

# Comportamiento de un geosintético utilizado en el drenaje de un embalse

A. LEIRO (\*) y M. BLANCO (\*)

**RESUMEN** La finalidad de este trabajo es la comprobación de la idoneidad de un geosintético utilizado como drenaje en obras hidráulicas que está constituido por una geoestera de poliéster entre dos geotextiles de polipropileno. Se han considerado muestras extraídas en tres zonas distintas de un embalse que se encontraban en contacto con el hormigón y de tres rollos acopiados en la obra. Todos estos materiales se sometieron en laboratorio a una serie de pruebas que confirmaron una notable degradación de la geoestera, debida a la hidrólisis de la función éster del polímero en medio alcalino.

## GEOSYNTHETICS PERFORMANCE USED FOR RESERVOIR'S DRAINAGE

**ABSTRACT** *The objective of this paper is to verify the suitability of a geosynthetic when applied as a drainage tool in hydraulic works. The geosynthetic that has been chosen is formed by a polyester geomat located between two polypropylene geotextiles. The analyzed specimens have been extracted from three different zones of the reservoir, which have been in direct contact with the concrete. Additionally, samples from stockpile material from the construction site have also been taken for analysis. All the specimens have undergone a series of identical experiments that have confirmed an outstanding degradation of the geomat primarily due to the hydrolysis of the ester function in the basic environment.*

**Palabras clave:** Geosintéticos, Geodrán, Geoestera, Geotextil.

**Keywords:** Geosynthetics, Drainagecomposite, Geomat, Geotextile.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Boletín nº 78 del año 1991 del Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLD) (1) data la primera balsa impermeabilizada con una geomembrana sintética en el año 1959; es la de Kualapuu, en Holokai (Hawái). El empleo de geosintéticos es posterior y se puede considerar como fecha histórica el año 1977 en que se celebró en París el Coloquio Internacional sobre el empleo de textiles en Geotecnia; ahí es donde Giroud propone el nombre de geotextiles para designar a estos materiales orgánicos. Posteriormente, la International Geosynthetic Society (IGS) organizó sucesivas conferencias internacionales sobre el tema en Las Vegas, Viena, Singapur, Atlanta, Niza y Yokohama (2).

Los geotextiles, en la casi totalidad de los embalses construidos en España, se sitúan entre el soporte y la geomembrana sintética, denominada barrera geosintética polimérica (GBR-P) de acuerdo con la norma europea UNE-EN ISO 10318 (3-5) aunque, en ocasiones, su colocación puede ocurrir entre dos geomembranas de la misma naturaleza por que así lo requiera el diseño del sistema, es el caso de Los Cabezos en Villena (Alicante) o en reimpermeabilizaciones para evitar incompatibilidades posibles entre las láminas, como podría ser una migración de plastificantes entre un poli(cloruro de vinilo) plastificado y otra membrana de distinta naturaleza (6). En el caso concreto de las presas, es

frecuente hacer uso de geomembranas que llevan incorporado por el lado que va a estar en contacto con el paramento un geotextil; este es el caso de las impermeabilizaciones de las presas portuguesas de Coviao do Ferro y Pracana (7).

La utilización de geosintéticos como drenes es, en la actualidad, de uso común. Su finalidad básica es la captación de agua y conducirla de modo que no de lugar a arrastres, además de disminuir la presión intersticial. Aparte de su función esencial en la estabilidad de la obra, es muy de tener en cuenta los dispuestos para localizar, y en su caso medir, las eventuales filtraciones (8-10).

