

Aplicación de una mezcla de suelos para el desarrollo de la capa de apoyo "estable" a lo largo del tiempo en los taludes para la geomembrana de la balsa "Conseller José Ramón García Antón" en Elche. Alicante.

FRANCISCO JAVIER FERRÁN GOZÁLVEZ (*), CARLOS FERRER GISBERT (**), MIGUEL REDÓN SANTAFÉ (***),
MODESTO PÉREZ SÁNCHEZ (****), JUAN BAUTISTA TORREGROSA SOLER (*****),
FRANCISCO JAVIER ZAPATA RABOSO (*****) y FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ ROMERO (*****)

RESUMEN La ejecución de balsas de materiales sueltos, así como su viabilidad económica, se fundamentan en el aprovechamiento de los materiales excavados existentes en la zona de actuación para llevar a cabo las obras. Salvo contadas ocasiones, la ejecución de los diques no presenta problemas estructurales o de puesta en obra. Por el contrario, la mayoría de las veces, no resulta tan trivial la ejecución de una capa de suelo que sirva de apoyo para la geomembrana, la cual presente unas características granulométricas que no provoquen el punzonamiento de la geomembrana y sea "estable mecánicamente" a lo largo de la vida útil a fenómenos de fricción, como consecuencia de los efectos del oleaje y dilatación-contracción de la geomembrana.

En la presente comunicación se presenta la experiencia teórica y práctica llevada a cabo en balsa de materiales sueltos "Conseller José Ramón García Antón" en el Término Municipal de Elche (Alicante), con una capacidad de 435.500 m³ integrada en el sistema hidráulico del Postravase Júcar-Vinalopó.

APPLICATION OF A MIXTURE OF SOILS TO CREATE A STABLE LAYER OF SUPPORT ON THE SLOPE IN PONDS WATERPROOFED WITH GEOMEMBRANES. APPLICATION TO A SPECIFIC CASE IN THE RESERVOIR "CONSELLER JOSE RAMON GARCIA ANTON" IN ELCHE (ALICANTE)

ABSTRACT *This text presents the experience developed in a reservoir in Elche (Alicante). This communication explains the importance of the layer of support to prevent the punching. This phenomenon can occur in a reservoir that has a deficient layer of support. Also, the paper describes the requirements to be met by the support layer to perform its function.*

Palabras clave: Capa de apoyo, Geomembrana, Mezcla de suelos.

Keywords: Layer of support, Geomembrane, Mixture of soils.

(*) Doctor ingeniero agrónomo. Profesor titular de la Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: jferran@agf.upv.es

(**) Doctor ingeniero agrónomo. Profesor titular de la Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: caferrer@agf.upv.es

(***) Doctor ingeniero agrónomo. Profesor colaborador de la Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: miresan@agf.upv.es

(****) Ingeniero Agrónomo. Consultor privado. Master en ingeniería hidráulica y medioambiente por la UPV. E-mail: mopesan1@upvnet.upv.es

(*****) Doctor ingeniero agrónomo. Profesor titular de la Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: jbtorreg@fis.upv.es

(*****) Doctor ingeniero agrónomo. Jefe de la sección de planificación hidráulica de la Dirección General del Agua de la Generalitat Valenciana de Alicante. E-mail: zapata_fra@gva.es

(*****) Ingeniero agrónomo. Profesor colaborador de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Universidad Politécnica Valencia. Valencia, España. E-mail: fcosanro@agf.upv.es



FIGURA 1.

1. INTRODUCCIÓN

En la impermeabilización de balsas con geomembranas, un problema que puede presentarse ajeno a las características de la lámina impermeabilizante es el punzonamiento.

Los problemas de punzonamiento suelen aparecer, salvo casos excepcionales, cuando la balsa lleva puesta en servicio varios años (Figura 2). Esto se debe a que debido a las acciones de peso propio del agua y otras como el oleaje unidas a los movimientos de la geomembrana como consecuencia de la variación de temperaturas aparecen los elementos más gruesos contenidos en el talud.

