

.... con el agua no se juega, parte III

por Harro Draheim, Dipl. Ing. CELESUR

4. LA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN PARA CONSTRUIR BARRERAS GEOSINTÉTICAS ESTANCAS

Cuando se construyen recipientes de contención de líquidos, en particular recipientes artificiales de grandes dimensiones (embalses, depósitos, lagos artificiales, etc.) o son acciones de protección del Medio Ambiente, en particular la protección de las aguas freáticas (de aguaceros subterráneos, de las aguas en nuestro subsuelo, o de los cauces de flujo de las aguas en la superficie terrestre), el uso de geomembranas para estos fines, es una técnica común.

Entendemos como barrera estanca, el forro interior de un vaso o recipiente excavado en el suelo, para tal fin, o también como protectora o forro impermeabilizante, cuando se trata de una estructura de hormigón, tanto como recipiente de líquidos o gases, o expuesta la misma, a la presión del agua cuando su cota más baja es inferior al nivel habitual del suelo interior.

La geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD), se ha afianzado en el mercado, como material por excelencia, para servir a los citados fines.

En esta serie, en su parte II, se comentaron ampliamente las características de la misma, los métodos de ensayos, que aseguran su calidad y referente a la vida útil, a lo largo de su servicio.

4.1 Formas constructivas de la barrera estanca.

I. RECIPIENTES DE CONTENCIÓN O CONDUCCIÓN DE LIQUIDOS, EXCAVADOS EN EL SUELO (embalses, lagos artificiales, lagunas, canales o acequias)

Para todos ellos se construye la barrera estanca instalando geomembranas lisas, de PEAD, de espesores entre 1 – 2,5 mm, que son colocadas sobre la superficie del suelo, previa instalación de las subcapas de su adecuación, de materia mineral natural o son geosintéticos (pe. como capas drenantes, de seguridad, o de protección de la geomembrana).

II. RECIPIENTES O ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN.

En obras de este tipo, la barrera estanca de membranas PEAD (en casos es de PP), tiene la función de proteger el hormigón contra la agresión de gases y líquidos agresivos (pe. en digestores anaeróbicos), o asegurando la estanqueidad en caso de agrietarse la estructura de hormigón de grandes depósitos o cimientos, por debajo del nivel del mar.

Este tipo de barrera es adherida al hormigón, se instala en la fase de vertido del hormigón, previamente montada en el encofrado. Son membranas especiales, de espesores de

2 – 3 mm, provistas de ganchitos de anclaje estructurales, que aseguran su adherencia al hormigón.

III. OTROS USOS

- El sector agrario o el de hortalizas, usan barreras construidas mediante geosintéticos para un sin fin de aplicaciones, pero estos se apartan de las técnicas que se comentan en esta serie.

- En la construcción, en tejados planos, constituye la geomembrana de PEAD una excelente barrera estanca.

- En terrenos (marismas o zonas costeras), con un nivel del agua freática próxima a la superficie, se instalan láminas de PEAD, con uniones de juntas especiales, en forma vertical, para la creación de diques o zonas secas.

- Como protección temporal y barrera fluvial, en vertederos, se usan láminas estancas de PEAD, de poco peso, que son una barrera recuperable, de uso repetido.

4.2 La logística de las geomembranas de PEAD.

En la parte I de esta serie de artículos, se han comentado los 2 procesos de fabricación de geomembranas, que se usan para grandes superficies, en la gama espesores 1,0, 1,5, 2,0 hasta 2,5 mm. Se fabrican en paneles de anchos desde 5 - 10 m y largos entre 100 y 200 m.

Se transportan en rollos de peso entre 1.000 y 1.500 kg hasta el lugar de la obra.