Aunque a nivel general estos materiales pueden estar constituidos por poliamidas e incluso por fibras de materiales compuestos, en nuestro país, se suelen fabricar a partir de polipropileno, polietileno y poliéster (11). Los dos primeros productos son poliolefinas que en su polimerización han perdido el enlace "pi" y solo en su estructura aparecen enlaces "sigma", mientras que el poliéster es un policondensado que en su reacción de polimerización no pierde la estructura "éster" del monómero de partida. Como resultado de este tipo de estructura de la macromolécula, el polipropileno y el polietileno presentan una gran inercia química y solo serán atacados en reacciones homolíticas o radicáticas que pueden ser provocadas por su exposición a las radiaciones UV procedentes del sol (12) por lo que deben mantenerse en obra debidamente protegidos. En la figura 1 se presentan unos rollos de geotextiles en el proceso constructivo de la balsa de El Toscar, en Monóvar (Alicante). En cambio los poliésteres, reaccionan perfectamente en reacciones heterolíticas o iónicas, como es el caso de su hidrólisis en presencia pH muy

(\*) Laboratorio Central de Estructuras y Materiales. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).



FIGURA 1. Rollos de geotextil recepcionado en el embalse de El Toscar.

ácidos o muy básicos; la reacción de un éster con una base es la conocida formación de jabones o saponificación (13). Teniendo en cuenta el soporte y el medio donde van a instalarse se elegirá el geotextil adecuado y por ello se hace uso de los mismos en los paramentos de presas e incluso en presas de hormigón compactado con rodillo (14-15).

Este trabajo tiene por finalidad presentar los resultados experimentales obtenidos a nivel de laboratorio al situar a un geodrén de poliéster en condiciones alcalinas.

## 2. NORMATIVA

Los geosintéticos se encuentran afectados por el mandato M/107 en el marco de la Directiva Europea de Productos de la Construcción (89/06/CEE), recogido en el Real Decreto 1630/1992, modificado por el Real Decreto 1328/1995. Cuentan con normas EN armonizadas de producto en las que se especifican las características y funciones que deben cumplir los geotextiles y productos relacionados para ser utilizados en las diferentes aplicaciones, obtener el marcado CE para dichas aplicaciones, y por tanto, poder ser comercializados legalmente en el ámbito de la Unión Europea (16,17). **El marcado CE es obligatorio y no es una marca de calidad, sino unos requisitos mínimos que debe cumplir para poder ser comercializado en la Unión Europea.** Podríamos definirla como un documento de identidad del producto.

Las normas UNE- EN de producto permiten a los fabricantes describir los productos en función de sus valores declarados, con las tolerancias, de las características esenciales (armonizadas) para un uso previsto, determinadas mediante ensayos conforme a unos métodos normalizados, normas UNE-EN (18-19). Incluyen también los procedimientos para la evaluación de la conformidad y el control de producción en fábrica. Lo fundamental de estas normas a tener en cuenta para el marcado CE, es lo siguiente:

**En su objeto y campo de aplicación**, especifican las características y funciones que deben cumplir los geotextiles y productos relacionados para una aplicación concreta.

**ANEXO A.** Describe como realizar y documentar el control de producción en fábrica.

**ANEXO B.** Se describen los aspectos de durabilidad relativos a la resistencia a la intemperie, vida de servicio y ensayos de materiales específicos.

**ANEXO C.** Contiene las guías para la selección de la norma apropiada en una aplicación específica.

**ANEXO D.** Consiste en un diagrama de flujo para el proceso de evaluación de la durabilidad.

**ANEXO ZA.** Se refiere a los capítulos de la norma europea relativos a los requisitos esenciales de acuerdo con la Directiva UE "Productos de la Construcción". Consta de 3 apartados:

- ZA.1- Objeto, campo de aplicación y capítulos aplicables.
- ZA.2- Verificación de la conformidad.
- ZA.3- Tareas de evaluación de fabricante y del organismo notificado para el marcado y etiquetado CE.

### MARCADO CE

- Símbolo CE N° organismo certificación.
- Nombre y tipo de producto (uso).
- Nombre y logo fabricante.
- Identificación del producto, incluyendo el tipo.
- Información sobre características reglamentarias (Valores declarados por el fabricante).

Desde octubre del año 2002, los geotextiles deben estar en posesión del marcado CE para ser comercializados legalmente en los países de la Unión Europea.