Para evitar esta problemática se actúa instalando, en fase de construcción, en la mayoría de los casos, dos barreras de "protección":

1. Una capa de apoyo de material granular fino, preferentemente cohesivo y de poco espesor (10-25 cm en los espaldones de terraplén y de mayor espesor 25-80 cm en los espaldones de desmante). En los casos en los que el material disponible no sea cohesivo, se deberá añadir ligantes o estabilizantes que doten de estabilidad a la



FIGURA 2. Fisuras circulares originadas por punzonamiento en una lámina de PVC llevada al límite de su envejecimiento.

capa de apoyo. En la mayoría de las ocasiones el ligante empleado es betún a bajas dosificaciones (1-5%).

2. Instalando sobre la capa de apoyo un geotextil, con un gramaje no inferior a 400 gr/m². Existen casos, por las características del apoyo que puede instalarse un geodren, no con la finalidad de drenaje sino de "acolchar" la lámina sobre el talud o fondo del vaso.

2. ANTECEDENTES

La solución planteada en el presente texto se ha desarrollado en la construcción de la balsa de materiales sueltos "Conseller José Ramón García Antón", promovida por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Generalitat Valenciana.

Esta balsa con capacidad para 435.500 m³ se encuentra dentro del sistema postrasvase Júcar-Vinalopó.

La ejecución de la balsa se ha realizado con los materiales extraídos del desmante. Los materiales extraídos eran en su totalidad areniscas, cementadas en un mayor o menor grado en función del estrato en el cual se situaban. Además de las areniscas, se encontraron diferentes vetas de caliza así como un afloramiento de margas arcillosas, el cual se descartó para la ejecución de los terraplenes.

Debido a la gran heterogeneidad de materiales se optó por parte de la Dirección de Obra triturar todos los materiales obtenidos mediante un molino, obteniendo un material uniforme en cuanto a propiedades físicas (granulometría principalmente) y propiedades mecánicas. Este material ha sido utilizado para la ejecución de la totalidad de los terraplenes.

3. PROBLEMÁTICA

Antes de impermeabilizar el vaso con lámina de PEAD de 2 mm, una vez ejecutados los terraplenes, se observó que tanto las superficies de taludes en desmante como la superficie de terraplén no era apta para la instalación de la lámina por motivos diferentes.

1. TALUDES EN DESMANTE: La superficie no era apta para la instalación de los taludes ya que, aunque era

una superficie uniforme, presentaba resaltos discontinuos (entre 5-10 cm de altura) como consecuencia del ripado en el desmonte.

2. TALUDES EN TERRAPLÉN: En este caso la superficie si que presentaba una muy buena uniformidad pero la capa superficial de la superficie del talud no era estable ya que el material obtenido de la molienda de las arenas carecía de cohesión y como consecuencia de lo anterior, la capa se disgregaba frente a fenómenos de fricción o escorrentía.

4. REQUERIMIENTOS A LA MEZCLA OBJETIVO

A continuación se citan los condicionantes y requisitos que debe cumplir el material mezcla obtenido.

- Se pueda trabajar con maquinaria pesada (rodillo, motoniveladora...) en la puesta en obra, teniendo en cuenta que se extenderá sobre un talud 2.75:1 (H: V).
- Ser un material fino, el cual sirva de apoyo a la lámina impermeabilizante de la balsa.
- Presente cierta plasticidad para que sea estable en el talud a la fricción entre la lámina-suelo debidas a viento, dilatación del material y oleaje.
- Una vez extendido el material no presente fuertes cambios de volúmenes (desección-hidratación) que provoquen agrietamientos en el material y una posterior degradación del extendido (tener en cuenta que la capa tiene un espesor de 10-15 cm).
- El material debe comportarse satisfactoriamente a fenómenos atmosféricos (lluvia y viento principalmente).

5. ALTERNATIVAS

Como alternativas para solucionar los problemas surgieron las que a continuación se enumeran:

- **Estabilización con betún** en las superficies de terraplén y extendiendo una superficie de 15-20 cm en las

superficies de desmonte con material obtenido del machaqueo estabilizado con betún.

- **Estabilización con polvo de rechazo de mármol**, extendiendo una capa de 15-20 cm tanto en las superficies de terraplén como de desmonte.
- **Estabilización con arcillas** (margas obtenidas del desmonte), extendiendo una capa de 15-20 cm tanto en las superficies de desmonte como de terraplén.

