

USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Ramón Román ¹; Feli Etxebarria ²

¹ Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. INEK Ingeniería. C/ Escuela Artes y Oficios 6, bajo, 48901 Barakaldo. Tel. 944 180 366. ramon.roman@inek.es

² Ingeniero Industrial. GARBIKER AB. C/ Gran Vía de Don Diego López de Haro 44, 1º izda, 48011 Bilbao. Tel. 944 034 090 felisa.echevarria@bizkaia.net



II Congreso Internacional

VERSOS'10

Vertederos y Sostenibilidad

Alhóndiga, Bilbao

10, 11 y 12 de Noviembre de 2010

Localización



USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Cronología de los Trabajos Realizados (1)

1. Año 2006: En cumplimiento del P.I.G.R.U.B. 2005-2016 se decide construir una instalación para el compostaje de los residuos de parques y jardines municipales
2. Parcela adecuada en el vertedero de Artigas a cota +90:
 - Está en una plataforma intermedia del vertedero sin uso
 - Dimensiones adecuadas: superficie regular de $100 \times 100 = 10.000 \text{ m}^2$
 - Residuos depositados hace más de 20 años
 - Conocida problemática de asentamientos de los vertederos: la plataforma se controla topográficamente desde hace años
3. Estudio de la Viabilidad de la implantación explanada y naves en la plataforma
 - *“Estudio Geotécnico para la cimentación de una Planta de Compostaje en el Vertedero Controlado de Artigas, T.M. de Bilbao”*, LURGINTZA Ingeniería Geológica, marzo de 2006
 - *“Proyecto Básico de una Planta de Compostaje en el Vertedero de Artigas (Bizkaia)”*, INEK Ingeniería, mayo de 2006

Cronología de los Trabajos Realizados (2)

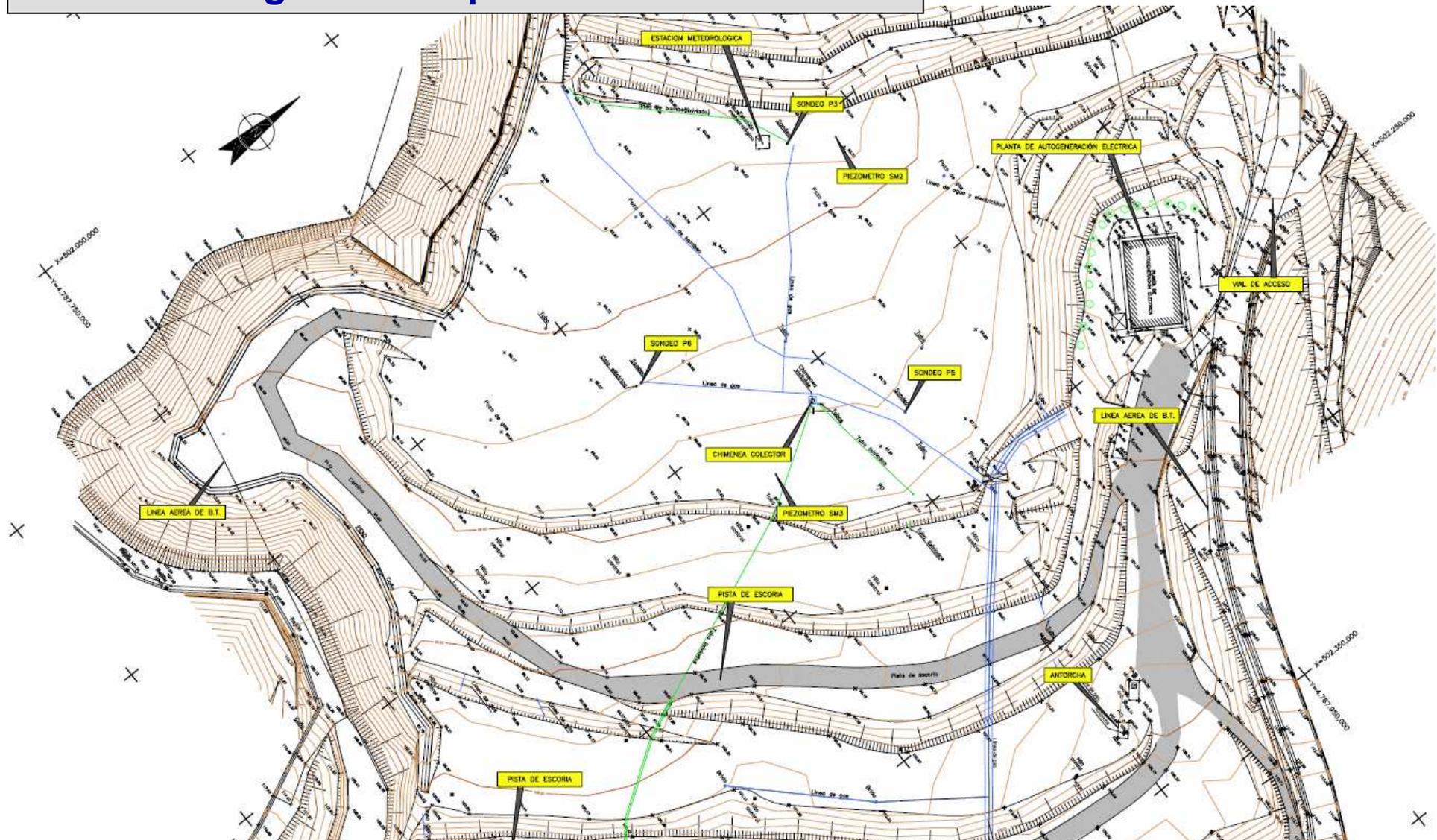
4. En 2008 y 2009 realizan el Proyecto y las Obras de Sellado del Vertedero de RSU de Artigas, cuyo ámbito abarca la parte alta del mismo y termina precisamente en el vial de acceso a la plataforma de cota +90.
5. La Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco exige que para la construcción de la **planta de compostaje** en la plataforma de cota +90 se proceda antes a la **clausura y sellado del vertedero** en esa cota.
6. En mayo de 2009 LURGINTZA redacta el “*Proyecto de Sellado de la Plataforma a cota +90 del vertedero de Artigas, T.M. de Bilbao*”, actualizado en Octubre de 2009.
7. En 2009 INEK Ingeniería retoma el Proyecto de Ejecución. Se decide separar en dos fases:
 - Fase 1: “*Proyecto de Ejecución de Movimiento de Tierras y Adecuación del Terreno en el Vertedero de Artigas, Bizkaia*”, INEK Ingeniería, febrero 2009 y actualizaciones posteriores. Incluye la formación de una plataforma estable y su vial de acceso, relleno de precarga y control topográfico.
 - Fase 2: “*Proyecto de Ejecución de una Planta de Compostaje en el Vertedero de Artigas, Bizkaia*”, INEK Ingeniería, marzo 2010. Defina los trabajos de sellado de la plataforma y de la edificación y urbanización que permitan la puesta en funcionamiento de la planta de compostaje, cota +90

