



ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS
ESTERILES DE CARBON DE HUNOSA

TOMO I : LA MATERIA PRIMA

PLAN ENERGETICO NACIONAL

SEPTIEMBRE 1981

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

TITULO	ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS ESTERILES DE CARBON DE HUNOSA TOMO I : LA MATERIA PRIMA
CLIENTE	PLAN ENERGETICO NACIONAL
FECHA	SEPTIEMBRE 1981

Referencia : P8/14/201

Departamento : PLANTAS MINERALURGICAS

ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS
ESTERILES DE CARBON DE HUNOSA

T O M O I

LA MATERIA PRIMA

Septiembre 1981

I N D I C E

TOMO I

	<u>Pág.</u>
0.- INTRODUCCION	1
1.- LA MATERIA PRIMA: ESTERILES DE LAVADERO DE CARBON	9
1.1.- GENERALIDADES	9
1.2.- PRODUCCION	11
2.- TOMA DE MUESTRAS	14
2.1.- MOTIVACION	14
2.2.- DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TOMA DE MUESTRAS	15
2.3.- CONCLUSIONES AL ESTUDIO	18
2.4.- FIDELIDAD DEL ESTUDIO	21
3.- ANALISIS Y COMPOSICION	23
3.1.- GRANULOMETRIA	23
3.2.- COMPOSICION MINERALOGICA	26
3.3.- COMPOSICION QUIMICA	27
3.4.- ANALISIS TERMICO	33
3.5.- OTROS DATOS	36
3.5.1.- Plasticidad	37
3.5.2.- Microscopia de calefacción ...	37
4.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ES TERILES DE LAVADERO DE CARBON	39
5.- CONCLUSIONES	43

0.- INTRODUCCION

Hasta no hace mucho tiempo la casi totalidad de la industria española, las zonas rural y urbana, e incluso los avances logrados tanto tecnológicos como de bienestar o consumo, han proporcionado toda una gama de residuos que unas veces, al no tener en apariencia valor alguno, eran desechados, mientras que en otras ocasiones, aún teniendo algún valor, los costos de su tratamiento o recuperación eran decisivos para desestimarlos.

Todos estos residuos son causantes, de una manera u otra, de muchas de las formas actualmente existentes de contaminación. Pero a la vez son los que han servido de estímulo a nuestros técnicos para el logro de ciertas realidades en la lucha contra la contaminación, en la búsqueda incansable de reducir los residuos y en la investigación tecnológica para el aprovechamiento industrial de los mismos.

Son muchas, y de muy variada índole, las dificultades a superar según los problemas que se planteen con estos residuos, dependiendo tanto de su procedencia y tratamiento como de su almacenamiento y comportamiento posterior.

Entre las dificultades y problemas se podrían citar una infinidad, pero dentro del contexto de este estudio los más representativos serían los siguientes:

a) Por su procedencia y tratamiento

- Agotamiento de la materia prima existente abandonando, prácticamente inservibles, grandes zonas de terreno.
- Búsqueda de nuevos yacimientos, con deterioro de las zonas investigadas.
- Dificultad de encontrar y proporcionar nuevas tecnologías ac-ordes con la materia prima sustitutiva.
- Intereses de los suministradores, sobre todo extranjeros, ante nuevos productos (nacionales) proporcionados.
- Dificultad de introducir estos nuevos productos procedentes - de residuos.
- Mejora y puesta a punto de los procesos de tratamiento.
- Introducción de modificaciones en procesos e instalaciones actuales.
- Problemas energéticos
 - . Encarecimiento de los derivados del petróleo.
 - . Soluciones alternativas lentas y costosas.
 - . Resistencia a la credibilidad del posible ahorro enérgetico de ciertas materias primas procedentes de residuos.
- Escasa investigación tecnológica nacional.
- Rentabilidad de los procesos aplicables a la nueva materia - prima.

b) Por su almacenamiento y comportamiento posterior

- Búsqueda de terrenos adecuados para cada tipo de residuo.

- Adquisición de los mismos.
- Elevados costos de transporte.
- Inutilización de los terrenos utilizados.
- Grandes volúmenes de residuos a almacenar.
- Costos cada vez mayores de conservación y mantenimiento del almacenamiento.
- Posible contaminación puntual o zonal.
- Otros peligros, según residuos, como podrían ser gases tóxicos.
- Incumplimiento parcial de las leyes existentes.
- Escasa lucha contra la contaminación.

Para cada uno de los residuos presumiblemente aprovechables, sería necesaria una investigación que nos condujera a solucionar, total o parcialmente, los problemas que se van planteando.

En unos casos, e inicialmente, sería preciso la adquisición de tecnología extranjera para tratar de mejorarla o adaptarla a nuestras necesidades y así llegar a poseer, en algunos campos, tecnología propia.

En otros casos, la investigación iría dirigida a los equipos para llegar a encontrar las modificaciones mínimas necesarias que los hicieran utilizables en los nuevos procesos.

Y para los residuos realmente sobrantes, o desechables por cualquier motivo, sería conveniente la total aplicación de la legislación vigente e incluso la creación de nuevas normativas encaminadas a la erradicación de la contaminación y al embellecimiento o mantenimiento del entorno paisajístico en el almacenamiento de aquellos.

Por todo lo expuesto hasta ahora, los Gobiernos, organismos estatales, empresas públicas y privadas de todo el mundo están llevando a cabo investigaciones y estudios encaminados hacia un máximo aprovechamiento de los residuos con el doble objetivo de solucionar, por una parte, los problemas indicados anteriormente y, por otra, encontrar un valor añadido a estos residuos.

Una de las industrias más afectadas, en cuanto a producción de residuos, son las mineras; y, dentro de ellas, las dedicadas a la extracción y tratamiento de minerales, debido principalmente a los grandes volúmenes de material que han de manejar.

HUNOSA, industria extractiva de carbón, en sus explotaciones hulleras produce estos residuos en cantidades del orden de 2,5 millones de toneladas al año, como estériles de lavadero, que no son utilizables de nuevo.

La mayor parte de estos estériles son almacenados en escombreras propias o alquiladas, mientras que otra mínima parte son vertidos a los ríos.

La Dirección de HUNOSA, dentro del marco de actuación descrito y preocupada por el problema que les pueda plantear los residuos de los estériles de lavaderos, encargó diferentes estudios para una valoración previa del aprovechamiento de sus estériles dirigidos hacia temas específicos, como son:

- a) Características mineralógicas y químicas que los hacen o los puedan hacer sustitutivos de otros materiales análogos.
- b) Contenido más o menos importante de elementos que puedan ser de recuperación interesante.

- c) Mejora del medio ambiente y reducción de la contaminación.
- d) Ahorro energético en los procesos debido al aporte calorífico proporcionado por el carbón contenido uniformemente en los estériles.
- e) Diversificación de actividades.

Los estudios realizados fueron los siguientes:

- Con Aridos Ligeros S.A. (ARLITA), en 1977, para la fabricación de árido ligero y piezas cerámicas como materiales auxiliares a la construcción.
- Con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo (ETSIMO), en 1977, sobre la posibilidad de obtención de cemento y alúmina.
- Con el grupo americano Thagard, en 1980, para el aprovechamiento de los estériles de lavadero mediante el uso de un reactor de alta temperatura de pared fluida.

Por su parte ENADIMSA, cuando finalizó para HUNOSA la construcción y puesta en marcha del lavadero del Nalón, en 1977 realizó un estudio técnico-económico sobre el aprovechamiento de los estériles producidos en dicho lavadero.