6. SOLUCIÓN PLANTEADA

La solución finalmente adoptada fue la estabilización con margas debido a que el material arcilloso (ligante) se disponía a pie de obra frente a la utilización de otras alternativas.

La estabilización con polvo de mármol fue desechada como consecuencia de que el material de rechazo presentaba un índice de plasticidad (IP) muy bajo (4.8) frente al 17.8 que presentaban las margas con lo que provocaría que la mezcla necesitara grandes porcentajes de polvo de mármol. Este hecho podría presentar problemas cuando la mezcla sufriera procesos de variación de humedad ya que en estado húmedo este material tiene un comportamiento plástico pero cuando pierde la humedad, sus propiedades cambian sustancialmente convirtiéndose en un material fino sin cohesión teniendo un comportamiento de polvo.

La estabilización con betún no fue elegida debido a su mayor coste y no presentaba ventajas considerables frente a la estabilización elegida.

Por tanto se opta por una estabilización con margas la cual se extiende una capa de 15-20 cm sobre taludes de terraplén y 25-30 cm sobre taludes de desmonte.

La determinación de la mezcla a realizar se realizó mediante pruebas a escalas reales (Figura 3). Se realizaron tres pruebas:

1. **Prueba 1:** Se realizó una mezcla 50/50 (50% del material granular machacado y 50% de las margas sin machacar) que se extendió en el suelo, obteniendo una mezcla heterogénea, granulométricamente no aceptable

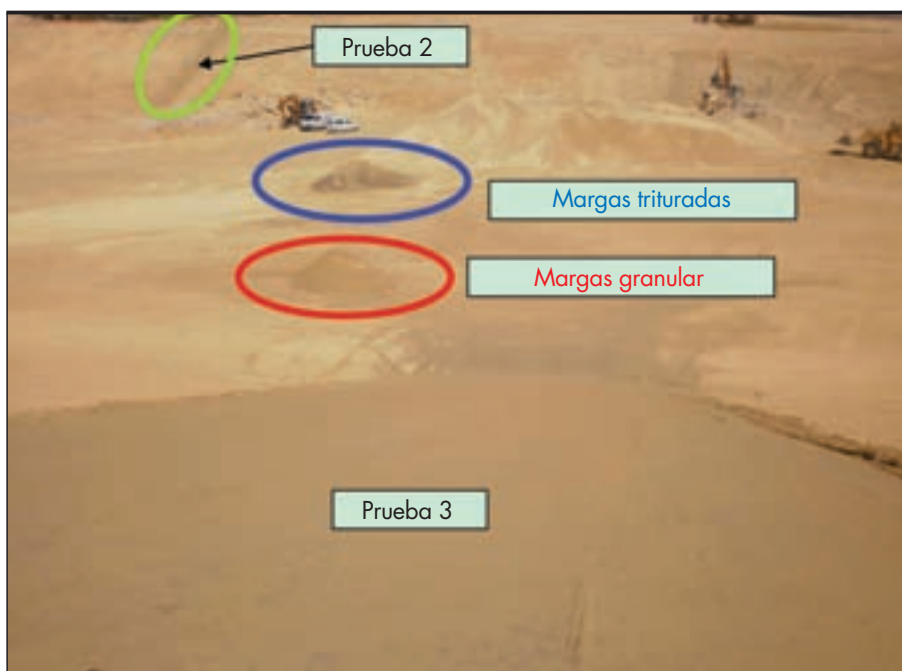


FIGURA 3. Vista de la capa de apoyo de prueba sobre talud.

y muy plástica por lo que una vez la capa probada perdió humedad aparecieron importantes fisuras como consecuencia de la desecación del material.

2. **Prueba 2:** Se realizó una mezcla 50/50 pero a diferencia con la prueba anterior se trituraron las margas. Esta prueba se extendió sobre el talud, obteniendo en este caso una mezcla homogénea, granulométricamente aceptable pero muy plástica presentando los problemas anteriormente citados.
3. **Prueba 3:** Se realizó una mezcla 75/25 obteniendo una mezcla homogénea, con granulometría uniforme y con una plasticidad idónea para la función que debía realizar ya que la mezcla presentaba una plasticidad que permitía el fácil manejo del material mezclado, no presentaba problemas de fisuración en ciclos de secado-humectación, respondió correctamente a fenómenos atmosféricos como lluvia y precipitación así como la mezcla una vez extendida era estable a la fricción producida por el geotextil.