Por otra parte, las normas europeas, no consideran cálculos ni requisitos de diseño o dimensionado, ni tampoco cubren las técnicas de instalación. Asimismo, las mencionadas normas europeas no hablan de exigencias y teniendo en cuenta la gran variedad de materiales sintéticos utilizados que para una parte del sector resulta desconocido, es por lo que la Dirección General del Agua del el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino está redactando un manual (19) donde figurarán unos requerimientos mínimos a exigir a este tipo de materiales orgánicos.



FIGURA 2.

### 3. EXPERIMENTAL

Este trabajo versa sobre un geodrén colocado en un embalse que debido a las condiciones geotécnicas de la zona se hizo necesaria la utilización de hormigón sobre el soporte del propio terreno como capa reguladora. A su vez, sobre el citado soporte de hormigón se procedió a la puesta en obra del sistema de impermeabilización que consistió en colocar un geodrén, un geotextil intermedio y, externamente, la geomembrana impermeabilizante a base de poli(cloruro de vinilo) plastificado (PVC-P) reforzado con un tejido de poliéster.

A los pocos meses de instalado el sistema impermeabilizante se detectó un problema geotécnico en la solera, por lo que fue preciso levantar el mencionado sistema, y se comprobó que el geodrén se encontraba degradado, fundamentalmente, en el fondo.

#### 3.1. TOMA DE MUESTRAS

Ante la situación planteada se tomaron muestras en obra en tres zonas del embalse que denominaremos N, S y E, así como en tres rollos del geodrén original acopiados en la zona de obras, cuya referencia será 1, 2 y 3.

En las fotografías de la figura 2, se observa el aspecto del geodrén y de sus elementos constitutivos en probetas extraídas del geodrén original.

El geodrén utilizado, se trata de un geocompuesto de drenaje, que está constituido por dos geotextiles no-tejidos y una geoestera, que hace las veces de geored cuyas características mecánicas condujeron a los resultados de la tabla 1.

#### 3.2. PRUEBAS REALIZADAS

Con objeto de intentar reproducir en el laboratorio lo que hipotéticamente había podido ocurrir en la obra, se realizaron una serie de ensayos acelerados para comprobar el comportamiento del geodrén en un medio básico, como es el producido en el hormigón en contacto con el agua debido a su lixiviación. Así, se procedió a realizar a los geodrenes el ensayo descrito por la norma europea transpuesta a norma nacional española (21).

Se utilizó un procedimiento práctico basado en esta norma, concretamente en el método (b) para la determinación para la resistencia a líquidos alcalinos. Para ello, se preparó una disolución de hidróxido de calcio saturada de aproximadamente 2,5 g/l, en la cual se sumergieron las probetas dispuestas según el dispositivo que se muestra en las fotografías de la figura 3 durante tres días.

El recipiente con las probetas se introdujo en una estufa a 60°C con agitación continua (figura 4).

Característica	Norma	Valor medio	
Masa por unidad de superficie, g/m <sup>2</sup>	UNE-EN 965	644	
Resistencia a la tracción, kN/m	UNE-EN ISO 10319	Longitudinal	15,1
		Transversal	13,2
Alargamiento, %	UNE-EN ISO 10319	Longitudinal	31
		Transversal	47

TABLA 1. Características del geodrén.



FIGURA 3.



FIGURA 4.



FIGURA 6. Geostera del geodrén.

### 3.3. PREPARACIÓN DE PROBETAS

Con objeto de estudiar independientemente el comportamiento de los materiales que conformaban el geodrén original, se separaron los dos geotextiles no tejidos (figura 5) y la geostera (figura 6).

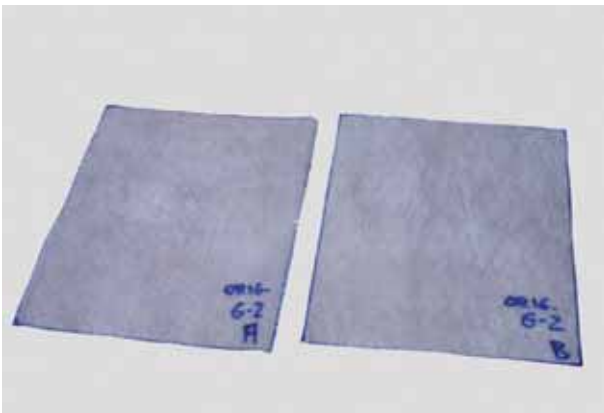


FIGURA 5. Geotextiles que conforman el geodrén.