Basándose en los estudios que se acaban de citar y tratando de buscar soluciones a los problemas que en un futuro proporcionarían los estériles de los lavaderos, tanto HUNOSA como ENADIMSA presentaron por separado, propuestas de investigación similares acordes con la estrategia a seguir en el desarrollo de las tareas enmarcadas en el Plan Energético Nacional (PEN), el cual indica textualmente: "La actuación del Estado se desarrolla

rá por empresas estatales cuya operatividad permite una mayor agilidad que la que resulta posible a otro tipo de entidades de carácter público. A tales efectos se les asignarán los medios necesarios".

Dado que la Administración del Estado ha concedido a ENADIMSA préstamos a largo plazo para hacer frente a las inversiones derivadas del PEN dirigidas a conseguir la utilización óptima de los recursos destinados a investigación del carbón, recursos geotérmicos y residuos sólidos, y por mandato de aquella, HUNOSA y ENADIMSA llegaron a un acuerdo en los primeros meses de 1980 para la realización de un estudio de factibilidad sobre el aprovechamiento de los estériles de lavaderos de carbón de HUNOSA. Estudio dirigido hacia la obtención de productos cerámicos para la construcción (ladrillos) y de áridos ligeros. El presupuesto global del proyecto ascendía a 24 M Pta, de los cuales 6 M (el 25%) serían aportadas por HUNOSA y el resto por ENADIMSA, según el contrato firmado por ambas partes. El plazo de ejecución de este proyecto era de 9 meses.

Posteriormente, en Enero de 1981 (aunque presentado en Febrero), se solicitó una ampliación de presupuesto de 10 M Pta, así como del plazo de terminación del proyecto hasta Septiembre de este año.

Estas ampliaciones se basaban fundamentalmente en:

- La demora en contestar por parte de las firmas extranjeras poseedoras de la tecnología adecuada a cada caso.
- El plazo dado por los Organismos que realizaban ensayos, pruebas y análisis, así como el incumplimiento de los mismos.

- La situación política en Polonia, que hizo aplazar la visita a aquel país en dos ocasiones.
- El gran abanico de posibilidades que iban surgiendo para la utilización de los estériles; entre ellas la fabricación de gres detectada al finalizar el año 1980.
- Los costos reales ofertados por terceros en los trabajos que se les solicitaba.

Siguiendo el mismo criterio en cuanto a reparto presupuestario, éste se haría de la siguiente forma: por parte de HUNOSA ampliar en 2,5 M Pta, y por parte de ENADIMSA ampliar en 7,5 M Pta.

Tanto el contrato entre HUNOSA y ENADIMSA, como la solicitud de ampliación de presupuesto y tiempo de finalización de los trabajos, se incluyen en el Anexo de este Tomo I.

Para la realización de este proyecto se formó el siguiente equipo:

- Por parte de HUNOSA

- . D. José Antonio García Alonso, Dr. Ingeniero de Minas, Director de Desarrollo Industrial, que fué sustituido por D. José Angel Fernández Valcarce en junio de 1980 al ocupar el cargo que desempeñaba el primero.
- . D. Manuel García García, Dr. Ingeniero de Minas, Departamento de Especialidades e Investigación.

- . D. José González Cañibano, Licenciado en Ciencias Químicas, que se incorporó en Mayo de 1980.

- Por parte de ENADIMSA

- . D. Luis C. Fernández-Espinar, Dr. Ingeniero de Minas, Director del Departamento de Ingeniería Minera y Mineralúrgica.
- . D. Jesús Gallardo Aróstegui, Ingeniero Industrial (ICAI), - Jefe del Servicio de Proyectos y Ofertas y Jefe de este - proyecto hasta julio de 1980, fecha en que causó baja en el equipo de trabajo.
- . D. Julio Gallego de Torres, Ingeniero de Minas, Departamento de Ingeniería Minera, se incorporó en abril de 1980, sustituyendo en el mes de julio al anterior en el cargo vacante.
- . D. Manuel Díez y Ponce de León, Ingeniero de Minas, empezó a actuar como coordinador de los trabajos del PEN en febrero - de 1981.

Este equipo trabajó en estrecha colaboración, manteniendo reuniones periódicas con objeto de: conocer a fondo los avances conseguidos, establecer criterios de actuación, tomar decisiones conjuntas y planificar y controlar la marcha del proyecto tanto técnica como económicamente.

1.- LA MATERIA PRIMA: ESTERILES DE LAVADERO DE CARBON

Para llegar a un entendimiento real del problema de aprovechamiento de los estériles, y su forma de solucionarlo, es necesario un conocimiento profundo de la materia prima.

En este Tomo I se describen las características principales y los datos esenciales de esta materia prima que permitan lograr el objetivo de este estudio: El aprovechamiento de los estériles de lavaderos de carbón.

1.1.- GENERALIDADES

Los estériles de carbón se pueden clasificar en tres tipos:

- Estériles de mina

Proceden, generalmente, de la explotación de las galerías. Son utilizados en su mayor parte para el relleno de los talleres en explotación, y una pequeña parte va directamente a escombreras.

- Estériles de lavadero

Proceden de la explotación de las capas de carbón. Son los residuos sobrantes una vez separado el carbón mediante un proceso de lavado.

- Estériles de escombrera

Proceden del almacenamiento de los tipos anteriores en lugares dispuestos a tal efecto.

Aunque en el presente estudio nos referiremos, salvo que se indique lo contrario, a los segundos, es decir, a los estériles de lavadero, este trabajo sirve de base, y en la mayoría de las aplicaciones, por extrapolación, para el aprovechamiento de los otros dos tipos de estériles de carbón.

Los estériles de lavadero están constituidos, fundamentalmente, por los componentes de los hastiales y por materiales interestratificados con las capas de carbón en explotación.

Las numerosas capas de carbón del Carbonífero Asturiano, tienen como hastiales más frecuentes pizarras o esquistos, aunque en algunas ocasiones presenten areniscas.

Dentro de la propia capa explotada de carbón, aparecen finos niveles, la mayoría de las veces, de pizarra que son evacuados junto con el carbón de arranque.

Durante la explotación, el despegue del carbón es limpio en los contactos de éste con areniscas; pero cuando los hastiales son pizarras, el despegue no es tan franco aunque sí bueno.

Así pues, a priori, se puede pensar que los estériles de lavadero estarán constituidos por una mayoría de material arcilloso (pizarra) y una cantidad más o menos abundante, pero minoritaria, de material cuarcífero (arenisca principalmente).

1.2.- PRODUCCION

La producción de estériles, en 1978, de los cinco lavaderos más importantes de HUNOSA, descontadas las cantidades que se destinan para relleno, y referida a material húmedo, figuran en el cuadro siguiente:

LAVADERO	FRACCION DE ESTERIL (material húmedo)				
	Cribado (>150 mm)	Grano (Entre 150 y 12 mm)	Menudo (Entre 12 y 1 mm)	Fino (<1 mm)	Total (t)
Batán	17.000	325.000	290.000	68.000	700.000
Modesta	-	290.000	295.000	195.000	780.000
Candín	-	-	145.000	80.000	225.000
Sovilla	-	150.000	185.000	80.000	415.000
Turón	-	30.000	220.000	60.000	310.000
Total	17.000	795.000	1.135.000	483.000	2.430.000

Teniendo en cuenta la humedad, se puede suponer que esta cantidad de casi 2,5 M t se reduzca a 2,2 millones; pero como es de esperar que la producción se vea aumentada en los próximos años, como consecuencia de la mayor mecanización que se está llevando a cabo en las minas y por el Plan de Reconversión del carbón de HUNOSA que prevé una producción de carbón para el año 1984 de 4,8 M de t, se puede estimar una producción total de estériles de 2,8 M de t, suponiendo la misma relación todo-uno/estériles que en la actualidad.