Fig. 1 Descarga de geomembrana de PEAD

4.3 El despliegue de las geomembranas de PEAD en la obra.



Fig. 2 Corte de la geomembrana

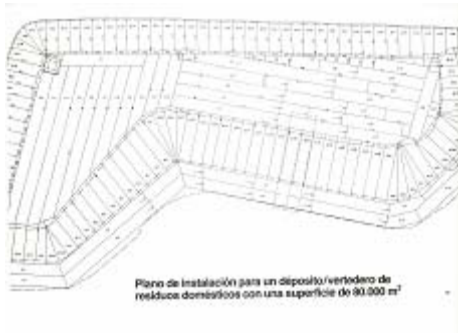


Fig. 3 Reparto de los paneles

Las geomembranas procedentes de su fabricación en tamaños estándar, se adaptan in situ, mediante corte, a la geografía del terreno.

En los taludes de un vaso, que son zonas donde la geomembrana sufre tensiones mecánicas (básicamente la tracción, originada por su propio peso) no se sitúan uniones transversales y se instalan en la parte alta del mismo, zanjás u otras formas de anclaje, para contrarrestar dicha tensión.

Esta tensión, que sufre la geomembrana, originada por su propio peso, deberá alcanzar valores mínimos. Es causante del arrastre de la micro estructura, que produce la disminución de sus propiedades mecánicas.

¡Por esta razón, es el correcto trazado de cada talud, básicamente en cuanto su longitud, de suma importancia!



Fig. 4 Talud con zanja de anclaje

4.4 La forma de unir los distintos paneles de la geomembrana de PEAD.

La geomembrana de PEAD solo permite la unión de los paneles mediante soldadura térmica, que es una fusión de dos paneles en un campo de temperaturas, alrededor de 400 °C, aplicando presión a la vez.

Para dicha fusión de uniones solapadas se utiliza:

- el soplado de aire caliente,
- el contacto a través de una cuña eléctricamente calentada,
- el aporte de un cordón de PEAD caliente, mediante el procedimiento soldadura por extrusión.

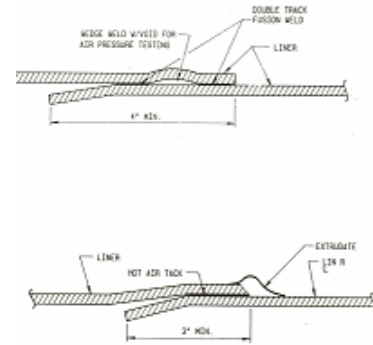


Fig. 5 Uniones a) solape con canal de prueba, b) soldadura con aporte por extrusión

Fig. 6 Soldadura mediante máquina con boquilla de aire caliente

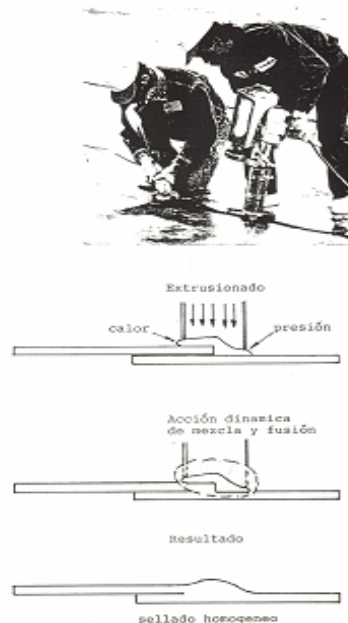


Fig. 7 Soldadura por extrusión

4.5 Soldadura por fusión, unión de paneles con canal para la prueba de estanqueidad.

El objeto es, conseguir una fusión de dos paneles eficaz, cuya resistencia sea igual o superior a la característica de la propia geomembrana y cuya estanqueidad puede ser

verificada mediante aire a presión, sirviéndose del espacio libre entre dos soldaduras.

Para ello el sector dispone de maquinas portátiles. De todos ellas destaca la de cuña caliente, sobre la cual deslizan las dos membranas a fundir siendo los parámetros a regular y controlar:

- la temperatura de la cuña,
- la velocidad de avance,
- la presión de su rodillos, que fusionan las superficies calentadas en un solo cuerpo.