7. PROCESO CONSTRUCTIVO

7.1. INTRODUCCIÓN

En este punto se describe el proceso de puesta en obra que finalmente se empleó, y que difiere sensiblemente del empleado en las pruebas, ya que la superficie de las pruebas era del orden de los 250 m², mientras que el talud a tratar tiene una superficie de 27.300 m². Por tanto se trató de encontrar un método de puesta en obra viable desde el punto de vista económico y del propio plan de obra, en especial en lo referente a conseguir una adecuada homogeneidad de la humedad y composición granulométrica en el producto mezcla.

7.2. PROCEDIMIENTO

Dada la superficie de trabajo libre de la que se disponía en el fondo del embalse y la cantidad de material mezcla a preparar, del orden de los 4.600 m³, se decidió ejecutar todos los trabajos de puesta en obra en 4 ciclos. En cada ciclo se repiten todos los trabajos que a continuación se describen y se trabaja con unos 1.160 m³ de material mezcla, lo que se consideró apropiado desde el punto de vista del espacio disponible, y desde el punto de vista de la capacidad de la maquinaria que se iba a emplear.



FIGURA 4. Dosificación de la mezcla.

7.2.1. Obtención de mezcla seca. Dosificación y mezcla

El primer paso es obtener una mezcla con la máxima homogeneidad posible del material mezcla. Para ello se parte de sendos acopios secos de material de desmonte molido y margas molidas formados en el fondo del embalse. Como se ha dicho, en cada ciclo se trabaja con 1.160 m³, así que esa es la cantidad de mezcla seca a obtener cada vez que se empiezan los trabajos.

Dosificación

El primer paso es formar un acopio de aproximadamente 25x25 metros en planta y dos metros de alto dosificando en volumen mediante pala cargadora frontal. Como se ha determinado en el proceso de pruebas se descargan una palada de margas molidas por cada tres paladas de roca molida. (Figura 4).

Mezclado

En el primer proceso de dosificación en el que se forma el acopio ya se intenta avanzar en el mezclado, intentando formarlo repartiéndolo más posible las margas.

Una vez formado el acopio en forma de meseta de 25x25x2 m, se mezclaban los materiales mediante el volteo con retroexcavadora giratoria de 45 t y mediante su empuje con bulldozer. El proceso se aplicaba en los 625 m² de la meseta durante una jornada entera de trabajo (Figura 5).

Posteriormente, aunque ya dentro del proceso de humectación, se realizaba un último mezclado de materiales que garantizaba la homogeneidad. Este punto se explicará más adelante.

Como último mezclado está el propio proceso de extendido en talud como también se verá más adelante.

7.2.2. Humectación de la mezcla. Embalsado y mezclado

El siguiente punto, y quizás uno de los más complejos, era el de la humectación del material mezcla. En especial por lo dificultoso de realizar una humectación homogénea.

En las pruebas se comprobó que el extendido del material mezcla seco en el talud para su posterior humectación no era viable, dada la pendiente del talud que impedía que el agua durmiese en el material.

Para aplicar humedad al material mezcla se requiere a priori del empleo de una capa fina de dicho material sin compactar. Sobre esa capa se regaría con la suficiente agua



FIGURA 5. Mezclado de suelos.



FIGURA 6. Humectación de la mezcla.



FIGURA 7. Amasado.

para encharcarlo al menos parcialmente, de forma que con maquinaria de movimiento de tierras se realizara un mezclado mecánico final que asegurara el reparto homogéneo de la humedad.

Esta forma de trabajar no es válida para el trabajo directo en talud, ya que su pendiente lo hace inviable. Así pues habría que aplicar este método en horizontal para luego volver a cargar el material ya húmedo y extenderlo en talud.

Este método es aplicable para una prueba de 250 m², pero no lo es para los 27.300 m² de taludes, ni desde el punto de vista económico ni desde el punto de vista del plan de obra.

Embalsado

Para dotar de la humedad necesaria al acopio mezcla se le daba a la meseta una forma de balsa como se ve en las fotos, de forma que se pudiera inundar el acopio favoreciendo la entrada de agua en la mezcla manteniendo dicho embalsado durante 48 h.

