicitado por la Dirección General de Calidad Ambiental de la Comunidad de Madrid, que tendrá que realizarse durante los seis primeros meses desde la puesta en marcha en continuo de la planta.
- La emisión de ruidos al exterior, de acuerdo con el estudio realizado, es asimilable a una actividad con unos niveles sonoros medidos de 57 dB A que cumple la Normativa sectorial y municipal, establecida en un máximo de 70 dB A en áreas ruidosas (zona industrial).

### 3.2. Vertidos líquidos:

- Los efluentes (condensados y extractos líquidos) generados en el proceso no se pueden considerar lixiviados de un vertedero dado que los valores de los parámetros analizados son inferiores, de acuerdo con la Orden AAA/661/2013 de criterios y procedimientos de admisión de residuos en vertedero.
- El extracto líquido, procedente de la condensación del vapor introducido en el esterilizador es conducido a una planta de depuración que actualmente utiliza un sistema de evaporación para cumplir con los valores del Decreto 57/2005 de vertido de residuos industriales a colector municipal.
- Los condensados generados en el proceso de captación tienen unas características que los podrían hacer utilizables, mediante un sistema de tratamiento (evaporación actualmente o membranas en proyecto futuro), para reintroducirlos en el proceso y ahorrar agua.

### 3.3. Residuos y subproductos sólidos

- Los materiales obtenidos en el proceso de tratamiento de la fracción orgánica y resto son prioritariamente: biorresiduo (70,29%); plásticos (5,65%); metales (3,15%); vidrio (3,05%); textil (2,88%) y otros (14,98%). La caracterización (34 parámetros) de acuerdo con la legislación de aceptación en vertederos (Orden AAA/661/2013) indica que podrían ser aceptadas todas las fracciones (salida en



bruto, biorresiduos y pasante) en vertedero de residuos no peligrosos, salvo por su contenido en COD. Resulta destacable la importante reducción de volumen (78,4%) y si se elimina la humedad, llegaría a una reducción en peso de un 50%. Se podría recuperar parte de estos residuos adquiriendo la característica de subproducto como se detalla en el apartado económico.

- Asimismo, los posibles rechazos de entrada a la planta se gestionan mediante un vertedero o recuperadores autorizados.

### 3.4. Contaminación de suelos

- La potencial contaminación de suelos se encuentra controlada por una solera impermeable y canalizaciones que en caso de posibles derrames los conduciría hacia el depósito de recogida de extractos líquidos. Los valores obtenidos, en el estudio de suelos realizado, indican que no existe contaminación previa al funcionamiento de la planta considerándose como niveles preoperacionales, según se establece en la DIA.
- 4) En relación a la valoración de los consumos y ahorros energéticos se puede llegar a las siguientes conclusiones:
- La instalación para llevar a cabo el proceso de esterilización requiere una caldera de gas y una serie de sistemas que consumen energía (electricidad y gas), resultando un total de 513 kWh/h (93,5 kWh/h y 419,5 kWh/h respectivamente); por cada tonelada de residuos tratada el consumo de energía fue de 190 kWh.
  - Mediante el sistema de captación de vapor e intercambiadores de calor, se recupera energía que puede llegar a suponer un ahorro de gas del 14%.
- 5) Desde el punto de vista económico se puede señalar lo siguiente:
- La planta de esterilización realiza una reducción del volumen de residuos que alcanza un 78,4%, lo que puede suponer un ahorro en el transporte y en su posterior tratamiento. La reducción de volumen podría además, disminuir el espacio destinado al vertido. En caso, de ser éste el destino final, realizando un secado previo se reduciría aún más el coste del transporte al disminuir el peso en un 50%.
  - El biorresiduo tiene una composición de materia orgánica entre 95-97%, que comparativamente con el porcentaje actual de materia orgánica aportada por las plantas de reciclaje a los digestores anaerobios utilizados para biometanización, supondría una mejora en los rendimientos.

- Dadas las características físico-químicas del biorresiduo, podría ser utilizado como compost de Clase A, según la normativa de referencia de fertilizantes. Sin embargo, la actual legislación de residuos no lo considera como tal, al no haber sido recogida separadamente la materia orgánica en origen.
- Asimismo, la producción de un elevado porcentaje de biorresiduo (70%) hace factible la aplicación de sistemas de obtención de biogás (biometanización) o sistemas de obtención de *syngas* (pirólisis o gasificación).
- Los fluidos (extractos líquidos y condensados), procedentes del proceso de condensación del vapor, podrían llegar a ser empleados como fertilizantes, de acuerdo con el Real Decreto 506/2013 sobre fertilizantes, llevando a cabo los ensayos oportunos.
- El destilado obtenido, mediante el tratamiento de los fluidos (extractos líquidos y condensados) con un sistema adecuado (como ósmosis inversa), podría llegar a ser reintroducido en el proceso de esterilización ahorrando agua de la red. El consumo medio de agua para el proceso de esterilización fue de 868 l/h. En una hora se trataron 2,7 toneladas de residuos, lo que supuso un consumo de 321,5 litros por tonelada.
- Los intercambiadores tienen una capacidad de calentamiento de agua de 1.650 l/h que se reintroducen en la caldera que consume 868 l/h, luego hay un excedente de aproximadamente 900 l/h, que se podrían utilizar en diversos procesos en la instalación, tales como secado del biorresiduo, generación de aire frío, entre otros.
- Por las dimensiones de la instalación se podría ubicar próxima a los centros de generación de residuos con lo que se conseguiría un importante ahorro en transporte y emisiones a la atmósfera cumpliéndose con el principio de proximidad y autosuficiencia que marca la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados.
- El coste de los consumos de la planta en funcionamiento en la fase de prueba, por tonelada fue de 27 euros, según los datos aportados por RIVAMADRID. Después de realizar modificaciones, este coste se podría reducir a 19 euros según los ensayos realizados por RIVAMADRID y ECOHISPANICA.
- Finalmente, del estudio económico realizado por RIVAMADRID, en relación a la comparativa sobre la inversión y la tasa de tratamiento con otras instalaciones de residuos, se puede considerar que sería un sistema de mediana inversión y bajos costes de funcionamiento.