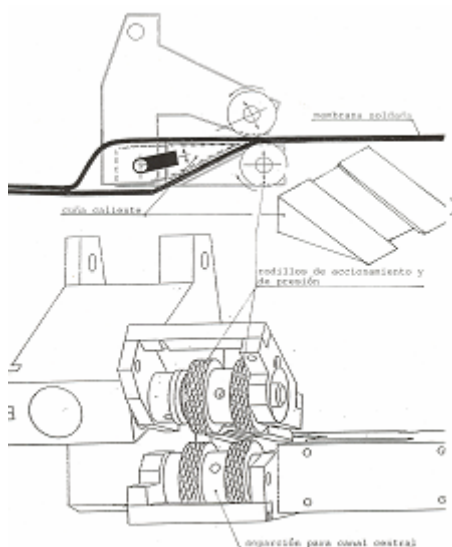


Fig. 8 Dispositivo de cuña caliente

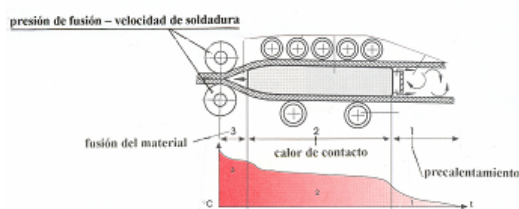


Fig. 9 Gráfico, proceso de calentamiento y fusión

5. CONTROL DE CALIDAD DURANTE EL PROCESO DE INSTALACIÓN

En toda obra de ingeniería, el 'Control de Calidad extensivo', es una característica, que distingue al constructor o instalador cualificado y responsable, de una barrera estanca, que es el caso de esta serie de artículos. Para asegurar la integridad de dicha barrera estanca, en vasos de todo tipo, excavados o de construcciones rígidas, de contención de líquidos o en áreas de protección del Medio Ambiente, construida de geomembranas de PEAD, tenemos que observar una serie de criterios, en tanto con respecto a la calidad de membrana a usar, sus formas correctas a instalar, con los controles imprescindibles para supervisar la calidad de la mano de obra y posibles faltas humanas.

5.1 Preparación de la base.

Una vez realizada la formación del vaso (embalse, lago, canal, vertedero) o superficie a proteger. y se hayan perfilado el fondo y los taludes interiores, sin que haya blandones o áreas con demasiada humedad, consiguiendo superficies homogéneas, exentas de aristas o materiales gruesos, se repasa esta (mediante legones) para asegurar una textura adecuada.

Si dicha textura de fondo y paredes no es adecuada y puede producir punzónamientos, es necesario aportar una capa de homogeneización a base de materiales finos, que contengan algo de arcilla, y no sean arenas. Es muy importante que la arista interior de la coronación, que soportará el anclaje de la lámina, esté perfectamente perfilada a fin de que, al impermeabilizar, las tracciones que esté sometida la lámina se repartan uniformemente.

Cuando un vaso esté, en parte o total, ubicado en la ladera de un monte, y haya el riesgo de que a consecuencia de las excavaciones se abran pasos a posibles salidas de aguas freáticas. Hay que prestar particular atención de crear un sistema adecuado de drenaje, para contrarrestar posibles presiones inversas, negativas, sobre la geomembrana.

1º Punto del Control de Calidad:

- antes del despliegue de las membranas, se observará, el correcto estado de la textura del suelo, su estado limpio y seco.

5.2 Detalles constructivos en relación al anclaje y tubería de un vaso.

El anclaje viene normalmente especificado en el proyecto, o es un detalle particular del instalador. La norma UNE 104425:2001 en su artículo 5.2.4 Anclajes, fija algunas formas de anclaje en la coronación del vaso y determina ejecuciones de traspasos de tubería, en cuanto a su unión con la geomembrana.

En caso de vertederos, se ocupa dicha norma UNE, en su artículo 6.3 Recolección y extracción del vaso principal y propone dos formas de realización de los entronques de la tubería de drenaje con el sistema de la barrera estanca, en el punto de concentración, del vaso, Fig. 10 y 11.