En los rollos originales (1 y 3) se separaron los geotextiles no tejidos de la geostera y se confeccionaron ocho probetas, cuatro en sentido longitudinal y cuatro en transversal. En el rollo 2 solo se prepararon probetas de la geostera, al igual que en las muestras tomadas en los taludes del embalse, ensayándose en condiciones iniciales, y una vez sometidas al ataque de hidróxido de calcio, de acuerdo con lo establecido en la norma UNE-EN 14030:2002. *Geotextiles y productos relacionados. Método de ensayo selectivo para la determinación de la resistencia a los líquidos ácidos y alcalinos.*

### 3.4. RESULTADOS

Los resultados experimentales alcanzados se presentan en la tabla 2.

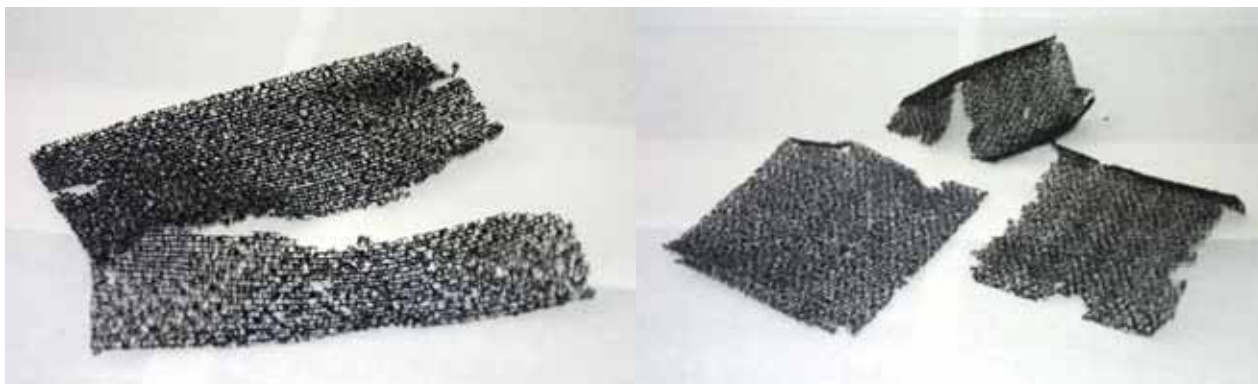
#### 3.4.1. Materiales originales

Los geotextiles ensayados no fueron atacados por la disolución básica del hidróxido cálcico, como lo prueban los resultados obtenidos de su resistencia a la tracción, donde los valores alcanzados antes y después del tratamiento alcalino son, prácticamente, los mismos.

Las geosteras procedentes del geodrén original de los rollos sufrieron un notable deterioro (Fig. 7), tanto es así que en solo dos casos fue posible realizar el ensayo de tracción, si bien presentaban degradación (Fig. 8). En la figura 9 se

MUESTRA	Sentido	Resistencia a la tracción, (KN/m)		Resistencia residual después del contacto con Ca(OH) <sub>2</sub> , (%)
		Condiciones iniciales	Sometidas a la disolución de Ca(OH) <sub>2</sub>	
Geoestera original. Rollo 1	A	0,86	(*)	
	B	0,91	(*)	
Geoestera original. Rollo 2	A	0,72	0,27	37,5
	B		(*)	
Geoestera original. Rollo 3	A	0,68	(*)	
	B	1,29	0,14	10,9
Geoestera de obra N	A	0,62	(*)	
	B	0,80	(*)	
Geoestera de obra S	A	0,52	(*)	
	B	0,79	(*)	
Geoestera de obra E	A	0,48	0,25	52,0
	B	0,48	0,42	88,0
Geotextil original. Rollo 1	A	5,30	5,13	
	B	5,92	5,72	
Geotextil original. Rollo 2	A	4,45	4,55	
	B	5,78	6,12	

**TABLA 2.** Resultados experimentales.  
 (\*) Las probetas no se pudieron ensayar a tracción después de ser sometidas al ataque con la disolución de hidróxido cálcico debido a su deterioro.