## **11. RECOMENDACIONES**

- 1) Mejorar la separación en origen consiguiendo un residuo más homogéneo y sin presencia de envases.
- 2) Realizar un triaje inicial a la entrada de planta con lo que se recuperaría más envases y se obtendría mayor rendimiento en el proceso de esterilización.
- 3) Realizar lo antes posible las mediciones de olores previstas en la DIA.
- 4) Verificar el cumplimiento de las medidas preventivas que figuran en el último informe de ASEPEYO (21 de enero de 2014), sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores.
- 5) En cuanto a la emisión de partículas de proceso, de acuerdo con las recomendaciones de la Evaluación de Seguridad e Higiene en el Trabajo se deberá estudiar la posibilidad de instalar una campana en lugar de cortinas de plástico.
- 6) Optimizar el calor sobrante procedente de los sistemas del intercambiador de calor.
- 7) Optimizar la recirculación del agua depurada al proceso de generación de vapor.
- 8) Instalar un sistema de tratamiento de fluidos mediante filtración por membranas para recircular el agua obtenida al proceso de generación de vapor con el consiguiente ahorro del consumo de agua de la red.
- 9) Realizar los estudios y proyectos pertinentes para llevar a cabo, mediante las mejores tecnologías disponibles, la utilización de los subproductos obtenidos (biorresiduo, extracto líquido, metales, plásticos, textiles y otros).
- 10) Realizar la analítica completa del destilado procedente de la planta de depuración, según el Decreto 57/2005 de la Comunidad de Madrid. Además el concentrado debería caracterizarse de acuerdo con la Orden AAA/661/2013 para establecer el tipo de residuo.
- 11) Sería conveniente continuar realizando pruebas con el fin de poder contrastar los resultados obtenidos en este informe.

## Glosario

**Anaerobio:** Sin presencia de oxígeno

**Basura:** Se considera de forma genérica a los residuos sólidos. Ver Residuos sólidos y Residuos sólidos urbanos.

**Biogás:** Gas producto de la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno por acción directa de bacterias metanogénicas. Está compuesto básicamente de gas metano, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico, nitrógeno e hidrógeno, entre otros.

**Biodigestión anaerobia:** Proceso bioquímico de fermentación microbiana de sustancias orgánicas en ausencia de oxígeno.

**Biodigestor:** Elemento que permite la descomposición anaeróbica de la materia orgánica y la formación de biogás.

**Biometanización:** Tratamiento anaerobio de las partes biodegradables de los residuos urbanos, que produce metano y residuos orgánicos estabilizados.

**Clasificación de los residuos.** Atendiendo al estado y al soporte en que se presentan, se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos. La referencia al soporte se debe a la existencia de numerosos residuos aparentemente de un tipo, pero que están integrados por varios (gaseosos formados por partículas sólidas y líquidas, líquidos con partículas sólidas, etc.) por lo que se determina que su estado es el que presenta el soporte principal del residuo (gaseoso en el primer ejemplo, líquido en el segundo).

**Compost:** Producto obtenido mediante el proceso de compostaje.

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

**Condensado:** Líquido resultante del paso del vapor del proceso por el intercambiador de calor.

**Decibelio:** medida utilizada para expresar el nivel de potencia y el nivel de intensidad del ruido.

**Decibelio A o decibelio ponderado:** una unidad de nivel sonoro medido con un filtro previo que quita parte de las bajas y las muy altas frecuencias. De esta manera, después de la medición se filtra el sonido para conservar solamente las frecuencias más dañinas para el oído, razón por la cual la exposición medida en dBA es un buen indicador del riesgo auditivo y vital.

**Decibelio C (dBC)** unidades adecuadas para medir la reacción del oído ante distintos niveles de sonoridad.

**Degradación:** Descomposición de la materia orgánica) por sustancias químicas, físicas y / o acción biológica.

**Digerido (Digestato):** Subproducto semi-líquido resultante de la digestión anaerobia. Tiene un uso potencial como fertilizante orgánico. Puede aplicarse de forma directa, o previa separación en dos fracciones, sólida y líquida

**Digestión:** Descomposición controlada de sustancias orgánicas, normalmente bajo condiciones anaeróbicas.

**Digestión Anaerobia:** El proceso de degradación y estabilización de materiales orgánicos por la acción de bacterias anaeróbicas con la producción de biogás (biometanización). El proceso es ligeramente exotérmico.

**Digestor:** Elemento que permite la descomposición anaeróbica de la materia orgánica y la formación de biogás.

**Digestor Anaerobio:** Elemento que se construye para degradar la materia orgánica por bacterias anaerobias.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Gas resultante de la quema o completa oxidación de cualquier fuente de carbono.

**Eliminación:** Todo procedimiento dirigido, bien al almacenamiento o vertido controlado de los residuos de envases o bien a su destrucción, total o parcial, por incineración u otros métodos que no impliquen recuperación de energía, sin poner en peligro la salud humana, y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

**Ensayo “en batch”:** Prueba realizada experimentalmente mediante un ensayo discontinuo o en lotes (o *batch*) a escala de laboratorio sobre el material objeto de estudio.