La Fig. 10 representa el paso de la tubería de drenaje, en forma horizontal lineal, generalmente como continuación de su posición normal en el sistema de drenaje. En el mayor de casos de obra nueva, es la forma de salida proyectada. El inconveniente radica en el problema de conseguir una absoluta estanqueidad en la zona de la intersección tubo/geomembrana! Para poder acceder con la máquina de soldadura por extrusión, en la parte baja del tubo, es necesaria la construcción de una fosa amplia y impermeabilizada, para facilitar dicho trabajo!

La salida por el fondo, tal como propone la citada norma, su fig. 11, es la forma constructiva, que contribuye, por diversas razones, a la buena calidad de una barrera estanca.

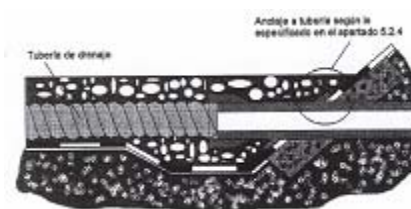


Fig. 10 Traspaso de talud, horizontal, de tubería de drenaje. Es problemático conseguir su estanqueidad.

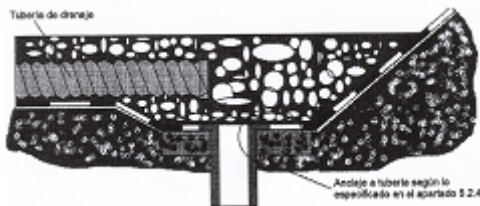


Fig. 11 Extracción del lixiviado con tubería de fondo. Solución recomendable.

5.3 La calidad de una barrera estanca de geomembranas de PEAD.

Una barrera estanca tiene que satisfacer 3 condiciones:

- el empleo de láminas de calidad, debidamente verificadas por su fabricante;
- su instalación y aseguranza de su calidad,
- su integridad (falta de fugas)

5.4 Geomembranas de PEAD, de calidad y verificadas por el fabricante.

En la parte I y II de esta serie, los artículos 2.4 y 3.3 comentan ampliamente diversos ensayos, que caracterizan la geomembrana. Los datos procedentes de dichos ensayos, de interés para el cliente, son anotados por el fabricante en sus Certificados de Calidad del Material, para cada panel o rollo, que entra en la obra. El instalador hace constar en su protocolo del despliegue, el uso de material verificado y certificado por el fabricante.

2º Punto del Control de Calidad:

- el instalador facilitará, a petición, los certificados de control del fabricante.

5.5 Geomembranas de PEAD, su instalación y aseguranza de calidad.

La posición del despliegue de los paneles y la situación de sus uniones, léase apartado 4.3, en evitación de tensiones mecánicas, es el primer paso.

El segundo, es el aseguramiento de la calidad de las uniones de la barrera estanca expuesta a la intemperie, con la estricta observación de las condiciones meteorológicas por un lado y por otro el correcto equilibrio de los parámetros (temperatura, presión y velocidad), determinantes para la unión soldada de los paneles desplegados.

Al ser el coeficiente de dilatación α elevado, tal como es el de la membrana de PEAD (aprox. $150 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ \text{C}$), resultan sus cambios lineales, $\Delta l = L_2 - L_1 = \alpha L_1 (t_2 - t_1)$ (m), en particular en la época de calor, debido la variación la temperatura entre día y noche un factor sensible, que dificulta las labores de unión de las secciones de paneles.

El instalador experimentado domina esta situación. A su vez es el correcto ajuste de los 3 parámetros de soldadura, que caracterizan la unión resistente de los paneles otro factor de garantía de calidad.

Para asegurar ello, se realizan en cada fase de inicio de los trabajos sendas muestras de soldadura in situ, que a su vez se ensayan, para comprobar la resistencia mecánica de la unión de soldadura con medios apropiados o mediante un laboratorio portátil.



Fig. 12 Ensayo in situ de muestras de soldadura.




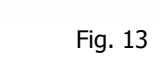
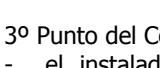
Tipo de rotura	Descripción de la rotura	Clasificación
 Dirección de cizalla →	Fallo de adhesión.	Incorrecta
	Rotura en la geomembrana.	Correcta
	Rotura en el extremo exterior de la soldadura. La rotura puede ser en la geomembrana superior o inferior.	Correcta
	Rotura en el extremo interior de la soldadura.	Correcta
	Rotura en el principio de la soldadura después de algún fallo de adhesión. La rotura puede ser en la geomembrana superior o inferior.	Correcta

Fig. 13 Clasificación de uniones de soldadura, UNE 104421:1995

3º Punto del Control de Calidad:

- el instalador facilitará, a petición, los datos de los ensayos de uniones soldadas, realizadas in situ.

Al finalizar los trabajos de soldadura, el instalador realizará un control ocular de todas las uniones y pruebas de estanqueidad de las uniones con aire a presión.



Fig.14 Prueba de estanqueidad de una junta, con aire

4º Punto del Control de Calidad:

- el instalador verificará las uniones soldadas visualmente y realiza pruebas de estanqueidad de las mismas, mediante aire a presión.

5.6 Controles de la integridad de la barrera estanca construida con geomembranas de PEAD

La detección de fugas, de la barrera estanca, al final del proceso de instalación, con todas sus capas

complementarias (geotextil de protección, capa de drenaje) y tubería de conexión y descarga, es un proceso esencial de un control de calidad riguroso!

Al ser esa barrera sintética el acumulador o conductor de los flujos, dicho control de calidad puede ser realizado mediante verificaciones en una cara, de la misma.

La experiencia nos ha enseñado, que el grosor de daños ocurre, cuando se cubre la geomembrana con grava drenante, otras fugas ocurren en rincones de un vaso o en conexiones de tubería.

Una publicación (1) referente a 150 verificaciones geo-eléctricas, en > de 1.5 millón de m², revela una media encontrada, de 17,4 perforaciones/ha.

I. TÍPICAS PERFORACIONES ENCONTRADAS, son:

- cortes o punzonamientos de la membrana, originados por cantos/aristas de piedras de la grava drenante, al recibir presión de las ruedas de una máquina o camión, o a la inversa, causadas por puntos fijos (piedras) o puntos blandos del subsuelo;
- como la geomembrana produce ondas de dilatación durante el calor del día, se observan daños causados por los dientes de una máquina excavadora o giro de sus ruedas, en ella;
- el geotextil de protección, procedente de un sistema de agujeteado, a veces contiene agujas rotas, que pinchan;
- traspasos de tubería, contienen regularmente fugas en la unión con la geomembrana;
- otro grupo de perforaciones, son los que causan las personas relacionadas con las labores (fallos humanos), de la impermeabilización y sus capas complementarias.
- roturas producidas por contracciones a causa de temperaturas.



Fig. 15 Daño en la geomembrana, producido durante la instalación de la capa drenante.



Fig. 16 Daño en la membrana, zona tubo de drenaje



Fig. 17 Perforaciones causadas por cortes de piedras

II. TECNOLOGÍAS ELÉCTRICAS DE DETECCIÓN DE FUGAS

Su tecnología aplicada se sirve de la analogía entre el flujo del agua y el de la corriente eléctrica. Ambos flujos, el del agua y el de la corriente se orientan en la dirección de la mínima resistencia.

El principio detrás de esta tecnología consiste, en crear un campo eléctrico en toda el área de la geomembrana y detectar a continuación por donde fluye corriente eléctrica a través de alguna discontinuidad de la barrera estanca (tal como demuestra el esquema de la fig. 18).