**FIGURA 7.** Estado de las geoesteras de los rollos originales tras el contacto con los álcalis.



**FIGURA 8.** Geoestera después del ensayo con Ca(OH)<sub>2</sub>.



**FIGURA 9.** Probetas de geoesteras de los materiales originales tras el contacto con el medio alcalino.



FIGURA 10. Estado de la geoestera del rollo 2 tras sus tres ciclos de tratamiento con el hidróxido cálcico.

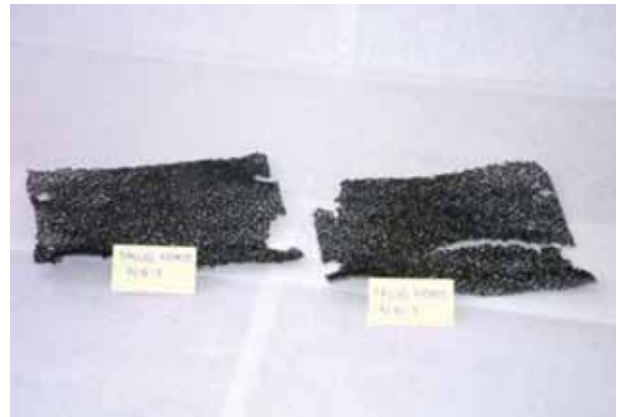


FIGURA 11. Estado de las probetas extraídas de obra tras el ensayo en medio alcalino.

observa el estado de las probetas una vez sometidas al ataque de hidróxido de calcio por un período de 3 días. En la geoestera procedente del rollo 2, las probetas se dejaron con el tratamiento básico por un espacio de tiempo superior, concretamente tres ciclos de tres días sucesivos. En la figura 10 se observa que el estado final de las probetas de la geoestera denotaba un grado de deterioro elevado, lo que impidió llevar a cabo el ensayo de tracción (Fig. 10).

### 3.4.2. Materiales extraídos de obra

Las probetas extraídas de los taludes del embalse se sometieron, como se indicó con anterioridad a la misma prueba que a los materiales originales. El grado de degradación experimentado impidió la prueba de tracción en las muestras referenciadas como N y S (Fig. 11). El deterioro observado en estos materiales es superior al alcanzado por las muestras de los rollos originales.

## 4. CONCLUSIONES

- a) De las probetas de geoestera fabricadas con poliéster (PET) sometidas al ataque de la disolución de hidróxido de calcio, sólo se ha podido determinar la resistencia a la tracción en algunos casos ya que han sufrido un significativo deterioro que impidió llevar a cabo dicha prueba. El deterioro de la geoestera ha llegado a tal extremo que en el fondo del recipiente de ensayo, una vez terminado el ciclo de tres días en la disolución de hidróxido de calcio, se observaron trozos de las probetas totalmente degradadas de aspecto similar a las halladas en obra (figura 12).
- b) Las probetas de la geoestera de poliéster que se han podido ensayar después de tres días sometidas al ataque de hidróxido de calcio, han sufrido una merma importante en su resistencia a la tracción, como se pone de manifiesto en los valores obtenidos sobre probetas