Esta cantidad podría verse muy aumentada, al disponer - HUNOSA de más de 100 M de estériles almacenados en las escombreras existentes hoy día.

Actualmente se están aprovechando gran parte de los estériles de lavadero denominados "granos" para el relleno de las minas, mientras que el resto de éstos y de los estériles de lavadero denominados "menudos" son almacenados en escombreras.

Los estériles de lavadero designados con el nombre de "finos", y que plantean unos problemas peculiares, son llevados a balsas de decantación y, ocasionalmente, arrojados a los ríos.

Respecto a la fracción de estériles de lavadero denominados "cribados", al ser producidos en una mínima parte y normalmente utilizados para relleno, no se les tendrá en cuenta en este estudio.

Al ser cantidades tan elevadas las producciones, tanto reales como estimadas, de estériles, se presentan una serie de inconvenientes de diversa y variada índole, como pueden ser:

- Necesidad de almacenamiento cada vez mayores.
- Inexistencia de posibles almacenamientos en las inmediaciones de los lavaderos, debido a la orografía que les rodea.
- Costes y gastos cada vez más elevados de:
 - . Terrenos idóneos para almacenamiento.
 - . Compactación de las escombreras.
 - . Mantenimiento de las mismas.
 - . Balsas de decantación.
 - . Mano de obra necesaria.

- Condicionamientos ecológicos como:
 - . Contaminación de ríos.
 - . Alteración del paisaje.
 - . Inutilización de las tierras.
 - . Posible contaminación del entorno.

Por todo ésto, es lógico pensar, como se dijo anteriormente, que tanto la Dirección de HUNOSA como la de ENADIMSA hayan propuesto, y realizado en colaboración, un estudio sobre el aprovechamiento de los estériles de los lavaderos. Sobre todo si se tiene en cuenta que, además de su posible utilización como materia prima, estos estériles pueden aportar unas calorías debido al contenido en carbón que llevan distribuido uniformemente en su masa, puesto que en el proceso de lavado no se puede separar totalmente todo el carbón. Esto nos conduce, en principio, a que en aquellos procesos donde se usen los estériles de lavadero como materia prima, se puede producir un considerable ahorro energético.

Teniendo en cuenta que la formación del carbón en Asturias procede de la misma era geológica, es de esperar que los estériles tengan una composición similar en los diferentes lavaderos de HUNOSA; por lo que, con objeto de reducir los costes de este proyecto, se eligieron los estériles de los lavaderos de Modesta y Mieres (Batán) como experimentales. Los ensayos y pruebas que se realizaron con estos estériles pueden considerarse fiables, representativos y extensibles al resto de los lavaderos ya que los elegidos representan más del 50% de la producción total.

Los lavaderos separan tres tipos de estériles: "granos", "menudos" y "finos. Las granulometrías, composición y características de ellos se verán más adelante.

2.- TOMA DE MUESTRAS

2.1.- MOTIVACION

Dado que el estudio a realizar sobre el aprovechamiento de los estériles de lavaderos de carbón requería la recogida de numerosas muestras para la ejecución de ensayos y pruebas, tanto a escala de laboratorio como en planta piloto y semiindustrial, y que existían ciertas divergencias entre los análisis obtenidos en los estudios realizados que se indicaron en la introducción de este tomo, se llegó a la conclusión, por los componentes del equipo de trabajo que colaboran en el proyecto, de la necesidad de preparar un plan de desmuestra que diera a las muestras seleccionadas la representatividad indispensable para que los resultados que se obtuvieran, tanto en los análisis como en las distintas pruebas, tuvieran suficiente fiabilidad.

Por todo esto, y basándose en que el valor de un análisis depende, en primer lugar, de la perfección con que se haya llevado a cabo la toma de muestras y, en segundo lugar, de la exactitud de los medios empleados, se vió la necesidad de establecer unas directrices y marcar unas normas de obligado cumplimiento que permitieran garantizar la representatividad de la materia prima. Máxime cuando en España no existe norma oficial vigente sobre la toma de muestras de estériles ni de carbón.

El estudio de toma de muestras fue desarrollado integralmente por HUNOSA, ya que, además de ser la poseedora de los estériles de lavadero de carbón, era la más interesada en obtener unos resultados fiables de los estériles que iban a ser estudiados para su futura posible utilización.

2.2.- DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TOMA DE MUESTRAS

A continuación se va a exponer un resumen sobre el estudio de la toma de muestras. El estudio completo se incluye en el Anexo de este Tomo I.

En primer lugar, se contemplan los principios teóricos del desmuestre. En ellos se definen una serie de términos relativos al mismo y se desarrollan las bases de la toma de muestras.

A continuación se estudia la forma de realizar un muestreo fiel y correcto con el fin de eliminar los errores que en el mismo pueden producirse.

También se examina la influencia que ejerce la producción de estériles suministrada por un pozo con relación a la totalidad de estériles del lavadero.

En segundo lugar, y como consecuencia de lo mencionado en el párrafo anterior, se describe el funcionamiento de los lavaderos elegidos, conforme a lo establecido en el epígrafe 1.2., y de los pozos cuya producción es tratada por estos lavaderos - en cuanto a:

- Transporte del todo-uno al lavadero.
- Proceso del tratamiento del carbón.

- Toma de muestras en sus diferentes variantes:
 - . Puntos de toma.
 - . Aparatos utilizados.
 - . Toma de muestras propiamente dicha.
- Preparación de la muestra.
- Etiquetado de muestras.
- Transporte de las mismas.

para cada uno de los tipos de estériles.

Para ello, se ha llevado a cabo una labor de campo intensiva que ha incluido la visita a los lavaderos y pozos afectados, lo que ha permitido poseer una visión general y particular de cómo se realizaba la toma de muestras en cada uno de los diferentes lavaderos, al objeto de proponer medidas correctoras con el fin de mejorar o modificar aquellos puntos en que se considerase necesario.

En tercer lugar, se ha realizado un estudio comparativo de las normas vigentes sobre la toma de muestras. A este respecto, y para el fin propuesto en este trabajo, se han seleccionado las normas de aquellos países del mundo occidental cuya tecnología y características están más próximas a las muestras, - las cuales se recogen en el Anexo de este Tomo I, junto al estudio de desmuestre.

En general, estas normas se encuentran agrupadas bajo el título genérico de combustibles sólidos; sin embargo su campo - está restringido a: hullas, antracitas y lignitos duros.

Por otra parte, no existen normas para la toma y preparación de los estériles del carbón como tales, por lo que se han considerado éstos como un carbón con alto contenido en cenizas para incluirlo dentro de ellas.

Hay que resaltar que, en la actualidad, no existe norma española oficial vigente, aunque sí un anteproyecto, en estudio, que es el que se ha considerado.

Las normas analizadas han sido las siguientes:

- NF-M01-001 - Combustibles minéreaux solides. Méthodes d'échantillonnage des houilles et lignites durs.
- NF-M01-003 - Combustibles minéreaux solides. Méthodes d'échantillonnage des houilles et lignites durs. Exécution de l'échantillonnage.
- NF-M01-004 - Combustibles minéreaux solides. Méthodes d'échantillonnage des houilles et des lignites durs. Traitement de l'échantillonnage.
- ISO 1988 - Hard coal - Sampling
- DIN 51701 - Feste Brennstoffe. Probenahme und Probeaufbereitung von Körniger Brennstoffen.
- ASTM D2234
- 72 - Collection of a gross sample of coal
- UNE 22150 - Combustibles sólidos. Desmuestre de carbones (anteproyecto).

De la comparación de dichas normas se deduce que, prácticamente, todas coinciden en su filosofía.

Así mismo, se observa que el grupo de normas NF, ISO y - anteproyecto UNE, presentan una gran concordancia entre sí (salvo en el tratamiento de la muestra global para humedad, entre las dos primeras), y que el último no trata las tomas con tanta

amplitud como las NF e ISO; mientras que la ASTM y DIN tienen su propio carácter.

No obstante, con excepción del número y peso mínimo de las tomas elementales, donde existen diferencias como consecuencia de la base teórica a partir de la cual desarrollaron la norma, en el resto de los apartados existe, en esencia, una similitud entre todas las normas, aunque unas las hayan tratado con más profundidad o detalle que otras.

2.3.- CONCLUSIONES AL ESTUDIO

Teniendo en cuenta que no existen normas, entre los catálogos consultados, para la toma y preparación de los estériles de carbón como tales, considerando a éstos como carbones con un alto contenido en cenizas y que no existe norma española vigente sobre la toma de muestras de carbón (ya que sólo hay un anteproyecto UNE sobre la misma, el cual no puede tomarse al pie de la letra, aunque sí como base, puesto que en el transcurso del tiempo hasta su aprobación puede sufrir modificaciones), podría optarse por una de las tres soluciones siguientes:

- Elaboración de una norma totalmente nueva.
- Elaboración de una norma basada en el anteproyecto UNE.
- Elección de una norma entre las existentes en el extranjero.

La primera posibilidad conduciría a un estudio exhaustivo de la toma de muestras por parte de especialistas en la materia, lo cual llevaría un tiempo considerable del que no se disponía y un alto costo que no estaría justificado debido a que la norma UNE saldrá en un tiempo más o menos cercano. Y

además existen normas de probada valía, por lo que se desechó esta solución.

En la segunda, además de los motivos alegados para la primera, aunque en menor escala, hay que tener en cuenta que existe una norma extranjera con una gran coincidencia técnica con el anteproyecto UNE, lo cual sería "inventar lo inventado" y con el riesgo de llegar a conclusiones diferentes de las que, cuando entre en vigor, contemple la norma. Por lo que, así mismo, se debe desechar esta posibilidad.

Por lo dicho anteriormente pareció más adecuado elegir una entre las normas extranjeras, aconsejando la francesa, NF, fundamentalmente por los siguientes motivos:

- El anteproyecto UNE y la NF presentan una gran concordancia, aunque el primero sea más reducido que la segunda.
- Es, entre las analizadas, una de las más completas.
- Tanto en el Instituto Nacional del Carbón de Oviedo, como en otras empresas mineras, siguen, para la toma de muestras, las NF.

Comparando esta norma con la situación real de los lavaderos de Mieres y Modesta, se observa que existen diferencias en cuanto al número de tomas y aparatos a usar; mientras que en el resto de la normativa, aunque no coinciden totalmente, concuerdan en lo fundamental.

No obstante, y con fines prácticos, se han marcado unas instrucciones (que se adjuntan en el Anexo de este Tomo I) para la toma de muestras de los estériles de los lavaderos, don

de se reflejan:

- Número de tomas.
- Peso de las mismas.
- Preparación de las muestras.
- Aparatos a utilizar.
- Etiquetado de las muestras.
- Transporte de las mismas.

Por otra parte, se estimó muy conveniente realizar las oportunas verificaciones tanto de las precisiones fijadas en las normas NF, para la toma de muestras en los lavaderos, como de las instrucciones prácticas elaboradas y marcadas a tal efecto.

En primer lugar, por ser necesario enlazar la teoría - con la práctica con objeto de comprobar si ambas están relacionadas.

Y en segundo lugar, por realizar la toma de muestras - siguiendo las directrices de una norma extranjera, que se consideró la más adecuada, y unas instrucciones basadas en conclusiones teóricas.

En cuanto a los métodos de los ensayos a realizar sobre las muestras, se consideró que deberían seguir lo establecido en las normas UNE, cuando pasen de anteproyecto a norma definitiva, y en el caso de que no la hubiese para un determinado ensayo, se supliría con la correspondiente norma NF o DIN.

Las normas mencionadas se incluyen en el Anexo de este Tomo I.

2.4.- FIDELIDAD DEL ESTUDIO

Como se indicó anteriormente, se aconsejó y se eligió la norma NF como base del desmuestre, y se redactaron unas instrucciones para su aplicación en los casos de los lavaderos de Modesta y Mieres. En esencia, estas instrucciones fijan el número de tomas de las que debe componerse una muestra, peso mínimo, puntos de toma, aparatos y medio operativo para la obtención, preparación, conservación y transporte, con el fin de, por una parte, eliminar todo tipo de errores sistemáticos imputables a los tipos de aparatos y método operativo y, por otra, conseguir una fidelidad.

En principio esta fidelidad se fijó en:

Si O_2 y Al_2O_3$	.....	\pm 2 \%$
Fe_2O_3 y resto fundentes ..		0,25 % valor absoluto ó 10 % valor relativo

con la probabilidad de conseguir en un 95% de los casos la fidelidad fijada. Para lo cual se efectuó un test estadístico con un riesgo de un 5%, o sea, de que sólo cinco veces de cada cien ocurrirá que se puede llegar a la conclusión de que la fidelidad es diferente a lo preestablecido.

Este test permitiría corregir las instrucciones en lo que se refiere al número de tomas recomendado, indicando si éste es excesivo o, por el contrario, es escaso. El resto de reglas quedará inamovible al no afectar directamente a la fidelidad y sí tener como objetivo la eliminación de los errores sistemáticos.

Como test a realizar se eligió el que describen las normas NF M-01-001 y 007 (recogidas en el Anexo de este Tomo

I) como muestreo continuo desdoblado.

De acuerdo con el programa elaborado se han tomado muestras de los diferentes tipos de estériles durante 10 días en los lavaderos de Modesta y Mieres, con las que se siguieron los pasos señalados en las instrucciones confeccionadas a tal efecto.

Estas muestras fueron analizadas en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo por el método de difracción, cuyo informe se acompaña en el Anexo de este Tomo I.

Los resultados obtenidos, que figuran en el apartado 3.3., se han sometido al test estadístico mencionado anteriormente. A partir del test se han fijado, en valor absoluto, las fidelidades de referencia que figuran al final de epígrafe, teniendo en cuenta que éstas representan la desviación del valor verdadero correspondiente a la suma total de errores surgidos de la toma y preparación de la muestra y análisis.

<u>Compuestos</u>	<u>Fidelidad</u>
Al ₂ O ₃ } Si O ₂ }	± 2
Fe ₂ O ₃	± 0,5 ó 0,75
Na ₂ O } K ₂ O } Ca O } Mg O }	± 0,25

3.- ANALISIS Y COMPOSICION

En este epígrafe se recopilan las características generales de los estériles de lavadero de carbón sacadas de los diversos análisis efectuados con los mismos. Los resultados de estos análisis se adjuntan en el Anexo de este Tomo I.

A través de las características se van a poder deducir, "a priori", los campos en los cuales pueden tener aplicación los estériles.

Para simplificación de escritura, se usarán, en general, la siguiente nomenclatura:

Mo	.....	Lavadero Modesta
Mi	.....	Lavadero Mieres
G	.....	Granos
M	.....	Menudos
F	.....	Finos

3.1.- GRANULOMETRIA

En el siguiente cuadro figura el análisis granulométrico, por tamizado, de los distintos tipos de estériles.

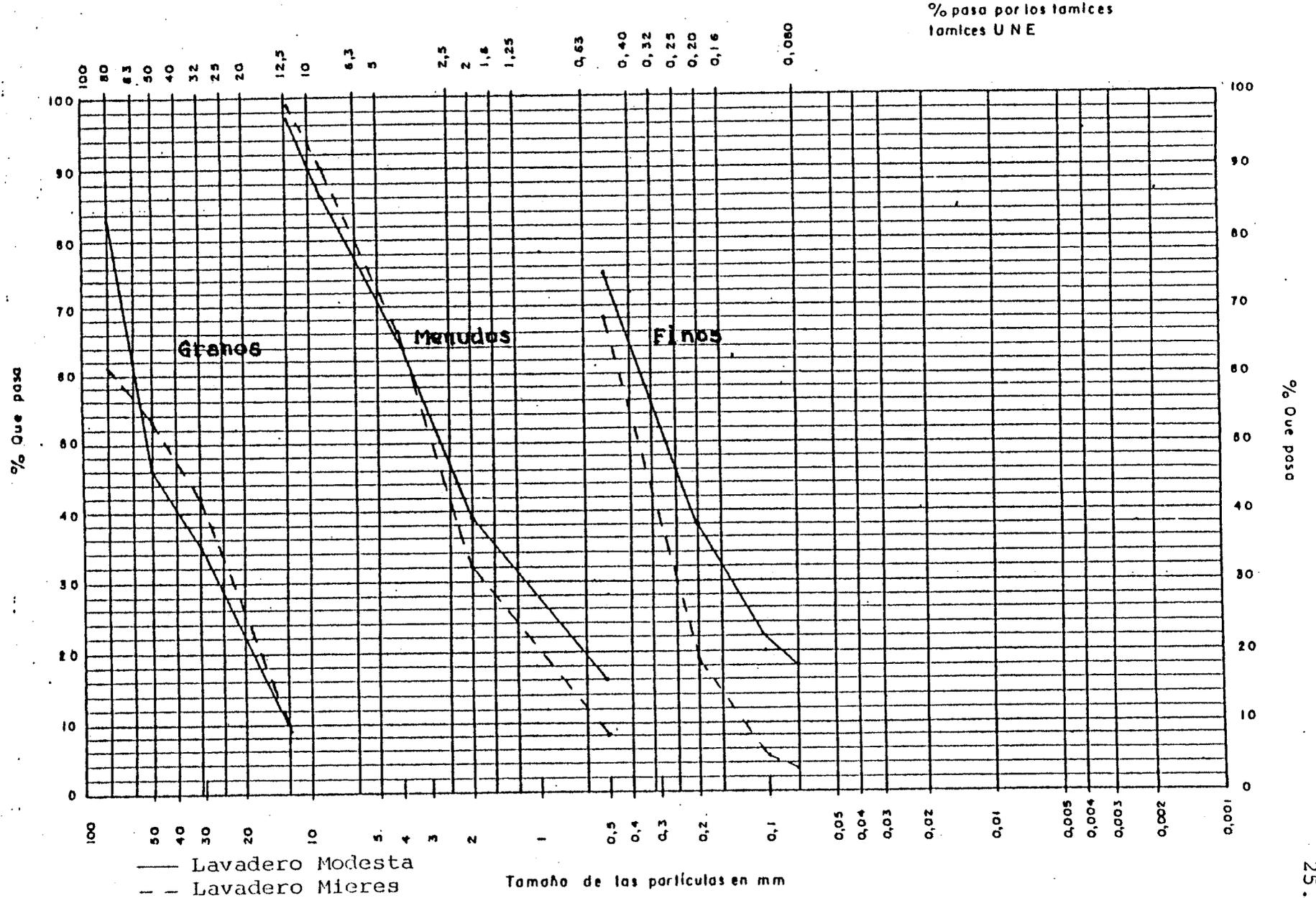
FRACCION DE ESTERIL	TAMICES (mm)	LAVADERO	
		MODESTA %	MIERES %
Granos	> 80	17,1	38,6
	80-50	36,4	8,8
	50-30	11,0	10,2
	30-12	26,9	33,1
	< 12	8,6	9,3
Menudos	> 12	3,2	0,8
	12- 8	10,6	9,0
	8- 4	21,2	24,0
	4-2	25,8	33,7
	2-0,5	23,6	24,3
	< 0,5	15,6	8,2
Finos (Hecho con agua)	> 0,5	24,6	32,1
	0,5-0,2	37,3	49,2
	0,2-0,1	16,2	13,8
	0,1-0,08	4,2	1,7
	< 0,08	17,7	3,2

Fuente: Laboratorio Trabanquín (HUNOSA)

De este cuadro y del gráfico que se incluye en la página siguiente, confeccionado a partir de los datos del primero, se observa que aunque existen ciertas variaciones dentro de cada tamiz comparando ambos lavaderos, y que las granulometrías del lavadero de Mieres son más finas que las de Modesta, son en general bastante similares.

No obstante, debe tenerse en cuenta que la granulometría por sí sola aporta pocos datos, salvo en casos muy concretos, por lo tanto se debe relacionar con el resto de las características.

GRAFICO DEL ANALISIS GRANULOMETRICO



3.2.- COMPOSICION MINERALOGICA

En cuanto al análisis mineralógico, en el cuadro que viene a continuación se reflejan los valores medios de las especies detectadas en las muestras analizadas.

COMPOSICION MINERALOGICA
(Análisis semicuantitativo)

COMPONENTE	Tipo de estériles (%)		
	Granos	Menudos	Finos
Caolinita ...	9,8	14,4	15,6
Clorita	8,4	8,0	9,4
Ilita	46,0	49,6	41,0
Interestratificados	5,6	8,0	12,0
Cuarzo ...	20,0	10,0	5,0
Otros	10,0	10,0	15,0

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Oviedo. Informe Mayo 1978.

Del estudio mineralógico se sacan las siguientes conclusiones:

- No existen diferencias notables en la composición mineralógica de las muestras procedentes de uno u otro lavadero.
- La fracción arcillosa está formada por ilita, caolinita, clorita, montmorillonita (en pequeñas proporciones), interestratificados y trazas de atapulgita.
- La ilita es el mineral más abundante de la fracción arcillosa,

siguiéndola la caolinita, la clorita y los interestratificados.

- En las muestras de finos disminuye el porcentaje de finos, aumentando el de interestratificados y caolinita.
- El cuarzo está presente en las tres fracciones granulométricas, siendo más abundante en los granos.
- La materia orgánica es muy abundante en los finos, disminuyendo su porcentaje en los munudos y granos.
- La cristalinidad de la ilita es realmente alta, siendo mayor en las muestras de Mieres. Las ilitas procedentes de este lavadero son también más aluminosas.
- Otros minerales presentes en las muestras, sobre todo en los granos, son calcita y siderita, habiéndose detectado también la presencia de pirita, feldespato y rutilo.

3.3.- COMPOSICION QUIMICA

A partir de los análisis efectuados sobre muestras de los diferentes tipos de estériles, por diversas firmas, se han elaborado dos cuadros donde se recogen los valores medios, referidos a muestra seca, de los componentes químicos: El primero, de los componentes que se encuentran en mayor proporción, y el segundo de aquellos que pueden influir beneficiosa, o perjudicialmente en algunos procesos de las posibles utilizaciones en que se vayan a usar los estériles. Estos cuadros pueden verse en las páginas siguientes.

Aunque existen pequeñas diferencias entre los datos suministrados, en algunos de los componentes, por las diferentes firmas que realizaron los análisis, debe tenerse en cuenta que sal -

vo las correspondientes al primer cuadro, son valores encontrados en una muestra, por lo cual es lógico existan desviaciones. No obstante, se puede comprobar que las cifras son bastante coincidentes en todos los análisis.

Los valores indicados entre paréntesis en el primero de los cuadros, se refieren a muestra calcinada. En la parte inferior de cada cuadro se indican las fuentes de donde se han sacado los datos. Los informes correspondientes se incluyen en el Anexo de este Tomo I.

De estos cuadros se puede deducir que:

- Las leyes en Al_2O_3 de los estériles sin calcinar son de un nivel normal para este tipo de productos. La mayor riqueza en alúmina corresponde a los "menudos" con un 23,5%, aproximadamente, y la menor a los "granos" de Mieres, con 20,8%.
- Los contenidos en Fe_2O_3 son también normales, siendo mayor en los granos.
- La relación $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ es mínima para los granos y máxima para los finos tanto en Modesta como en Mieres.
- La relación $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ es demasiado baja en los granos, mejorando de forma apreciable en los menudos y finos.
- Las muestras calcinadas aumentan su contenido en alúmina, y se igualan aún más los contenidos de las diferentes fracciones en los dos lavaderos: los "granos" tienen el contenido más bajo (24-25%), y los "menudos" (27-28%) y los "finos" (29-30%) más elevados.

ANALISIS QUIMICO DE LOS COMPONENTES EN MAYOR PROPORCION

COMPONENTES	L A V A D E R O S					
	MODESTA			MIERES		
	GRANOS	MENUDOS	FINOS	GRANOS	MENUDOS	FINOS
Si O ₂	48,86 (55,49)	46,07 (54,79)	42,26 (54,73)	49,57 (57,47)	48,21 (56,35)	43,89 (57,37)
Al ₂ O ₃	22,48 (25,54)	23,83 (28,36)	23,53 (30,50)	20,87 (24,21)	23,49 (27,43)	22,83 (29,85)
Fe ₂ O ₃	6,60 (7,49)	4,89 (5,83)	4,00 (5,17)	7,02 (8,15)	5,63 (6,59)	5,24 (6,89)
K ₂ O	2,96 (3,35)	3,12 (3,70)	2,80 (3,62)	3,08 (3,18)	3,33 (3,89)	3,04 (3,96)
Na ₂ O	0,44 (0,50)	0,43 (0,52)	0,34 (0,44)	0,38 (0,44)	0,40 (0,46)	0,34 (0,43)
Ca O	1,22 (1,39)	1,16 (1,38)	2,13 (2,76)	1,58 (1,83)	1,09 (1,28)	1,81 (2,27)
Mg O	1,48 (1,69)	1,36 (1,62)	1,17 (1,52)	1,48 (1,71)	1,39 (1,63)	1,23 (1,54)
Cr ₂ O ₃	0,03 (0,03)	0,03 (0,035)	0,02 (0,035)	0,03 (0,03)	0,03 (0,03)	0,03 (0,04)
Mn O	0,07 (0,08)	0,05 (0,06)	0,05 (0,08)	0,06 (0,07)	0,05 (0,06)	0,04 (0,06)
V ₂ O ₅	0,27 (0,30)	0,23 (0,28)	0,23 (0,32)	0,23 (0,27)	0,21 (0,25)	0,22 (0,29)
Ti O ₂	1,17 (1,31)	1,24 (1,48)	1,11 (1,52)	0,98 (1,32)	1,05 (1,32)	1,12 (1,59)

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo. Informes de Mayo 1978 y Diciembre 1980.

ANALISIS QUIMICO DE OTROS COMPONENTES

COMPONENTES	L A V A D E R O S					
	MODESTA			MIERES		
	GRANOS	MENUDOS	FINOS	GRANOS	MENUDOS	FINOS
F (1)	0,014	0,016	0,014	0,012	0,015	0,012
S total .. (1) (como SO ₃)	0,65	1,53	0,96	1,85	1,48	1,41
S Pirftico .. (1) (como SO ₃)	0,57	1,45	0,92	1,82	1,47	1,38
P ₂ O ₅ } ... (2)	0,07	0,08	0,07	0,10	0,08	0,07
} ... (3)	0,19	0,15	-	0,17	0,15	-
Cl (2)	0,11	0,011	0,024	0,005	0,005	0,007
C } (2)	5,13	5,34	13,51	4,67	5,87	9,23
} (3)	3,53	6,58	-	5,10	6,01	-
Mn ₂ O ₃ (2)	0,06	0,06	0,01	0,11	0,02	0,03
Ca CO ₃ .. (3)	0,83	0,74	-	0,49	0,22	-
Mg CO ₃ ... (3)	2,18	1,97	-	2,27	2,16	-

(1) Escuela T. S. de Ingenieros de Minas de Oviedo. Informe Diciembre 1980.

(2) Gatz Fuller.

(3) F.L. Smidth.

- Sobre muestra calcinada los contenidos en alúmina de menudos y finos son los más interesantes.
- El contenido en potasio es considerable, como corresponde a una fracción arcillosa ilítica predominante. Es el catión secundario de más interés.
- El titanio tiene niveles bajos, pero notables, estando repartido entre la red arcillosa y el rutilo. El magnesio y el calcio siguen en importancia, así como el vanádico. El manganeso y el cromo están ya en muy bajo nivel.
- Los contenidos en los diferentes cationes metálicos analizados son muy similares para los dos lavaderos en las tres granulometrias consideradas.
- Los elementos y compuestos que se reflejan en el segundo cuadro, y que pueden ser más perjudiciales que beneficiosos en algunos procesos, se encuentran en cantidades relativamente bajas por lo que cabe esperar, en principio, que no causen problemas durante aquellos procesos.
- Los contenidos en azufre se encuentran, prácticamente, como pirritas en todos los tipos de estériles.
- Un aspecto muy importante es su contenido en carbono (que va aumentando al pasar de granos a menudos y de éstos a finos) - perteneciente al carbón que los estériles llevan homogéneamente distribuido por toda su masa, ya que significa un aporte calorífico del cual se hablará más adelante.

Por otro lado, las desviaciones típicas son bastante pequeñas en general y, particularmente, para el contenido en aluminio (del orden de la unidad) poco superiores al error del propio análisis. Esto hace pensar en un producto considerablemente homogéneo.

Asímismo se ha efectuado una comparación de los análisis semicuantitativo mineralógico y cuantitativo químico con objeto de determinar el grado de concordancia de ambos y así poseer una certidumbre en la cual basarnos en las posteriores investigaciones y aplicaciones.

En esta comprobación no se pretendió la coincidencia exacta de los resultados en los dos casos, sino ver si las diferencias entre los mismos entraban dentro de los límites normales, ya que se tiene una serie de limitaciones, entre las que se pueden enumerar las siguientes:

- Las especies mineralógicas no poseen una fórmula concreta puesto que puede variar alguno de sus elementos, o poseer vacantes dentro de su red estructural, por lo cual se hicieron algunas suposiciones en cuanto a la participación de cada elemento.
- Existen unos interestratificados de los que no se conoce su fórmula, lo cual dará necesariamente algunas diferencias entre ambos resultados.
- En la composición mineralógica no se determinan los tantos por ciento de algunas especies, por lo que se fijan de una manera aproximada.

- La composición mineralógica resulta de un análisis semicuantitativo.

De dicha comparación., cuyo desarrollo se encuentra en el Anexo de este Tomo I, se observa que los órdenes de cifras son similares, ya que si bien existen algunas diferencias es debido a una falta de concreción de las fórmulas y de conocimiento exacto de los porcentajes de las especies mineralógicas.

Los anteriores análisis ya permiten establecer unos criterios en cuanto a sus posibles aplicaciones y que se verán con detalle en el epígrafe 4.

3.4.- ANALISIS TERMICO

Se ha realizado el análisis térmico dirigido, fundamentalmente, hacia la obtención de los poderes caloríficos, así como las pérdidas por calcinación a 700 °C. Los valores de estas magnitudes vienen expresadas en el siguiente cuadro:

Tipo de esteril	Poder calorífico Kcal/Kg		Pérdidas por calcinación %
	Superior	Inferior	
<u>Lav. Modesta</u>			
Granos	658	600	12
Menudos	829	750	16
Finos	1.274	1.050	23
<u>Lav. Mieres</u>			
Granos	728	650	13,8
Menudos	691	625	14,1
Finos	1.147	950	20,2

Fuente: Escuela Técnica Superior Ingenieros de Minas de Oviedo. Informe Diciembre 1980

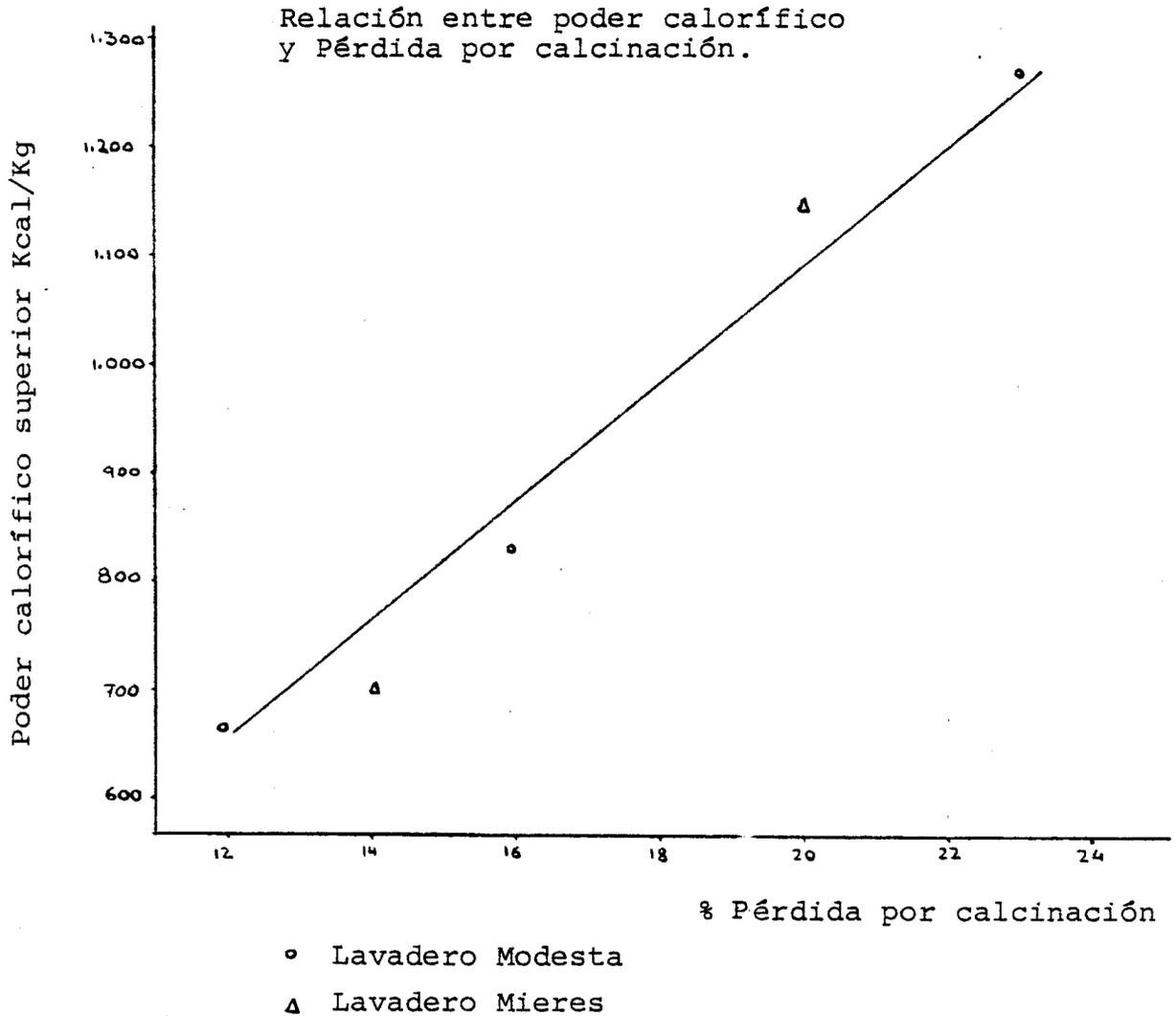
Los poderes caloríficos superiores fueron determinados a partir de una ecuación deducida de valores correspondientes a estudios anteriores, donde se obtuvieron por medio de la bomba calorimétrica (E.T.S.I.M.O.) Informe de Mayo de 1978).

Los poderes caloríficos inferiores se calcularon a partir del gráfico de la pág. 27 del Informe de Diciembre de 1980 de la E.T.S.I.M.O., para unas humedades del 6, 8 y 22% para los granos, menudos y finos respectivamente.

En general, estos poderes caloríficos son suficientes para la autocalcinación a 700°C. Esto demuestra claramente que puede producirse un importante ahorro de energía con el uso de estos estériles, debido al carbón que contienen.

Del cuadro anterior se deduce que los poderes caloríficos disminuyen de los finos a los granos, coincidiendo con los contenidos en carbón que figuran en el cuadro de los análisis químicos de otros componentes del apartado 3.3.

Por otra parte, estos poderes caloríficos están en relación directa con las pérdidas por calcinación, como se puede ver en el Gráfico que se incluye en la página siguiente:



Así mismo, también se han efectuado los análisis térmico diferencial y térmico ponderal cuyos gráficos se adjuntan en el Anexo del este Tomo I (Instituto de Cerámica y Vidrio) y de los cuales se deduce que todos los tipos de estériles poseen rasgos análogos. Cabe destacar un efecto endotérmico que comienza a muy baja temperatura, entre 100 y 200 °C, dependiendo de la clase de estéril. Por otro lado, hacia los 500 °C, se inicia un acusado efecto exotérmico que alcanza su máximo a unos 550 °C, acompañado

por una clara pérdida de peso. Sin embargo a partir de esta temperatura, el comportamiento es diferente. Así, en los finos, no vuelve a presentarse ningún accidente hasta unos 830 °C en que se produce una brusca pérdida de peso acompañada de un nítido efecto exotérmico; mientras que en los menudos, después de la recuperación del pico de 550 °C, continúa el comportamiento exotérmico de una forma difusa, acompañado de una gradual pérdida de peso que termina de un modo brusco a unos 870 °C; y en los granos, continúa la tendencia exotérmica hasta los 650 °C donde termina. Dichos efectos exotérmicos van acompañados de una pérdida gradual de peso, pero después de las mencionadas temperaturas y hasta los 1.000 °C, que constituyen el límite del ensayo, no se producen ni variaciones sensibles de peso ni efectos térmicos apreciables.

En resumen, se puede decir que el comportamiento, generalmente endotérmico de los minerales de arcilla y de otros constituyentes hidratados que constituyen el sustrato mineral, se ve enmascarado por la combustión, en distintas etapas, de la fracción carbonosa. Esta combustión, que a bajas temperaturas tiende a enmascarar y confundir los efectos característicos de los minerales constituyentes, aparece después con nitidez, exhibiendo sus propios efectos, como se dijo anteriormente.

3.5.- OTROS DATOS

También se han realizado otros ensayos de interés general, que se resumen a continuación y que se adjuntan en el Anexo de este Tomo I.

3.5.1.- Plasticidad

En el cuadro siguiente se reflejan los resultados de la determinación del límite líquido; sin embargo, no se ha podido deducir su límite plástico ni, por lo tanto, su índice de plasticidad.

Plasticidad

Tipo de estéril	Límites	
	Líquido	Plástico
<u>Lav. Modesta</u>		
Granos	29,4	No se
Menudos	24,1	ha po-
Finos	25,1	dido -
<u>Lava Mieres</u>		deter-
Granos	21,4	minar
Menudos	18,6	
Finos	-	

3.5.2.- Microscopia de calefacción

Las fotografías de este ensayo tienen un valor ilustrativo por si mismas, y muestran las alteraciones que sufre la geometría de las probetas hechas con los estériles al ser calentadas. En forma general cabe destacar dos hechos fundamentales:

- a) Las sucesivas expansiones y contracciones que sufren las piezas en el proceso de su cocción, especialmente en las zonas -

de bajas y medias temperaturas, como ilustran, por ejemplo, - las fotografías de los finos.

b) La ausencia de procesos súbitos de deformación por fusión.

Estos hechos son de importancia en algunas de las aplicaciones de estos materiales.

Las fotografías que se citan pueden verse en el Anexo - de este Tomo I (Instituto de Cerámica y Vidrio).

4.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES DE LAVADERO DE CARBON.

Tanto del estudio de las composiciones mineralógica y química, como de la documentación que se ha ido recopilando durante los trabajos iniciales y del resto de datos existentes, se ha llegado a la conclusión de que los estériles de lavaderos de carbón podrían utilizarse en diversas aplicaciones, tales como:

- Fabricación de ladrillos.
- Fabricación de árido ligero.
- Fabricación de gres.
- Fabricación de semirrefractarios.
- Fabricación de cemento.
- Fabricación de aglomerantes hidráulicos.
- Obras Públicas:
 - . relleno de terraplenes.
 - . material para bases y subbases.
- Agricultura y jardinería:
 - . Invernaderos.
 - . Acondicionador o corrector de suelos.
 - . Decolorante y plastificante.
- Obtención de alúmina u otros elementos.
- Aprovechamiento o utilización de la energía calorífica contenida.

Evidentemente, todas estas aplicaciones están contempladas desde un punto de vista teórico, siendo necesario la realización de los correspondientes estudios para corroborar, tanto técnica como económicamente, su posterior utilización práctica.

Por otro lado, habría que considerar en qué porcentajes se pueden utilizar los estériles de lavaderos de carbón como materia prima. Dentro de unos procesos entrarían en un cien por cien, mientras que en otros, variaría su porcentaje de entrada como materia prima dependiendo, como es natural, de la aplicación que se les de.

Al iniciarse el proyecto sobre el aprovechamiento de los estériles de lavaderos de carbón, se pensaba en la fabricación de ladrillos y de áridos ligeros como las posibilidades más factibles y de mayor ahorro energético.

Conforme se iba obteniendo documentación de las distintas aplicaciones de los estériles carbonosos, el abanico de posibilidades de obtener otros productos u otras aplicaciones se fue ampliando. Muchas de esas posibles utilizaciones se fueron desechando, pero la fabricación de gres iba tomando cada vez mayor entidad hasta el punto de no poder desestimarla sin que el estudio perdiera la calidad requerida.

Por tanto, se decidió ampliar el proyecto inicial con esta última aplicación de los estériles, máxime cuando se podían aprovechar características comunes con las otras utilizaciones del estudio.

El proyecto definitivo quedaba, de esta manera, compuesto por tres posibles aplicaciones de los estériles de lavaderos de carbón:

- Fabricación de ladrillos.
- Fabricación de árido ligero.
- Fabricación de gres.

Cada una de ellas se describen en tomos distintos, procurando cumplir en lo posible los "Términos de referencia" (Adjuntos en el Anexo de este Tomo I) elaborados en su día y que contemplaban los puntos siguientes:

- 1.- Análisis del problema.
- 2.- Análisis y ensayos de estériles. Informe técnico.
- 3.- Estudio de mercado.
- 4.- Estudio comparado de las opciones.
- 5.- Selección del proceso.
- 6.- Ingeniería básica.
- 7.- Estudio de inversiones.
- 8.- Estudio económico-financiero.
- 9.- Conclusiones.

Este plan de estudio podía ser modificado, pero las variaciones introducidas han sido mínimas y siempre de mutuo acuerdo entre HUNOSA y ENADIMSA. El índice definitivo acordado para los tres tomos de aplicaciones principales, quedó de la siguiente forma:

- 1.- Tecnologías básicas (definición, tipos, clases, especific.).
- 2.- Condiciones generales (Aspecto, resistencias, normas).
- 3.- Procesos de fabricación.
- 4.- Análisis y ensayos.
- 5.- Estudio de mercado.
- 6.- Comparación y selección de procesos.

- 7.- Ingeniería básica.
- 8.- Inversiones.
- 9.- Estudio económico-financiero.
- 10.- Conclusiones.

Para complementar el proyecto se incluye un nuevo Tomo donde se recojen a título informativo, el resto de aplicaciones detectadas para los estériles. Algunas de ellas hoy día se utilizan, con mayor o menor éxito, mientras que otras aún están en plan de experimentación o de investigación.

El objetivo de indicar en ese tomo otros aprovechamientos posibles de esta materia prima, es el de dejar el camino abierto, si se considerase oportuno, para que en un futuro se disponga de unos datos iniciales en el caso de estudiar nuevas aplicaciones de los estériles de lavaderos de carbón.

5.- CONCLUSIONES

- 1^a.- Los estériles de lavaderos de carbón plantean problemas de -
variada índole, que en el futuro pueden llegar a ser graves.
- 2^a.- Hay que buscar salida a estos estériles tratando de reducir
su producción.
- 3^a.- Para ello se han de conocer lo mejor posible.
- 4^a.- La toma de muestras ha de ser representativa para que los -
análisis y ensayos sean representativos y fiables.
- 5^a.- El contenido en carbón va aumentando al pasar de la fracción de
estéril denominadas "granos" a la de "menudos", y de ésta a
los "finos".
- 6^a.- Por lo tanto, igual le ocurre al poder calorífico de las dis-
tintas fracciones de los estériles de lavadero.
- 7^a.- Pueden presentarse un importante ahorro energético en algunos
procesos de fabricación que contengan a los estériles como -
materia prima.
- 8^a.- Tienen un comportamiento arcilloso.
- 9^a.- Podrían utilizarse como materia prima en diversas aplicacio-
nes:
 - . Fabricación de ladrillos.
 - . Fabricación de árido ligero.

- . Fabricación de gres.
- . Fabricación de refractarios de baja calidad.
- . Fabricación de cemento.
- . Obras Públicas.
- .. Agricultura y Jardinería.
- . Obtención de alúmina y otros elementos.

10^a .- Las tres primeras posibles utilizaciones parecen las más factibles y de mayor ahorro energético.