

Clausura del vertedero de Serrallarga

Tradicionalmente las clausuras de Vertederos se han realizado mediante el empleo de grandes cantidades de materiales naturales como arcillas (impermeabilización), gravas (drenaje) y arenas (filtro y separación). Estos materiales son escasos en el entorno natural y son de difícil, cara y lenta colocación, sobre todo en taludes. En el caso del vertedero de Serrallarga (Lérida), que analizamos en este artículo, el diseño final de la clausura se ha basado en la superposición de distintas capas de geosintéticos para drenaje, impermeabilización y refuerzo

Alex Eserverri, Dpto. Técnico de INTERMAS Geosynthetics

Desde hace más de dos décadas los geosintéticos fabricados por las empresas Intermas y Cetco se vienen usando en vertederos (vasos nuevos y clausuras) con gran éxito en todo el mundo porqué ofrecen multitud de ventajas respecto los elementos naturales:

- Son elementos de reducido espesor con lo que permiten un mayor volumen de explotación del Vertedero
- Pueden instalarse en taludes con gran inclinación (caso del Vertedero de Serrallarga)
- Reducen considerablemente la sobrecarga sobre los residuos
- Tienen capacidades de drenaje e impermeabilización homogéneas, al ser productos industriales
- Son cómodos, fáciles y rápidos de instalar, no precisando maquinaria pesada para ello
- Son una mejor solución para el medio ambiente y además están constituidos por materiales inocuos, no contaminantes y reciclables

Los geosintéticos ofrecen soluciones técnicas avanzadas y permiten reducir los costes de la obra hasta un 50% respecto a la utilización de gravas y arcillas.

EL PROBLEMA

El Proyecto de clausura del vertedero de residuos sólidos urbanos de Serrallarga tenía que garantizar una serie de factores:

- Total impermeabilización de la clausura
- Captación y conducción del biogás, para su utilización en la central de cogeneración
- Drenaje de pluviales
- Cobertura vegetal para reducir la erosión superficial y mejorar el impacto visual
- Estabilidad a largo plazo de la clausura

La clausura del vertedero de Serrallarga presentaba elevadas dificultades técni-



Ficha técnica

- Cliente: Agencia de Residuos de Cataluña y Ayuntamiento de Lérida
- Financiación: Agencia de Residuos de Cataluña (20%) y Fondos de cohesión de la Unión Europea (80%)
- Productos: LINTODRAIN 4012/2, BENTOMAT AS 6000 e INTERGRID 80/30
- Fabricantes: INTERMAS Nets S.A. y CETCO
- Constructora: UTE Romero Polo, S.A. - Sufi S.A.
- Instaladora: LINTECO
- Material instalado:
 - 220.000 m² de LINTODRAIN 4012/2 para el drenaje pluviales, captación de biogás y drenaje de lixiviados generados
 - 110.000 m² de BENTOMAT AS 6000 para la impermeabilización de la clausura
 - 100.000 m² de la geomalla de refuerzo INTERGRID 80/30, para garantizar la estabilidad de la clausura

cas debido a la complicada geometría. La mayoría de los taludes superaban los 30 metros de largo y presentaban inclinaciones superiores a los 30°. Además, se producían emanaciones de lixiviados por los taludes que se tenían que interceptar y drenar.

SOLUCIÓN ADOPTADA

El diseño final de la clausura se basa en la superposición de distintas capas de geosintéticos para drenaje, impermeabilización y refuerzo, según se pueden observar en la figuras y tablas adjuntas (página siguiente).