Cronología de los Trabajos Realizados (3)

8. Las obras se realizan también en dos fases:
 1. Fase 1. Se inicia en mayo de 2009 y terminan en diciembre de 2009. Son realizadas por la U.T.E. GM-SM - Excavaciones Viuda de Sainz. El control topográfico de asientos se inicia en diciembre de 2009 y se da por finalizado en julio de 2010, momento en el que se inicia la retirada de la precarga.
 2. Fase 2. A finales de julio de 2010 se adjudican las obras de la Fase 2 a Excavaciones Viuda de Sainz S.A. y en agosto de 2010 comienzan las obras, actualmente en marcha y que finalizarán en diciembre de 2010. El Control de Ejecución y de Calidad del Sellado es realizado por TERRANOVA.

Emplazamiento

Situación original de la plataforma de cota +90



USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Estudio Geotécnico de Partida

1. Redactado por D. Guillermo Bernal, LURGINTZA Ingeniería Geológica con el título de *“Estudio Geotécnico para la cimentación de una Planta de Compostaje en el Vertedero Controlado de Artigas, T.M. de Bilbao”*, marzo de 2006
2. Contenido:
 - Recopilación y análisis de controles topográficos de asientos
 - Estudio histórico del vertedero: cartografía antigua para definir el fondo de la vaguada original y deducir así los espesores de RSU existentes
 - Aproximación al comportamiento tensodeformacional de los rellenos por analogía con rellenos de suelos: estimación de asientos a corto y a largo plazo, propios e inducidos por rellenos y sobrecargas superficiales (zapatas de naves)
 - Tipologías de cimentación de naves industriales: se descarta cimentación profunda por ataque químico de los lixiviados de RSU y por asientos diferenciales edificio-soleras
 - Estudio de alternativas de mejora del terreno: columnas de grava, compactación dinámica, precarga
 - Propuesta inicial de sellado, recogida de biogás y drenaje de aguas limpias

(1) Estudio del Fenómeno de los Asentamientos en Vertederos de RSU

1. Redactado por D. Ramón Román, INEK Ingeniería, con el título de “**Proyecto Básico de una Planta de Compostaje en el Vertedero de Artigas (Bizkaia)**”, mayo de 2006
2. Tipología de los asentamientos:
 - **totales y diferenciales** entre puntos por diferencias locales de los tipos de rellenos y por diferencias de espesor de rellenos
 - de tipo **instantáneo o de corto plazo** por compresión de los rellenos tras aplicar una carga superficial al rellenar sobre ellos o apoyar zapatas de naves
 - de “**consolidación primaria**” o medio plazo, por disipación progresiva de las presiones intersticiales de lixiviados y por variación del “nivel freático de lixiviados” provocado por su rebaje intencionado mediante bombeo
 - de “**consolidación secundaria**” o de largo plazo, por descomposición química y biológica de los residuos, estimados en 1.2 mm/año/metro de relleno como media, mayores en los primeros años

(2) Análisis de los Asentamientos y Propuestas de Actuación

3. **Análisis de los asentamientos:** no se pueden eliminar completamente (los de largo plazo seguirán produciéndose), pero sí se pueden reducir y hacer que su distribución sea más uniforme evitando asientos diferenciales importantes
4. **Solución** para uniformizar los asientos de la urbanización y evitar asientos o colapsos locales: empleo de **geomallas de refuerzo biorientadas** de polipropileno intercaladas en capas de **rellenos granulares compactados** formando una “losa flexible” de 1.20 m de espesor dispuesta sobre los RSU.
5. Franja de **rellenos granulares compactados**. Efectos:
 - Al subir la cota de las zapatas, sus cargas se “abren” y llegan con valores reducidos a los RSU, por lo que los problemas de asientos locales o colapsos de eliminan
 - Los rellenos comprimen los estratos inferiores, provocando asientos de tipo instantáneo no recuperables. Mantenidos en el tiempo producen asientos “secundarios”