**Envase:** Es todo artículo fabricado con materiales de cualquier naturaleza, que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar las mercancías desde materias primas hasta productos terminados, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. El concepto de envase incluye:

- Las bolsas de un solo uso entregadas o adquiridas en los comercios para el transporte de la mercancía por el consumidor o usuario final.
- Los artículos desechables que se utilicen con el mismo fin que los envases, como por ejemplo las bandejas, platos, vasos, cubiertos y cualquier otro artículo desechable que se emplee, principalmente en hostelería y restauración, para suministrar el producto y permitir o facilitar su consumo.

**Envase de un solo uso:** Todo envase que una vez cumplida la función para la que fue concebido o diseñado se convierte en residuo.

**Envases ligeros:** Son los envases fabricados con material de plástico (botella de agua, de refresco, etc.), metal (latas de conservas, botes de bebidas, etc.) o compuestos como es el de los cartones para bebidas (tipo brick de leche, de zumos, etc.)

**Envase reutilizable:** Todo envase concebido y diseñado para cumplir durante su ciclo de vida, un número mínimo de usos o rotaciones, de forma que una vez consumido el producto que contenía, sea susceptible de ser reintegrado por el poseedor, en el mismo proceso económico para el que fu concebido o diseñado.

**Envase usado:** Todo envase reutilizable que, una vez consumido el producto en él contenido, sea susceptible de ser reintegrado por su poseedor en el mismo proceso económico para el que fue concebido o diseñado.

**Extracto líquido:** Producto líquido resultante tras el proceso de esterilización de los residuos.

**Exposición de corta duración (EC):** concentración media del agente químico en la zona de respiración. Se mide, o calcula, para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral. Excepto en aquellos agentes que se especifique un período de referencia inferior. Se tienen en cuenta todas las sustancias a las que se está expuesto.

**Exposición Diaria (ED):** Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración. Se mide, o calcula, de forma ponderada con respecto al tiempo. Es decir, jornada real referida a una jornada estándar de 8 horas diarias. Se considera el conjunto de las distintas exposiciones químicas del trabajador. Se pondera cada exposición, a su correspondiente duración, con el equivalente a un exposición uniforme a 8 horas.

**Exposición máxima permitida:** Concentración que no debe sobrepasarse en ningún momento durante el trabajo.

**Factor de riesgo:** toda circunstancia o situación que aumenta las probabilidades de una persona de contraer una enfermedad o cualquier otro problema de salud.

**Generación de energía eléctrica:** Proceso de generación de energía eléctrica mediante motogeneradores que utilizan como combustible la mezcla de gases producido por el biodigestor.

**Iglú:** Tipo de contenedor con dicha forma que se suele utilizar para la recogida selectiva en las áreas de aportación y se caracteriza por su gran volumen (más de 2500 litros) y su vaciado mediante grúa.

**Índice de Exposición (I):** Es el cociente entre la exposición diaria y el valor límite ambiental de exposición diaria.

**Inóculo:** Cualquier material, como material de alimentación digerido, que se añade a un digestor de reciente creación para iniciar la degradación de la materia orgánica y la producción de metano.

**Instalación Eléctrica:** Conjunto de elementos que conducen, distribuyen, y utilizan la energía eléctrica.

**Lectura Directa:** Obtención inmediata de datos puntuales de concentración. Es un método rápido, pero en la mayoría de los casos no es preciso.

**Límite Inferior de Explosividad** (LIE o LEL siglas en inglés): es la concentración mínima de gas en el aire por debajo de la cual una explosión no es posible.

**Límite Superior de Explosividad** (LSE): es la máxima concentración de gas en el aire por encima de la cual una explosión es posible.

**Lodos:** Mezcla de materia orgánica fermentada y agua.

**Materia inorgánica:** Material en solución o suspensión, tales como arena, sal, hierro, calcio y otros minerales, que no son degradados por microorganismos.

**Materia orgánica:** Materiales que provienen de fuentes animales o vegetales. La materia orgánica en general puede ser degradada por microorganismos.

**Material no SIG:** Aquel material de envase que no cotizando al SIG, es declarado exclusivamente a efectos de los Planes Empresariales de Prevención, o para que la información sea incluida en los Informes de la Administración.

**Material SIG:** Correspondiente a los envases adheridos, es decir aquel material de envase que a fin de cumplir con las obligaciones de la Ley, es declarado y contribuye económicamente al SIG.

**Medición Ambiental:** Determinación de la concentración que afecta a un área concreta del puesto de trabajo. Equipo localizado en un punto fijo.

**Medición Personal:** Determinar los valores de concentración a los que está expuesto el trabajador. El equipo de medición lo lleva el propio trabajador.

**Medición Promedio:** Determinación de la concentración a lo largo de un período determinado. Concentración media en un tiempo determinado.

**Medición Puntual:** Determinación de un valor instantáneo de la concentración en el momento de la medición.

**Medidas preventivas:** También denominadas protectoras, conjunto de actuaciones o actividades definidas para evitar, en la medida de lo posible, o minimizar los riesgos.

**Metano (CH<sub>4</sub>):** Gas inodoro e incoloro, inflamable y el componente principal del gas natural, gas de carbón y biogás

**Material reciclable:** Son materiales que después de servir a su propósito original, tienen propiedades físicas por las cuales pueden ser reutilizados o transformados en nuevos productos

**Monóxido de carbono (CO):** Gas resultante de la combustión incompleta o incompleta oxidación de cualquier fuente de carbono.

**Motogenerador:** Dispositivo electromecánico generador de energía eléctrica utilizando el biogás como combustible.

**Número de unidades de olor (NUO):** Concentración de una sustancia / el valor de su umbral de percepción.

**Poli Etilén Tereftalato (PET):** perteneciente al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres y que es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, fue descubierto por los científicos británicos Whinfield y Dickson, en el año 1941, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras.

**Planta de Biogás:** Planta utilizada para procesar la materia orgánica con el fin de producir biogás y lodos.

**Poder calorífico:** La cantidad de calor que se puede obtener a partir de un combustible, generalmente se expresa en términos de calorías por unidad de peso (o volumen) del combustible.

**Prevención:** disposición que se hace de forma anticipada para minimizar un riesgo.

**Punto verde:** Es el símbolo propiedad de PRO Europe que identifica a los envases de los productos puestos en el mercado por las empresas adheridas al Sistema Integrado de Gestión de Ecoembes. En virtud de un acuerdo de cesión de derechos, en España también puede ser utilizado por las empresas adheridas a Ecovidrio.

**Polvos:** suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño procedentes de procesos de disgregación o mecánicos.

**Purines:** Mezcla de estiércol y agua procedente de corrales para el ganado.

**Quemador:** Sistema para llevar a cabo la combustión completa del metano, que es generado en el Biodigestor.

**Relación carbono/nitrógeno (relación C/N):** proporción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno total.

**Rechazo:** Resto producido al reciclar algo.

**Reciclaje:** Actividad mediante la cual determinados residuos sólidos provenientes de los servicios de aseo urbano son separados, recogidos, clasificados y procesados para reincorporarlos a un ciclo doméstico, comercial o industrial.

**Recogida selectiva:** Recogida de residuos separados y presentados aisladamente por su productor.

**Recogida selectiva de envases:** Tipo de recogida basada en la separación previa (en los hogares) de los distintos tipos de residuos de envases los cuales son depositados en diferentes contenedores. Posteriormente los contenedores son recogidos de forma separada y trasladados a las plantas de tratamiento que correspondan.

**Recuperación:** Sustracción de un residuo a su abandono definitivo. Un residuo recuperado pierde en este proceso su carácter de "material destinado a su abandono",



por lo que deja de ser un residuo propiamente dicho, y mediante su nueva valoración adquiere el carácter de "materia prima secundaria".

**Residuos sólidos domiciliarios:** Residuos sólidos o semisólidos de origen exclusivamente residencial, generados por la actividad humana dentro de la vivienda.

**Residuo:** Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la Naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar.

**Residuo de envase:** Todo envase o material de envase del cual se desprenda su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones en vigor.

**Residuos peligrosos:** Sólidos, líquidos (más o menos espesos) y gases que contengan alguna(s) sustancia(s) que por su composición, presentación o posible mezcla o combinación puedan significar un peligro presente o futuro, directo o indirecto para la salud humana y el entorno.

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

**Residuos sólidos urbanos (RSU):** Son los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas, y servicios, así como los que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.

**Reutilización:** Toda operación en la que el envase concebido y diseñado para realizar un número mínimo de circuitos, rotaciones o usos a lo largo de su ciclo de vida, sea relleno o reutilizado con el mismo fin para el que fue diseñado. Estos envases se considerarán residuo cuando ya no se reutilicen.

**Reutilizar:** Volver a usar un producto o material varias veces sin "tratamiento", equivale a un "reciclaje directo". El relleno de envases retornables, la utilización de paleas ("pallets") de madera en el transporte, etc., son algunos ejemplos.

**Riesgo Aceptable:** El índice de riesgo es menor de 0,1 ( $I < 0,1$ ).

**Riesgo Inaceptable:** El índice de riesgo es superior a 1 ( $I > 1$ ). Debe procederse a corregir la exposición.

**Slag:** Escoria de incineración.

**Seguridad:** Protocolo de procedimientos a seguir y equipos a instalar, para evitar accidentes durante la operación del sistema de biodigestión anaeróbica.

**Sistema de condensación de humedad:** Sistema que retira la humedad contenida en el biogás.

**Sistema integrado de gestión (SIG):** El Sistema Integrado de Gestión de Residuos de Envases, es el sistema que Ecoembes promueve para la correcta gestión de los residuos en envases y envases usados, con el fin de cumplir los objetivos de reciclado y valorización en los porcentajes establecidos en la Ley 11/97.

**Tep:** Abreviatura de "Tonelada equivalente de petróleo". Se utiliza como unidad energética y sirve para comparar la cantidad de energía que contiene un material como carbón, plástico, agua embalsada, etc. con la que contiene una tonelada de petróleo, es decir que el petróleo se considera como patrón de medida, la unidad. Un Tep = 11.678,8 KWh.

**Tiempo de Retención:** Período teórico de residencia en un volumen o una unidad determinada. Se calcula normalmente dividiendo el volumen activo de la unidad por la tasa de flujo del líquido que entra en él.

**Toma de muestras:** Captación de los contaminantes en un medio adecuado para su posterior análisis en el laboratorio.

**Toxicidad:** Condición que inhibe o destruye el crecimiento o la función de un organismo vivo.

**Tratamiento:** Conjunto de operaciones por las que se alteran las propiedades físicas o químicas de los residuos.

**Triar o destriar:** Seleccionar o separar diversos componentes de los residuos normalmente de forma manual.

**Trómel:** cilindro de malla utilizada para separar los materiales por tamaño (palabra de origen alemán cuyo significado es tambor). Se emplea, por ejemplo, para separar la fracción biodegradable de los residuos municipales mezclados.

**Tubo colorimétrico:** Tubo de vidrio que contiene un reactivo en su interior que cambia de color al reaccionar con el contaminante.

**Unidad de olor (UOE):** Cantidad de sustancia, o mezcla de sustancias, que se puede oler en un metro cúbico de gas oloroso, en condiciones normales, en el umbral del panel de percepción.

**Valor Límite Ambiental – Exposición Corta (VLA-EC):** Valor de referencia para la exposición de corta duración, y no debe ser superado en ningún momento a lo largo de la jornada laboral.

**Valor Límite Ambiental – Exposición Diaria (VLA-ED):** Es el valor de referencia de la Exposición Diaria ED, de manera que este valor representa las condiciones en las cuales se cree, basándose en conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas a la semana durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos en su salud.

**Valorización:** Todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos de envases, incluida la incineración con recuperación de energía, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

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

**Zona de Indeterminación:** Zona en la que el Índice de riesgo está comprendido entre los valores 0,1 y 1 ( $0,1 < I < 1$ ).

## Bibliografía

- AC-RD1367 Procedimiento General para la determinación de valores límite de emisión e inmisión según R.D. 1367/2007.
- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Treshol Limit Values 1994-95.
- Azorín, F. y Sánchez-Crespo, J.L. Métodos y aplicaciones de muestreo de Alianza Universidad Textos. Primera reimpresión, 1994.
- Castejón, E. Contaminantes químicos. Evaluación de las concentraciones ambientales. NTP-347. INSHT. 1994.
- Decisión 2003/33/CE del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, que establece criterios y procedimientos de admisión de residuos en vertederos y ensayos de lixiviación para establecer la tipología del vertedero al que iría el residuo.
- Decreto 55/2012, de 15 de marzo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece el régimen legal de protección contra la contaminación acústica en la Comunidad de Madrid.
- Decreto 57/2005, reglamento sobre la Ley 10/1993.
- Directiva 2008/98/CE, de 19 de noviembre, relativa a los Residuos.
- Directiva 2008/50/CE relativa a la Calidad del Aire Ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.
- Directiva 1999/31/CE, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos.
- Directiva 90/394/CEE del Consejo, de 28 de junio, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- García-López, J.; Rad, C. and Navarro, M. (2014). Strategies of management for the whole treatment of leachates generated in a landfill and in a composting plant. Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 49:13, 1520-1530, DOI: 10.1080/10934529.2014.938526.
- INE, España en cifras, 2013.
- INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos contaminado.
- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de Calidad del aire y Protección de la atmósfera.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid.
- Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de envases.
- Ley 10/1993, de la Comunidad de Madrid, sobre vertido de residuos industriales a colector municipal.
- Ley 21/1992 de Industria, sobre seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Norma UNE-EN 482:2007 Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos.
- Norma UNE-ISO 1996-2:2009. "Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental".
- Norma UNE-689:1996 Atmósferas en el lugar de trabajo. Guía para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.
- Norma UNE-EN 14899. Caracterizaciones de residuos y toma de muestras.
- Norma UNE EN-689. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. AENOR. Marzo de 1996.
- Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I,II y III del Real Decreto 1481/2011, de 27 de diciembre, que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, lista europea de residuos, operaciones de valorización y eliminación de residuos.
- Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de la Ley 21/1992.
- Ordenanza de Prevención de Ruidos y Vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid, aprobada en Pleno de 20 de octubre de 2005 (BOCM 17/11/2005; corrección de errores BOCM 21/12/2005).
- Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.

- Real Decreto 1038/2012 de 6 Julio, modificación del RD 1367/2007, por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del Ruido.
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- Real Decreto 1304/2009, de 31 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante el depósito en vertedero.
- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero de 2008, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
- Real Decreto 1620/2007 sobre reutilización de aguas residuales tratadas
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del Ruido en lo referente a la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el RD 782/1998.
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 681/2003, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Real Decreto 374/2001 sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 782/98, Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/97.
- Real Decreto 665/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo y sus modificaciones (R.D.1124/2000 y RD 349/2003)
- Real Decreto 486/1997 de lugares de trabajo.

- Real Decreto 1215/1997 Reglamento sobre equipos de trabajo.
- Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, reglamento que desarrolla la Ley 21/1992.
- Resolución de 20 de enero de 2009, 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.

## Páginas Web

Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. Disponible en: <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-20976>

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Disponible en : [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-8436](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-8436)

Real Decreto legislativo 1163/1986, de 13 de junio, por el que se modifica la Ley 42/1975, de 19 de noviembre, sobre desechos y residuos sólidos urbanos. Disponible en: [http://www.coat-se.es/varios/ficheros\\_normativa/real%20decreto%20legislativo%201163-86,13-7.pdf](http://www.coat-se.es/varios/ficheros_normativa/real%20decreto%20legislativo%201163-86,13-7.pdf)

Strategies of management for the whole treatment of leachates generated in a landfill and in a composting plant , 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2014.938526>

Guía Olores para AAls publicada en el Reino Unido. Consejería de MA. Junta de Andalucía, 2009. Disponible en: [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Calidad\\_Ambiental/calidad\\_aire/contaminacion\\_por\\_olores/cma\\_andres\\_leal.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Calidad_Ambiental/calidad_aire/contaminacion_por_olores/cma_andres_leal.pdf)



## Siglas y Acrónimos

AAI = Autorización Ambiental Integrada.

ABS = Sistema de frenos Antilok (Antilok Brake System). Dispositivo que evita el bloqueo de las ruedas al frenar.

AENOR = Asociación Española de Normalización y Certificación.

AGV = Ácidos grasos volátiles

AISI = Tipologías de acero inoxidable según norma AISI (American Iron and Steel Institute)  
AISI 304 acero inoxidable austenítico de uso general y AISI 316 de mayor resistencia a la corrosión contiene molibdeno.

APCA = Actividades Potencialmente Contaminantes de la Atmósfera.

APM = Air Product Management.

AOX = Organohalogenados adsorbibles.

ASR = Anti Split Regulation.

ATEX = atmósfera explosiva.

BTEX = Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos.

C = intervalo de confianza en estadística.

C10-C40 = entre 10 y 40 carbonos.

CAPCA= Catálogo de Actividades Potencialmente Contaminantes de la Atmósfera.

CDR = Combustible derivado de residuos.

C<sub>8</sub> = Concentración media de una jornada de trabajo.

CE = Conductividad Eléctrica.

CE = Comunidad Europea.

C/N = Relación carbono/nitrógeno.

COD = Carbono Orgánico Disuelto.

COVs = Compuestos orgánicos volátiles.

COT = Carbono orgánico Total.

CSR = Combustible sólido recuperado.

CSTR = Digestor de mezcla completa (Continuous stirred-tank reactor).

CTE DB SI = Código Técnico de la Edificación. Documentos Básicos Seguridad en caso de Incendio.

dB = Decibelio normal.

dBA = Decibelio A o decibelio ponderado.

dBc = Decibelio C.

DBO<sub>5</sub> = Demanda biológica de oxígeno. El período de prueba estándar de oxidación (o de incubación) para la DBO es de 5 días a 20 grados Celsius (° C).

DBO = DBO<sub>5</sub>.

DIA = Declaración de Impacto Ambiental.

DQO= Demanda química de oxígeno.

DQO<sub>s</sub> = Demanda química de oxígeno soluble.

DQO<sub>t</sub> = Demanda química de oxígeno total.

ED = Exposición Diaria.

EsIA = Estudio de Impacto Ambiental.

EMP = Exposición Máxima Permitida.

ENAC = Entidad Nacional de Acreditación.

EPA = Agencia de protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (Environmental Protection Agency).

EPIs = Equipos de protección individual.

FAO = Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FORSU = Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

FR: Factor de Riesgo.

FTIR = Espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier.

GEI = Gases de efecto invernadero.

HPA = Hidrocarburos policíclicos aromáticos, 16 congéneres.

I = Índice de Exposición o Índice de Riesgo ( $I = ED / VLA - ED$ ).

INSHT = Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

ISO = Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization) responsable de las normas ISO.

ISO 14001 = Norma ISO de Sistema de Gestión Medioambiental.

ISO 9001 = Norma ISO sobre calidad y gestión de calidad.

Kf = Penalización por bajas frecuencias de ruido.

Ki = Penalización por ruidos impulsivos.

K = Valor penalización por ruidos (Kf+ Ki).

LAeq5s = nivel de ruido en ponderacion A.

LAeq5s,f = nivel de ruido de fondo en ponderacion A.

LAeq5s,r = nivel corregido por ruido de fondo en ponderacion A.

LCeq5s = nivel de ruido en ponderacion C.

LCeq5s,f = nivel de ruido de fondo en ponderacion C.

LCeq5s,r = nivel corregido por ruido de fondo en ponderacion C.

LAeq5s = nivel de ruido con ponderación temporal impulsiva I.  
LAeq5s,f = nivel de ruido de ponderación temporal impulsiva I.  
LAeq5s,r = nivel corregido por ruido de fondo con ponderación temporal impulsiva I.  
LD = Límite detección del equipo.  
LEL= Límite Inferior de Explosividad (Lower Explosive Limit).  
LIE= Límite Inferior de Explosividad.  
LSE= Límite Superior de Explosividad.  
MES= sólidos en suspensión.  
MMA = Masa máxima autorizada.  
M.O. = Materia orgánica.  
MORE = Masa de olor de referencia europea.  
MOTBE = Materia orgánica termobioestabilizada.  
MS = Materia seca.  
MWt = Megawatios térmicos.  
N = Tamaño población en cálculo estadístico.  
N.A. = No aplicado  
NC = Nivel de confianza en estadística.  
NGR = Niveles genéricos de referencia.  
NMP = Número Más Probable en análisis microbiológicos.  
Norma UNE = Norma UNE (UNE acrónimo de Una Norma Española).  
Norma UNE EN = Norma UNE Estándar Europeo.  
NTU = Unidad nefelométrica turbidez (Nephelometric Turbidity Unit). Unidad de medida de la turbidez.  
NUO = número de unidades de olor.  
PCB = policlorobifenilos, 7 congéneres.  
PCI = Poder calorífico inferior.  
PCS = Poder calorífico superior.  
PEAD= Polietileno de alta densidad.  
PMA= Análisis de partículas minerales (Particle Mineral Analyses).  
PMA 2,5 = Partículas de tamaño de menos de 2,5 micras o micrones de diámetro.  
PMA 10 = Partículas de tamaño de menos de 10 micras o micrones de diámetro.  
PPI = Programa de Puntos de Inspección.  
PVA = Plan de Vigilancia Ambiental.  
PVC= Policloruro de vinilo.  
PET= Polietileno tereftalato.  
RAEE's = Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

RD = Real Decreto.

RSD = Residuo sólido domiciliario.

RSM= Residuo sólido municipal.

