

**Resumen del 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**

INDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. CONSTITUCIÓN DE LA COMISIÓN TÉCNICA

3. OBJETIVO DEL INFORME

4. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA CUANDO SE CONSTITUYÓ LA COMISIÓN

5. INFORMACIÓN RECIBIDA CUANDO SE CONSTITUYÓ LA COMISIÓN

6. PROCEDIMIENTO SEGUIDO POR LA COMISIÓN

7. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA COMISIÓN

7.1. ASPECTOS AMBIENTALES A CONSIDERAR Y LEGISLACIÓN APLICABLE

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

7.2.1. Evaluación de la planta en fase de prueba para el tratamiento de la fracción orgánica y resto procedente del municipio de Rivas Vaciamadrid.

7.2.1.1. Evaluación de la planta en fase de prueba de una jornada.

7.2.1.2. Caracterización y análisis del material de salida.

7.2.1.3. Balances del proceso

7.2.1.4. Evaluación de la contaminación acústica

7.2.2 Evaluación de la planta en fase continua

7.2.2.1. Selección de la muestra representativa y periodo de muestreo.

7.2.2.2. Selección de los residuos a procesar

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

7.2.2.4. Balance másico del proceso

7.2.2.5. Balance energético del proceso

7.2.3. Evolución de las mejoras introducidas en la planta

7.2.3.1. Sistema de captación de vapor

7.2.3.2. Planta de tratamiento de los extractos líquidos.

7.2.3.3. Evaluación higiénica sobre exposición a contaminantes. Control de gases.

8. CONCLUSIONES FINALES

9. RECOMENDACIONES

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los residuos actualmente incluye todas las actividades asociadas con las operaciones aplicadas a los mismos con el objetivo de alcanzar la mejor reutilización y reciclaje de los materiales residuales y tratar de 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 *ECOHISPANICA 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.

2. CONSTITUCIÓN DE LA COMISIÓN TÉCNICA

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 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, Asociación Riverde y Rivas Aire Limpio.

Una vez constituida la Comisión se aprobó un Reglamento Interno de funcionamiento.

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. 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.

La Comisión ha llevado a cabo su labor desde enero de 2012 hasta noviembre de 2014. A lo largo de este periodo se han realizado 36 reuniones que han quedado recogidas en las Actas correspondientes de cada reunión.

El trabajo llevado a cabo a lo largo de este periodo 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 y, en función de los resultados, recomendaciones a implantar para mejorar el funcionamiento de la planta, tanto desde el punto de vista medioambiental como energético. La Comisión ha realizado el 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

A lo largo del periodo de actividad de la Comisión se han ido realizando importantes modificaciones en la planta con el fin de mejorar los aspectos medioambientales y de rendimiento de la misma. Esta información ha ido siendo facilitada por la empresa ECOHISPÁNICA y por los estudios de seguimiento de las pruebas realizadas, todo ello se incluye en los Anexos al informe.

A continuación se realiza un resumen de las características iniciales principales que tenía la planta, la descripción más completa puede revisarse en la memoria del informe.

La planta se ubica dentro de una nave industrial, situada en parcela de uso industrial 39-15-2, ZUOP 17 La Deseada, c/ Fortuny nº2 del municipio de Rivas Vaciamadrid (Madrid).

La zona de carga, descarga y maniobra de camiones, se sitúa frente a la fachada posterior, es una plataforma de 5.000 m², de solera de hormigón 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.

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.

La maquinaria necesaria en la planta piloto, con expresión de su potencia, se recoge en la siguiente tabla.

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

- El triturador tiene una capacidad de hasta 20.000 kg/h de trituración.
- El esterilizador 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 y a 150°C. El esterilizador tiene una capacidad en la fase de pruebas de hasta 3.000 kg/h. Como resultado de este proceso se genera materia estabilizada, vapor y extractos líquidos que son enviados a un filtro y un intercambiador de placas para su enfriamiento.
- El intercambiador de placas tiene 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.
- 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. Consume agua de red descalcificada.

5. INFORMACIÓN RECIBIDA CUANDO SE CONSTITUYÓ LA COMISIÓN

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

La mayor parte de los informes no disponían de información básica para poder evaluarlos como: metodología empleada para la toma de muestras, actividad de la planta en el momento del muestreo, características de las muestras en el momento del muestreo, procedencia de las muestras, condiciones de los ensayos, determinaciones efectuadas en base a qué criterios, etc.. Por lo que se decidió no tener en cuenta los resultados y se consideró necesario realizar una nueva caracterización de las diferentes fracciones y muestras, que se tratan y recogen en el proceso, utilizando una metodología de muestreo y análisis previamente establecida.