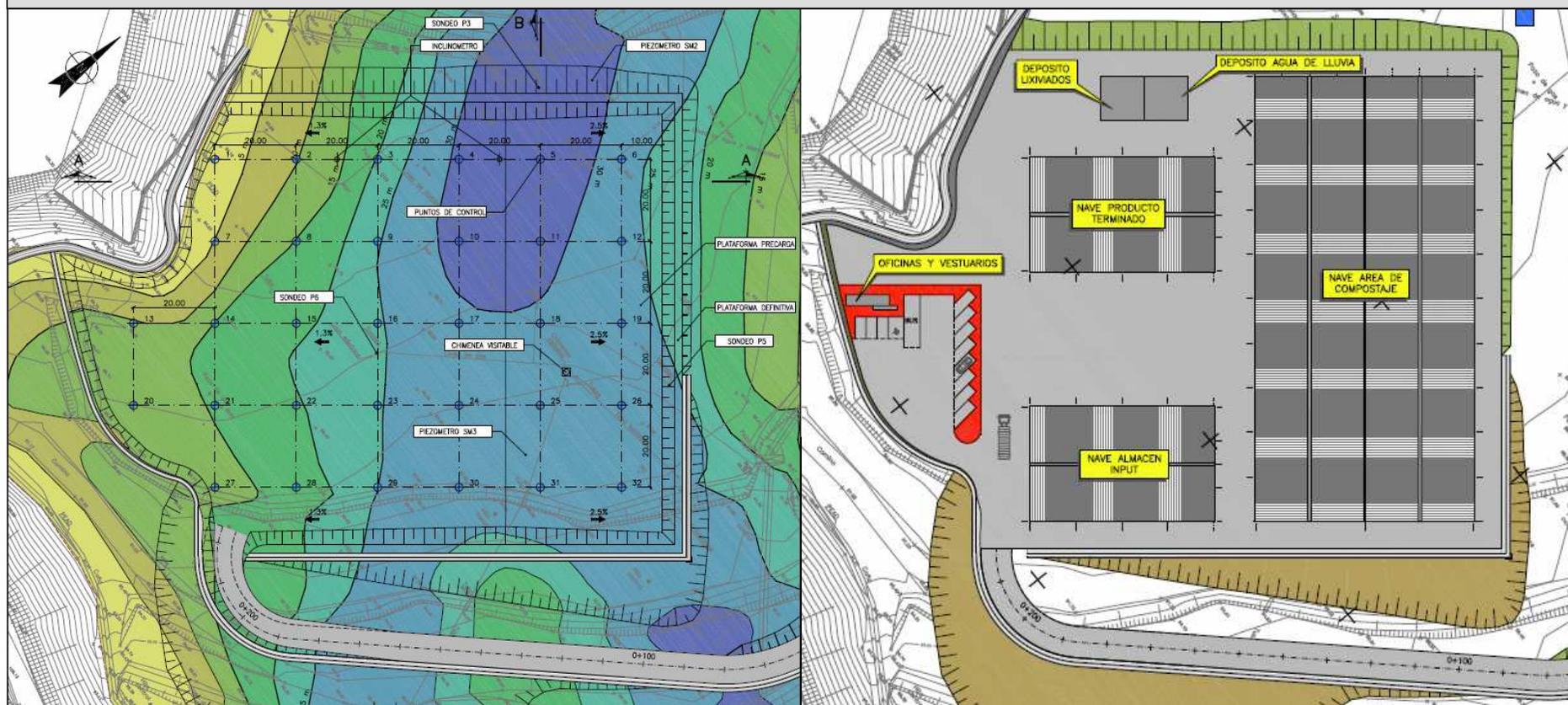
(3) Diseño de la Planta de Compostaje

Naves a construir (programa de necesidades)

- Nave de Recepción: 50 m x 25 m x 10 m.
- Nave de Compostaje: 100 m x 50 m x 10 m.
- Nave de Almacén: 50 m x 25 m x 10 m.

Disposición y Orientación de las Naves:

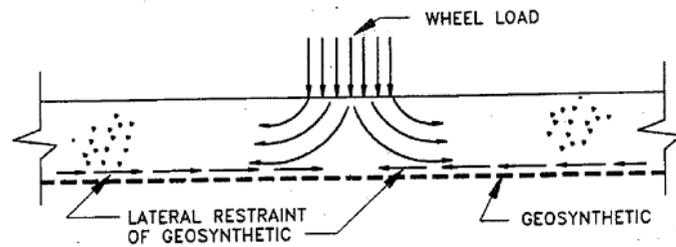
Cada nave en zonas con espesores similares de rellenos → asientos más uniformes



USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

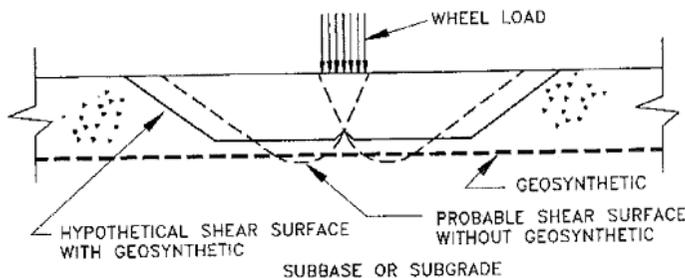
Geomallas de Refuerzo Biorientadas de Polipropileno (1)

- Refuerzo del terreno por la trabazón con el material granular de relleno (efecto “interlocking”)
- Se emplea INTERGRID PP 30: geomalla de polipropileno monolítica de 30 kN/m de resistencia a tracción
- Tres efectos locales: confinamiento lateral, aumento de la capacidad portante (cohesión ficticia) y efecto de soporte vertical como membrana.
- Efecto: mejoras locales para cargas concentradas y frente a colapsos de terreno de pequeña dimensión



(a) LATERAL RESTRAINT

Fig. 4: Lateral restraint (confinement effect) (from Haliburton et al., 1981)



(b) BEARING CAPACITY INCREASE

Fig. 5: Load distribution effect (from Haliburton et al., 1981)

Efecto “interlocking”