Pese a la poca permeabilidad del material debido a la plasticidad que le otorgan las margas, el espacio de tiempo en que se mantenía encharcado permitía la saturación de unos 80-90 cm de material (Figura 6).



FIGURA 8. Extendido de la mezcla.

Mezclado

Una vez transcurrido ese tiempo, se procedía a mezclar mecánicamente los materiales mediante el volteo con retroexcavadora y el empleo de buldózer. Este proceso permitía dotar de humedad a toda la mezcla, ya que el material saturado transfiere humedad con mucha facilidad al seco mediante su mezclado. Este proceso podía durar otros dos días y el producto era el material mezcla con una humedad apropiada para su extendido en talud.

7.2.3. Extendido. Carga y primer extendido

Dada la inclinación del talud y ante la necesidad de ejecutar una capa homogénea de 15-17 cm la carga, transporte y volteo desde el acopio de mezcla humectada al talud se hacía directamente con pala frontal cargadora. Dicha máquina puede subir el talud y asegura un primer reparto del volumen necesario de material por cada metro cuadrado.

Posteriormente se realizaba un primer extendido del material que servía para comprobar el suficiente o excesivo aporte de material mezcla para hacer las correcciones oportunas (Figuras 8 y 9).



FIGURA 9. Extendido de la mezcla.



FIGURA 10. Compactado de la mezcla.



FIGURA 11. Refino de la mezcla.

7.2.4. Ciclos de extendido-compactado

El objetivo de este proceso era conseguir una correcta compactación del material mezcla en el talud y el correcto acabado superficial que permita el apoyo de la impermeabilización y que garantice la durabilidad en el tiempo de la capa mediante su cerrado superficial.

Para ello, y una vez extendido el material, se procedía a su compactación mediante rodillo de 15 t en procesos de subida-bajada por la línea de máxima pendiente con vibración a la bajada.

Dada la plasticidad del material ese primer compactado no era suficiente y el acabado superficial no era bueno. Así pues era necesario otro repaso con motoniveladora que igualaba la superficie del material previo a otro proceso de compactación.

Este ciclo se repetía tres veces para tener una mezcla extendida compactada y con un acabado superficial adecuado.

En el proceso algunas veces había que hacer algún riego superficial del talud. Dicho riego era especialmente necesario en días de mucho viento, ya que en esos días la parte más superficial (+1cm) de mezcla podía llegar a secarse, impidiendo que el compactado sellara la capa (Figuras 10 y 11).

8. COMPROBACIÓN ANÁLITICA DE LA SOLUCIÓN

En los apartados que a continuación se exponen se realiza una determinación analítica de la curva granulométrica de las dos mezclas realizadas en las pruebas 2 y 3 así como una determinación analítica de los índices de plasticidad.

8.1. DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

Las dos mezclas estudiadas son:

La primera mezcla (A) la cual se mezcló 50/50 el material granular fino con las margas trituradas y una segunda mezcla (B) en la cual la mezcla fue 75/25.

En este apartado lo que se pretende es obtener las dos curvas granulométricas de la mezclas realizadas. A continuación se muestra una tabla en la cual se recogen los porcentajes que pasan por cada malla obtenidos en laboratorio, así como los porcentajes derivados de la mezcla, empleando el método que a continuación se describe.

Dados los suelos 1,2,3... los cuales presentan unos porcentajes A,B,C... que pasan por una determinada malla y son



FIGURA 12. Aspecto general de los taludes una vez concluido el proceso.

TAMIZ/ SUELO	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.63	0.4	0.16	0.08	0.03	0.02	0.01	0.008	0.006	0.004	0.003	0.001
ARENAS	89.50	82.10	80.20	75.90	74.70	73.00	72.10	68.70	66.70	65.00	64.20	61.60	43.50	28.20	19.60	17.50	14.20	12.00	10.90	9.80	7.60
MARGAS	97.80	95.30	94.60	93.70	93.20	92.30	91.90	89.90	88.40	86.60	85.80	83.40	76.20	59.90	54.20	48.50	40.00	38.50	35.70	31.40	25.70
MEZCLA A (50/50)	93.65	88.70	87.40	84.80	83.95	82.65	82.00	79.30	77.55	75.80	75.00	72.50	59.85	44.05	36.90	33.00	27.10	25.25	23.30	20.60	16.65
MEZCLA B (75/25)	91.58	85.40	83.80	80.35	79.33	77.83	77.05	74.00	72.13	70.40	69.60	67.05	51.68	36.13	28.25	25.25	20.65	18.63	17.10	15.20	12.13
% QUE PASA																					

TABLA 1. Granulometría de la mezcla.

