

Conferencia ATEGRUS sobre Vertederos Controlados Lleida, 21 y 22 de Octubre 2009



Sesión IV Impermeabilización y Sellado de Vertederos

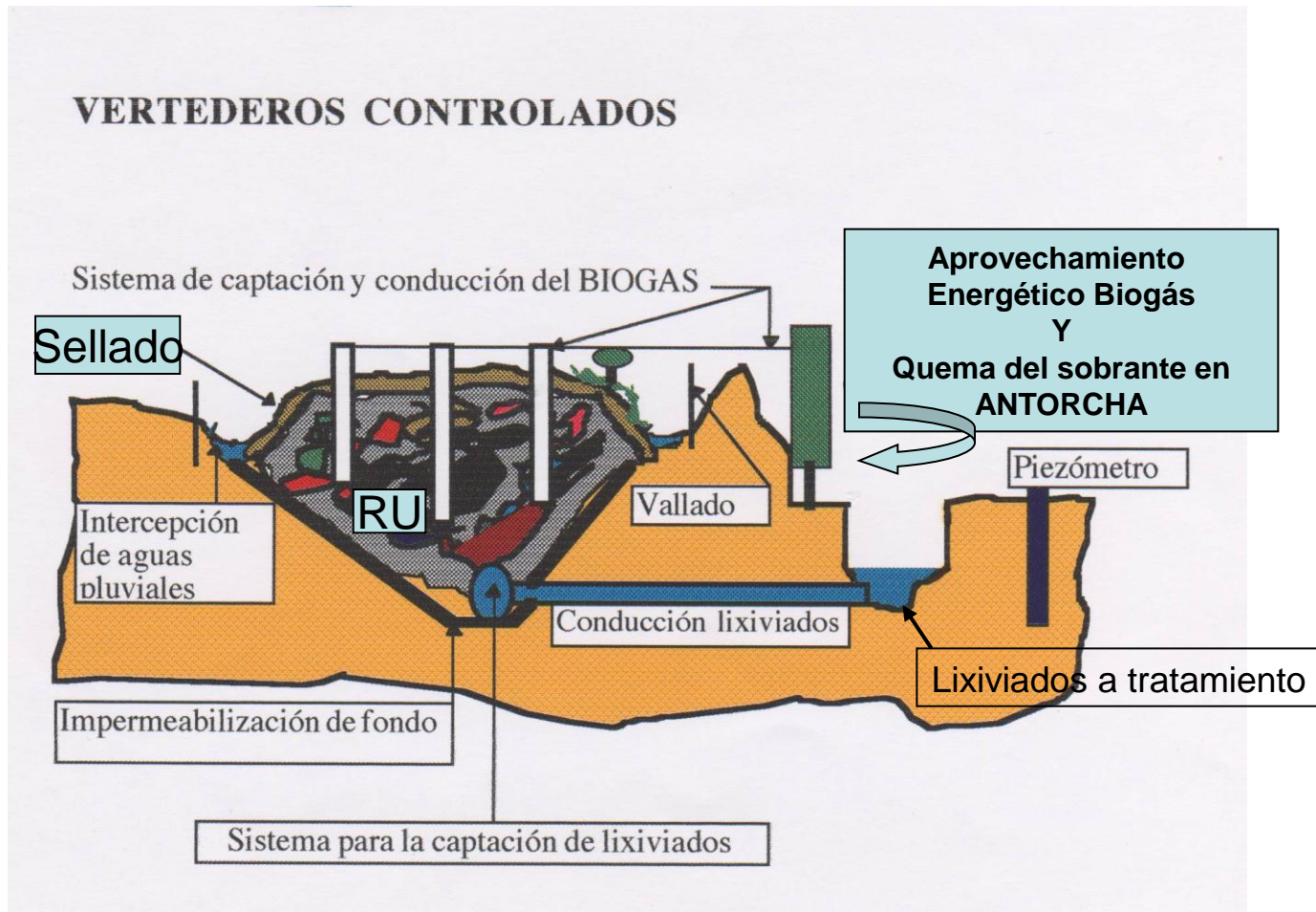
Luis Fontanet
Dr. Ing. Ind.
Consultor Internacional

La modalidad de vertederos contemplados hace referencia a los “Vertederos para residuos no peligrosos”, de acuerdo a la denominación que se detalla en el Artículo 4 de la Directiva UE (incorporada a nuestro derecho interno, Real Decreto 1481): “Clases de vertedero”.

Se ha considerado de interés exponer determinados detalles adoptados en el sellado e integración del Vertedero de Valdemingómez de Madrid.

Se mencionan asimismo los aspectos que definen la modalidad Smell Well

Detalle de la infraestructura y equipamiento adecuado



SELLADO e INTEGRACION de VERTEDEROS

Además de la puesta en marcha del correspondiente Proyecto, lógicamente y dado el dilatado periodo de funcionamiento de estas instalaciones, deberá procederse, con anterioridad a la realización de las obras de sellado e integración, a revisar la fase de sellado diseñada inicialmente, los aspectos legales que sean de aplicación en este momento, así como las modalidades de sellado e integración que se contemplen en las nuevas tecnologías, contrastando la práctica de su aplicación en otras instalaciones.

SELLADO

Uno de los aspectos importantes a considerar es la integración en el entorno de las áreas que han sido ocupadas, así como su posterior utilización, precisamente respecto a este tema, expondremos en la presente intervención, alguno de los detalles básicos que en la actualidad son de consideración y aplicación

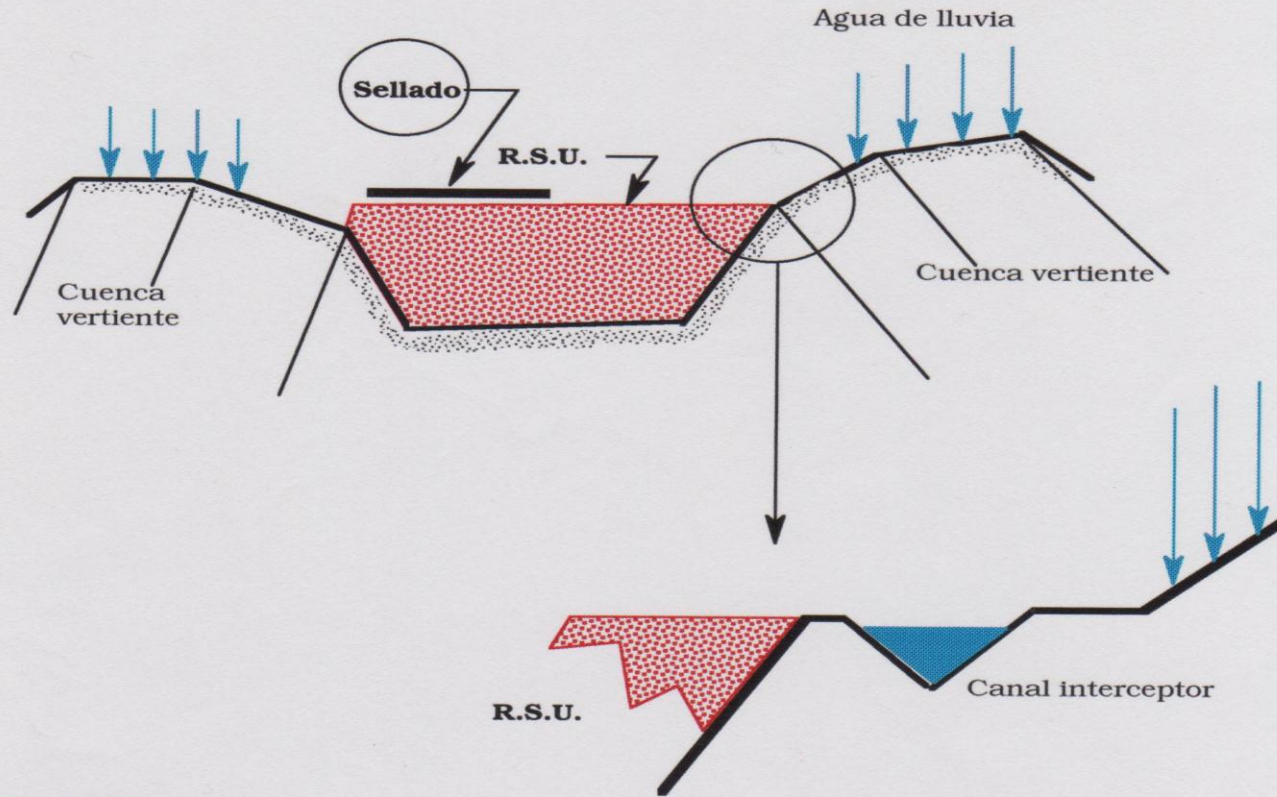
Incluimos asimismo detalles de base de la modalidad de recuperación de los terrenos ocupados en breve plazo de tiempo y utilización casi inmediata de los mismos. La modalidad inicial de esta tecnología se la conoce como:

Smell - Well

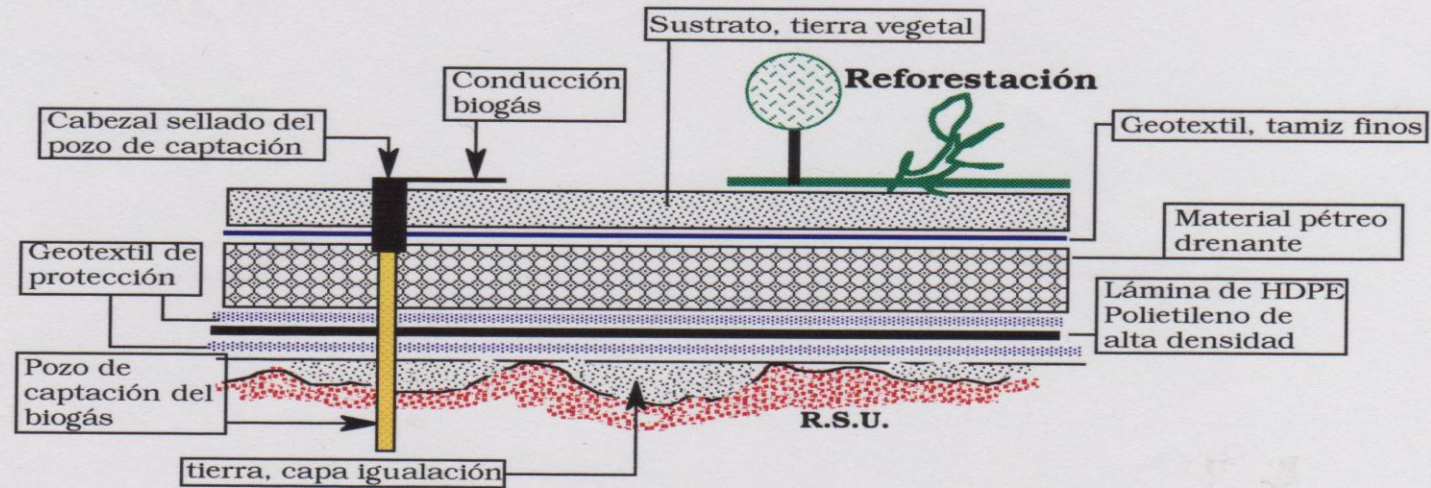
IMPERMEABILIZACIÓN

Uno de los temas importantes a tener en cuenta, además de haber diseñado y realizado una correcta explotación del vertedero y haber dispuesto en su origen, los elementos de infraestructura necesarios, es la de evitar que en casos de lluvia, el agua no alcance a la masa de residuos depositados, por tanto el sellado debe impermeabilizar la cubierta exterior para evitar la penetración del agua de lluvia, así como debe evitarse la fuga incontrolada del biogás generado. Normalmente se emplean materiales sintéticos artificiales, el mercado ofrece una amplia gama de variantes, se pueden diferenciar estos en dos grandes grupos, uno de ellos está destinado a amortiguar y proteger los componentes impermeabilizantes así como los diversos drenajes **GEOTEXTILES** y el otro, está destinado a impermeabilizar la superficie a sellar **LAMINAS IMPERMEABLES HDPE** y Otros productos.