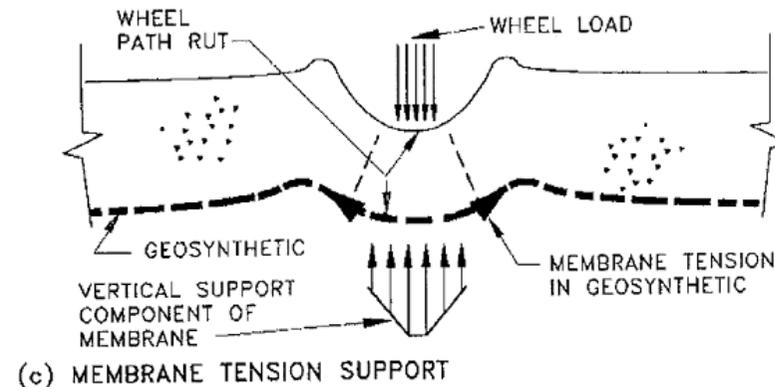
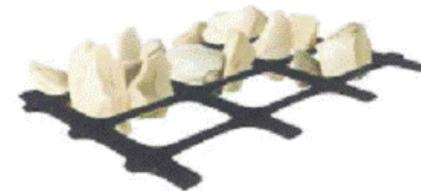
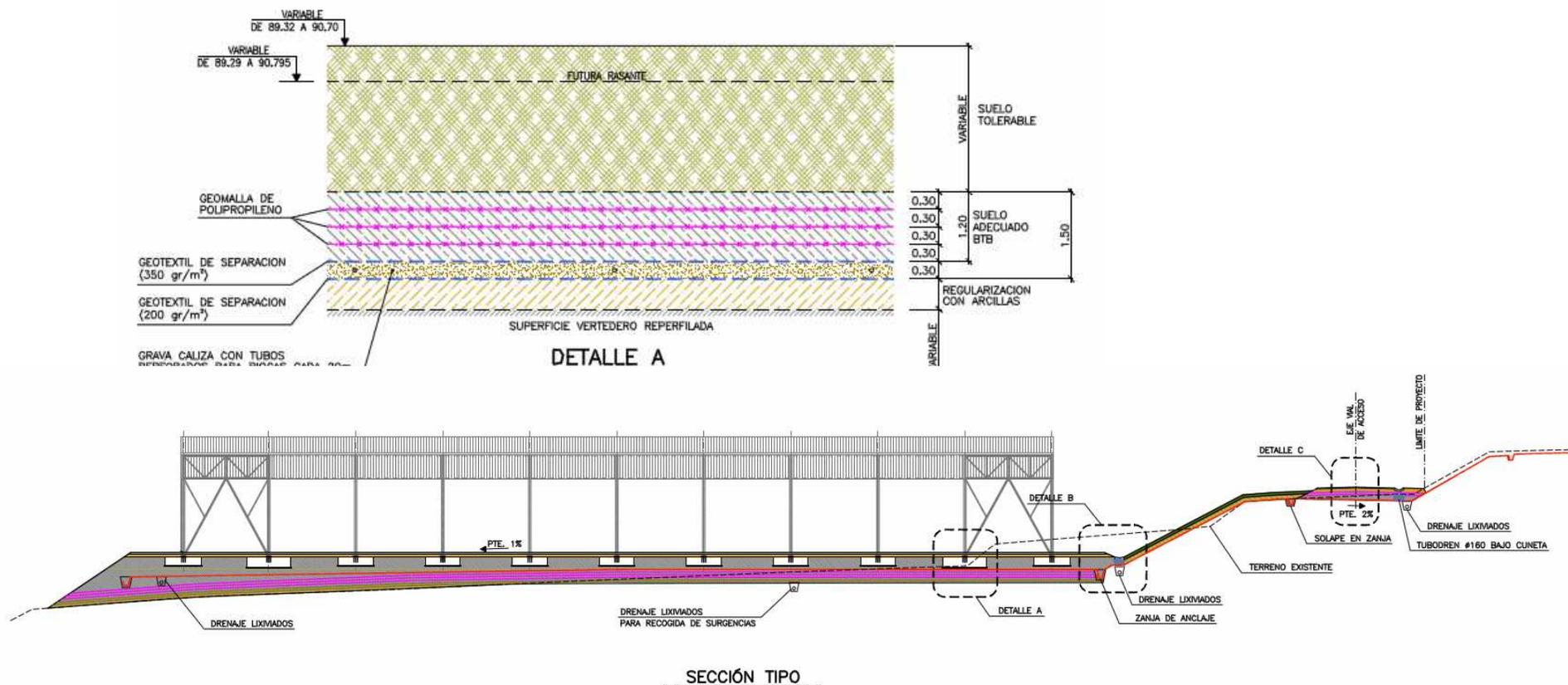


Fig. 6: Tensioned membrane effect (from Haliburton et al., 1981).

Proyecto de Ejecución

Geomallas de Refuerzo Biorientadas de Polipropileno (2)

- A escala general de la plataforma, se forma una “losa flexible” que da soporte de los rellenos superiores y a las zapatas de las naves.
- Efectos: mejora de capacidad portante y uniformización de los asientos generales
- Se coloca en la fase 1 de las obras, previa a la precarga. La precarga es ya una “prueba de carga” de la geomalla. Resultados: los asientos “copian” los isoespesores de rellenos sin fallos locales

