

Utilización de los estériles del carbón como material de relleno para estructuras de tierra reforzada.

I. Características geotécnicas y electroquímicas

J. GONZÁLEZ CAÑIBANO (*)

F. PARDO (**)

L. M. SOPEÑA (**)

J. J. PÉREZ (***)

M. TORRES (****)

C. MARTÍNEZ (*)

M. R. GONZÁLEZ (*)

RESUMEN En el presente artículo se recogen las características geotécnicas y electroquímicas que poseen los estériles del carbón ya que son la base de partida para la determinación de la viabilidad técnica de la utilización de los estériles del carbón en estructuras de tierra reforzada.

THE UTILIZATION OF COAL MINING WASTES AS FILLING MATERIAL IN REINFORCED EARTH STRUCTURES. I. GEOTECHNICAL AND ELECTROCHEMICAL CHARACTERISTICS

ABSTRACT This paper summarizes the geotechnical and electrochemical properties of coal mining wastes (minestones). Such properties are the starting basis from which the technical feasibility of using coal mining wastes in reinforced earth structures can be determined.

Palabras clave: Estériles del carbón; Tierra reforzada; Propiedades geotécnicas; Propiedades electroquímicas.

1. INTRODUCCIÓN

Si bien los estériles del carbón vienen siendo usados con profusión desde los años cincuenta como materiales para la construcción de terraplenes de carreteras, autovías, autopistas y ferrocarriles (1) —fruto de los estudios llevados a cabo en diferentes países para demostrar su viabilidad técnica—, su empleo como materiales de relleno en estructuras de tierra reforzada ha sido prácticamente nulo, como consecuencia de que, con la excepción del Reino Unido (2), los países afectados por el problema de los estériles no han realizado investigaciones sobre la posibilidad de utilización de los mismos en las mencionadas estructuras.

No obstante, en los últimos años se han comenzado a efectuar pruebas para tal fin (3) (4). En el caso de España, aunque en 1988 se construyó una pequeña estructura, en la cual

se emplearon estériles del carbón de una escombrera cercana a la carretera como material de relleno, no se efectuó estudio general ni seguimiento alguno que avalase, desde el punto de vista técnico, la mencionada utilización, por lo cual, debido a que está aumentando la construcción de estructuras de tierra reforzada como consecuencia de la escasez de terrenos y materiales, etc., HUNOSA en colaboración con la Dirección General de Carreteras y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, del MOPTMA, y la Universidad de Oviedo, han llevado a cabo un proyecto, subvencionado por OCICARBON, INI y FICYT, para demostrar que los estériles del carbón cumplen las especificaciones técnicas exigidas como para poder ser utilizados como materiales de relleno en estructuras de tierra reforzada.

En el presente artículo (parte I) se describen las propiedades geotécnicas y electroquímicas que presentan los estériles del carbón ya que son la base de partida para la determinación de la viabilidad técnica del empleo de los estériles del carbón en estructuras de tierra reforzada.

2. PROPIEDADES GEOTÉCNICAS

Como quiera que las propiedades geotécnicas de los estériles del carbón como materiales para terraplenes y rellenos, en

(*) Programa Desarrollo Estériles. HUNOSA.

(**) Laboratorio Geotecnia, CEDEX (MOPTMA).

(***) Laboratorio Denominación Carreteras, MOPTMA.

(****) E.T.S.I. Minas.

Propiedad	Valor o intervalo
Peso específico de las partículas	2,40 - 2,70 t/m ³
Tamaño máximo	200 mm
% de finos (<0,08 mm)	0 - 15 %
Ausencia de plasticidad	36 %
En el caso de finos plásticos: Límite líquido Índice de plasticidad	< 30 < 12
Colapsabilidad de los estériles compactados	< 0,4 %
Cohesión efectiva	0 - 2 t/m ²
Ángulo de rozamiento interno efectivo	32° - 34°
Densidad máxima Proctor Normal	> 1,75 t/m ³
Humedad óptima Proctor Normal	7 - 10 %
Densidad máxima Proctor Modificado	> 1,90 t/m ³
Humedad óptima Proctor Modificado	5 - 8 %
Índice C.B.R. P. Normal	> 8
Índice C.B.R. P. Modificado	> 12
Hinchamiento (C.B.R. P. Normal)	< 0,1 %
Hinchamiento (C.B.R. P. Modificado)	< 0,4 %

TABLA I. Características geotécnicas de los estériles del carbón.

general, ya se han expuesto en diversos artículos (5) (6) (7), en este trabajo se da un resumen de las mismas.