Cuando se aplica un potencial eléctrico en toda la extensión de la geomembrana, que es la barrera entre al líquido a retener y el suelo, es esencial que la misma actúe de aislante de la corriente.

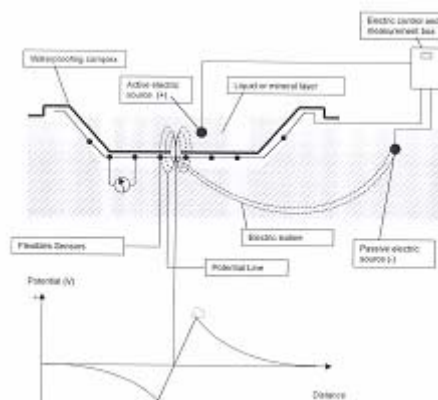


Fig. 18 Principio eléctrico de detección de fugas, variante fija

Esta tecnología geoelectrica es aplicable en barreras de geomembranas no cubiertas, membranas secas, en barreras cubiertas con agua o capas protectoras minerales.

III. MÉTODOS ELÉCTRICOS DE DETECCIÓN DE FUGAS EN USO.

III a. Tecnología de alto voltaje electromagnética para la verificación de fugas en geomembranas no cubiertas.



Fig. 19 El verificador de fugas en acción, sobre geomembranas descubiertas

III b. Tecnología de detección de fugas en geomembranas cubiertas, móvil.



Fig. 20 Esquema del dispositivo de detección, portátil

El operario desplaza un conjunto de sensores a lo largo de unas coordenadas, artificialmente trazadas. La medición consiste en registrar diferencias del potencial eléctrico Ω , de punto en punto, cuyo dato se muestra alterado, cuando hay alguna anomalía.



Fig. 21 Detectando fugas, con sensores móviles



Fig. 22 Detectando fugas con sensores móviles, en embalse

III c. Tecnología de detección de fugas en geomembranas cubiertas, sistema fijo.

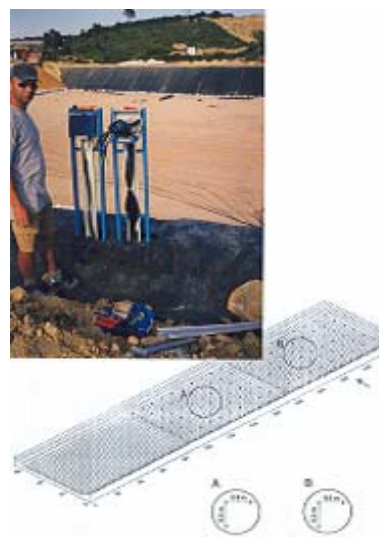


Fig. 23 Red de sensores, cuadros de conectores

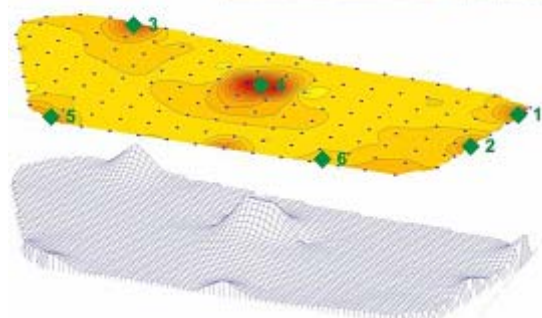


Fig. 24 Presentación (en 2 y 3 d) de la posición de anomalías o fugas en la geomembrana

RESUMEN

Los sistemas eléctricos de detección de fugas han demostrado su validez. Toda barrera estanca, construida de geomembranas, que son vulnerables, en particular, a la instalación de capas de grava, deberá ser supervisada mediante esta tecnología.

Dicha tecnología de detección de fugas, aplicada a continuación de la instalación de las geomembranas, es un sustituto viable a los ensayos de control, no destructivos, de las juntas de unión.

Referencias

- (1) A.L. Rollin, Geosynthetics -7th ICG, Nice 2002, Lessons learned from geo-electrical leaks surveys.