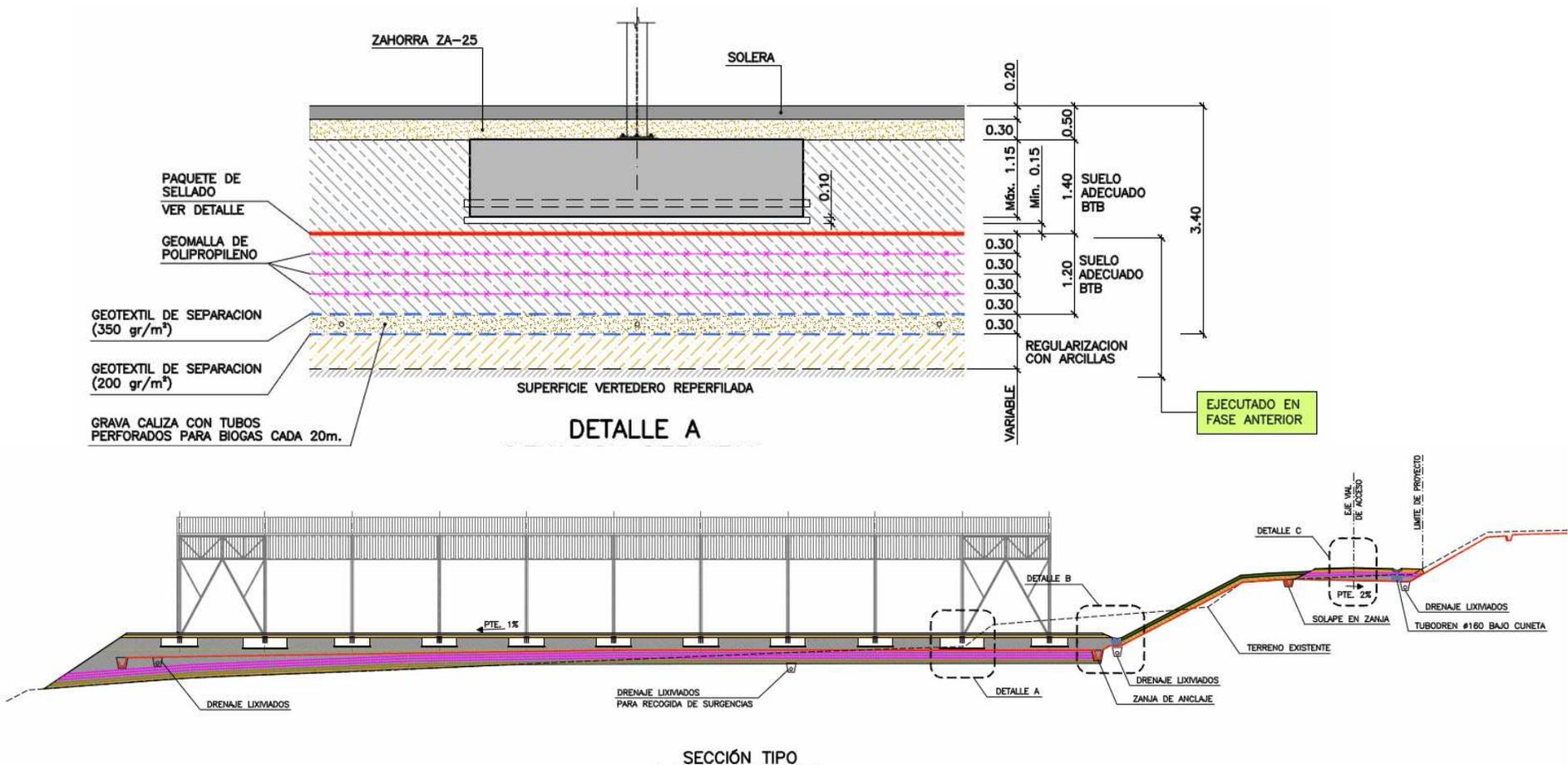


USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Proyecto de Ejecución

Geomallas de Refuerzo Biorientadas de Polipropileno (3)

- Fase 2: tras la retirada de la precarga, se perfila la superficie de conformado para el sellado
- Efectos: mejora de capacidad portante bajo las zapatas, evita “punzonamiento” del terreno blando inferior y uniformiza los asientos

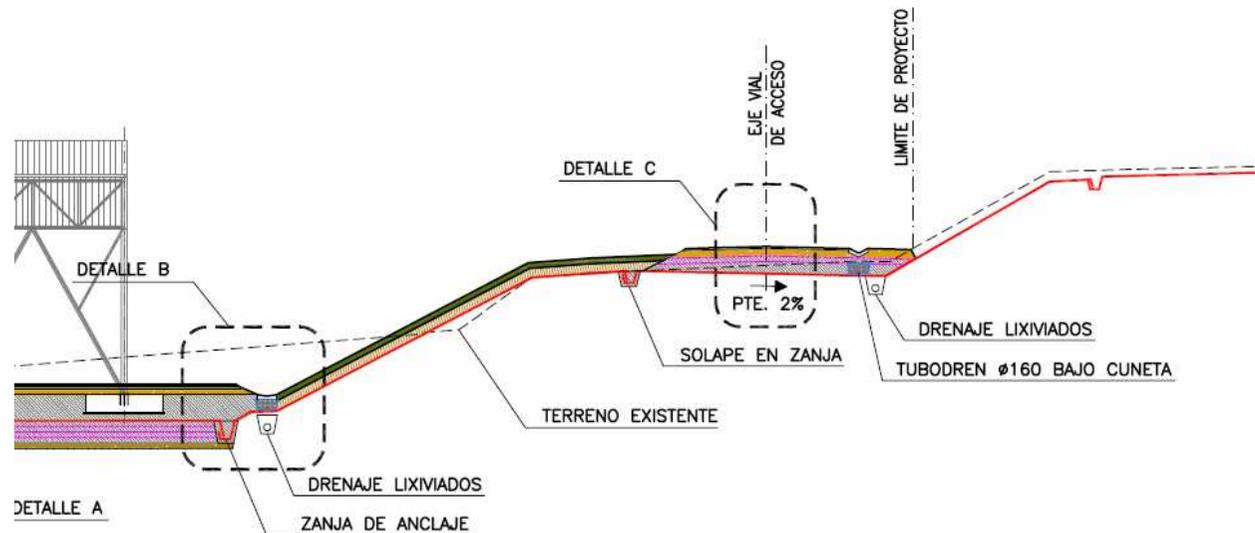


USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Proyecto de Ejecución

Sellado de Vertedero Postclausura (1)

• Sellado de la Plataforma: misma secuencia de sellado y con los mismos materiales empleados en el sellado de todo el vertedero. Vista del “paquete de sellado” y conexión con el sellado del resto del vertedero en el vial de acceso:



USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

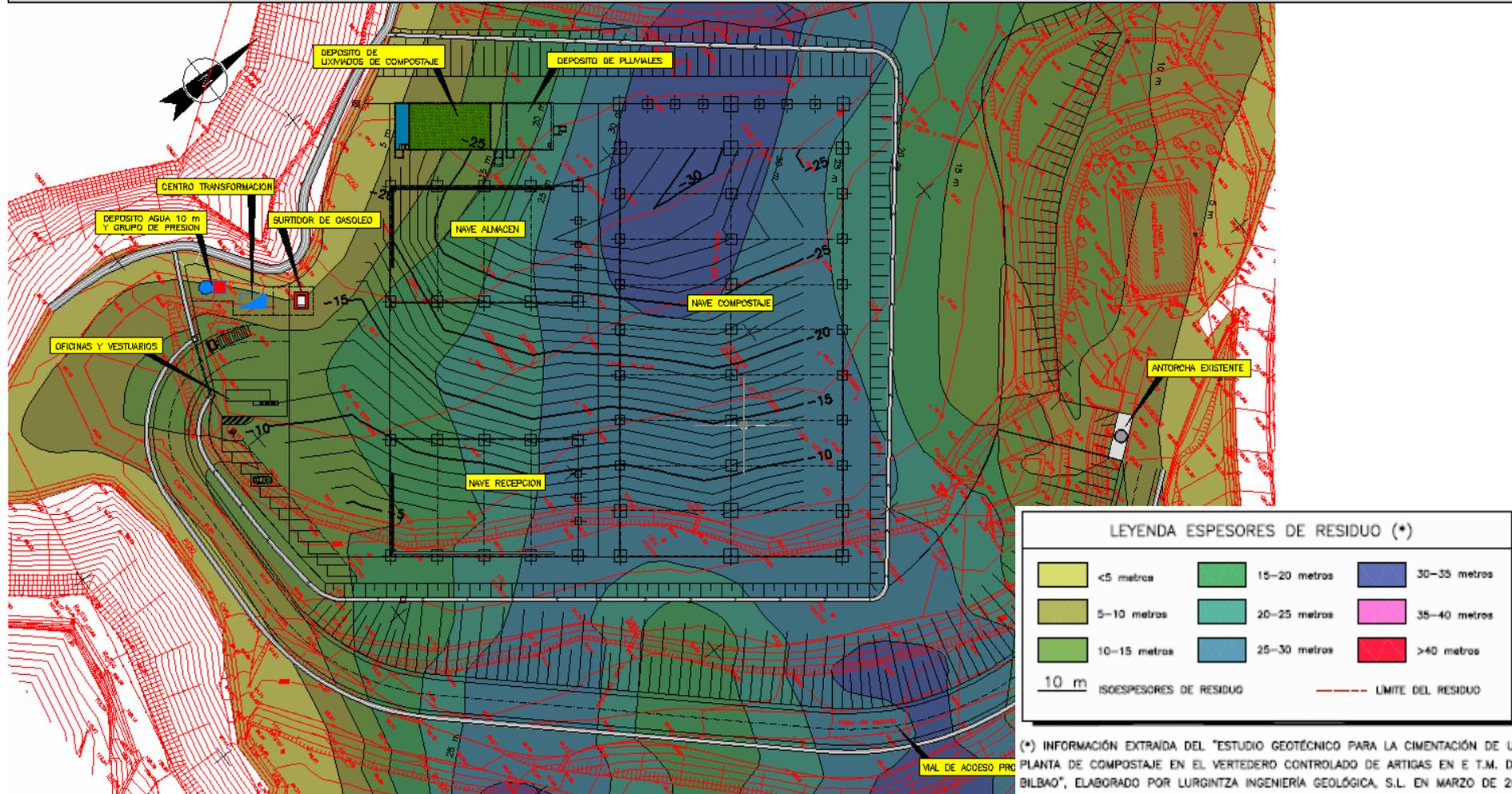
Precarga y Control Topográfico de Asientos

- **Precarga** para aceleración de asientos:
 - Precarga: rellenos con un espesor superior a los futuros una vez construida la planta: aplicamos una carga superficial mayor.
 - Se pretende eliminar prácticamente los asientos instantáneos y los de “consolidación primaria”
- **Depresión del “nivel freático de lixiviados”**.
 - No es un nivel freático al uso, sino un sistema multicapa complejo
 - Se bombea para rebajar su nivel (grupo de trabajo de Ente Vasco de la Energía)
 - Los huecos dejados por los lixiviados se comprimen bajo el peso de los propios RSU y de la precarga, acelerando asientos: se comprueba en la medición topográfica
- **Control topográfico** de la evolución de asientos tras la precarga.
 - Se establece una **cuadrícula de testigos** en toda la superficie de la plataforma y se miden semanalmente los asientos en todos ellos.
 - Cuando las **curvas de asientos** indiquen que estos se reducen asintóticamente hacia su valor máximo, se podrá tomar la decisión de retirar la precarga y proceder a la ejecución de la planta de compostaje

Proyecto de Ejecución

Control Topográfico de Asientos Durante la Precarga

Superposición de las líneas de nivel de asientos en cm (máximo -30 cm) con los isoespesores de residuos y con la implantación de la Planta de Compostaje



USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Naves Metálicas “isostáticas” (1)

•Estructura de las Naves:

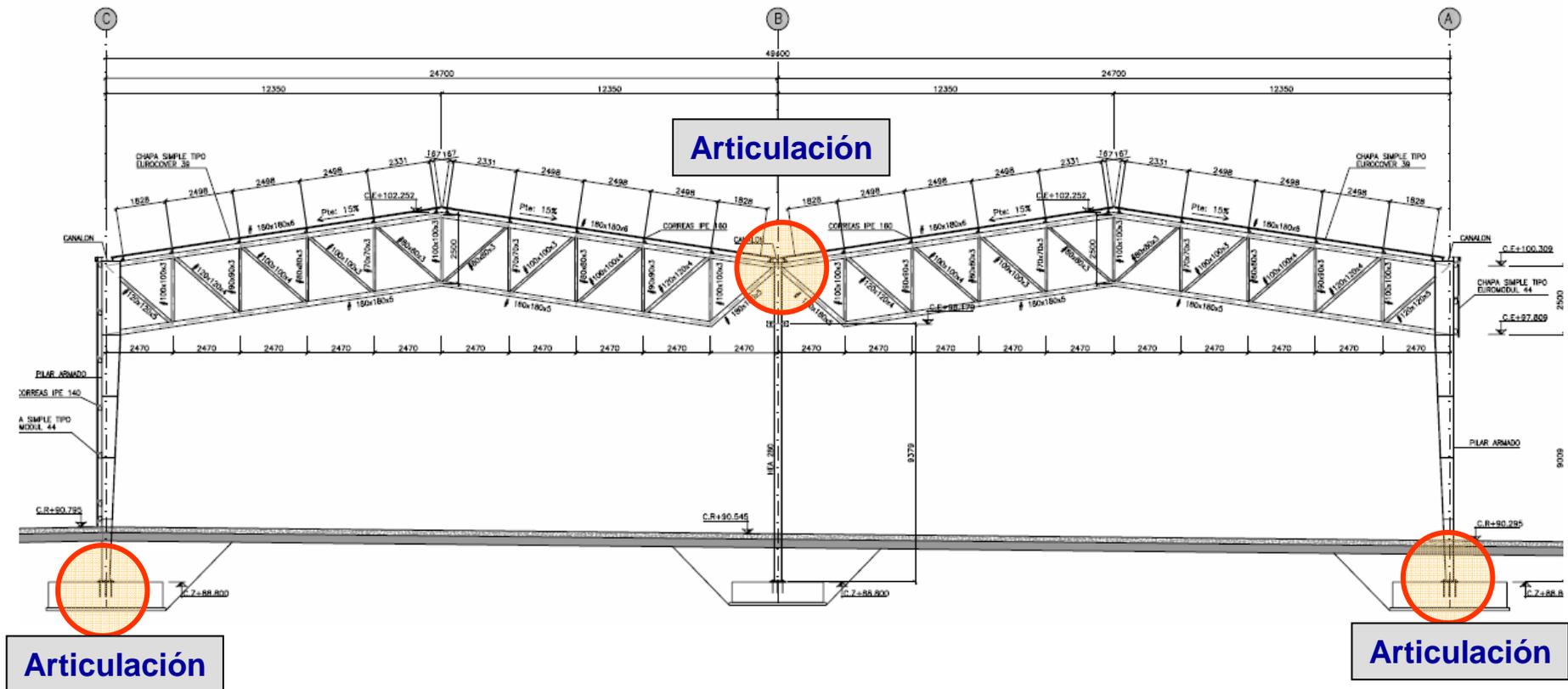
- Estructura metálica: más ligera que la de hormigón y permite realizar esquemas estructurales no convencionales
- Las tres naves se forman con pórticos planos isostáticos: los asientos producen traslaciones, pero no deformaciones ni esfuerzos.
- Nave de Compostaje: pilares laterales articulados en la base y central empotrado; vigas empotradas en pilares laterales y articulados en el central: esquema triarticulado
- Naves de Recepción y de Almacén: Porticos rígidos articulados en su base
- Se evitan daños en la estructura por asentamientos de largo plazo
- En elementos secundarios requerirá cierto mantenimiento

•Cimentación de las Naves:

- Zapatas aisladas con tensión admisible baja de 0.5 kp/cm^2 o 0.05 newton/mm^2 para reducir asentamientos y diseño de pórticos con configuración estructural isostática
- Vigas centradoras** y de atado entre zapatas, para reducir los efectos de desplazamientos y giros provocados por asentamientos de largo plazo

Proyecto de Ejecución

Naves Metálicas “isostáticas” (2)