Sin embargo, del estudio higiénico de los puestos de trabajo evaluados y de acuerdo con las conclusiones basadas en la valoración de los resultados se consideró necesario instalar un sistema de ventilación interior para evitar atmósfera explosiva y un sistema de aspiración para captar los focos de emisión de los contaminantes (foso, trómel), considerando el plazo de ejecución inmediato. Por tanto de los resultados de este informe se puso de manifiesto la necesidad de mejorar las instalaciones de la planta y elaborar nuevos informes una vez se hubieran llevado a cabo dichas mejoras.

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 definir los distintos parámetros a evaluar para llevar a cabo el control medioambiental 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.

La fase de prueba tuvo lugar el 10 de mayo de 2012 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, propiciaron que no se pudieran tomar todos los datos esperados, produciéndose además una parada de la planta para poder solventar dichos problemas.

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 la memoria del presente informe. Para solventar estas deficiencias ECOHISPÁNICA tuvo que llevar a cabo modificaciones mecánicas y estructurales.

Una vez realizadas las modificaciones previstas, en abril de 2013 se reanudaron las reuniones de la Comisión, 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 considerarse para realizar la prueba en continuo que no deberían ser inferior a 5. 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 8 a 10 horas.

A lo largo del ensayo 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. Asimismo, analizando los informes posteriores recibidos, concretamente el relativo a las mediciones higiénicas solicitado a ASEPEYO, se detectan niveles inaceptables de limoneno y dióxido de carbono, según recoge también el mismo informe de ECOHISPÁNICA. Por estos motivos, las últimas mejoras realizadas en la planta 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 elaborado el informe final de evaluación de la planta, cuyo contenido se resume 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 de 5 días de duración que se llevó a cabo los días 27, 28, 29, 30 y 31 de mayo 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, el presente informe ha sido presentado más tarde de lo que en principio se había previsto.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA COMISIÓN

En primer lugar, se ha llevado a cabo la revisión del Estudio de Evaluación de Impacto, la Declaración Ambiental y el cumplimiento de los condicionados de la DIA en cuanto a la caracterización de suelos y la Notificación Administrativa de la Comunidad de Madrid en cuanto a focos de emisión a la atmósfera

En segundo lugar se ha procedido 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.

En tercer lugar se muestran y evalúan los resultados obtenidos y por último, se plantean algunas recomendaciones para atender algunos de los problemas identificados con el análisis. De igual forma, se plantean algunas acciones para atender la problemática encontrada a medio y largo plazo a efecto de que la actividad de la planta sea realizada adecuadamente.

7.1. ASPECTOS AMBIENTALES A CONSIDERAR Y LEGISLACIÓN APLICABLE

Los aspectos ambientales a considerar, así como la legislación aplicable y los condicionados de la DIA se pueden consultar en el informe final y sus anexos.

7.2. 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 ECOHISPANICA, 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, utilizando un residuo previamente seleccionado y caracterizado, y la evaluación del comportamiento de la planta en fase de prueba en continuo.

7.2.1. Evaluación de la planta en fase de prueba para el tratamiento de la fracción orgánica y resto procedente del municipio de Rivas Vaciamadrid.

El 10 de mayo de 2012 se llevó a cabo la evaluación de la planta en fase de prueba correspondiente a una jornada. 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.

7.2.1.1. Evaluación de la planta en fase de prueba de una jornada. Primer ensayo-mayo 2012

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 ECOHISPANICA a petición de la Comisión hizo que se parara y se propusiera otra fase de pruebas cuando se hicieran las mejoras correspondientes.

- Selección y caracterización de los residuos a procesar

Los residuos con los que se realizará 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. 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.

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.

Se consideró imprescindible realizar previamente la selección y caracterización de la muestra representativa de la materia orgánica y resto del Municipio de Rivas Vaciamadrid. La Comisión solicitó a RIVAMADRID una relación de la distribución de la población por secciones con el fin de obtener una muestra ponderada.

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. Los camiones recolectores compactadores recogerán 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. En función del tiempo de operación de la planta se consideró una muestra de aproximadamente 8.000 kg.

- Caracterización de la fracción orgánica más resto

La caracterización fue realizada por EUROCONTROL, se empleó la metodología de muestreo para “la caracterización de residuos en plantas de basura en masa” elaborada por ECOEMBES.

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 a la Sede de RIVAMADRID con los 67 contenedores recogidos, previamente seleccionados por secciones censales para obtener una muestra representativa del municipio.

- 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. Finalmente tras varios cuarteos se procedió sobre 250 kg a realizar la caracterización.

- 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 de caracterización se encuentran en el informe final.

7.2.1.2. Caracterización y análisis del material de salida.

Se consideró necesario hacer la caracterización de todos aquellos materiales que se obtienen como consecuencia del proceso, para establecer un balance de masas del mismo. Se procedió de manera análoga, que con el material de entrada, 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 determinó: 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 se analizaron: 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 en el informe final.

7.2.1.3. Balances del proceso

El día 10 de mayo, se realizó una prueba de trabajo en la planta, la empresa ECOHISPÁNICA elaboró el correspondiente informe, incluido en los anexos del informe final.

7.2.1.4. Evaluación de la contaminación acústica

El muestreo se desarrolló en base a la normativa vigente, norma UNE-ISO 1996-2:2009 y Real Decreto 1367/2007. Se tomó como referencia la Ordenanza de Prevención de Ruidos y Vibraciones del Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid. 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, el punto más desfavorable era en el solar al límite de las instalaciones, a la altura del generador y compresor.

El Nivel de ruido de emisión ($L_{\text{keq},5}$) = $57,3 \pm 1,4$ dB, en función de los resultados obtenidos recogidos en el informe final, 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.

7.2.2 Evaluación de la planta en fase continua

7.2.2.1. Selección de la muestra representativa y periodo de muestreo considerado

Para un año se estimó 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*, 24 de Enero de 2012), según un estudio estadístico recogido en el informe final.

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, el período elegido correspondió a 5 días. 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.

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 en continuo fue realizada desde el 27 de mayo hasta el 1 de junio de 2013, ambos inclusive. Consistió en el funcionamiento continuo durante 20 horas y 4 de parada al día (según se recoge en el informe de ECOHISPÁNICA). Se organizó 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.

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.

Se midieron consumos energéticos (electricidad y 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. Se programaron caracterizaciones y análisis de productos de entrada y salida (mediante la empresa EUROCONTROL) y se realizó el análisis de las condiciones higiénicas por parte de la empresa ASEPEYO.

7.2.2.2. Selección de los residuos a procesar

- Descripción del tipo de residuos y características de los vehículos de recogida:

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.

Los vehículos empleados para llevar a cabo esta prueba son los disponibles por la empresa RIVAMADRID, las características de estos vehículos son similares a las del vehículo empleado en la fase de prueba de un día.

- Selección de la muestra representativa de la fracción orgánica y resto y rutas de recogida:

La fase de prueba en continuo requiere 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.

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 fue facilitada por RIVAMADRID. Se realizaron dos tipos de rutas: 1. Ruta especial para la caracterización de residuos y 2. Rutas habituales de recogida de residuos del municipio.

Para realizar la caracterización de residuos se llevó a cabo un procedimiento análogo al realizado el 10 de mayo de 2012 para el mismo fin. La hora de comienzo fue 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. El plano de secciones censales, los cálculos para el diseño de la ruta de caracterización en función a los parámetros definidos y el detalle real de la ruta ordenado por secciones censales se recogen en el informe final.

El material de entrada en la planta para el tratamiento 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 anterior, detrayendo esos contenedores de las rutas habituales, que también se realizaron y depositaron en la planta.

Los resultados de la caracterización de los residuos de entrada a la planta se recogen en el informe final.

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

Para 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 (los resultados se encuentran en el informe final).

- Toma de muestras de salida en bruto, biorresiduo y pasante:

Los muestreos llevados a cabo por EUROCONTROL han consistido en tres muestras de cada fracción.

- Resultados de la caracterización de los materiales de las muestras de salida en bruto, biorresiduo y pasante:

El componente mayoritario de las muestras de salida en bruto es la materia orgánica con un porcentaje superior al 50%. 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 muestra de biorresiduo indican que existe una elevada homogeneidad en los tres análisis realizados 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.

En la siguiente tabla resumen se muestran los porcentajes de envases ligeros y no envases en la muestra de entrada, salida bruto, biorresiduo y pasante, se observa que la fracción envases ligeros en la entrada es de un 14%, para obtener mejores resultados sería muy importante que se mejorara la separación en origen realizada por el ciudadano en el municipio de Rivas Vaciamadrid. Además se ha añadido la fracción de materia orgánica que entraría dentro de la descrita como no envase, se puede observar que la fracción orgánica en la muestra de biorresiduo es muy elevada superando el 95%.

MATERIAL	ENTRADA (%)	SALIDA BRUTO (%)	BIORRESIDUO (%)	PASANTE (%)
ENVASES LIGEROS	14,14	9,33	-	23,57
NO ENVASES	85,86	90,67	-	76,43
Materia orgánica	15,5	52,03	97,41	2,07

- Estudio densimétrico de la muestra de salida en bruto:

Para el cálculo de densidad de la muestra de salida en bruto se procedió de forma análoga al procedimiento utilizado para la muestra de entrada. Además 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, se resumen los resultados en la siguiente tabla (los cálculos completos se presentan en el informe final).

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

- 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 EUROCONTROL y los análisis fueron realizados en EUROCONTROL y en IPROMA, según se indica en las tablas siguientes.

ANÁLISIS DE LABORATORIO IPROMA
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)

ANÁLISIS DE LABORATORIO EUROCONTROL
PCI _{base seca} , PCI _{base húmeda}
Humedad
% N, % O, % C, % Cl, % S, %H
Sólidos Volátiles

Los resultados analíticos de las muestras están recogidos en el informe final. El análisis del biorresiduo indica que, en principio, tiene unas características muy adecuadas para utilizar 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).

El bajo 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.

Los resultados obtenidos de los ensayos de lixiviación realizados en IPROMA a las muestras de biorresiduo, pasante y salida en bruto en comparación con la Decisión 2003/33, transpuesta a la legislación nacional por la Orden AAA/661/2013 para aceptación de residuos en diferentes tipos de vertederos, permite concluir 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.

En lo que respecta a su posible aplicación como fertilizante y de acuerdo con la legislación sobre fertilizantes Real Decreto 506/2013, según la Tabla V los niveles de

metales pesados comparados con los resultados obtenidos en el biorresiduo se podría clasificar como clase A. Además deberán cumplir las siguientes características:

- El contenido de Nitrógeno Orgánico > 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 NMP por gramo de producto elaborado

- Volumen y características del extracto líquido generado:

El cálculo para la determinación del volumen se muestra en el informe de ECOHISPÁNICA, incluido en el informe final, el total de condensado extraído 13,02 m³.

La toma de muestras, para análisis en laboratorio, fue realizada por EUROCONTROL los días 27, 29, 31 de mayo de 2013. Los resultados se recogen en el informe final.

El valor medio de los resultados obtenidos en los tres días de los extractos líquidos se compara con el Decreto 57/2005 de la Comunidad de Madrid sobre vertidos de residuos industriales a colectores, de los 41 parámetros analizados se obtiene la siguiente conclusión: Cinco parámetros superan los límites de vertido: DQO 81%; DBO 71%; nitrógeno total 50%; zinc 35%; hierro 13%.

La comparación del valor medio de los extractos líquidos, de los 16 parámetros analizados, con la Orden AAA/661/2013 para evaluar la posibilidad de aceptar los residuos en vertederos, permite indicar que los valores obtenidos son aceptables en vertederos de residuos no peligrosos, como ya se observó en la prueba puntual de 2012 pero los valores son menores.

En cuanto a la comparación del extracto líquido con un lixiviado de vertedero, tal como se comentó en la prueba puntual de 2012, 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.

7.2.2.4. Balance másico del proceso

Se recogen los principales datos obtenidos en mayo de 2013 del informe elaborado por ECOHISPÁNICA:

- 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 Nm³/ hora. En kWh, resultan 15,6 Nm³ x 11,5 kWh/kg x 0,8 kg/Nm³ = 419,52 kWh/hora.
- En cuanto al balance de agua, se estima una humedad de entrada del 40% y la de salida del 50%.

El material total de entrada fue de 178.080 kg, teniendo en cuenta la densidad obtenida, 0,134 kg/l, 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, 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 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 y el peso de salida se reduce a 88.893 kg con lo que llega a un 50 % de reducción del peso lo que supondría un importante ahorro en transporte.

7.2.2.5. Balance energético del proceso

En la prueba de mayo y en dos complementarias de julio y septiembre de 2013 se llevó a cabo medidas de pesos y consumos energéticos.

Los consumos en mayo, julio y septiembre de 2013 se resumen en la siguiente tabla:

Consumo por tonelada	Electricidad (kWh/t)	Gas (Nm ³ /t)	Agua (m ³ /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
Prueba de septiembre 2013 (3 horas y media)	56,78	22,16	0,37

La repercusión en el coste de los consumos energéticos y de agua por tonelada procesada en mayo de 2013 se aproxima a lo siguiente: 75,8 kWh/t x 0,15 €/kWh + 328,5 kWhg/t x 0,05 €/kWhg + 0,66 m³/t x 1,4 €/m³ = 27,9 €/t

La repercusión en el coste de los consumos energéticos y de agua por tonelada procesada en julio de 2013 se aproxima a lo siguiente: 58 kWh/t x 0,15 €/kWh + 213 kWhg/t x 0,05 €/kWhg + 0,4 m³/t x 1,4 €/m³ = 19,91 €/t

La repercusión en el coste de los consumos energéticos y de agua por tonelada procesada en septiembre de 2013 se aproxima a lo siguiente: $56,8 \text{ kWhe/t} \times 0,15 \text{ €/kWhe} + 203,9 \text{ kWhg/t} \times 0,05 \text{ €/kWhg} + 0,37 \text{ m}^3/\text{t} \times 1,4 \text{ €/m}^3 = 19,23 \text{ €/t}$, valor similar al obtenido en la prueba de julio de 2013.

7.2.3. 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, 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 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 y se lleva a cabo la caracterización de los condensados.

Se realiza una nueva medición higiénica por ASEPEYO en noviembre de 2013 que señala 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, entrada al trómel, zona de descarga 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.

Además para el tratamiento de los extractos líquidos obtenidos se ha instalado una planta piloto de evaporación en pruebas.

7.2.3.1. Sistema de captación de vapor

Para la captación de los vapores se emplea una bomba de vacío de anillo líquido, con capacidad para 350 m³/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 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 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. Se detectaron concentraciones inaceptables de CO₂ 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, amoníaco y CO₂ en la zona del foso y de amoníaco 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.

Los dos intercambiadores tubulares, se refrigeran mediante 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 de 3.000 litros de capacidad para almacenar el condensado; dispone de tomas de vaciado, muestreo y visor de nivel.

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.

- Cálculo de los flujos de masas y consumos energéticos en el sistema de condensación:

ECOHISPÁNICA 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.

Se midieron los volúmenes de condensado y lodo generados. Se calculó que se habían generado 150 litros de lodos y el volumen de condensados fue de 1.068 litros.

En la depuradora instalada, con sistema de evaporación, podría tratarse la mezcla de lodos y condensados. El lodo, no ha sido caracterizado, y actualmente es almacenado en un depósito junto con los condensados para gestionarlos mediante un gestor autorizado.

Los intercambiadores utilizan agua de enfriamiento: 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.

El sistema de condensación supone un sobre coste por tonelada de 0,74€ distribuido:

- Energía eléctrica: + 2 kWh/t equivale a 0,28 € por tonelada.
- Agua: + 333 litros/t equivale a 0,46 € por tonelada (se puede reintroducir al sistema mediante un depósito en cabecera, y así eliminar este sobre coste).

El agua obtenida podría utilizarse para riego ya que 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.

- Cálculo del ahorro energético y económico del precalentamiento de agua:

En el informe de ECOHISPÁNICA en relación al cálculo del ahorro energético y económico del precalentamiento del agua 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. Los cálculos realizados señalan que utilizando el agua del intercambiador se reduce en un 14 % el consumo de gas.

- 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 análisis de laboratorio, fue realizada por EUROCONTROL, el 8 de noviembre de 2013, en la planta de ECOHISPÁNICA de Rivas Vaciamadrid.

Los resultados del análisis de los condensados procedentes del captador de vapor y la comparativa con los extractos líquidos, se pueden consultar en el informe final, y con los límites establecidos en el Decreto 57/2005 por ser uno de los posibles destinos del condensado, descargarlo en el colector municipal.

Sin embargo en los condensados la DBO y DQO disminuye 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, por lo que no se podrían verter a colector. Otras posibles alternativas de utilización serían:

- 1) Actualmente se ha instalado en pruebas una depuradora por evaporación, 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.
- 2) Las concentraciones de metales pesados cumplen con la Tabla V del Real Decreto 506/2013 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.

- 3) 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*.

7.2.3.2. 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.

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 informe final.

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, permite 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, *Escherichia coli*, Turbidez, Olor, Color, Amonio, Sílice, Bicarbonatos, Dureza.

En el destilado se observa 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.

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, ponen de manifiesto 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.

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*.

7.2.3.3. 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, la Comisión solicitó a ECOHISPÁNICA que se realizara el muestreo de las zonas afectadas por las emisiones de gases.

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, 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.

En el informe 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_2 ($I=0,11$) 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 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_2 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.
- No obstante, aun no alcanzándose niveles considerables de concentración, y como medida de carácter preventivo, sería necesario adoptar las medidas preventivas, se indican por ASEPEYO siete medidas preventivas que se exponen en el informe final.

8. 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.

9. 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.