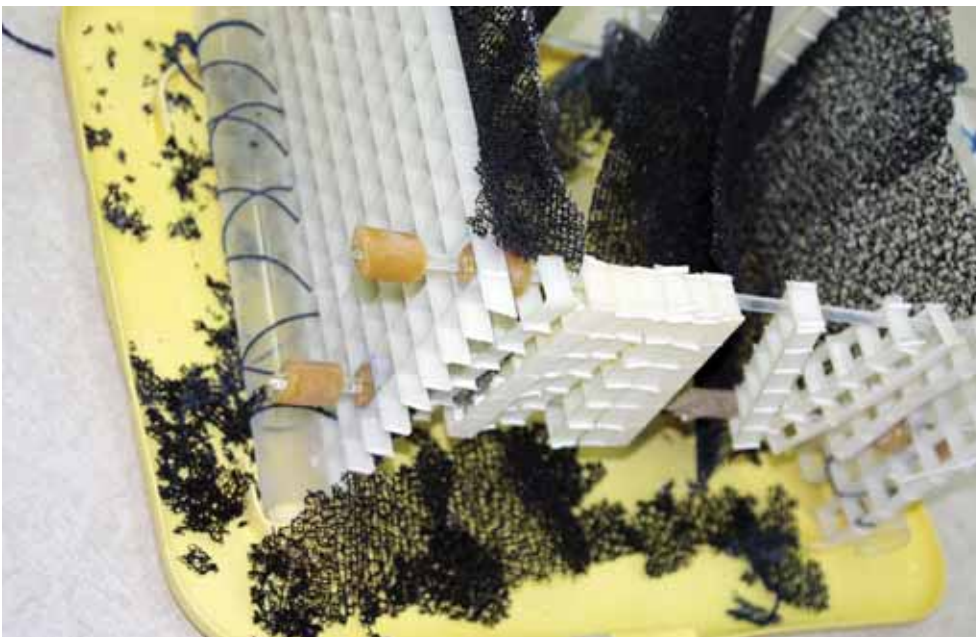


FIGURA 12. Gránulos de la geoestera de poliéster.

ensayadas en condiciones iniciales y después de sometidas al ataque de hidróxido de calcio. De acuerdo con la norma UNE-EN 12226 y el informe UNE-CR- ISO 13434, para que un geosintético sea resistente a un medio alcalino ( $\text{pH} > 9$ ), la resistencia residual después de sometido al ataque de hidróxido de calcio debe ser al menos un 50% de la inicial.

- c) Los valores obtenidos en los geotextiles no tejidos para condiciones iniciales y después de sometidos al ataque de hidróxido de calcio, son sensiblemente iguales, por lo cual se puede deducir que no les ha afectado el ataque de hidróxido de calcio. Esto es debido a que su materia prima, es polipropileno, que permanece inalterable en un medio básico.
- d) Las probetas de geoestera que se han sometido a tres ciclos sucesivos de tres días en la disolución de hidróxido cálcico, se han deteriorado completamente.
- e) Los resultados obtenidos a nivel de laboratorio sobre la geoestera del geodren ponen de manifiesto un deterioro importante en sus propiedades al someterlo al ataque de una disolución saturada de hidróxido de calcio a  $60^{\circ}\text{C}$ , lo cual se puede justificar por la hidrólisis del poliéster, polímero con el cual fue fabricado.
- f) Se puede concluir, por tanto, que si bien las características mecánicas iniciales del geodrén eran adecuadas, no lo fue la elección de la materia prima, lo cual se pone de manifiesto por la degradación sufrida por la geoestera de poliéster, confirmando, que se debió a su hidrólisis al ponerse en contacto con la disolución alcalina producida en la lixiviación del hormigón.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