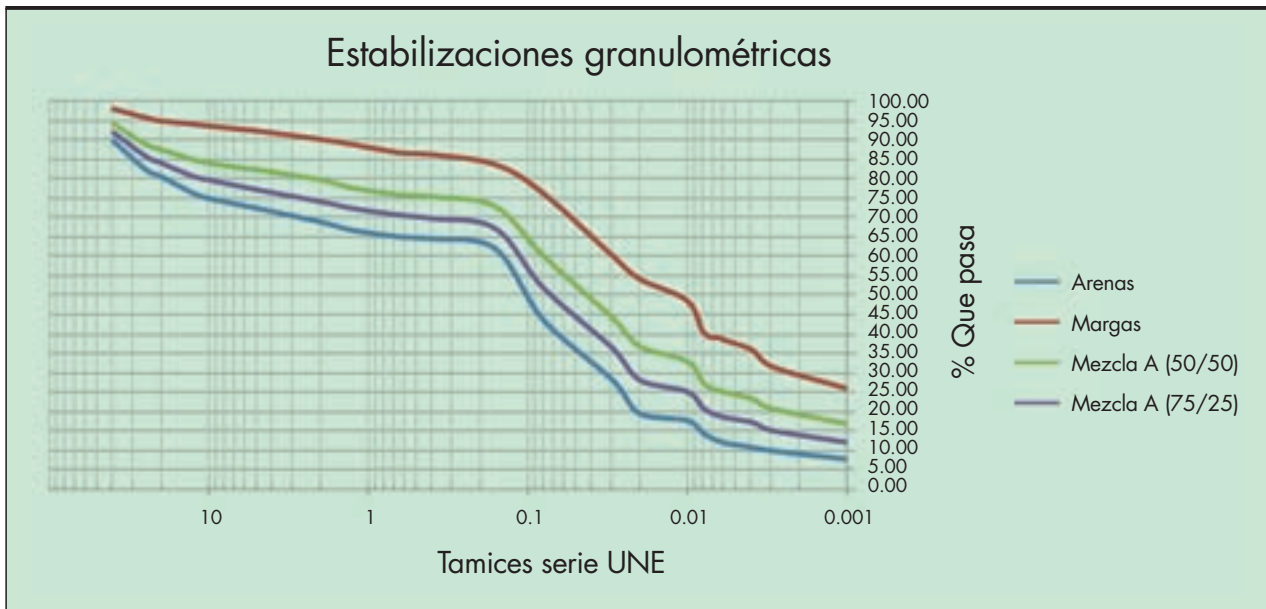


FIGURA 13. Granulometría de la mezcla.

combinados en una proporción a, b, c... el porcentaje (p) que pasará por una determinada malla será:

$$p = a \cdot A + b \cdot B + c \cdot C...$$

Para el caso de dos suelos:

$$p = a \cdot A + b \cdot B$$

Cumpléndose siempre que $a + b = 1$

Se adjuntan los resultados en la Tabla 1 y Figura 12 empleando el método descrito para ambas mezclas. Los datos han sido tomados de los análisis realizados.

8.2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LA MEZCLA

La determinación analítica del Índice de plasticidad se lleva a cabo mediante el Método de Trocchi aunque existen otros métodos al igual que el caso anterior.

Para la determinación del índice plástico los datos que se deben conocer son los siguientes, los cuales han sido obtenidos de los ensayos realizados.

1. Tanto por uno que pasa por el tamiz n°40 (0.40 mm) del material a conseguir.
2. Índice Plástico del material a conseguir.
3. Tanto por uno que pasa por el tamiz n°40 del material corrector (ligante).
4. Índice Plástico del material corrector ligante.
5. Tanto por uno del material a corregir en la mezcla.
6. Tanto por uno del material corrector de la mezcla.
7. El producto de 1) x 5).
8. El producto de 3) x 6).
9. El producto de 2) x 7).
10. El producto de 4) x 8).
11. Índice de Plasticidad final de la mezcla, obtenido por la relación $[(9+10)/(7+8)]$.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MEZCLA A	0.642	0.000	0.858	17.800	0.500	0.500	0.321	0.429	0.000	7.636	10.182
MEZCLA B	0.642	0.000	0.858	17.800	0.750	0.250	0.482	0.215	0.000	3.818	5.486

TABLA 2. Resultados del método de Trocchi.