PRODUCTOS UTILIZADOS

Impermeabilización

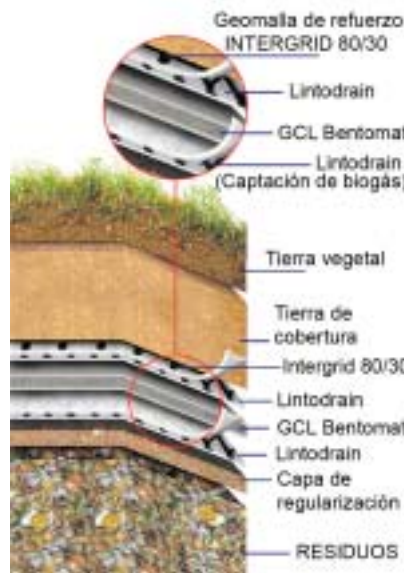
La impermeabilización del Vertedero se realizó con el geocompuesto de bentonita (GCL) BENTOMAT AS 6000, fabricado por la empresa Cetco. BENTOMAT AS 6000 contiene 6 kg/m² de bentonita, una arcilla natural de elevada expansividad, embebida entre 2 geotextiles de polipropileno (PP). La bentonita en presencia de humedad tiende a expandirse y al estar confinada se convierte en una barrera impermeable de gran fiabilidad y homogeneidad, frente a la acción del agua, lixiviados y gases.

Las características más favorables del BENTOMAT AS 6000 se pueden resumir en:

- Garantiza, con un espesor de 0,6 cm (a 20 kPa), una impermeabilización equivalente a 1 metro de arcilla compactada de $K=10^{-9}$ m/s de permeabilidad
- Está disponible en rollos de hasta 5 m de ancho
- Su instalación es muy fácil ya que no requiere soldaduras y en el caso de taludes muy pronunciados puede anclarse mediante grapas de acero, sin que la impermeabilización quede afectada, puesto que la bentonita presenta propiedades autosellantes

Propiedades	Unidad	Valor Norma	Bentomat AS 6000	Norma
Peso total unitario	g/m ²	5300	6340	EN 965
Espesor	mm	6,5	7,5	EN 964-1
Contenido de bentonita	kg/m ²	5	6	EN 965
Peso geotextil tejido	g/m ²	130	140	EN 965
Peso geotextil no tejido	g/m ²	200	200	EN 965
Porcentaje de monmorillonita	%	70	> 70	
Resistencia al corte directo en seco y en húmedo	°	25	35/25	UNE 103401 (Carga 25 kN/m ²)
Resistencia a tracción	kN/m	12/12	12/12	EN ISO 10319
Permeabilidad k	m/s	1·10 ⁻¹¹	1·10 ⁻¹¹	UNE 103403

Características de BENTOMAT AS 6000



Sección de la clausura

Según el DECRET 1/1997 de la Generalitat de Cataluña, para la impermeabilización de la clausura se requiere una capa de arcillas de 1 m de espesor con una permeabilidad inferior a 10^{-9} m/s. BENTOMAT AS 6000, con un espesor de 0,6 cm consigue valores de permeabilidad de hasta 10^{-11} m/s con lo que la impermeabilización es mas eficiente y homogénea. Además, BENTOMAT AS 6000 cumple con todos los requisitos de la Norma UNE 104425 (Materiales sintéticos. Puesta en Obra. Sistemas de impermeabilización de vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad).

Drenaje agua lluvia, lixiviados y captación de biogás

El drenaje del agua, lixiviados y gas se realizó mediante el geocompuesto drenante LINTODRAIN 4012/2, fabricado por la empresa Intermas NETS, S.A. Está constituido por una georred de Polietileno de alta densidad (PEAD) con 2 geotextiles de Polipropileno (PP) termofijados a la georred. La georred está formada por dos hilos superpuestos que forman canales con alta capacidad de evacuación de agua, incluso colocados horizontalmente y sometidos a grandes cargas.

La georred realiza las funciones de drenaje y los geotextiles actúan como protectores de la impermeabilización, elementos filtro y anticontaminante de finos.

Se seleccionó el geocompuesto con georred drenante LINTODRAIN 4012/2 por los siguientes motivos:

- Elevada capacidad de drenaje
- Elevada resistencia a la compresión y tracción que le permite soportar las cargas que recibirá durante la construcción (tráfico de vehículos, procesos de compactaciones, tracciones transmitidas por el vertido de tierras, etc.)
- Excelente comportamiento a la fluencia o fatiga que garantiza una solución drenante a largo plazo
- Durabilidad, ya que el PP y el PEAD son químicamente inertes, imputrescibles e insensibles al agua salina y a los microorganismos. Además, la georred drenante está fabricada en PEAD, que es el polímero más estable frente a las agresiones químicas que producen los lixiviados

Según el DECRET 1/1997 de la Generalitat de Cataluña, en una clausura de un Vertedero se requiere una capa de material granular con una permeabilidad mínima de 10^{-3} m/s para drenar el agua de lluvia. LINTODRAIN 4012/2, con un espesor menor de 1 cm, consigue capacidades de drenaje superiores a los mínimos establecidos en el DECRET 1/1997. Además, LINTODRAIN 4012/2 cumple con todos los requisitos de la Norma UNE 104425.

Estabilidad de la clausura

Del análisis de estabilidad de la clausura se concluyó que era necesario la colocación de una geomalla de refuerzo de 80 kN/m de resistencia a la tracción en sentido longitudinal encima de las distintas capas de geosintéticos.

INTERGRID 80/30 es una geomalla de poliéster recubierta de PVC especialmente diseñada para su uso en clausuras.

Su función es contrarrestar la diferencia entre la fuerza desestabilizadora, es decir, la componente longitudinal del peso de la clausura y la fuerza estabilizadora, es decir, la fuerza de rozamiento que se genera en las distintas interfases entresuelo y geosintéticos.

Materiales, espesores y funciones de las capas de la clausura del Vertedero de Serrallarga			
Tipo	Espesor	Producto	Funciones
Tierra vegetal	20 cm	-	Soporte vegetación, Control de la erosión permanente (vegetación)
Recubrimiento de tierra	50 cm	-	Capa de sellado
Geomalla de refuerzo	< 1 cm	INTERGRID 80/30	Refuerzo para garantizar la estabilidad a largo plazo de la clausura
Geocompuesto drenante	< 1 cm	LINTODRAIN 4012/2	Filtro + Drenaje (agua de pluviales) + Protección impermeabilización. Elimina presión hidrostática
Geocompuesto bentonítico (GCL)	< 1 cm	BENTOMAT AS 6000	Impermeabilización. Evita la entrada de agua de lluvia en el vertedero (formación lixiviado)
Geocompuesto drenante	< 1 cm	LINTODRAIN 4012/2	Drenaje de lixiviados + Captación biogás + Protección impermeabilización. Evita acumulación de biogás debajo impermeabilización (evita subpresiones, formación bolsas de biogás) y conduce el biogás (generación energía)
Tierra	50 cm	-	Regularización residuos, formación pendientes
Residuos	-	-	-

PROCESO DE INSTALACION

Durante la instalación se siguieron los siguientes pasos:

- Extensión y compactación de una capa de suelo de regularización de los residuos
- Apertura de las zanjas de anclaje de geosintéticos en coronación de los taludes.
- Instalación de LINTODRAIN 4012/2, para captación del biogás y drenaje de los lixiviados. Debe de asegurarse el contacto entre las georredes drenantes de los rollos contiguos, solapando el geotextil 10 cm. En la parte superior del vertedero se conectará LINTODRAIN a un sistema de conducción de biogás, que lo llevará a una central de cogeneración de energía
- Instalación de BENTOMAT, dejando un solape mínimo entre paños de 15 cm y asegurando el sellado de las juntas mediante la adición de bentonita granular
- Instalación de LINTODRAIN 4012/2 para drenaje del agua de lluvia infiltrada. En el caso de condiciones climáticas adversas (viento) resulta conveniente unir los geotextiles de LINTODRAIN mediante una pistola de aire caliente, para evitar que se levante por el efecto del viento
- Instalación de la geomalla de refuerzo, con unos solapes mínimos entre paños de 20 cm



Instalación de INTERGRID 80/30 en los taludes del Vertedero.

Características mecánicas	Unidad	Valor	Norma
Resistencia Tracción (MD/CD)	kN/m	> 80 / > 30	UNE EN ISO 10319
Elongación a rotura (MD/CD)	%	12.5 / 12.5	UNE EN ISO 10319
Resistencia Tracción Longitudinal (MD) • 2% elongacion / 5% elongación	kN/m	20 / 32	UNE EN ISO 10319
Resistencia Tracción Transversal (CD) • 2% elongacion / 5% elongación			
Características físicas		Unidad	Valor
Materia prima de la geomalla	-	-	Poliéster alta tenacidad
Recubrimiento	-	-	PVC
Estructura apertura de la geomalla	-	-	cuadrada
Dimensiones apertura de la geomalla	mm	-	20 x 20

Características de INTERGRID 80/30.

- En las bermas y en los taludes de mayor inclinación se sujetaran todas las capas de geosintéticos del sellado mediante pernos de acero corrugado de 0,60 m de longitud
- Extensión de una capa de 0.30 m de tierra vegetal orgánica en los talud y compactada ligeramente mediante un rodillo

CONCLUSIONES

Los geocompuestos drenantes fabricados por Intermas y las láminas de bentonita fabricadas por Cetco garantizan una serie de características importantes a la hora del sellado de vertederos:

- Total impermeabilización
- Captación y conducción del biogás
- Drenaje de pluviales
- Estabilidad a largo plazo de la clausura

La aplicación de geosintéticos realizada en este proyecto certifica:

- El uso de los geocompuestos drenantes LINTODRAIN e impermeabilizantes BENTOMAT permiten clausurar taludes de fuerte inclinación y longitud
- La instalación de los geosintéticos es rápida, económica y fácil
- Las capacidades drenantes de LINTODRAIN e impermeabilizantes de BENTOMAT son fiables, homogéneas

as (al ser productos industriales) y sustitutivos de gravas y arcillas respectivamente, con características heterogéneas

- Utilizar geosintéticos para clausuras de Vertederos es una opción mejor para el medio ambiente puesto que el PP y el PEAD son productos no contaminantes y 100% reciclables, mientras que si se utilizan materiales naturales se necesitarían grandes cantidades de gravas y arcillas, elementos escasos en el entorno natural, cuya obtención provoca un importante impacto ambiental.

Agradecimientos

Quiero agradecer la colaboración del Sr. Martí Madorell (Agencia de Residuos de Catalunya), del Sr. Luis Martín (CETCO) y de Dña. Emma Ulibarri Perez (Romero y Polo). No hubiese sido posible realizar este artículo sin su inestimable aportación de información, ideas, conocimientos y ayuda en su preparación.

Bibliografía

Abad, Pedro (2002). "Experiencias de sellado de vertederos con geocompuestos impermeabilizantes y drenantes en España y Portugal". *Residuos n° 66*.

Koerner, R. M. (1998). "Designing with Geosynthetics", 4th Edition, Prentice Hall, New Jersey.

UNE 104425. (2001). "Materiales sintéticos. Puesta en Obra. Sistemas de impermeabilización de Vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad". *Norma Española, editada por AENOR*.

Propiedades	Unidad	LINTODRAIN 4012/2	Norma
Peso unitario	g/cm ²	650	EN 965
Espesor a 20 kPa	mm	4,9	EN 964 - 1
Resistencia Tracción (MD/CD)	kN/m	21 / 20	ISO 10319
Elongación a rotura (MD/CD)	%	50 / 50	ISO 10319
Resistencia a compresión	kPa > 1.250	ISO 604	
Capacidad de drenaje (MD, i = 1)			
$\sigma = 10$ kPa (R/R)	l/s·m	0,86	ISO 12958
$\sigma = 20$ kPa (R/R)	l/s·m	0,62	ISO 12958
$\sigma = 50$ kPa (R/R)	l/s·m	0,51	ISO 12958
$\sigma = 200$ kPa (R/R)	l/s·m	0,35	ISO 12958
Apertura de poros del geotxtil	mm	0,09	ISO 12956

Características de LINTODRAIN 4012/2