1. International Commission on Large Dams. *Watertight Geomembranes for Dams. State of the Art*, Bulletin ICOLD N° 78 Paris. (1991).
2. LEIRO, A.- *Geosintéticos, geotextiles y productos relacionados*. Proc. Mesa Redonda sobre Normativa y Reglamentación en la Impermeabilización en Ingeniería Civil. Madrid (2006).
3. BLANCO, M.; LEIRO, A. y SEGURA, J.- *Geosintéticos empleados en la impermeabilización de las balsas de Acanabre y Montaña del Tesoro*. Aislamiento e impermeabilización (2008) (en prensa).
4. LEIRO, A.; BLANCO, M. y ZARAGOZA, G.- *Performance of synthetic geomembranes used in waterproofing of spanish reservoirs* Geosynthetics 7th ICG, Delmas, Gourc & Girard (Eds.) Editorial Balkema (2002) pp. 979-982 Rotterdam (Holanda).
5. AGUIAR, E. and BLANCO, M. *Experience in Connection with the Performance of Plasticized poly(vinyl chloride) Sheeting in Tenerife Basin Sealing*. Proc. Symposium on Research and Development in the Field of Dams, 361-375. Crans-Montana (Suiza). (1995).
6. BLANCO, M.; AGUIAR, E.; CEA, J. C. de; CASTILLO, F. y SORIANO, J. - *Estado de las geomembranas sintéticas de polietileno de alta densidad (PEAD) a los siete años de su instalación en balsas*. Ing. Civil (2008) (en prensa).
7. LIBERAL, O.; SILVA MATOS, A.; CAMELO, D.; SOARES DE PINHO, A.; TAVARES DE CASTRO, A. y MACHADO DO VALE, J. L.- *Observed behaviour and deterioration assessment of Pracana dam*. Proc. ICOLD 21<sup>st</sup> ICOLD International Congress, pp. 185-205. Montreal (Canadá). (2003).
8. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. Direcció General del Agua. *Guía para el proyecto y construcción de balsas de tierra*. Valencia (2007).
9. FERRER, C.; FERRÁN, J.J.; SÁNCHEZ, F.J. y REDÓN, M.- *Pruebas del drenaje en balsas de materiales sueltos*. I Simposio nacional sobre proyecto, construcción e impermeabilización de balsas. Sevilla. (2005).
10. SANTAMARÍA, E.; ZAPATA, F.; TARÍN, A. y GÓMEZ, A.- *Experiencias en la construcción de drenes "chimenea" en balsas de materiales sueltos*. Proc. 2º Congreso Nacional de Impermeabilización: Edificación y Obra Pública y 2º Congreso Internacional sobre proyecto, construcción e impermeabilización de balsas, pp. 671-679. Palma de Mallorca. (2008).
11. LEIRO, A. y BLANCO, M.- *Los geotextiles como nuevos materiales orgánicos en la Obra Pública*. Monografías CEDEX, M-17. Madrid. (1990).
12. CARNEIRO, J. R.. - *Resistência dos geotêsteis à degradação química. Termodegradação e factores climáticos*. Proc. I Seminário Português sobre geosintéticos. Porto (Portugal), noviembre (2005).
13. NAVARRO, A.; BLANCO, M. y RICO, G. *Materiales Ópticos Orgánicos*. AAEUO. Madrid. (1989).
14. SCUERO, A. 2004. *Waterproofing of Dams and Reservoirs all over the World with Synthetic Geomembranes*. Proc. Jornadas sobre impermeabilización con materiales sintéticos. La Palma (España), Abril. (2004).
15. SCUERO, A. y VASCETTI, G. *How to Select a Geomembrane to Waterproof Hydraulic Structures*. Proc. 2º Congreso Nacional de Impermeabilización: Edificación y Obra Pública y 2º Congreso Internacional sobre proyecto, construcción e impermeabilización de balsas, pp. 189-202. Palma de Mallorca. (2008).
16. UNE-EN 13 254 *Requisitos para uso en la construcción de embalses y presas* (2001).
17. UNE-EN 13 252 *Requisitos para uso en sistemas de drenaje* (2001).
18. SANS, I.- *Estado actual de la normativa técnica UNE sobre impermeabilización con materiales impermeabilizantes: edificación y obra civil*. Proc. 2º Congreso Nacional de Impermeabilización: Edificación y Obra Pública y 2º Congreso Internacional sobre proyecto, construcción e impermeabilización de balsas, pp. 779-788. Palma de Mallorca. (2008).
19. LEIRO, A. *Geosintéticos*. Simposio Nacional sobre Proyecto, Construcción e Impermeabilización de balsas. Sevilla (2005).
20. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. *Manual de diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas*. (en elaboración).
21. UNE-EN 14 030 *Geotextiles y productos relacionados. Método de ensayo selectivo para la determinación de la resistencia a los líquidos ácidos y alcalinos* (2002).