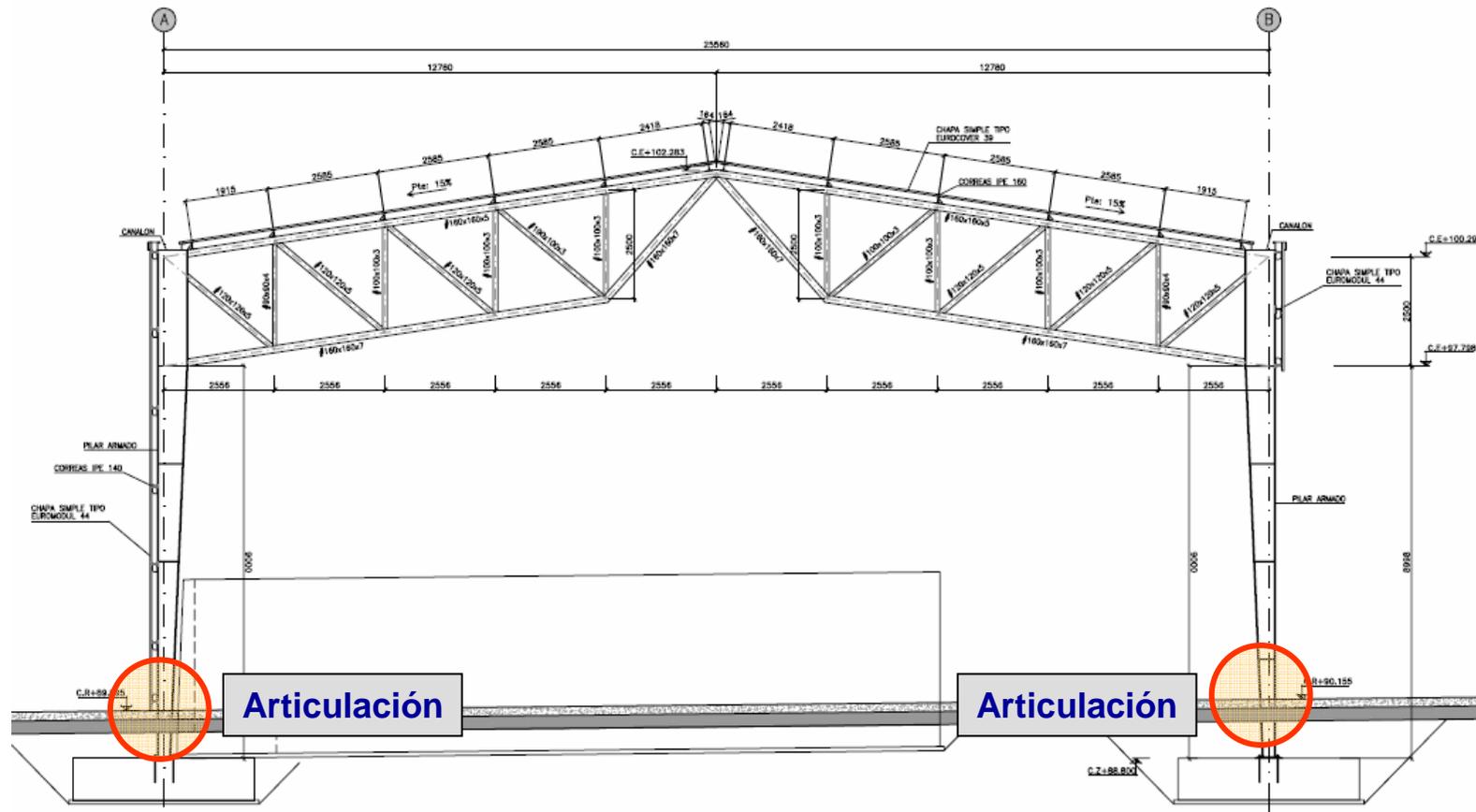


Pórtico Tipo Nave Planta Compostaje

USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Proyecto de Ejecución

Naves Metálicas “isostáticas” (3)



Pórtico Tipo Naves Recepción y Almacén

USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Otras Instalaciones de Interés

Soleras de la Plataforma

- Soleras de hormigón reforzadas con fibras de polietileno.
- Juntas de dilatación y cortes de retracción para adaptarse a los asientos

Instalaciones existentes.

Se mantienen y recrecen los piezómetros, los sondeos, la chimenea vertical y las conducciones de biogás. Se desplaza la estación meteorológica.

Aprovechamiento del agua de lluvia.

Se recogen las aguas de lluvia y se almacenan en un depósito desde el que se bombean para su aprovechamiento en el riego de la pilas de compostaje

Tratamiento de los Lixiviados de Compostaje.

- Se depuran y estabilizan para su recirculación en las pilas de compostaje.
- Tratamiento primario convencional en equipo compacto (desarenado, decantación primaria, desanatao).
- Tratamiento secundario y terciario en lecho de vegetación acuática macrófita

Instalaciones de Urbanización

- Acometida de Energía Eléctrica y Centro de Transformación, Alumbrados Exteriores y de Naves, Acometida y Depósito de Agua Potable
- Recogidas de Lixiviados y Aguas de Lluvia en soleras con canaletas con rejillas

Ejecución de las Obras

FASE 1. Fotografías



USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Ejecución de las Obras

FASE 1. Fotografías



USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLASURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Ejecución de las Obras

FASE 1. Fotografías



Fase 1. Septiembre 2009. Detalles colocación geomallas y material granular en tongadas



Fase 1. Octubre 2009. Vial y talud sellándose. Colocación geomallas parte baja de la plataforma

**USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA
CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO**

Ejecución de las Obras

FASE 1. Fotografías



Fase 1. Finales Octubre 2009. Geomallas colocadas. Rellenos de material granular en tongadas



Fase 1. Noviembre 2009. Extendido tierra vegetal en talud del vial. Inicio rellenos de Precarga

**USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA
CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO**

Ejecución de las Obras

FASE 1. Fotografías



Fase 1. Mediados Diciembre 2009. Rellenos de precarga muy avanzados.



Fase 1. Finales Diciembre 2009. Rellenos de precarga prácticamente terminados

USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Ejecución de las Obras

FASE 1. Fotografías



Fase 1. Julio 2010. Trabajos de retirada de la Precarga

USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Ejecución de las Obras

FASE 1. Fotografías



Fase 1. Mediados Julio 2010. Trabajos de retirada de precarga muy avanzados



Fase 2. Agosto 2010. Retirada de Precarga Terminada. Formación Superficie de Conformado en plataforma y talud noreste

USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

Ejecución de las Obras

FASE 2. Fotografías



Fase 2. Septiembre 2010. Sellado de plataforma y de talud noreste



Fase 2. Final Septiembre 2010. Rellenos en una parte de la plataforma y sellado en la otra

**USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA
CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO**

Ejecución de las Obras

FASE 2. Fotografías



Fase 2. Mediados Octubre 2010. Sellado de plataforma acabado. Inicio zapatas de naves



Fase 2. Primeros Noviembre 2010. Avances en zapatas e inicio montaje naves

**USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA
CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO**

Ejecución de las Obras

FASE 2. Fotografías



Fase 2. Noviembre 2010. Montaje Nave de Compostaje y zapatas de otras naves



Fase 2. Noviembre 2010. Montaje Nave de Compostaje y zapatas de otras naves

USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO

**USOS POSTCLAUSURA DE VERTEDEROS: CONSTRUCCIÓN DE
UNA PLANTA DE COMPOSTAJE SOBRE UN ÁREA
CLAUSURADA DEL VERTEDERO DE R.S.U. DE BILBAO**

**GRACIAS POR
VUESTRA ATENCIÓN**



II Congreso Internacional

VERSOS'10

Vertederos y Sostenibilidad

Alhóndiga, Bilbao

10, 11 y 12 de Noviembre de 2010