En la Tabla 2 se adjuntan los resultados obtenidos para las dos mezclas.

Se observa como la mezcla A presenta un IP alto para la funcionalidad que se necesita de la mezcla, de ahí que cuando se realizó la prueba 2 cuando perdió humedad provocó la fisuración de la capa.

9. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

En los apartados anteriores se describe la necesidad de evitar el punzonamiento así como una metodología de trabajo llevada a cabo en la realidad que suele ser análoga a la empleada en la construcción de este tipo de estructuras.

La capa de apoyo, además de la función mecánica o de disminución del punzonamiento como consecuencia de tener una granulometría fina, realiza otra función de carácter hidráulico y con vistas a la seguridad, al actuar como barrera "cuasi-impermeable", realizando una labor de dispersión del flujo (reduciendo la percolación y capacidad erosiva) así como favoreciendo un camino preferente hacia el pie del talud entre la barrera impermeable y la capa de apoyo. No obstante, la instalación de la capa de apoyo no exime de la instalación del dren chimenea.

A la hora de proyectar y ejecutar esta capa se debe tener en cuenta la estabilidad de la misma al deslizamiento así como a las acciones de fricción como consecuencia del movimiento de la lámina y del oleaje. Por lo tanto aunque se tenga un material fino granular no cohesivo que sea estable al deslizamiento, no lo será por sí solo a los movimientos debidos a la fricción, siendo necesario que el material tenga cohesión.

Finalmente destacar que, el éxito de la capa de apoyo depende en gran medida de la ejecución y puesta en obra, ya que un buen diseño y proyecto no sirve de nada si no se ejecuta correctamente.

10. REFERENCIAS

Adalid J.L., Ferrer C. Torregrosa J.B. Zapata F., (2005), "Algunas Patologías de especial interés en balsas de tierra, I simposio nacional sobre proyecto construcción e impermeabilización de balsas de tierra".
 Amigó, E. y Aguiar, E. (1994). Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses impermeabilizados con geomembranas. *Consejería de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Canarias.*

Blanco, M.; Aguiar, E. y Zaragoza, G. (2002). "Patología de geomembranas sintéticas instaladas como pantallas impermeabilizantes en embalses". In Llanos and col. (Eds.), *Dam Maintenance & Rehabilitation*, Editorial Balkema, 957-964. Rotterdam (Holanda).

Bravo Santamaría E, Zapata Raboso F, et ál (2008) "Experiencias en la construcción de drenes 'Chimenea' En balsas de materiales sueltos" 2º Congreso internacional de proyecto construcción e impermeabilización de balsas (Palma de Mallorca).

Brown, J.A.H. (1988). *The potential for Reducing Open Water Evaporation Losses: A Review*. Hydrology and Water Resources Symposium. Anu, Camberra (Australia).

Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. Dirección General del Agua.-(2007). "Guía para el proyecto y construcción de balsas de tierra". Valencia.

Craig, I., Green, A., Scobie, M., Schmidt, C. (2005). *Controlling Evaporation Loss from Water Storages*. NCEA Publication Nº:1000580/1, Quesland (Australia).

Crespo, M. A. (2011). Comportamiento de barreras geosintéticas poliméricas (GBR-P) a base de poli(cloruro de vinilo) plastificado de distinta formulación, instaladas en embalses. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid.

Krauskopf, L. G.- (1993). "Plasticizer structure/performance relationships". *Journal of Vinyl Technology* 15, Nº 3, 140-147.

Pérez, M., Soriano, B., Zapata, F., (2010) : "Impermeabilización con Geomembranas de un Embalse Mixto (Hormigón-Materiales sueltos) en Orihuela (Alicante)" 3er Congreso Nacional de Impermeabilización: Edificación, Obra Civil y Balsas.