En la Tabla I se recogen las propiedades geotécnicas de los estériles.

En dicha Tabla se puede ver que los estériles presentan un tamaño máximo de 200 mm —aunque, a veces, se pueden encontrar tamaños mayores— siendo su contenido en finos menor del 15%. Los estériles son materiales no plásticos o de baja-media plasticidad.

En lo que se refiere a su comportamiento bajo los efectos de la compactación, aplicando la energía correspondiente al Proctor Normal se logran densidades superiores a 1,75 t/m³. Si la energía aplicada es la relativa al Proctor Modificado se obtienen densidades por encima de 1,90 t/m³. Se ha observado que los estériles cuando se compactan sufren una pequeña degradación, aumentando el porcentaje de finos en un 4-6%.

Los índices C.B.R. —correspondientes a las energías Proctor Normal y Modificado— que se obtienen con los estériles son superiores a 8 y 12, respectivamente, el ángulo de rozamiento interno suele variar entre 25-35°, la cohesión varía entre 0 y 2 t/m², la colapsabilidad de los estériles es menor del 0,4% y el hinchamiento se encuentra por debajo del 0,4%.

Con los estériles se han realizado diversos ensayos de compresibilidad en el edómetro. Dados los gruesos tamaños presentes se empleó la célula Rowe de 254 mm de diámetro y 80 mm de altura.

Los ensayos se hicieron con muestras compactadas a una densidad seca próxima a 1,90 t/m³. Se varió, además, la humedad inicial y se aprovecharon los ensayos para estudiar la colapsabilidad de los estériles, inundando las muestras al alcanzar la presión de 1 kp/cm².

En la Tabla II se resumen los resultados del ensayo, de la que pueden deducirse diversas conclusiones:

- Salvo en el caso de muestras mal graduadas (U bajo) o deficientemente compactadas, se alcanzan con facilidad módulos de deformación del orden de 200 kp/cm² incluso para densidades inferiores al 95% del Proctor Normal.

Tipo de muestra	D ₅₀	U = D ₆₀ /D ₁₀	% de Colapso	γ_d (kg/cm ³)	C _c	Módulo edométrico E _s (kg/cm ²)
Relavada	8 mm	17	0,36	1,90	0,04	600
Todo uno	15 mm	11	0,28	1,90	0,07	520
Todo uno	7 mm	10	0,63	1,86	0,10	210
Todo uno	14 mm	11	1,20	1,88	0,08	86
Todo uno	10 mm	50	0,66	1,91	0,06	205
Menudos	3 mm	11	0,43	1,90	0,06	350
Grosos	4 mm	6	0,36	1,90	0,14	160
Todo uno	10 mm	25	0,88	1,79	0,05	170
Menudos	3 mm	4	0,94	1,90	0,10	82
Estériles rojos				1,75	0,10	101
Estériles rojos				1,77	0,14	144
Todo uno				1,97	0,08	128
Todo uno				2,01	0,07	131
Estériles de relavada				1,94	0,08	226

TABLA II. Resultados de los ensayos edométricos.

U = coeficiente de uniformidad
C_c = índice de compresión
E_s corresponde al intervalo 1,5 - 3 kg/cm²

MUESTRA		RESISTIVIDAD (Ωcm)			
		En seco	En húmedo		
			1 h	24 h	> 24 h
Lavadero Candín	Est. de menudas	> 30.000	850	963	217 (2.900)
Lavadero Candín	Est. de granos	> 30.000	800	800	—
Lavadero Batán	Est. de menudas	> 30.000	3.233	3.333	—
Lavadero Batán	Est. de granos	> 30.000	3.500	2.783	2.693 (96)
Lavadero Sevilla	Est. de menudas	> 30.000	883	970	833 (2.900)
Lavadero Gilián	Est. de granos	> 30.000	16	16	—
Lavadero Gilián	Est. de granos	> 30.000	27	24	20 (48)
Escombrera Gilián	Todo-uno	> 30.000	40	33	—
Escombrera Corría	Todo-uno	> 30.000	2.467	2.267	—
Escombrera Corría	Est. rojo-Todo-uno	17.233	2.917	2.000	—
Escombrera Fumardonga	Todo-uno	> 30.000	3.000	2.000	1.900 (76)
Escombrera San Pedro	Todo-uno	> 30.000	1.800	1.927	—
Escombrera San José	Est. rojo-Todo-uno	> 30.000	1.650	2.167	—
Escombrera El Toralín	Todo-uno	> 30.000	2.150	2.583	1.950 (76)
Escombrera Torre del Bierzo	Todo-uno	> 30.000	1.947	1.700	1.730 (96)
Escombrera Antracitas del Bierzo	Est. rojo-Todo-uno	12.883	21	9	7 (72)
Escombrera Barnuelo (al 50%)	Todo-uno	> 30.000	623	460	450 (216)
Escombrera Antracitas Velilla (al 50%)	Todo-uno	> 30.000	417	417	367 (168)

TABLA III. Resistividad eléctrica de los estériles del carbón.

- En estas mismas muestras el colapso por inundación bajo carga es inferior al 1%, pudiendo esperarse en muestras correctamente compactadas valores inferiores al 0,4%.
- Los valores de compresibilidad obtenidos pueden considerarse un límite superior de los alcanzables in situ con una correcta puesta en obra.

3. PROPIEDADES ELECTROQUÍMICAS

Los materiales a emplear como relleno en tierra reforzada deben cumplir, además de las exigencias reseñadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Carreteras y Puentes (PG3/75) para materiales de relleno, otros requisitos específicos —que en el caso de las armaduras de acero galvanizado son exigidas por el suministrador— para las estructuras de tierra reforzada, como son los relacionados con las propiedades electroquímicas: resistividad eléctrica, pH y contenido en sales solubles, las cuales tienen especial importancia para el caso de estructuras donde los materiales de relleno vayan a estar en contacto con armaduras metálicas, puesto que con la determinación de dichos parámetros se puede realizar una primera evaluación del grado de corrosión que aquellos ejercerán sobre los elementos metálicos y, por tanto, de manera indirecta, evaluar la idoneidad de los materiales de relleno —en este caso los estériles del carbón— en este tipo de estructuras y su durabilidad.

3.1. RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

La resistividad eléctrica de los estériles se ha determinado en una célula normalizada tipo T.A. El aparato empleado

para determinar la resistencia eléctrica del material ha sido un resistivímetro modelo TERRAMETER ABEM.

En la Tabla III se recogen los resultados de las pruebas realizadas sobre los estériles de carbón. Como puede observarse se han realizado medidas en seco y en húmedo, éstas últimas tras 1 hora de inundación, tras 24 horas y después de haber transcurrido varios días (los números que aparecen entre paréntesis corresponden al tiempo en el que se realizaron las medidas).

De la Tabla III se deduce que, teniendo en cuenta las prescripciones técnicas particulares que se recogen en la Tabla IV, para obras no inundables, cualquiera de los estériles analizados poseen una calidad buena, lo que indica que, en principio, no ocasionarán corrosión sobre armaduras metálicas. Sin embargo, en el caso de obras inundables, de acuerdo con la Tabla IV, los resultados indican que la mayor parte de las muestras presentarán un riesgo en lo que a corrosión se refiere.

CONDICIONES	RESISTIVIDAD (Ωcm)	CALIDAD
Obras en seco	> 1.000	Buena
	< 1.000	Mala
Obras inundables	> 3.000	Buena
	< 3.000	Mala

TABLA IV. Clasificación de los suelos en función de la resistividad para obras en seco o inundables.

En 10 de las 18 muestras sometidas a análisis, se ha medido la resistividad al cabo de tiempos superiores a las 24 horas, comprobándose que si bien existe una disminución de la resistividad con el tiempo en obras inundables, aquella no es significativa.

3.2. pH

La medida del pH se ha efectuado de acuerdo con la Norma de determinación del pH de los Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

De la Tabla V, donde se recopilan los pH de los estériles se deduce que los valores, con excepción de los de Hulleras de Barruelo, se encuentran entre 5,75 y 9,90, cumpliendo así las prescripciones técnicas particulares que dicen que el valor del pH estará comprendido entre 5 y 10.

MUESTRA	pH
Lavadero Candin. Est. menudos	8.30
Lavadero Batón. Est. menudos	8.25
Lavadero Batón. Est. granos	8.50
Lavadero Modesto. Est. granos	7.15
Lavadero Sevilla. Est. menudos	8.70
Lavadero Turón. Est. granos	8.65
Lavadero Gilión. Est. menudos	9.90
Esc. Carrio. Est. rojos	6.40
Esc. Carrio. Est. rojos	6.50
Esc. Carrio. Todo-uno	8.10
Esc. S. Pedro. Todo-uno	7.15
Esc. S. Pedro. Est. menudos	7.20
Esc. Mariana. Todo-uno	7.40
Esc. Purnandango. Todo-uno	7.43
Esc. S. José. Est. rojos	7.43
Esc. Tres amigos. Todo-uno	7.60
Esc. M ^a Luisa. Todo-uno	7.90
Esc. El Toralín. Todo-uno	7.20
Esc. El Toralín. Est. granos	7.70
Esc. El Toralín. Est. menudos	7.15
Esc. Antracitas del Bierzo. Est. rojos	6.55
Esc. Antracitas de Gaiztano. Est. rojos	7.10
Esc. Torre del Bierzo	5.75
Esc. M.S.P. Todo-uno	7.25
Esc. M.S.P. Todo-uno	7.75
Lav. Antracitas de Vella. Est. granos	7.83
Lav. Antracitas de Vella. Est. menudos	7.30
Esc. Hulleras de Barruelo. Est. granos	4.85
Esc. Hulleras de Barruelo. Est. menudos	4.93

TABLA V. pH de los estériles del carbón.

3.3. SALES SOLUBLES

Las prescripciones técnicas particulares establecen que el material de relleno será válido cuando:

- Para obras en seco, el contenido en (Cl^-) sea menor de 200 mg/kg y el contenido en (SO_4^{2-}) solubles en agua, sea menor de 1.000 mg/kg.
- Para obras inundables, el contenido en (Cl^-) sea menor de 100 mg/kg y el contenido en (SO_4^{2-}) solubles en agua, sea menor de 500 mg/kg.

En algunos casos, en función del origen del material de relleno y situación del macizo armado, se estudiará el contenido en sulfuros, materia orgánica y actividad biológica.

En la Tabla VI se recopilan para diferentes muestras de estériles, el contenido en sulfatos solubles, cloruros y sales solubles y de la cual se deduce que:

- en obras en seco, los estériles negros, cumplen las prescripciones exigidas.
- en obras inundables, los estériles negros cumplen, en algunos casos los mencionados límites.
- los estériles rojos de la Escombrera Reicastro, si bien cumplen en cuanto al contenido en cloruros, no cumplen en lo referente al porcentaje de sulfatos.

ESTÉRIL	CONTENIDO (%)		
	Sulfatos	Cloruros	Sales Solubles
Esc. Reicastro. Rojo. Todo-uno	0,50	0,007	2,589
Esc. Purnandango. Negro. Todo-uno	0,03	0,014	0,216
Esc. San Pedro. Negro. Todo-uno	0,09	0,014	0,190
Esc. Toralín. Negro. Relavado	0,05	0,014	0,342

TABLA VI. Contenido en sulfatos, cloruros y sales solubles de los estériles del carbón.

4. SLAKE DURABILITY TEST

Este ensayo sirve para valorar la resistencia ofrecida por los materiales al debilitamiento y disgregación cuando se someten a cambios de humedad unidos a los originados por el choque entre las partículas.

Por otro lado, existen otros factores que influyen en la corrosión de las armaduras, como es la debida a la actividad bacteriana, aspecto muy poco estudiado (8) (9) y en el cual no se entrará en detalles por salirse del marco del proyecto objeto de este artículo.

Aunque si bien este ensayo no suele ser exigido, en general, en las especificaciones de uso para el material destinado al relleno de estructuras de tierra reforzada, se estima muy interesante puesto que aporta datos a la hora de determinar características peculiares en la construcción de rellenos; algunos estudios realizados sobre pizarras permiten relacionar los resultados obtenidos en este ensayo con el espesor (en cm) aconsejable para las tongadas en la construcción de los mismos.

En base a la clasificación de GAMBLE, Tabla VII, se ha establecido el grado de durabilidad de los estériles de carbón.

GRADO	Índice
Muy alto	> 98
Alto	98 - 95
Medio-alto	95 - 85
Medio	85 - 60
Baja	60 - 30
Muy bajo	< 30

TABLA VII. Clasificación de GAMBLE entre el grado y el índice de durabilidad.

Aunque únicamente se requieren dos ciclos para clasificar a los materiales, el número total de ciclos realizado ha sido de 5; con tales resultados se puede observar la evolución del índice de durabilidad con respecto al número de ciclos.

En los estériles con tamaños pequeños, como es el caso de los menudos, no pueden obtenerse fragmentos suficientemente grandes como para que sus pesos oscilen entre 40 y 60 g, por lo que, según la norma, no puede realizarse el ensayo con estos materiales. Sin embargo, para poder realizar el ensayo con estas fracciones se han eliminado los tamaños menores de 5 mm y con las muestras resultantes se ha procedido al ensayo. Por otro lado, la muestra de granos del La-

vadero de Candín se ha ensayado en dos modalidades: con fragmentos elegidos al azar y subdividiendo la muestra por intervalos de tamaño con los que se han realizado ensayos independientemente. Con estos resultados puede observarse la influencia que el tamaño de grano posee en el índice de durabilidad.

Los resultados del ensayo, referentes al índice de durabilidad expresados en tanto por ciento, se recogen en la Tabla VIII.

De los resultados que se recogen en la Tabla VIII y conforme a lo expuesto en la Tabla VII, los estériles del carbón presentan un índice de durabilidad, en las muestras ensayadas, de:

• MUY ALTO	12%
• ALTO	23%
• MEDIO-ALTO	47%
• MEDIO	18%

Por otro lado, se han medido los pH del agua utilizada, antes y después de los ensayos, cuyos valores medios de los resultados de los 5 ciclos se recogen en la Tabla IX, de la cual se deduce que, en general, el pH aumenta ligeramente con el tiempo, lo que demuestra el carácter básico de los estériles y está en concordancia con la petrología de los mismos.

5. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados anteriores se puede deducir que gran parte de los estériles del carbón pueden ser adecuados para emplear como materiales de relleno para estructuras de tierra reforzada, máxime en obras en seco.

MUESTRA	GRADO	I_{d1}	I_{d2}	I_{d3}	I_{d4}	I_{d5}
Lav. Candín, granos de 2 1/2"-1 1/2"	Medio-alto	97.60	93.60	90.10	87.63	84.70
Lav. Candín, granos de 1 1/2"-1"	Medio-alto	93.56	88.63	84.30	80.74	77.60
Lav. Candín, granos de 1"-3/8"	Medio-alto	94.63	89.10	84.83	81.97	79.39
Lav. Candín, granos de 3/8"-nº 4	Medio	87.58	78.32	72.39	66.35	62.56
Lav. Candín estériles menudos	Medio-alto	94.51	91.07	88.17	84.89	82.11
Lav. Sevilla estériles menudos	Medio-alto	93.92	89.75	85.13	80.49	76.49
Lav. Borón estériles granos	Medio-alto	97.07	94.43	92.89	91.04	89.70
Esc. Carrio est. negro todo-uno	Alto	98.91	97.96	97.45	97.14	95.43
Esc. Carrio est. rojo todo-uno	Alto	98.68	97.93	97.29	96.90	96.43
Esc. Pumarango est. negro todo-uno	Medio-alto	97.00	94.50	92.72	90.93	89.40
Esc. San Pedro est. negro todo-uno	Medio	87.07	75.75	66.03	57.54	53.12
Esc. San José Est. rojo todo-uno	Muy alto	99.13	98.38	97.74	97.05	96.80
Esc. El Toralín est. negro todo-uno	Alto	98.90	97.77	96.67	95.66	94.46
Esc. Torre del Bierzo est. negro todo-uno	Alto	98.52	97.39	96.45	95.72	94.91
Ant. del Bierzo Est. rojo todo-uno	Muy alto	99.37	99.04	98.82	98.62	98.45
Lav. Huéla Borruea granos	Medio	92.54	84.52	79.91	76.86	74.36
Lav. Ant. Velilla granos	Medio-alto	93.19	86.16	80.93	76.96	74.49

TABLA VIII. Índices de durabilidad para diferentes ciclos.

MUESTRA	pH		
Lav. Cardín, granos de 2 1/2"-1 1/2"	7.51	7.77	+ 0.26
Lav. Cardín, granos de 1 1/2"-1"	7.49	7.77	+ 0.27
Lav. Cardín, granos de 1"-3/8"	7.45	7.65	+ 0.20
Lav. Cardín, granos de 3/8"-nº 4	7.52	7.68	+ 0.16
Lav. Cardín, est. menudos	7.59	7.58	- 0.01
Lav. Sevilla, est. menudos	7.66	7.50	- 0.16
Lav. Batán, est. granos	7.34	6.67	+ 0.32
Esc. Camio, todo-uno	7.67	7.78	+ 0.11
Esc. Camio, est. rojo	7.49	7.40	- 0.03
Esc. Fumondongo, todo-uno	7.29	7.43	+ 0.14
Esc. San Pedro, todo-uno	7.29	7.43	+ 0.14
Esc. San José, est. rojo	7.44	7.45	+ 0.04
Esc. El Toralín, todo-uno	7.25	7.36	+ 0.14
Esc. Torre del Bierzo, todo-uno	7.40	7.43	- 0.03
Esc. Ant. del Bierzo, est. rojo	7.40	7.62	+ 0.22
Lav. Hulleras de Baruelo, granos	7.59	7.39	- 0.20
Lav. Ast. Vaillo, granos	7.50	7.72	+ 0.22

TABLA IX. pH del agua usado en el Slake Durability Test.

BIBLIOGRAFÍA

(1) GONZÁLEZ CAÑIBANO, J.; "Estado actual del uso de los estériles del carbón en obras de carreteras", Carreteras, Setiembre-Octubre, 27-39 (1990).

(2) RAINBOW, A. K. M.; "An investigation of some factors influencing the suitability of minestone as the fill in reinforced earth structures". Ph. D. Thesis, University of Nottingham. National Coal Board, London (1983).

(3) SINGH, R. B.; "A combined anchor and geotextile system of reinforcement for Singrauli minestone utilization". Third International Symposium on Reclamation, Treatment and Utilization of Coal Mining Wastes. Glasgow. Balkema, 343-347 (1990).

(4) GRYZMANSKY, M.; PIECZYRAK, J.; SEKOWSKI, J.; "Field investigations on bearing capacity of a subsoil reinforced by an unburnt coal mining waste field-geogrid composite". 4th International Symposium on the Reclamation, Treatment and Utilization of Coal Mining Wastes. Krakow, 317-324 (1993).

(5) GONZÁLEZ CAÑIBANO, J.; FDEZ. VALCARCE, J. A.; GARCÍA, M.; "Empleo de los estériles del carbón en la construcción de rellenos y terraplenes". Simposio sobre terraplenes, pedraplenes y otros rellenos. Madrid, 4-5 Marzo (1986).

(6) GONZÁLEZ CAÑIBANO, J.; RODRÍGUEZ ORTIZ, J. M.; "La utilización de los estériles de la minería del carbón en obras públicas". Carreteras, Noviembre-Diciembre, 47 (1987).

(7) HINOJOSA, J. A.; GONZÁLEZ CAÑIBANO, J.; "Construcción de terraplenes con residuos del carbón". III Simposio Nacional de Geotecnia Vial. Vigo, 28-30 Setiembre (1994).

(8) MUÑOZ CEBRIAN, J. M.; "Posibilidades de la investigación biológica en problemas planteados en los diferentes campos de la ingeniería y del urbanismo". Bol. Lab. Carreteras y Geotécnica, 145 (1981).

(9) MUÑOZ CEBRIAN, J. M.; RUBIO GUZMAN, B.; "Alteración biológica de rocas conteniendo sulfuros de hierro y su repercusión en obras de ingeniería". Carreteras, nº 29 (1987).



TRATAMIENTO DE AGUAS DESDE 1964

		Qm ³ /día	POBLACION EQUIVALENTE
AGUAS POTABLES (municipales, industriales y desalación)	Construcción	2.666.276	11 millones
	Explotación	311.303	1,3 millones
AGUAS RESIDUALES (urbanas, industriales)	Construcción	2.201.822	8,9 millones
	Explotación	1.858.650	7,6 millones
TOTAL		7.038.051	28,8 millones

MAS DE 1.400 PLANTAS CONSTRUIDAS EN ESPAÑA Y EN EL EXTRANJERO

Para más información sobre tecnologías y financiación, póngase en contacto con el teléfono 94-481.73.90, fax 94-481.73.91 ó en el EMAIL: cadagu01@sarenet.es

Drayfil®



Depuradora de aguas residuales Balsa MURCIA 120.000 m³ (impermeabilizada con lámina DRAYFIL Embalses)

Marca la diferencia para culminar cualquier obra bien hecha.

Drayfil EDIFICIOS

Drayfil EMBALSES

Drayfil AGUA POTABLE

Drayfil TÚNELES

Drayfil PISCINAS

AISCONDEL LAMINADOS, S.A. es pionera en España en la investigación y desarrollo de las láminas impermeabilizantes de PVC para todo tipo de instalaciones, en la construcción, obras públicas, embalses y agricultura.

Esta larga experiencia, unida a los constantes avances tecnológicos, la sitúa en la primera línea del sector.

Todas las láminas impermeabilizantes de PVC-P fabricadas por AISCONDEL LAMINADOS, S.A. bajo la marca DRAYFIL, poseen la certificación AENOR.



AISCONDEL
LAMINADOS, S.A.