Disposición del vertedero objeto de clausura y sellado



Sellado Estratigrafía



Disposición adecuada, en la fase de explotación

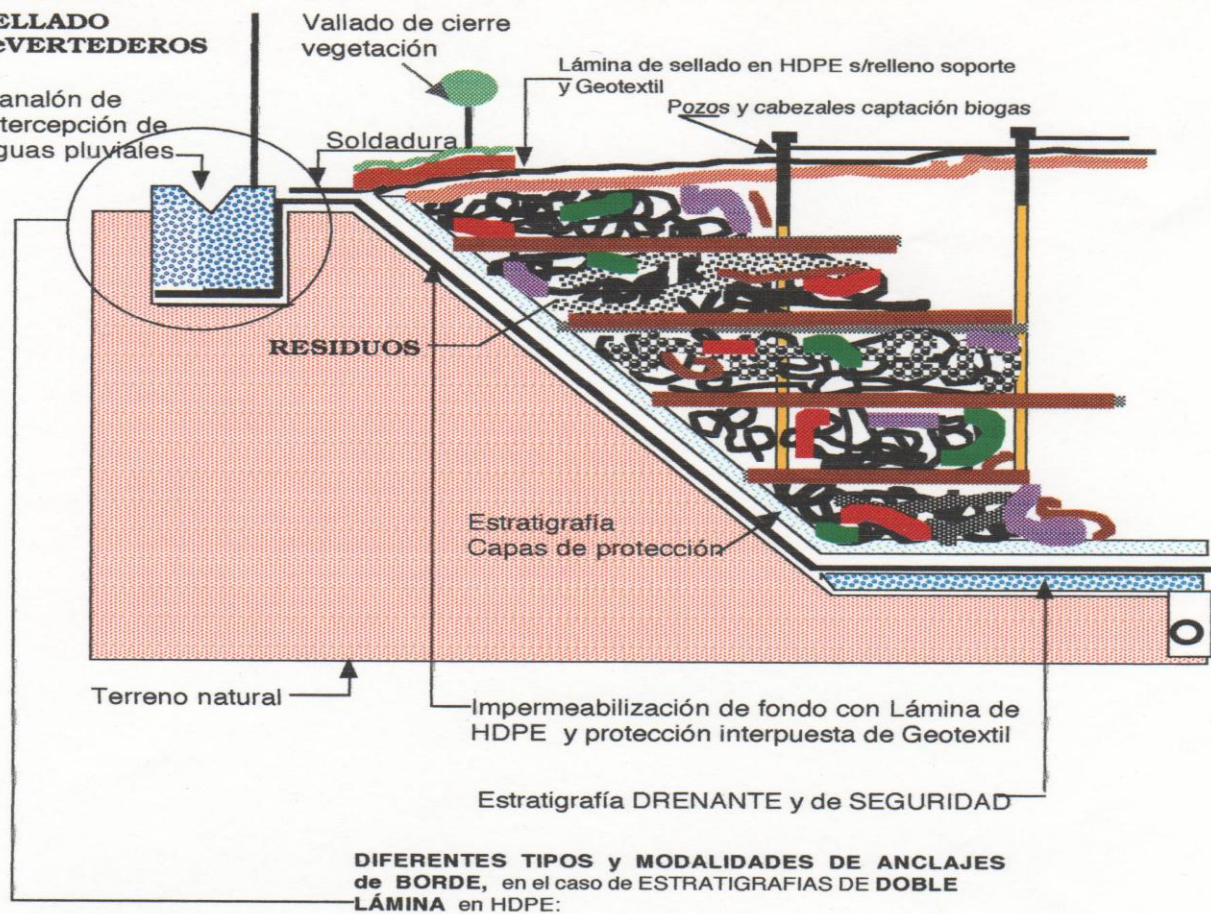
Vertedero de la fracción rechazo

Planta Manises – Valencia-

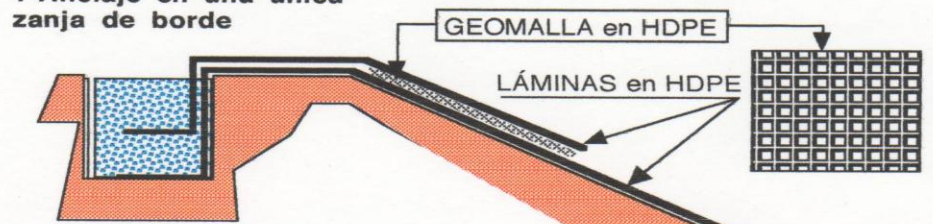


SELLADO deVERTEDEROS

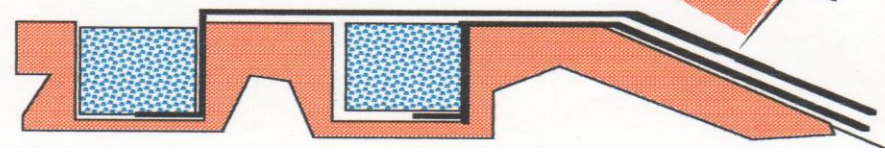
Canalón de intercepción de aguas pluviales



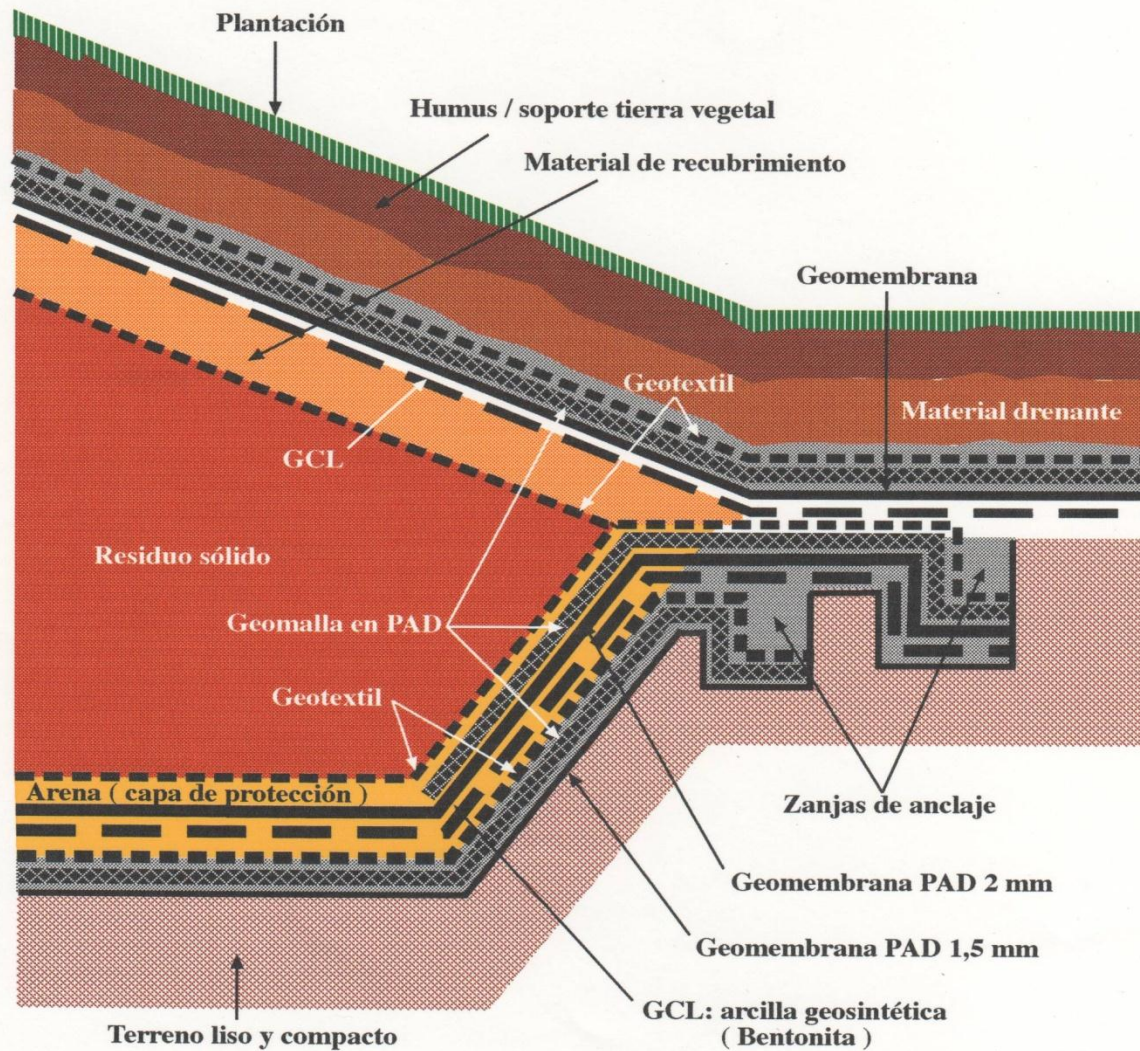
1-Anclaje en una única zanja de borde



2-Anclaje en doble zanja de borde



IMPERMEABILIZACION DEL VASO DE VERTIDO DE UN VERTEDERO CONTROLADO Y CUBRICION PROPUESTA PARA LA FASE DE CLAUSURA Y SELLADO.



Impermeabilización de superficies

Para impedir la emisión de sustancias dañinas procedentes de los desperdicios vertidos, estos deben encapsularse. El recubrimiento de la superficie con láminas impermeabilizantes CARBOFOL es una solución segura y económica. Con el recubrimiento del vertedero se consigue lo siguiente:

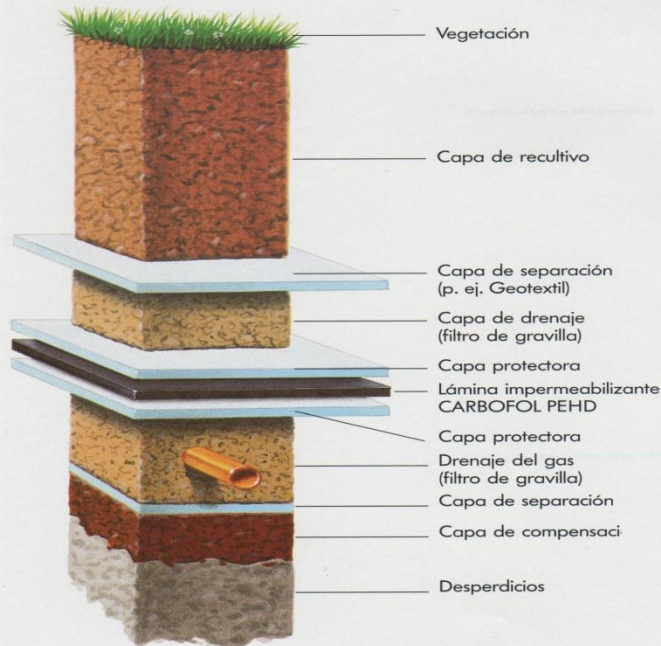
- Se evita la formación de agua de filtración procedente de la superficie.

- Se suprimen las corrientes de gas en el vertedero mediante evacuación intencionada de éstos por desgasificación activa en la zona superficial.
- Se puede replantar la superficie del vertedero e integrarlo en el paisaje que le rodea.

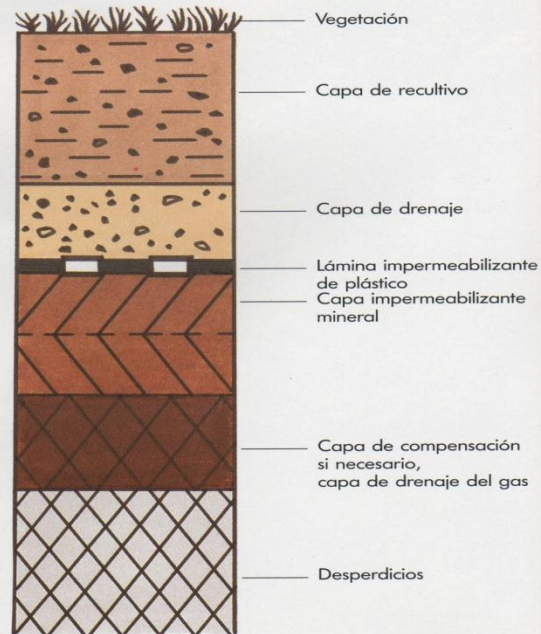
Un sistema de desgasificación instalado cerca de la superficie, por drenaje horizontal y pozos de desgasificación, hace

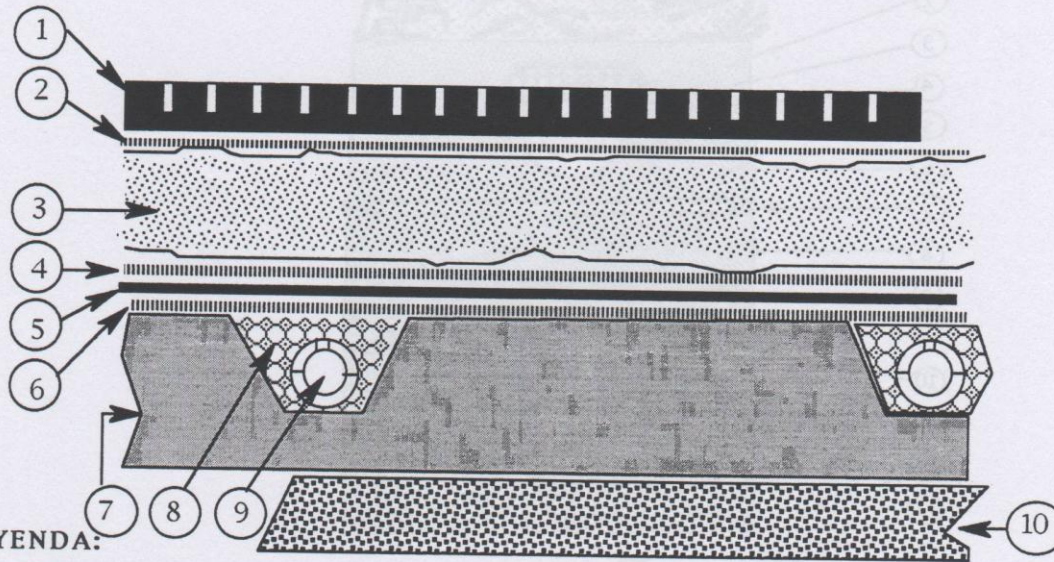
posible una desgasificación activa de los desperdicios vertidos.

Impermeabilización de la superficie del vertedero



Impermeabilización de la superficie del vertedero (impermeabilización combinada)





LEYENDA:

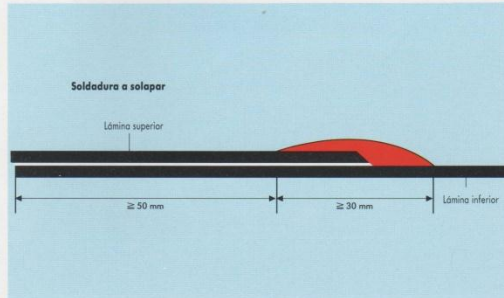
- | | | | |
|---|---------------------------------------|----|--------------------------------|
| 1 | Tubería PEAD, captación de Lixiviados | 7 | Material natural compactado |
| 2 | Geotextil | 8 | Material natural drenante |
| 3 | Capa protectora, semipermeable | 9 | Tubería de control y detección |
| 4 | Geotextil | 10 | Terreno Natural |
| 5 | Lámina de PEAD | | |
| 6 | Geotextil | | |



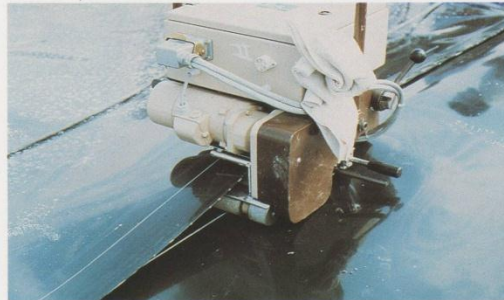
de manera limpia, segura, perfecta.

Las soldaduras se confeccionan, con máquinas automáticas controladas electrónicamente, como costuras dobles con una anchura del cordón de 2 x 15 mm y una anchura del canal de verificación de aprox. 20 mm. Cada soldadura efectuada queda anclada en el plano de colocación. Durante la soldadura, todos los parámetros como temperatura, fuerza de unión y veloci-

dad son sometidos a constante control electrónico, registrándose los datos obtenidos. Las soldaduras dobles se verifican con aire comprimido y aparatos registradores, de acuerdo con lo prescrito en el certificado de homologación.



Soldadura por extrusión

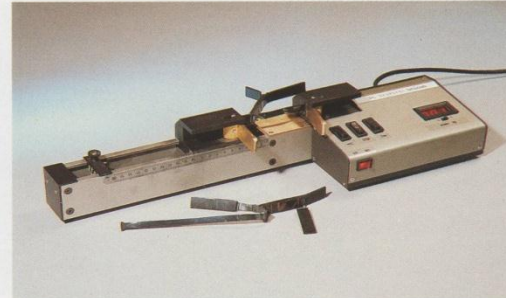


Soldadura con cuña caliente

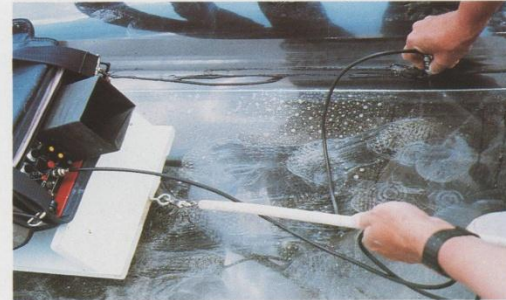
16



Máquina de soldadura con cuña caliente con control electrónico



Comprobación de soldadura



Comprobación con método de ultrasonidos



Comprobación con método de vacío

Ensayos

Tabla 1. Ensayos a realizar a las geomembranas de polietileno de alta densidad (PEAD)

Característica	Unidad	Norma UNE 104-300	Frecuencia
Densidad	g/cm ³	Apdo 4.1	Por lote
Espesor y variación en el borde	mm	Apdo 4.2	Por rollo
Tolerancia la anchura	mm	Apdo 4.3	Por rollo
Contenido en negro de carbono y cenizas	%	Apdo. 4.5	Por lote
Dispersión de negro de humo	-	Apdo. 4.6	Por lote
Indice de fluidez	g/10min	Apdo 4.7	Por lote
Resist. Tracción, pto. Fluencia, alargamiento			
Resistencia a la tracción(*)	Mpa	Apdo. 4.10	20.000m ²
Esfuerzo en el pto. de fluencia(*)	Mpa	Apdo. 4.10	20.000m ²
Alargamiento en la rotura(*)	%	Apdo. 4.10	20.000m ²
Alargamiento en el pto. de fluencia(*)	%	Apdo. 4.10	20.000m ²
Resistencia a la perforación			
Resistencia perforación(**)	N/mm	Apdo. 4.11	20.000m ²
Recorrido(**)	Mm	Apdo. 4.11	20.000m ²

En obras menores de 20.000 m² se considerará un ensayo por obra

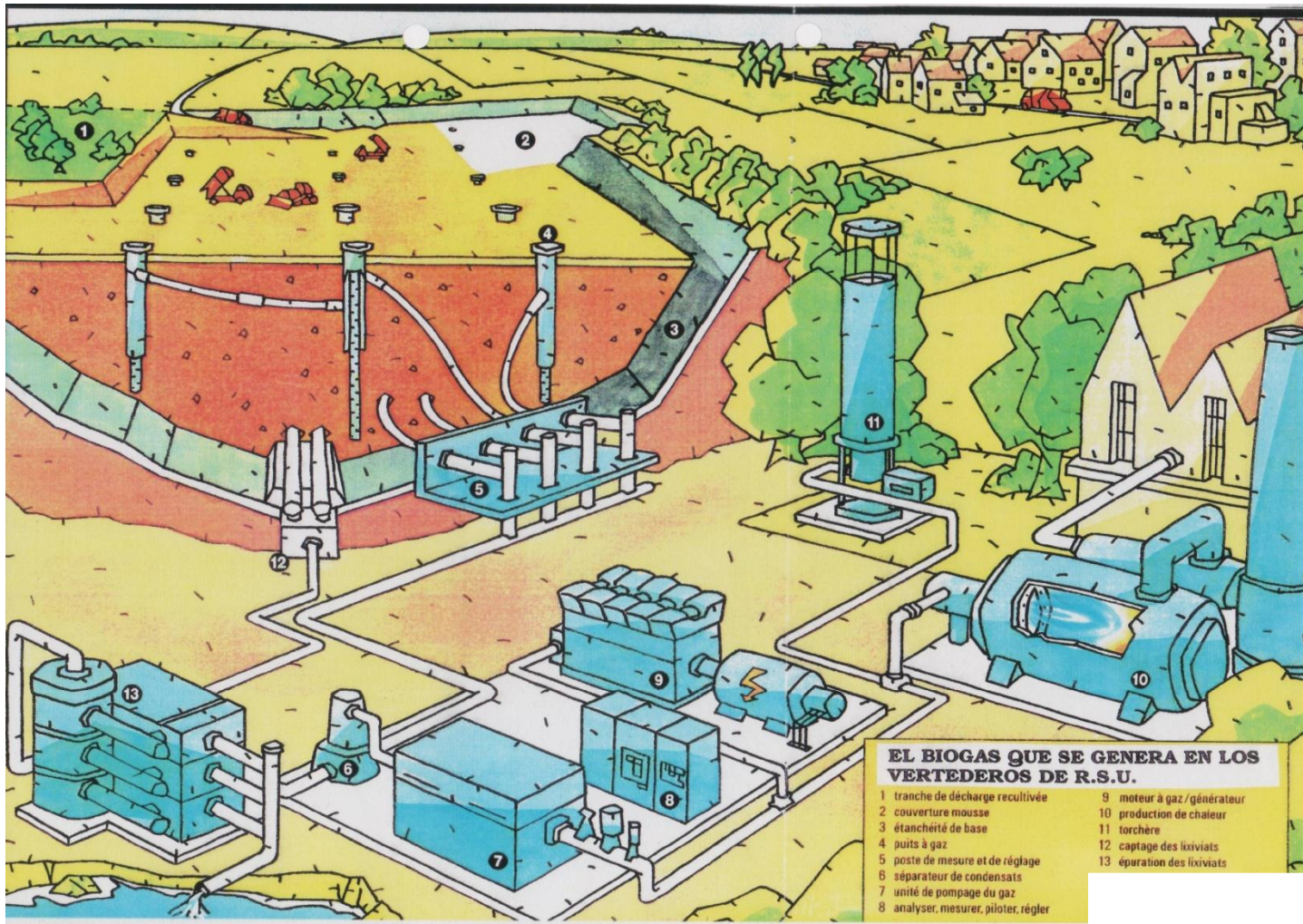
INFOENVIRO, Febrero 2006- Geosintéticos SOTRAFA

Tabla 2. Ensayos a realizar a las geotextiles

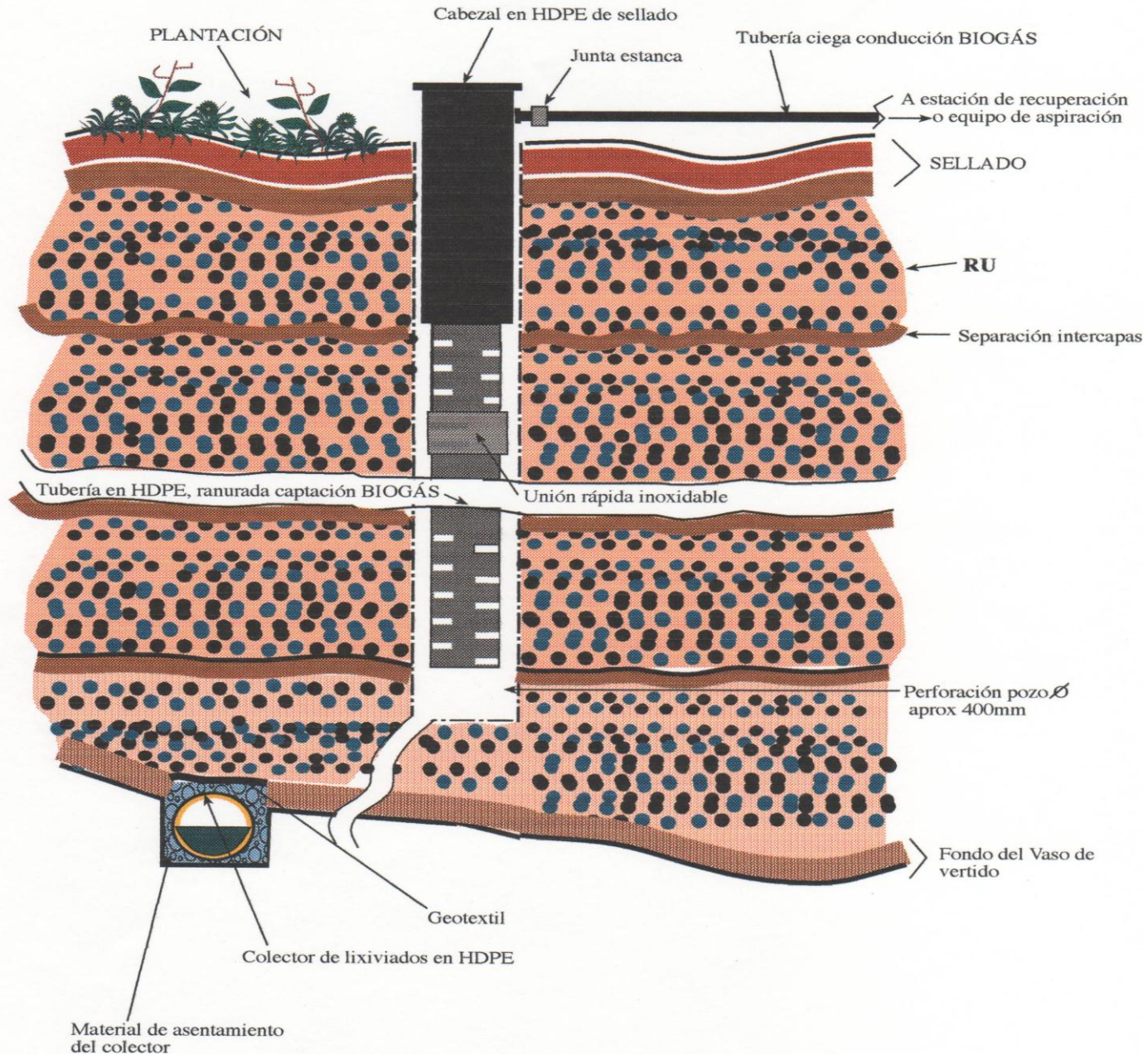
Parámetro	Unidad	Norma	Valor mínimo
Peso	Kg/m ²	ENU EN 965	Por lote
Espesor bajo carga de 2 kN/m ²	Mm	UNE EN 964	Por lote
Resistencia CBR	N	UNE EN ISO 12236	Por lote
Resistencia a tracción (*)	KN/m	UNE EN ISO 10319/1	Por lote
Elongación a rotura (*)	%	UNE EN ISO 10319/1	Por lote
Perforación caída libre de cono	Mm	UNE EN 918	Por lote
Resistencia a perforación con pirámide	N	Anexo B UNE 104-424	Por obra

(*) *En ambos sentidos*

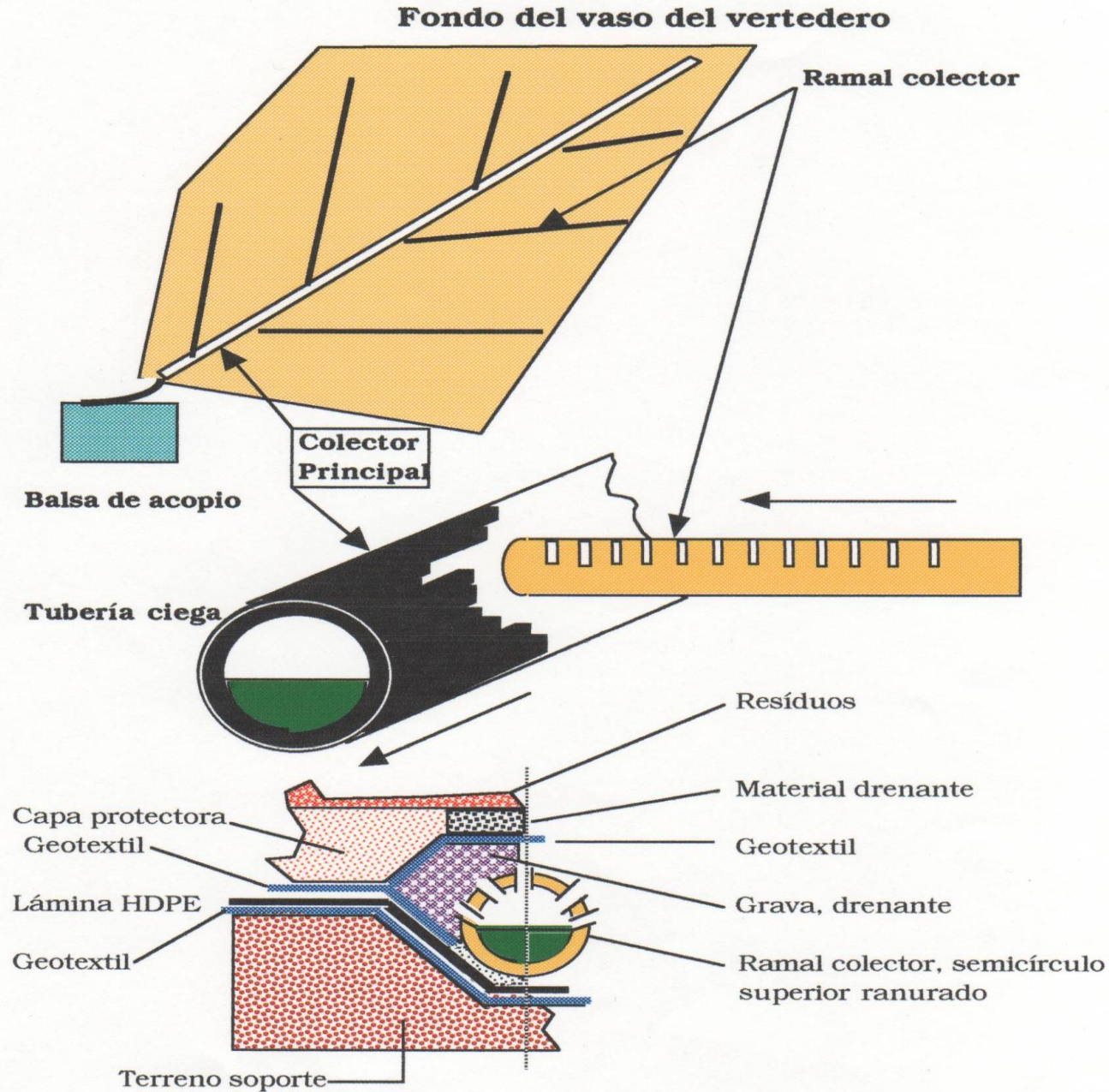
Estructura completa del SELLADO



ESQUEMA INFRAESTRUCTURA DE CAPTACIÓN DEL BIOGÁS EN UN VERTEDERO CONTROLADO : POZO DE CAPTACIÓN.



Esquema gráfico de red de captación de lixiviados



MODALIDAD Smell-Well

A pesar de que la gestión de los vertederos está contemplada en la correspondiente legislación UE, legislación Nacional (transposición de la Directiva) y en Autonomías, hay que tener en cuenta las diversas fases, la última, denominada “**Control Postclausura**” puede llegar a transmitir esta “Herencia” a las generaciones venideras, ya que legalmente, se reconocen unos periodos mínimos de atención no inferiores a los 30 años. Todavía si fuésemos perfectamente conocedores de la realidad, alargaríamos dicho periodo, hasta tener cierta seguridad de que la masa de residuos acopiada se ha “Inertizado”.

En la actualidad, como se ha indicado, el método tradicional de sellado e integración de vertederos, comporta la extracción del biogás y la integración del lugar ocupado en el entorno. En ningún caso, o al menos en la mayoría de casos, se ha previsto que los terrenos ocupados por el vertedero vuelvan a ser empleados en determinadas aplicaciones : Nuevo recinto de vertido, Area industrial, etc..

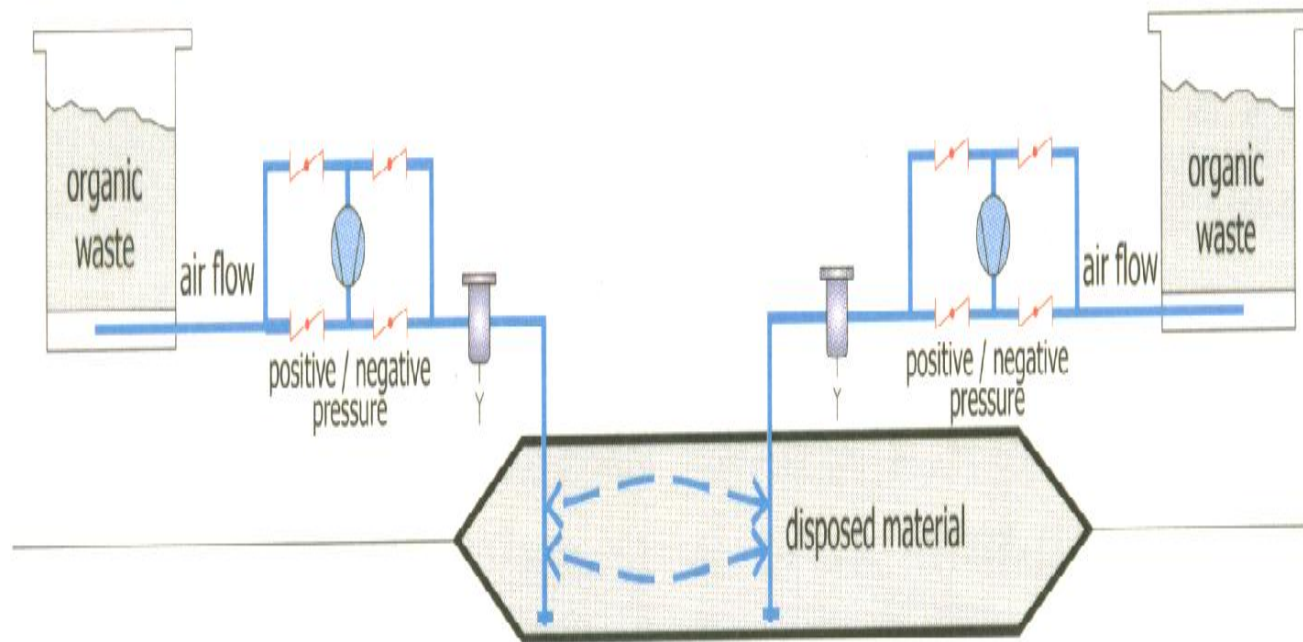
Al igual que sucede en todas las fases integradas en la denominada “Gestión de Residuos”, en esta, su fase final, la tecnología que se propone incorpora nuevos avances que pueden cambiar la actual operativa.

Se ha considerado de interés por tanto, exponer en líneas generales la denominada comercialmente como: **SMELL-WELL, su aplicación permite recuperar los terrenos ocupados.**

El sistema **SMELL-WELL (operativo desde 1993) está fundamentado en la ventilación, por medio de una corriente húmeda y caliente de aire, inducida a través de lanzas multiperforadas, de esta forma en el interior de la masa del vertedero, se crea un microclima en un corto plazo de tiempo.**

Las lanzas son situadas conformando una cuadrícula de unos 6m. de lado. El aire se succiona a través de unos biofiltros (soporte filtrante: Compost) y se impulsa hacia el interior del vertedero, distribuyéndose a través del hueco central de las lanzas, por los orificios. Al mismo tiempo la mezcla de metano, CO₂ y Oxígeno, se ve impulsada por el aire entrante y conducida hasta los biofiltros para su limpieza.

Stabilizing a waste disposal site



Sobre el Terreno



Perforación para anclaje de aireadores

Air lances are set



Cabezal y conjunto de aireación, anclado



El sistema **Smell-Well** elimina la generación de metano, por tanto la formación de olores y el peligro de explosión al contacto con el oxígeno del aire.

Después de un corto plazo de tiempo, comprendido entre los 5 y los 20 días, las condiciones internas del reactor (en el que se convierte la masa vertida), han pasado de anaeróbicas a aeróbicas y las emisiones al exterior se han reducido hasta niveles bajo mínimos.

En la siguiente imagen se muestran las redes de infraestructura de lanzaderas y conducciones.



Aeration is ready to start

**Caso Práctico:
SELLADO E INTEGRACIÓN
DEL VERTEDERO DE
VALDEMINGOMEZ
MADRID**



Ayuntamiento de Madrid

**PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA CONTRATAR,
MEDIANTE CONCURSO PÚBLICO, POR PROCEDIMIENTO
ABIERTO, EL PROYECTO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN
DE UNA INSTALACIÓN DE DESGASIFICACIÓN CON
RECUPERACIÓN ENERGÉTICA DEL VERTEDERO DE
VALDEMINGÓMEZ, ASÍ COMO DE SU SELLADO,
RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y CONTROL Y MANTENIMIENTO
POSTERIOR**

Ayuntamiento de Madrid

Artículo 1º.-

OBJETO DEL CONCURSO

Es objeto de este concurso la adjudicación del Proyecto, Construcción, y Explotación de una instalación de aprovechamiento energético del biogás del Vertedero de Valdemingómez. Así mismo, implica su sellado, siguiendo las pautas especificadas en la legislación vigente, y acondicionamiento ornamental de la zona y su recuperación paisajística.

Además, el adjudicatario de este contrato procederá al control, vigilancia y mantenimiento en materia medioambiental y de seguridad del vertedero, una vez clausurado, es decir cuando cese la admisión de residuos en el mismo, a lo largo del plazo establecido.

Para todas las obras, instalaciones y la explotación de las mismas del presente concurso deberán atenerse los adjudicatarios a lo establecido en la Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de Abril de 1999, relativa al vertido de residuos, así como por la legislación nacional y autonómica vigente, y por la que se derive de la aplicación de dicha Directiva.



Generación eléctrica a partir del biogás



La mayor parte del gas captado se emplea para la generación eléctrica. Esta energía, prioritariamente se exporta a la red.

Características del vertedero de Valdemingómez

El vertedero ha estado en funcionamiento durante 22 años (inicio de actividades en 1978), habiéndose depositado en el mismo una cantidad de residuos que supera los 20 millones de toneladas. La superficie que abarca es de 110 Ha..

El grado de compactación es del orden de los 800/900 Kg./m³.

Se han depositado las siguientes tipologías de residuos:

- .Residuos Urbanos, mayoritariamente**
- .Residuos procedentes de la Limpieza Viaria, barrido de las calles y plazas de Madrid.**
- .Residuos asimilables a urbanos generados en diversos establecimientos y autorizados previamente.**
- .Residuos voluminosos: Muebles y Electrodomésticos que han sido objeto de tratamiento previo.**
- .Hasta el año 1995 se depositaron las escorias de los residuos generados en centros Hospitalarios, previamente incinerados.**

El vertedero dispone de una infraestructura para la recogida y conducción de lixiviados, del tipo “espina de pescado**” con ramales drenantes, mediante bombeo, se conduce el lixiviado a un depósito. Hasta su clausura, el lixiviado era reconducido e incorporado nuevamente al vertedero.**

Al inicio de los trabajos objeto de la convocatoria del Concurso de las obras de sellado, no existe infraestructura de captación de biogás.

Existen áreas de vertido en las que se han depositado residuos alcanzando alturas/profundidades de 65m.

Vista aérea general del vertedero de Valdemingómez, una vez clausurado, pendiente del sellado



ESTUDIOS PREVIOS REALIZADOS

Estas explotaciones deben ser objeto en todos los casos, de Estudios y determinaciones previas a su clausura y sellado. En el vertedero de Valdemingómez se han llevado a cabo diferentes estudios y han intervenido grupos de trabajo de investigación y empresas especializadas. Son de destacar los siguientes:

.CAMPAÑA DE EXTRACCION, TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS DE BIOGAS Y CONDENSADOS.

Realizado en fecha: Agosto de 1995

.ESTUDIO DE LAS CONDICIONES TECNICAS Y MEDIOAMBIENTALES

Realizado en fecha: Marzo de 2000.

Incluyó especialmente las Características químicas de las aguas, suelos, sedimentos y vegetación en las proximidades del vertedero.

INFRAESTRUCTURAS, OBRAS E INSTALACIONES

La Infraestructura para la captación del biogás está formada por 280 pozos de profundidad media 20m., la red de conducción está formada por tuberías de HDPE, tiene una longitud total de 43.000m.. dicha red está equipada con las correspondientes **Estaciones de Medición y Regulación** del biogás captado, de las **soplantes** para la captación y de **antorchas** para su combustión en caso necesario.

El biogás captado se mezcla con gas natural.

PERFORACION DEL POZO DE CAPTACION



**COLOCACION DE LOS
TRAMOS DE TUBERIA DE
PEAD PERFORADA**



CABEZALES DE ACERO GALVANIZADO



SELLADO DEL POZO CON EL CABEZAL DE ACERO GALVANIZADO

IMPERMEABILIZACIÓN

COLOCACIÓN LÁMINAS SINTÉTICAS

- Extensión y soldaduras
- Sellado cabezales pozos
- Comprobación soldaduras

RED CONDUCCIÓN BIOGÁS DESDE CABEZALES POZOS HASTA ERM





Documentación fotográfica 13/2/03

Impermeabilización y remates en Isleta





COLOCACIÓN CAPA SUPERIOR DE GRAVA Y RED DE TUBERIAS DE POLIETILENO PARA DRENAJE, diámetro 90 mm.

Acoplamiento de conducto para la evacuación del biogás surgente, al cabezal del pozo.





Equipamiento del cabezal del pozo de captación





ERM conducciones de acceso



GENERACIÓN y VALORIZACIÓN energética del biogás

Se ha considerado factible la valorización energética del biogás generado, hasta el año 2017.

La máxima cantidad de biogás captable puede alcanzar valores próximos a los 9.000 N/m³..

La potencia eléctrica total instalada es de 18,7 MW. (8 grupos motogeneradores), y se dispone asimismo de un generador de vapor y de turbogenerador para el aprovechamiento del calor de los gases de escape de los motogeneradores (cogeneración).

FORESTACION

Fecha:27/01/2003

Forestación en taludes, posterior a la hidrosiembra





Central para la transformación de energía
eléctrica del biogás y entrega a la red.

Detalle Grupos electrogeneradores



Recuperación paisajística

Dado que el vertedero de Valdemingómez está situado en el denominado Parque Regional de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama. La recuperación paisajística incorpora:

.La revegetación del actual vertedero

.La creación de un nuevo Parque en el que se ha implantado un Centro Tecnológico Medioambiental.

Vertedero de VALDEMINGÓMEZ, en fase de recuperación



Centro Tecnológico Medioambiental

Fachada principal



Detalle fachada posterior, lado La Paloma y plantaciones



FORESTACIÓN

Arbustos	246.715 ud de 35 especies distintas
Árboles	27.351 ud de 26 especies distintas y de mayor porte
Red de yute	405.000 m ²
Polímero hidrorretentor	55 Tm
Hidrosiembra	405.000 m ²
Siembras	226.434 m ²
Superficie regada	1.000.000 m ²
Agua bombeada al año	580.000 m ³
Aspersores	1.050 ud
Tubería de riego por aspersión	42.600 m
Tubería de riego por goteo	40.000 m
Tubería de captación de agua desde ERAR Sur	5.200 m
1 balsa de riego + 2 ornamentales	6.882 m ³

CENTRO TECNOLÓGICO MEDIOAMBIENTAL

3 Salas de exposiciones: 2 permanentes y 1 temporal	1.500 m ²
1 Biblioteca	100 m ² 24 plazas
1 Auditorio	250 m ² 200 plazas
Área de administración: 3 despachos, sala de juntas y aseos	150 m ²
Recepción, información-vestíbulo	150 m ²
Almacenes	200 m ²
Espacios exteriores del centro	2.000 m ²
Total superficie	4.350 m ²

OTROS DATOS

Vida útil	22 años
Tm de RSU depositados en el vaso de vertido	21.500.000 Tm
Reducción de carga contaminante en emisiones de metano	4,2 millones Tm de CO ₂ equivalentes
Tiempo de ejecución de la obra	21 meses
Nº de trabajadores participantes	Aprox. 300
Presupuesto total de ejecución	73.550.000 euros

Terminación obras de sellado, reforestación e instalaciones valorización energética del biogás, en el mes de Mayo de 2003

EL VERTEDERO DE VALDEMINGÓMEZ EN CIFRAS

SELLADO	
Superficie sellada en mesetas	517.000 m ²
Superficie sellada en taludes	400.000 m ²
m ³ de tierra en cubrición	1.050.000 m ³
Lámina de PEAD de 2 mm	950.000 m ²
Geotextiles	3.250.000 m ²
Geodrenes	1.350.000 m ²
Tuberías de drenaje y cunetas	35.000 m
Gaviones y muros celulares	17.000 m

DESGASIFICACIÓN	
Pozos	280 ud
m perforados y tuberías de PEAD ranurada	5.600 m
m de tubería de PEAD enterrada	37.200 m
Estaciones de regulación y medida (ERM)	10 ud
Central de extracción secundaria (CES)	2 ud
Central de extracción primaria (CEP)	1 ud
Antorchas de alta temperatura	2 ud

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA	
Gasómetros	2 ud x 1.000 m ³
Motores (ud x Potencia)	8 ud x 2.124 kW
Caldera de recuperación	1 ud
Turbina de vapor ciclo de cola	1 ud x 1.680 kW
Potencia total instalada	18.672 kW
Transformadores	1 de AT 6300/45000 v y 2 de BT 6300/400 v
Estimación de energía generada durante toda la explotación	1.145.309.321 kWh
Máxima energía generada en 1 año	140.311.471 kWh