RU = Residuo urbano.

RSD = Residuo sólido domiciliario.

RSU = Residuo sólido urbano.

ST = Sólidos totales.

STD = Sólidos totales disueltos.

SV = Sólidos volátiles.

SV = Severidad (Relativo a factores de riesgo).

TEP = Tonelada equivalente de petróleo.

TOC = Carbono orgánico total (Total organic carbon).

UFC = Unidad formadora de colonias (número de bacterias viables por muestra).

UNF = Unidad nefelométrica de formacina para medida de turbidez.

UO<sub>E</sub> = Unidad de olor. Cantidad de sustancia, o mezcla de sustancias, que se puede oler en un metro cúbico de gas oloroso, en condiciones normales, en el umbral del panel de percepción.

VOC's = Compuestos orgánicos volátiles (Volatile organic compounds).

VL = Valor Límite.

VLA = Valores Límite Ambientales.

VLA-EC = Valor Límite Ambiental – Exposición de Corta Duración.

VLA-ED= Valor Límite Ambiental - Exposición Diaria.

VLB= Valores Límite Biológico.

## Símbolos y Abreviaturas

a = año.

Ayto.= Ayuntamiento.

bar = 1 atmósfera = 760 mm de Hg (unidad de presión).

BTEX = Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos.

°C = grados Celsius o grados Centígrados.

cal = calorías.

cm = centímetros.

cm<sup>2</sup> = centímetro cuadrado (unidad de superficie).

d = día.

equitox/m<sup>3</sup> = equivalentes tóxicos/m<sup>3</sup> (unidad de toxicidad).

Excmo. = Excelentísimo.

g = gramo.

h = hora.

H = altura.

hab = habitante.

J = julio.

K = grados Kelvin

kg = kilogramo.

kcal = kilocalorías.

kW= kilovatio.

kWh = kilovatio hora.

L o l = litro.

m = metro.

M = masa.

mg = miligramo.

min. = minuto

MJ = mega julio = 10<sup>6</sup> julios.

ml = mililitro (unidad de volumen).

mm = milímetro.

ms = masa seca o materia seca.

m<sup>2</sup> = metro cuadrado (unidad de superficie).

m<sup>3</sup> = metro cúbico (unidad de volumen).

Nm<sup>3</sup> = normal m<sup>3</sup> (m<sup>3</sup> medidos en condiciones normales de presión y temperatura).

Q = caudal.

$\rho$  = densidad (kg/m<sup>3</sup>).

P = presión.

p = probabilidad.

PB= Probabilidad.

pH = potencial de hidrógeno (valor numérico que expresa la concentración de iones de hidrógeno, indica la acidez o basicidad de una disolución presentes en determinadas sustancias .

ppm = partes por millón.

R = Radio de la base del depósito cilíndrico.

s = segundo.

Slag = escoria.

sms = sobre masa seca.

ss = tamaño muestra representativa en estadística.

ss<sub>o</sub> = tamaño muestra representativa calculada en estadística.

T = temperatura.

tep: Tonelada equivalente de petróleo.

t = toneladas.

Ud = unidad.

Ud pH = Unidad de pH.

V = volumen.

Z = Valor estandarizado en función de nivel de confianza en estadística.

% = porcentaje.

% p/p = porcentaje en peso.

α= ángulo de inclinación del depósito.

€ = euros.

μ = micro.

μg = microgramos.

μm = micron o micrómetro.

μS = microsiemens (unidad de conductancia eléctrica).

μS/cm = microsiemens por centímetro = 1 CE (unidad de conductividad eléctrica).

## Fórmulas y Símbolos Químicos

Al = aluminio  
Ag = Plata  
As = Arsénico  
B = Boro  
Ba = Bario  
C = carbono  
CaCO<sub>3</sub> = carbonato cálcico  
Cd = cadmio  
Cl = cloro  
CN<sup>-</sup> = ión cianuro  
CO = monóxido de carbono  
CO<sub>2</sub> = dióxido de carbono  
Cr = cromo  
Cr VI = cromo hexavalente (mayor toxicidad)  
Cu = cobre  
Fe = hierro  
H = átomo de hidrógeno  
H<sub>2</sub> = hidrógeno gas  
Hg = mercurio  
H<sub>2</sub>O = agua  
H<sub>2</sub>S = sulfuro de hidrógeno  
Mo = molibdeno  
N = nitrógeno  
NH<sub>3</sub> = amoníaco  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = ión amonio  
Ni = níquel  
NO = monóxido de nitrógeno  
NO<sub>2</sub> = dióxido de nitrógeno  
NO<sub>x</sub> = óxidos de nitrógeno (NO + NO<sub>2</sub>)  
O<sub>2</sub> =oxígeno  
P = fósforo

Pb = plomo

S = azufre

Sb = antimonio

Se = selenio

SiO<sub>2</sub> = dióxido de silicio

Sn = estaño

SO<sub>2</sub> = dióxido de azufre

SO<sub>3</sub> = dióxido de azufre

SO<sub>x</sub> = óxidos de azufre (SO<sub>2</sub> + SO<sub>3</sub>)

Tl = talio

Zn = zinc



## ANEXOS



## Relación de Anexos

1. Reglamento de la Comisión. 30 de enero de 2012.
2. Informe General de la Planta Piloto de Tratamiento de RSU en Rivas Vaciamadrid ECOHISPÁNICA. 24 de enero de 2012.
3. Estudio de Impacto Ambiental de una Planta Piloto para la Separación y Valorización de Residuos Domésticos. Documento de síntesis. Junio 2012.
4. Informe sobre la Caracterización de diferentes muestras de residuo procedentes de un ensayo de la Planta. Applus Medioambiente. 31 de marzo 2011. Informes: 1373/11/6413; 1373/11/6417; 1373/11/6418 y 1373/11/6419.
5. Informe sobre la Caracterización de una muestra de biomasa sólida procedente de residuos municipales. CETENMA. Oferta 22/11.
6. Informe sobre la Caracterización de lixiviados procedentes de vertedero municipal. CETENMA. Oferta 19/11.
7. Informe sobre el Ensayo de evaporación de lixiviado. CETENMA. Sin fecha ni referencia.
8. Informe sobre la Caracterización de la fracción líquida procedente de la planta. Applus Medioambiente. 31 de marzo 2011. Informe 1373/11/6409.
9. Informe sobre la Caracterización de Biorresiduo procedente de la planta. CETENMA. Oferta 34/11.
10. Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes químicos de trabajadores. ASEPEYO. 30 de marzo de 2012.
11. Informe del Ensayo de codigestión anaerobia del biorresiduo procedente de la planta con purines. CETENMA. 10 de febrero de 2012.
12. Resumen histórico sobre la evolución de la planta. ECOHISPÁNICA. 3 febrero 2014.
13. Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes químicos. ASEPEYO. 31 de julio 2013.
14. Declaración de Impacto Ambiental del proyecto “Planta de separación y valorización de residuos sólidos urbanos”. Nº Ref. SEA 25/12 (10/003889.1/13 12). Fecha de publicación 16/01/2013.
15. Informe sobre el Estudio de Suelo. EVALUACIÓN AMBIENTAL, S.I. 21 de mayo de 2013.
16. Autorización de Notificación Administrativa de la Comunidad de Madrid. 15 octubre 2013

17. Informe de medidas correctoras ejecutadas por ECOHISPÁNICA para dar cumplimiento a la Declaración de Impacto Ambiental.
18. Informe de ECOHISPÁNICA relativo a la prueba realizada en la planta el 15 de marzo de 2012
19. Autorización de Tratamiento en Parque Tecnológico de Valdemingómez. 29 de diciembre de 2011.
20. Informe de RIVAMADRID sobre la Caracterización de la fracción orgánica más resto de Rivas Vaciamadrid, Caracterización y análisis de producto y ruidos. 27 de abril de 2012.
21. Informe sobre la Comparativa de las recogidas de residuos en 2010-2011 en Rivas Vaciamadrid. RIVAMADRID.
22. Informe sobre la Caracterización de los Residuos de Rivas Vaciamadrid. EUROCONTROL. Ref.: I.12.086.1501.00081. 31 de mayo de 2012.
23. Metodología de muestreo para la caracterización de residuos. ECOEMBES.
24. Albaranes de pesaje. Informe de ECOHISPÁNICA prueba de mayo-junio 2012.
25. Informe sobre la Caracterización de los lixiviados. EUROCONTROL. Ref.: I.12.086.1501.00082. 31 de mayo de 2012.
26. Informe elaborado por ECOHISPÁNICA sobre la prueba realizada en la planta el día 10 de mayo de 2012
27. Evaluación de la emisión de ruido por actividad de tratamiento de residuos. EUROCONTROL. Ref.: I.12.017.1401.00082. 10 de mayo de 2012.
28. Informe sobre la Prueba de trabajo continuo desde el 27 de mayo al 1 de junio de 2013. ECOHISPÁNICA. Se adjuntan Albaranes de pesaje de mayo de 2013.
29. Rutas de recogida de residuos realizadas para la experimentación en la planta de tratamiento. RIVAMADRID. 27 de mayo - 1 de junio de 2013. 26 de junio de 2013.
30. Informe Caracterización de Residuos. EUROCONTROL. Ref.: I.13.086.1501.00105 10 de julio de 2013.
31. Informe sobre la Caracterización de los Lixiviados. EUROCONTROL. Ref.: I.13.086.1501.00106. 10 de julio de 2013.
32. Informe de la Prueba de la Planta del 9/7/2013. ECOHISPÁNICA. 10 de julio de 2013.
33. Informe de la Prueba de la Planta del 11/9/2013. ECOHISPÁNICA. 11 de septiembre de 2013.
34. Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes químicos de trabajadores. ASEPEYO. 31 de julio de 2013.

35. Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes químicos. ASEPEYO 21 de enero de 2014.
36. Informe sobre la Captación de Vapor realizada en la prueba de la planta del 27 de mayo al 1 de junio de 2013. ECOHISPÁNICA. 13 de septiembre de 2013.
37. Informe sobre los Flujos de masas y consumos energéticos del sistema de condensación. ECOHISPÁNICA. Febrero de 2014.
38. Anexo sobre el Cálculo del Ahorro Energético y Económico del Precalentamiento de Agua. ECOHISPÁNICA. Febrero de 2014.
39. Informe sobre el Estudio de los Condensados de la Planta de Captación de Vapor. EUROCONTROL. 3 de diciembre de 2013.
40. Informe de la toma de muestra y estudio analítico del condensado de la planata industrial ECOHISPANICA. EUROCONTROL Ref.: I.13.086.1501.00210. 3 de Diciembre de 2013
41. Características del agua para calderas según prEN 12953-9, según manual de instrucciones de la caldera. Entregado el 9 de septiembre de 2014.
42. Informe de RIVAMADRID sobre la Comparación de la Tecnología WASTE CLEANER con otras tecnologías disponibles en la actualidad y Comparativa de precios de tratamiento en distintas localidades. Entregado en abril de 2014.