Sanchez Romero F.J. (2011) *Criterios de seguridad para balsas tierra*. Tesis Doctoral (en redacción) Universidad Politécnica de Valencia.

Rico, G.- (2002). "Preparación de láminas impermeabilizantes por adición de cauchos termoplásticos de estireno-butadieno-estireno a betunes de destilación ordinaria". *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid.

Rodríguez de Sancho, I. (1990). "Modificación de betunes asfálticos por adición de polipropileno para su uso en impermeabilización". *Tesis Doctoral*. Universidad Autónoma de Madrid.

Zapata Raboso F.A. (2003) "Análisis del comportamiento histórico de balsas de tierra en la provincia de Alicante. Criterios de diseño" *Tesis Doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia.

VISITA AL CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (CEDEX) DEL PRESIDENTE DE SRO (SAUDÍ RAILWAYS ORGANIZATION)

El pasado 23 de Septiembre han visitado las instalaciones del CEDEX el Presidente de SRO (Ferrocarriles Saudíes) y el Project Manager del Proyecto "Haramain". Este proyecto, adjudicado a un consorcio español, es el proyecto ferroviario internacional más importante de la industria española y consistirá en la construcción, explotación y mantenimiento de una línea de alta velocidad entre las ciudades santas de Medina y La Meca. El objeto de la visita era conocer in situ los laboratorios del CEDEX que, contratados por el consorcio español, van a realizar ensayos de vital importancia para dicho proyecto. En concreto, el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria en el que se llevarán a cabo pruebas de integración de tren y vía con antelación a su instalación en campo y el Cajón



Ferrovioario en el que se ensayará el comportamiento del balasto y su posible degradación al ser contaminado por arena del desierto. La delegación saudí, acompañada por el CEO del consorcio español y por los representantes de Ineco, Adif y Renfe en el mismo, fue recibida por el Director del CEDEX y por los Directores del LIF y del Laboratorio de Geotecnia. En la reunión celebrada se les informó con detalle de los ensayos que se realizarán y se les acompañó en una visita guiada al cajón ferroviario. Los representantes saudíes quedaron muy positivamente impresionados por la capacidad técnica de los laboratorios ferroviarios del Cedex, líderes mundiales en sus ámbitos respectivos, y urgieron a los responsables del Consorcio a ejecutar los ensayos lo antes posible.

LECTURA DE LA TESIS DOCTORAL "ESTUDIO DE HORMIGONES RECICLADOS NO ESTRUCTURALES FABRICADOS CON ÁRIDO RECICLADO MIXTO: PROPIEDADES MECÁNICAS Y EXPANSIÓN DEBIDA AL CONTENIDO DE SULFATOS"

D Victor Luis Geraldés defendió su Tesis doctoral realizada en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales el pasado 18 de Junio de 2013, en la ETSI Caminos, Canales y Puertos de Madrid. La Directora de Tesis es Marta Sánchez de Juan.

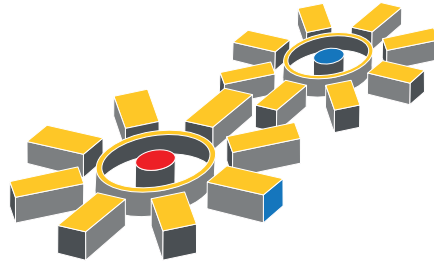
La tesis consta de tres partes:

- Estado del Arte (Propiedades del árido reciclado mixto. Propiedades del hormigón reciclado fabricado con árido reciclado mixto. Normativa internacional. Estudio del ataque por sulfatos en el hormigón)
- Estudio experimental (Primera fase: Árido reciclado mixto. Segunda fase: Hormigón reciclado)
- Conclusiones finales (Requisitos y límites orientativos sobre las propiedades del árido reciclado mixto. Criterios de dosificación. Guía del hormigón reciclado no estructural)

AGENDA

- **III Jornadas de Ingeniería del Agua.**
Valencia, España. 23-24 de octubre de 2013.
www.jia2013.webs.upv.es
- **Congreso Geosintec Iberia 1**
Sevilla, España. 5-6 de noviembre de 2013.
www.geosinteciberia.com

Puertos del Estado



Logistics Made Perfect

El Engranaje Logístico Perfecto



Puertos del Estado



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO