

e. n. adaro

ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS ES
TERILES DE CARBON DE HUNOSA.

TOMO V - OTRAS APLICACIONES

PLAN ENERGETICO NACIONAL

OCTUBRE 1981

empresa nacional adaro de
investigaciones mineras, s.a.
enadimsa

50452

TITULO	ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS ES TERILES DE CARBON DE HUNOSA. TOMO V - OTRAS APLICACIONES
CLIENTE	PLAN ENERGETICO NACIONAL
FECHA	OCTUBRE 1981

Referencia: P8/14/201

Objetos: Plantas Mineralúrgicas

TOMO V - OTRAS APLICACIONES

I N D I C E

	<u>Págs.</u>
0.- INTRODUCCION	1
1.- MATERIALES REFRACTARIOS	3
1.1.- GENERALIDADES	3
1.2.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES	5
1.3.- EXPERIENCIAS EN ESTE CAMPO	6
2.- CEMENTO Y AGLOMERANTES	7
2.1.- GENERALIDADES	7
2.2.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES	8
2.3.- EXPERIENCIAS EN ESTE CAMPO	10
3.- OBRAS PUBLICAS	12
3.1.- GENERALIDADES	12
3.2.- ANTECEDENTES	14
3.2.1.- Francia	14
3.2.2.- Alemania	16
3.2.3.- España	18
3.3.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES	18
4.- AGRICULTURA Y JARDINERIA	20
4.1.- GENERALIDADES	20
4.2.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES	20
4.3.- EXPERIENCIAS EN ESTE CAMPO	21

(sigue)

	<u>Págs</u>
5.- ALUMINA Y OTROS ELEMENTOS	22
5.1.- GENERALIDADES	22
5.2.- POSIBILIDADES DE OBTENCION DE ALUMINA A PARTIR DE LOS ESTERILES	23
5.3.- EXPERIENCIAS EN ESTE CAMPO	23
6.- APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA	25
7.- CONCLUSIONES	27

0.- INTRODUCCION

De lo expuesto en el TOMO I - MATERIA PRIMA y a partir de las composiciones mineralógicas y químicas, así como del resto de datos y la bibliografía existente al respecto, se deduce que los estériles de los lavaderos de carbón pueden utilizarse, además en la fabricación de ladrillos, áridos ligeros y gres, en:

- Fabricación de semirrefractarios, como materia prima.
- Fabricación de cemento, como materia prima.
- Fabricación de aglomerantes hidráulicos, como materia prima.
- Obras públicas, como relleno de terraplenes y materiales para bases y subbases.
- Agricultura y jardinería, como acondicionador de suelos.
- Obtención de alúmina y otros elementos, como materia prima.
- Recuperación o aprovechamiento de la energía contenida.

El campo de las posibles utilizaciones de los estériles tal vez se pueda ampliar a partir de los resultados de investigaciones a realizar en un futuro.

Todas estas aplicaciones están contempladas desde un punto de vista simplemente teórico, y es necesario la realización

de los correspondientes estudios para comprobar su alcance real en la práctica.

Por otro lado, en algunos casos de las posibles aplicaciones mencionadas, se podrán usar los estériles al cien por cien, mientras que en otros entrarán a formar parte de la materia prima en un mayor o menor porcentaje.

Dado que el estudio estaba centrado en el aprovechamiento de los estériles de los lavaderos del carbón para la fabricación de ladrillos, árido ligero y gres, en este Tomo se describirán las otras posibles utilizaciones de una forma somera con el fin de recopilarlas, y así aprovechar toda la información y bibliografía obtenidas durante el trabajo realizado en los primeros meses.

Con la redacción de este tomo se pretende solamente dejar constancia de que existen otras aplicaciones, que pudieran o no ser tan interesantes como las del objeto de este estudio, y poseer la mínima información básica a partir de la cual se puedan comenzar las investigaciones correspondientes a las materias que se consideren más interesantes o con mejores perspectivas en un momento dado.

1.- MATERIALES REFRACTARIOS

1.1.- GENERALIDADES

Los refractarios tienen como propiedad común el resistir las elevadas temperaturas a que han de someterse sin que se produzca su destrucción prematura.

No obstante, no hay ningún material que por sí sólo reúna las principales condiciones que debería tener un refractario de empleo general: resistir el calor, cambios bruscos de temperatura, presiones a temperaturas elevadas y combinaciones químicas. Además de estas condiciones pueden requerirse otras dependiendo de la aplicación que haya de darse al material.

Entre los materiales refractarios se pueden citar: silicatos de alúmina, sílice, alúmina, caliza, magnesita, cromita, carbono y algunos metales.

La arcilla refractaria es el material que más se emplea en la fabricación de productos refractarios. En general se llama arcilla a los compuestos hidratados de sílice y alúmina - acompañados frecuentemente de hierro y de alúmina libre, que absorbiendo el agua adquieren suficiente plasticidad para moldearse.

Aunque deben reunir varias propiedades, aquí solamente se mencionarán algunas de ellas.

Para que una arcilla se considere como refractaria no debe fundir a temperaturas inferiores, a la del cono Seger nº 26 (1.580º C).

En cuanto a su composición, las arcillas refractarias - varía considerablemente como se indica en la tabla siguiente:

<u>Contenido</u>	<u>%</u>
Sílice	46 a 63
Alúmina	25 a 45
Hierro	0,7 a 5
Cal	0,1 a 0,6
Magnesio	hasta 0,5
Alcalis	hasta 0,6

por tanto, a veces es necesaria su mezcla con otras materias - que mejoran alguno de sus componentes.

El color de la arcilla varía siempre al cocerse. Seger clasifica las arcillas según el color que pueden tomar por la cocción en:

- a) Arcillas ricas en alúmina y pobres en hierro; se vuelven - blancas o casi blancas por la cocción. Ejemplos de estas son el caolín y la arcilla para loza.
- b) Arcillas ricas en alúmina pero con más hierro que las del grupo a); por la cocción toman colores que van del amarillo pálido al pardo rojizo; pertenecen a este grupo la mayor parte de las arcillas plásticas con 20 a 30% de alúmina y 1 a 5 % de óxido de hierro.
- c) Arcillas pobres en alúmina y ricas en hierro.

d) Arcillas pobres en alúmina y ricas en hierro y cal.

Las clases c) y d) no las consideran refractarias.

Los productos refractarios se dividen, en general, según determinadas características, como son sus componentes: de sílice, magnesita, cromita, etc. y poseen diversas aplicaciones, por ejemplo, revestimiento de hornos y chimeneas.

1.2.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES

De la composición química de los estériles se observa que sus compuestos principales, SiO_2 y Al_2O_3 , entran dentro de la composición dada para una arcilla refractaria, incluso los estériles de finos, sobre muestra calcinada, dan un porcentaje de alúmina de aproximadamente el 30%.

Sin embargo, sus contenidos en el resto de componentes y sobre todo en Fe_2O_3 se salen fuera de los márgenes señalados anteriormente, el cual aumenta a medida que se pasa de los estériles finos a los granos.

Estos son inconvenientes importantes pero que, en teoría, se pueden resolver mediante la adición de materiales que posean un contenido muy bajo en dichos componentes para compensar los excesos.

En unas pruebas de fusión realizadas se han obtenido los resultados siguientes:

	<u>Cono</u>	<u>Temperatura</u>
Estériles de finos	28	1635
Estériles de menudos	27/28	1.605- 1.635.

por lo que, a este respecto, parece que no presentarán problemas. Esto se puede corroborar por las pruebas realizadas por el Instituto de Cerámica y Vidrio con los distintos tipos de estériles que se incluyen en el Anexo del Tomo I: MATERIA PRIMARIA.

Lo expuesto anteriormente parece indicar que los estériles de lavaderos de carbón se pueden utilizar como sustituyentes de la arcilla, al menos en alguna proporción, para la fabricación de productos refractarios o semirefractarios.

Ya que existen los denominados "semirrefractarios", bajos en alúmina, para usos determinados, como por ejemplo: chimeneas, hornos cerámicos o también como aglomerantes, cuyas condiciones son el tener bajo contenido en hierro y poseer cualidades plásticas. Se están utilizando arcillas en una proporción del 8 al 10 %.

El uso de los estériles aporta la ventaja de su contenido en carbón, con lo cual se podría rebajar el consumo de energía que en estos procesos son muy elevados debido a las altas temperaturas a que se realiza la cocción.

1.3.- EXPERIENCIAS EN ESTE CAMPO

Se conocen los ladrillos con propiedades semirrefractarias fabricados con estériles del carbón en Francia por el procedimiento SURCHISTE.

En Asturias, hace años, se han fabricado ladrillos refractarios partiendo de los estériles de flotación del antiguo lavadero de Modesta, como se deduce de la bibliografía existente.

2.- CEMENTO Y AGLOMERANTES

2.1.- GENERALIDADES

Los cementos son conglomerantes que, amasados con agua, fraguan y endurecen, tanto expuestos al aire, como sumergidos en agua, por ser los productos de hidratación estable en tales condiciones.

Aunque existen diferentes tipos de cementos, según la aplicación que se le de o sus componentes, en este trabajo sólo se contemplará de una forma somera los cementos portland.

La fabricación de un cemento normalmente comprende dos fases:

- obtención del clinker
- adición de un reactivo de fraguado

Para la fabricación del clinker de un cemento portland, en general, las materias primas que se utilizan son:

- caliza, con un 80% en carbonato cálcico
- materias ricas en sílice, por ejemplo, cuarcita
- arcillas
- materias ricas en hierro en el caso de que las arcillas no contengan lo suficiente.

Las arcillas empleadas en la fabricación de cemento no requieren ningún condicionante en especial y sirven, generalmente, para aportar SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 .

Así, por ejemplo, las arcillas corrientemente utilizadas en la región asturiana presentan la composición siguiente:

<u>Compuesto</u>	<u>%</u>
SiO_2	51
Al_2O_3	19
Fe_2O_3	7
CaO	1
Na_2 } 0	5
K_2 }	
Resto	17

por tanto, normalmente es necesaria la adición de algún compuesto rico en óxido de hierro.

2.2.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES

De la composición química de los estériles se observa que sus compuestos coinciden, de una forma muy aproximada con la composición dada para una arcilla común empleada en la fabricación del clinker de cemento.

Sin embargo, el uso de los estériles posee algunos inconvenientes, que, por otra parte, también se encuentran en las arcillas aunque de forma menos acusadas, como por ejemplo:

- el módulo de sílice dado por la relación:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

debe estar comprendido entre 2 y 2,5. En el caso de los estériles de finos sería aproximadamente de 1,5, por lo que habría que añadir algún compuesto rico en SiO_2 , como la cuarcita (arena).

- el módulo de fundentes dado por:

$$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

deberá estar comprendido entre 1,5 y 2. El de los estériles de finos se encuentra alrededor de 5, por lo que se deben añadir compuestos ricos en Fe_2O_3 , como las cenizas de pirita.

Sin embargo, el uso de los estériles, sobre todo los finos, presentan dos ventajas importantes:

- ahorro de combustible, dado que el poder calorífico de éstos es de 1.000 kcal/kg con lo cual podrían aportar parte de la energía necesaria para calcinar los materiales. A este respecto debe tenerse en cuenta que en los hornos la cocción se produce a temperaturas por encima de los 1200° C, por lo que el consumo de combustible es muy elevado dadas las grandes producciones de estas fábricas.
- "viscosidad". El uso de los estériles reduce la humedad de trabajo en vía húmeda, lo cual es importante no sólo porque hay que evaporar menos agua, disminuyendo el consumo de energía, sino también porque se mejora el rendimiento de las máquinas.

Por otro lado, estos estériles también se pueden usar en la preparación por vía seca.

De lo expuesto anteriormente se deduce que los estériles de lavaderos de carbón se pueden utilizar como sustituyente de la arcilla, al menos en alguna proporción, para la fabricación del clinker de cemento, ya que las composiciones son - muy similares.

Además el uso de los estériles aportaría la ventaja de su contenido en carbón, con lo cual se podría rebajar el consumo de energía que en estos procesos son muy elevados debido a las altas temperaturas a que se realiza la cocción y a las grandes producciones de estas fábricas, como ya se ha indicado.

2.3.- EXPERIENCIAS DE ESTE CAMPO

Ya se están usando en diversos países, entre los que se pueden mencionar:

- Francia. Aprovechan los estériles del Norte de este país.
- Bélgica. Existe una fábrica en Lieja que los usa introduciéndolos en el horno por un tubo paralelo al del combustible.
- Corea del Sur, Donga. Existe una fábrica que utiliza los estériles quemándolos previamente en un precalcinador.
- España, Asturias. Existe una fábrica que los usa, aunque no de forma continua.

Datos obtenidos de la bibliografía existente, así como de las conversaciones mantenidas a tal efecto tanto en España como en el extranjero.

No obstante, es necesaria la realización de pruebas en cuanto a mezclas para conseguir las características óptimas de

utilización de los estériles de lavaderos de carbón en la fa
bricación de cemento.

3.- OBRAS PUBLICAS

3.1.- GENERALIDADES

En la construcción de carreteras, ferrocarriles y presas se emplean grandes volúmenes de material debido a gran movimiento de tierras que estos trabajos requieren.

En muchas ocasiones el balance de materiales para algunos usos, como el relleno de terraplenes, queda compensado por los desmontes que se tienen que efectuar, pero en otros, bien sea por no existir desmontes o por ser materiales inadecuados, es necesario acudir a yacimientos de otros materiales que permitan sustituir aquellos y que posean el suficiente volumen para abastecer las necesidades de la obra.

En general, en la mayoría de las ocasiones, salvo los limos y las arcillas, los materiales granulares sirven para estos propósitos o, por lo menos, para parte de ellos, ya que si bien en las bases y subbases, así como en las capas de coronación de los terraplenes, las características son exigentes, en el núcleo y cimiento de los terraplenes las propiedades exigidas son relativamente fáciles de conseguir.

Así, por ejemplo, se tiene que los suelos en terraplenes se dividen en: Tolerables, Adecuados y Seleccionados, siendo las características exigidas las siguientes:

ESPECIFICACIONES	TOLERABLE	ADECUADO	SELECCIONADO
Tamaño 6" (%)	< 25	-	-
Tamaño 4"	-	0	-
Tamaño 3"	-	-	0
Tamaño 0,08 mm (%)	-	< 35	< 25
Límite líquido	< 40 & < 65	40	< 30
Índice de plasticidad	> (0,6 LL-9)	-	< 10
Densidad en Proctor normal	> 1,45	> 1,75	-
CBR {	Índice	> 3	> 5
	Hinchamiento (%)	-	< 2
Materia orgánica	< 2 %	< 1 %	0

Análogamente, existen especificaciones determinadas para los materiales de base y subbase de carreteras donde tienen que cumplir otros requisitos como: resistencia al desgaste, husos granulométricos, índice de CBR (> 20) y plasticidad ($LL < 25$; $1 p < 6$; Equivalente de arena > 25), en subbases y que están recogidas en el "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes" de 1975. Ahora bien, parte de estas características pueden ser mejoradas mediante la adición de cal, yeso, etc.

En cuanto a su uso en las presas, dependiendo del uso particular a que se destine (núcleo de la presa, drenaje, etc) se exigen propiedades determinadas, que también vienen recogidas en el Pliego correspondiente. No obstante, dependiendo de las características de cada presa, se pueden variar las exigencias dadas en general.

Análogamente sucede para el asiento de las vías de fe

rrocarril, donde la empresa contratante fija las especificaciones en cuanto a relleno, pedraplenes, arcenes, firmes, balasto, etc. tomando como base el Pliego mencionado anteriormente.

3.2.- ANTECEDENTES

3.2.1.- Francia

En el Norte de Francia (Bassin du Nord y Pas-de-Calais), acumulan los esquistos en montones, con alturas que alcanzan - los 60 m, los cuales desfiguran el paisaje llano característico de Flandes. En total representan más de 500 millones de toneladas a los cuales hay que añadir una decena de millones de toneladas de estériles de extracción o del lavado que corresponden al 50% del total bruto que se saca del fondo de los pozos.

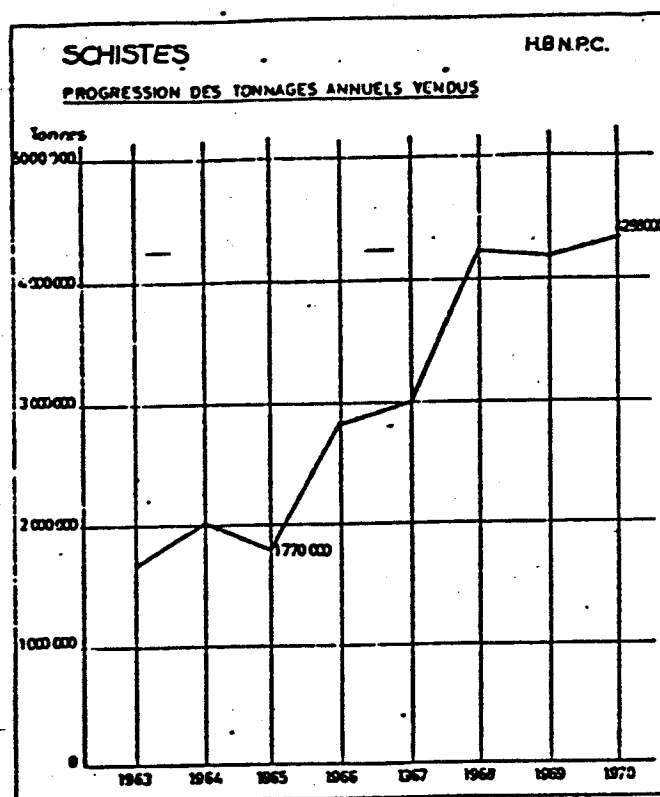
Ello llevó a buscar salida a los mismos, en el área de obras públicas, en sus dos vertientes:

- venta en el estado que vengan, negro o rojo
- venta después de la clasificación de los esquistos rojos.

Los montones de estériles sufren los efectos del tiempo al contacto con el aire y la inflamación de los materiales estériles, como en todos los escombros de las minas, es espontánea al cabo de cierto tiempo, por el calentamiento debido a la presencia de la pirita de hierro que se oxida. Se transforman, por combustión natural, en piedras llamadas "esquistos rojos" de granulometría 0 - 800 mm y de densidad aparente de 1,5 kg/dm³.

La figura siguiente muestra la progresión de tonelaje - de esquistos vendidos al exterior, que pasaron de 1.700.000 t

en 1965 a 4.300.000 t en 1970.



3.2.1.1.- Ventas en el estado que vengan

Los esquistos tienen una densidad superior a 2, siendo un material pesado que evidentemente es utilizado en las proximidades de los lugares de producción o almacenamiento.

Las siguientes cifras reflejan la importancia de ciertas operaciones realizadas en los últimos años en Francia:

500.000 t para el acondicionamiento de la Refinería Antar en Douchy.

1.500.000 t en la de la zona industrial Renault-Peugeot en Douvrin.

- 2.000.000 t constituyen las subcapas de las calzadas de la autopista A-2 Hordain-frontera belga.
- 1.000.000 t se usaron en los terraplenes de la sección Niepe-Meteren de la autopista A-25
- 3.500.000 t en los trabajos de ferrocarril minero.

3.2.1.2.- Esquistos rojos calibrados

La trituración y clasificación de los esquistos rojos o esquistos que han sufrido la autocombustión, permite obtener productos particularmente apreciados como el 5/15 y el 10/20.

En toda la región del Norte, la Picardía y la zona parisina, cerca de 500.000 t/año de esquistos 0/60 rojos son utilizados para la decoración de espacios verdes - avenidas, plazas, jardines, etc.- y para el revestimiento de plazas públicas, aceras y aparcamientos.

Los estudios de laboratorio han mostrado que los esquistos 0/6 rojos pueden ser empleados, mezclados con cenizas volantes, cal y yeso en la construcción de capas de cemento de calzadas de mediana circulación o para la construcción de aceras y aparcamientos.

Otras experiencias han consistido en el empleo, sustituyendo a las gravas, de esquistos clasificados mezclados con cal y escorias de alto horno granuladas, con adición eventual de cenizas volantes, para cemento de carreteras, aparcamientos y aceras.

3.2.2.- Alemania

En este país la situación es similar al anterior.

En la cuenca del Ruhr apenas si disponen en la actualidad de lugares para escombreras, el permiso para instalar nuevas escombreras está sometido a condiciones cada vez más severas por parte de las autoridades por razones de seguridad y protección del medio ambiente, deterioro del paisaje, y el costo en la formación de escombreras es aproximadamente de 2 DM/t estériles (Dato de 1975). Todo ello unido a que la relación entre carbón aprovechable y estériles empeora continuamente debido, principalmente, a la mecanización creciente de la extracción del carbón, llevó a buscar salida a los mismos en diferentes posibilidades, entre las cuales se encuentra el área de obras públicas, en sus dos vertientes:

- posibilidades de empleo sin tratamiento posterior
- posibilidades de empleo con tratamiento previo mecánico

3.2.2.1.- Posibilidades de empleo sin tratamiento posterior.

Se puede emplear los estériles en la construcción de carreteras, terraplenes y diques o para rellenar terrenos hundidos o cárcavas. Esta clase de empleo no es sólo el más favorable en cuanto a costos, sino que también se da aquí la única posibilidad para la colocación de grandes masas.

Por ello la Asociación Minera del Carbón en colaboración con el Instituto Federal para la Construcción de Carreteras, en Colonia, y los Centros competentes de la Minería, al final de los años sesenta han organizado un plan de ensayos a niveles de terraplenes de prueba con estériles gruesos y finos de lavado, así como con mezclas de los dos bajo condiciones de obra a escala de 1.000 toneladas. Los resultados obtenidos fueron la base para las "Posibilidades de empleo de las rocas estériles de carbón hulla como material de relleno para la construcción de carreteras", por el Instituto Federal para la Construcción

ción de Carreteras, de acuerdo con las oficinas de Construcción de Carreteras y las Asociaciones Regionales competentes.

3.2.2.2.- Posibilidades de empleo con tratamiento posterior.

A este respecto están estudiando y realizando las pruebas oportunas para conocer las características de los mismos, tanto en horno rotatorio como en lecho fluidificado, al igual que en Francia, considerando los estériles tal como vienen y como esquistos rojos.

3.2.3.- España

En nuestro país los estériles de lavaderos de carbón no se aprovechan para estos usos, salvo en las cuencas mineras - donde, esporádicamente, se utilizan como rellenos de poca importancia.

3.3.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES

De acuerdo con las características de los estériles del carbón, tanto en sus composiciones químicas y mineralógicas como de plasticidad, parecen, en principio, aptos para utilizarlos como materias primas en:

- relleno de terraplenes
- bases y subbases de carreteras
- balasto para ferrocarril
- núcleo, drenaje, etc. de presas

A este respecto cabe dividir los estériles en dos tipos:

- estériles de lavadero
- estériles rojos

siendo estos últimos los procedentes de la combustión de los estériles almacenados en escombreras.

En principio parece que tienen más posibilidades de uso los estériles rojos debido a que no contienen materia orgánica, elemento perjudicial para este tipo de obras aunque se puede solucionar con una buena compactación y un aislamiento de la entrada de aire sin el cual el carbón no puede combustionar.

No obstante y ante la carencia de datos respecto a este tema, es necesario la realización de los correspondientes ensayos y pruebas dirigidos a este fin, ya que en este campo se puede dar salida a cantidades muy importantes de material (como se deduce de los datos que figuran en el epígrafe 3.2.1.1.) con lo que se podría resolver parte de los problemas de almacenamiento que existen en la actualidad.

4.- AGRICULTURA Y JARDINERIA

4.1.- GENERALIDADES

El almacenamiento de los estériles en escrombreras, además del costo, plantean otros problemas entre los cuales se pueden mencionar la alteración del paisaje, inutilización de terrenos o posible contaminación.

Dado que la solución más eficaz de eliminar totalmente las escrombreras hoy por hoy es imposible, cabe la posibilidad de efectuar plantaciones de algunos tipos de árboles o plantas herbáceas que además de evitar la alteración del paisaje, proporcionen algún valor a las tierras.

También cabe la posibilidad, teniendo en cuenta el agotamiento de algunos elementos en las tierras como el magnesio, que los estériles del carbón, por sus características puedan aportar sustancias esenciales a los suelos que sirvan para un mejor desarrollo de la vegetación ya que actuaría como corrector de tierras.

4.2.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES

Dadas las características de los estériles en cuanto a su aporte en materia orgánica, elementos constituyentes, etc., cabe la posibilidad de su uso en la agricultura y jardinería como acondicionador de suelos, aporte potencial de calor al

suelo (debido a su contenido en carbón), aporte de minerales y oligoelementos que pudieran ser convenientes para algunas plantas.

También es posible hacer utilizables los terrenos ocupados por las escombreras mediante la plantación de determinados árboles o plantas, con lo cual, además de evitar la alteración del paisaje, se puede sacar producto de dichas tierras.

Lo anterior parece indicar que los estériles del carbón se pueden utilizar para la agricultura y la jardinería.

4.3.- EXPERIENCIAS EN ESTE CAMPO

En Francia han hecho ensayos de puesta de vegetación en escombreras. Las plantas herbáceas (compuestas y gramíneas) se instalan a menudo de forma natural y pueden ser seguidas de árboles tales como los abedules.

Asimismo las plantaciones de resinosas pueden considerarse como un buen resultado, mientras que las hojosas, por el contrario han sido un fracaso.

Por su parte, en Polonia han usado las gangas de flotación y las margas de recubrimiento de lignitos en las cosechas de centeno, avena y patatas fertilizantes con resultados muy positivos.

En España no se ha llegado a realizar estudios serios - en este campo, aunque podrían llevarse a cabo con poco coste. Bastaría seleccionar un vivero, y en él unas hectáreas experimentales donde se mezclase la tierra propia con distintas proporciones de estériles. El tiempo se encargaría de indicar los resultados y definir el óptimo porcentaje según tipo de plantación.

5.- ALUMINA Y OTROS ELEMENTOS

5.1.- GENERALIDADES

El aluminio es el metal más abundante en los estériles de lavaderos de carbón. Se encuentra combinado en el feldespato, $\text{Si}_3\text{O}_8 \text{AlK}$; mica, $(\text{SiO}_4)_3 \text{H}_2 \text{Al}_3\text{K}$ y caolín $(\text{SiO}_4)_2 \text{H}_2 \text{Al}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y en varias formas de su único óxido, Al_2O_3 como corindón o esmeril.

El aluminio se obtiene por electrólisis de su óxido - Al_2O_3 , conocido corrientemente por alúmina, el cual, a su vez, se obtiene a partir de la bauxita.

Dadas las grandes aplicaciones de este metal, como de sus compuestos, por ejemplo el óxido, Al_2O_3 , se usa en piedras preciosas, el hidróxido en tintes, purificación de agua como coagulante, el sulfato, $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ en extintores y en industria del papel, cada vez son mayores sus necesidades.

Sin embargo y debido a diversos factores, las materias primas de este metal (la bauxita principalmente) se van agotando o disminuyendo su riqueza, mientras que los precios son cada vez más elevados.

Todo ello ha hecho que diversos países estén realizando investigaciones para la obtención de este metal, bien sea por los procedimientos tradicionales (ácidos o básicos) o bien tra

tando de lograr otros con objeto de asegurar su consumo al mismo tiempo que se evita la dependencia con los países suministradores.

Igual sucede con otros elementos como el titanio, vanadio, etc.

5.2.- POSIBILIDADES DE OBTENCION DE ALUMINA A PARTIR DE LOS ESTERILES

Dada la composición química de los estériles del carbón, con un contenido en Al_2O_3 entre el 22 y 30 % según se considere sobre muestra seca o muestra calcinada, se observa que poseen un porcentaje de alúmina bastante importante, máxime teniendo en cuenta la situación mundial de este metal, lo cual llevaría a ser rentable su utilización en la obtención de alúmina ya que se trata de un material de desecho y existen grandes producciones anuales de estériles que habría que almacenar en escombreras con el consiguiente costo que ello supone.

Por otra parte, este tipo de materia prima contiene en general carbón residual que le confiere un poder calorífico - que varía entre 300 y 1.000 kcal/kg. Como quiera que la energía necesaria para la calcinación del mineral es del orden de 350 - 400 kcal/kg, sería posible recuperar del mineral la energía utilizable en el proceso de tratamiento.

5.3.- EXPERIENCIAS EN ESTE CAMPO

Si bien en alguna bibliografía se hace mención a un proceso industrial nuevo para la obtención de alúmina, en general es demasiado triunfalista.

En la actualidad se está investigando en numerosos paí

ses la obtención de alúmina a partir de los estériles del carbón, como por ejemplo, Francia, Alemania, Polonia, Rusia, etc., pero sin resultados todavía importantes. No obstante, se considera que en un plazo relativamente corto, se conseguirán resultados positivos.

6.- APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA

Debido a la crisis energética mundial, la mayoría de los países están buscando nuevas fuentes sustituyentes del petróleo o potenciando aquellas que estaban relegadas a un segundo plano, como era el caso del carbón.

Por otro lado se intenta aprovechar al máximo materiales que en su utilización pueden proporcionar ahorro energético.

En el caso de los estériles, que contienen carbón uniformemente repartido por su masa y que hasta hace poco se desechaban, se están llevando a cabo varios caminos. En primer lugar se están volviendo a lavar aquellas escombreras antiguas que, como consecuencia de los medios empleados antes, poseen carbón en cantidad suficiente para que sea rentable su posterior tratamiento.

En segundo lugar, se está estudiando, como es el caso del presente trabajo, la posibilidad de usar los estériles del carbón como materia prima, sustituyendo a otros materiales, ya que además poseen carbón residual que pueden proporcionar un ahorro energético en los procesos de fabricación.

En tercer lugar, se está investigando la posibilidad de aprovechar la energía que contienen estos estériles, sobre todo los de finos que poseen un poder calorífico, normalmente, su

perior a 1.000 kcal/kg. En este caso se están realizando pruebas en varios países, principalmente Alemania, Francia y Rusia en lecho fluidificado.

7.- CONCLUSIONES

De lo expuesto en los epígrafes anteriores se deduce que existen otra serie de posibles aplicaciones de los estériles del carbón por medio de los cuales se puede llegar al aprovechamiento integral de dichos estériles.

Cabe señalar que si bien en algunas utilizaciones los porcentajes a usar son pequeños, semirrefractarios, cemento, etc., en otras se podrían utilizar al cien por cien, como es el caso de obras públicas.

Por otro lado, algunas de estas aplicaciones, como es el caso de obras públicas, cemento y obtención de alúmina, permiten evacuar cantidades muy elevadas que pueden llegar a contribuir de forma muy positiva en solucionar el problema de almacenamiento de los estériles del carbón.

Por tanto podría ser de suma importancia el desarrollo completo de estas OTRAS APLICACIONES de los estériles de lavaderos de carbón.