

Perspectiva de la minería del carbón en Teruel

M. A. ALBÉNIZ CAMPÁS *

** Jefe de Investigación. Minas ENDESA. Andorra (Teruel)*

RESUMEN

En el conjunto de las distintas formaciones pertenecientes al periodo Mesozoico, en el ámbito de la Cordillera Ibérica, es la de Escucha la más relevante desde el punto de vista de su aprovechamiento industrial, al contener en sus tres miembros capas de carbón susceptibles de explotación para su aprovechamiento en el campo de la producción termoeléctrica.

Las dificultades inherentes a la explotación en minería subterránea se obvian con los métodos de explotación a cielo abierto, altamente mecanizados y selectivos que posibilitan una minería de grandes volúmenes, por lo que importantes trabajos de restauración deben ser acometidos.

Por último la innovación tecnológica en el campo de la combustión en lecho fluido y la gasificación subterránea del carbón, permitirán un aprovechamiento exhaustivo de las reservas de la Cuenca Minera de Teruel.

Palabras clave: Carbón, Minería, Cuenca Minera de Teruel.

INTRODUCCIÓN

En el entorno de la Cordillera Ibérica aparecen distintas capas de carbón subbituminoso, las cuales, así como sus facies asociadas constituyen la Forma-

ción de Escucha. Dichas capas son objeto de explotación constituyendo su naturaleza, así como la de las rocas de caja condicionantes a ser tenidas en cuenta durante ésta y definiendo una unidad geológica y minera que denominaremos Cuenca Minera de Teruel.

El carbón producido en la Cuenca Minera de Teruel ha sido utilizado desde antiguo en distintas aplicaciones industriales. Si bien desde tiempo inmemorial se venía explotando el azufre producido por oxidación de los sulfuros de hierro en la zona de afloramiento de las capas de carbón mediante pequeñas excavaciones denominadas "meneras de alumbre", no es hasta 1760, según consta en una Memoria sobre los depósitos carboníferos de Utrillas y Gargallo ejecutada por Real Orden de 9 de julio de 1862, cuando comienzan las explotaciones al objeto de aportar el combustible para el funcionamiento de una fábrica de vidrio en el pueblo de Utrillas.

La calidad del carbón así como la distancia y malas comunicaciones hasta los potenciales centros de consumo han dificultado la expansión de la producción de la Cuenca, hasta que con la apertura de la Central de Aliaga la cuenca minera encuentra una vía de futuro en la producción termoeléctrica, aplicación a la que en la actualidad se destina el 99'4 % de la producción nacional de lignito negro. Las centrales de Escatrón y Escucha continúan esta tendencia, potenciada en el caso del complejo eléctrico industrial de Escatrón con el proyecto de generación de materias primas para fertilizantes y otros productos químicos, resultando que el volumen de inversión inicial y la menor eficacia del proceso lo hace desaconsejable en relación con la producción a base de productos petrolíferos.

Por último, desde 1979 se encuentra en operación la Central Térmica de Teruel, con una potencia total de 1.050 MW que eleva hasta 5 MTm el mercado potencial para los carbones de la Cuenca.

MARCO GEOLÓGICO

Las capas de carbón objeto de explotación en la Cuenca Minera de Teruel arman prioritariamente en la Formación de Escucha, depositada en un entorno deltaico en el marco de un mar regresivo hacia el S.E. con progradación de facies de mayor influencia continental que culminan con la deposición de la Formación de Utrillas, en la cual si bien con menor relevancia se localizan también episodios carbonosos que llegan en ocasiones a constituir tramos explotables.

Las capas de carbón del Cretácico Inferior deben ser atribuidas al Albiense

el cual desde el punto de vista estratigráfico queda dividido en Formación de Utrillas y Formación de Escucha y a su vez esta en tres miembros denominados M-1, M-2 y M-3 de muro a techo.

La Formación de Utrillas está constituida por una potente secuencia de espesor variable compuesta por arenas y arcillas abigarradas que constituyen una megasecuencia granocreciente correspondiente a la progradación de un medio fluvial. El medio evoluciona de anastomado en la base a meandriforme al techo culminando con episodios lagunares.

La Formación de Escucha en su conjunto constituye la evolución de un medio deltaico con influencia marina de poca profundidad a un medio continental que culmina con la deposición de la Formación de Utrillas, débilmente erosiva sobre ella y que con carácter expansivo fosiliza los relieves preexistentes.

El miembro uno de la Formación está constituido por secuencias granocrecientes de arcillas, argilitas, limolitas y arenas finas con intercalaciones calcáreas y fauna de ostreidos, gasterópodos, lamelibranquios y characeas correspondientes a un medio mareal con niveles arenosos ligados a la instauración de barras deltaicas.

El miembro dos oscila de secuencias granocrecientes de arcillas, argilitas y arenas al muro a granodecrescentes al techo. Presenta niveles de limolitas calcáreas en ocasiones asociadas a estructuras de "cone in cone". Corresponde a una deposición en áreas palustres oscilando de submareal a supramareal en un entorno deltaico.

Por último, el miembro tres está representado por secuencias detríticas granodecrescentes con muros erosivos propios de un medio fluvial meandriforme con amplias llanuras de inundación y paleosuelos. Este miembro en ocasiones presenta niveles calcáreos, discontinuos, con characeas, correspondientes a la instalación de un medio lacustre.

La Formación de Escucha, discordante sobre cualquier término infrayacente, está íntimamente ligada en su deposición a las variaciones en la línea de costa originada por la emersión de umbrales durante la fase Austrica que llegan a afectar a sus miembros uno y dos.

Las características del medio en los tres miembros de la Formación de Escucha permite la acumulación en zonas tranquilas de materia orgánica que origina las capas de carbón. El carbón en sí es de similares características en cuanto a contenido en macerales y naturaleza de la materia orgánica y mineral, variando no obstante la calidad de cada capa en función del grado de contaminación en elementos detríticos que es mayor hacia el techo de la secuencia a medida que el medio acusa mayor influencia continental con mayor

grado de desorden en el reparto de la energía del medio y menores y más aisladas áreas tranquilas. Asimismo, hacia el techo se acusa mayor complejidad en las capas que se presentan en paquetes con intercalaciones de estériles de distinta calidad y potencia.

La columna más completa que conocemos es la correlacionada de Val de Ariño (ver Fig. 1), en donde llegan a reconocerse hasta un total de 19 capas de carbón agrupadas en 6 paquetes, pertenecientes a los tres miembros de la Formación. La totalidad de las capas son alternativamente explotables, con los criterios actuales, en distintas áreas e incluso en un mismo punto.

Una vez definidas las capas de carbón deben considerarse, para la selección de tramos explotables, una serie de criterios variables que permiten calcular las reservas contenidas en los recursos geológicos. En primer lugar, debe establecerse una ley de corte del poder calorífico superior que permita segregar lo que se considera carbón del estéril, definiéndose así las reservas geológicas. Otros parámetros como contenido en cenizas, volátiles, azufre, etc., pueden llegar a ser relevantes.

APLICACIONES INDUSTRIALES Y MINERÍA

Los carbones seleccionados muy variables en cuanto a calidad pueden sufrir un proceso de homogeneización y lavado para su consumo, lográndose reducciones del orden del 33 y 25% respectivamente para los contenidos en cenizas y azufre.

Con respecto al tema de las calidades debe tomarse en consideración la innovación que en el campo de la combustión constituye la aplicación de la técnica del lecho fluido, caracterizado por la presencia en el hogar de la caldera de un material absorbente de los óxidos de Azufre acompañando al carbón, siendo objeto ambos de una fluidificación mediante la inyección de aire a través del fondo del mismo. La turbulencia creada y el contacto entre las partículas de carbón y material absorbente conducen a una mejora de los procesos de transferencia de calor y consecuentemente a la posibilidad de trabajar a temperaturas sensiblemente inferiores a las de las calderas convencionales. La menor temperatura tiene dos ventajas, entre otras: disminuye la generación de óxidos de nitrógeno y como el material que acompaña al carbón en el lecho posee propiedades absorbentes se puede reducir en gran parte la emisión de óxidos de azufre, al reaccionar ambos dando un producto sólido de fácil tratamiento como residuo. La reducción puede llegar a ser del 95% del azufre total contenido en el combustible dependiendo además de la cantidad de ma-

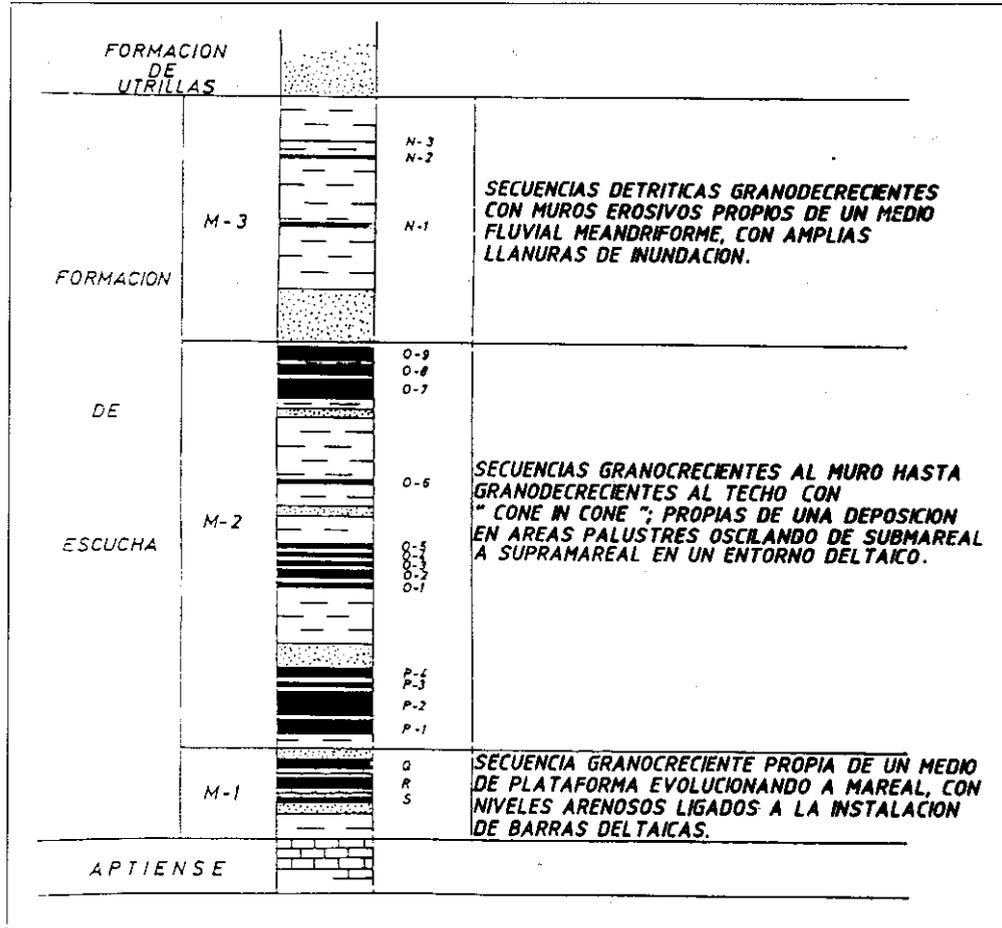
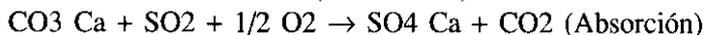
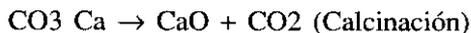
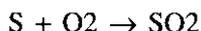


Fig. 1.—Formación de Escucha (columna estratigráfica Val de Ariño).

terial existente del diseño de la caldera y de la temperatura de operación. El absorbente empleado en la mayoría de los casos es la caliza y las reacciones que se producen son las siguientes:



Esta reacción alcanza su punto óptimo en un margen muy estrecho de temperaturas en torno a los 850 grados C. La combinación estequiométrica de formación del sulfato cálcico requiere un mol de calcio por mol de azufre. En realidad la relación molar que se aplica es mayor aumentando con ella el porcentaje de retención de azufre. La aplicación de esta tecnología puede pues derivar en una minería de calizas de relativa importancia, siendo las mesozoicas las que hasta la fecha han aportado mejores resultados en el campo experimental.

De acuerdo con distintos parámetros inherentes al combustible como reactividad o contenido de cenizas, es más adecuado el uso de uno u otro de los distintos tipos de calderas de lecho fluido, atmosféricas o a presión.

En cualquier caso carbones no homogéneos y con elevado contenido en cenizas también encuentran su adecuado tratamiento con esta tecnología, por lo que las reservas geológicas podrían verse incrementadas por la revisión a la baja de la ley de corte utilizada para su definición.

Independientemente de la ley de corte debe definirse una potencia de corte para los tramos que siendo carbón puedan considerarse explotables, así como para lo que siendo estéril pero contenidos entre capas de carbón sean separables o bien deben arrancarse conjuntamente con éstas. Como veremos la potencia de corte va íntimamente ligada al método de explotación y su aplicación define las reservas mineras. Efectivamente este parámetro unido a otras características geológicas, implican una selección "a priori" de los métodos de explotación, por otra parte (ver Fig. 2) cada método plantea unas exigencias que limitan la cuantía de reservas que puede explotar pasando el resto a ser consideradas para su explotación por otros métodos. En el caso de que ninguno permita acometer con éxito la explotación de determinadas reservas, éstas pasan a constituir recursos en tanto en cuanto la puesta a punto de nuevas tecnologías no permita su explotación.

Las reservas que pasan a explotación pueden motivar la revisión del método en función de lograr mayores rendimientos, mayor seguridad o bien adaptarse a variaciones en sus características.

El actuar a la inversa explotando las reservas independientemente de sus

características, mediante un sistema de explotación rígido, conlleva la reducción de reservas o la explotación antieconómica de éstas.

En el caso de la minería de interior se trata, en su conjunto, de la explotación de capas potentes con buzamientos medios y hastiales débiles que presentan problemas de autocombustión e hidrogeológicos, constituyendo la simultaneidad de todos estos factores un hecho diferencial que unido a la profundidad de las explotaciones individualizan a la Cuenca como única en el mundo explotada en estas condiciones.

El primer método de explotación empleado mayoritariamente y que persigue un laboreo sistemático, es el de cámaras y pilares (ver Fig. 3), utilizado hasta los años 60, si bien aún se emplea en algunas explotaciones. Consiste básicamente en explotar en retirada a favor de la pendiente ensanchando un pocillo que une dos niveles en dirección de la capa, todo ello en carbón, separando las cámaras que se crean y soportando el conjunto, se abandonará sin explotar un macizo de carbón denominado pilar.

El obtener rendimientos elevados con este sistema, depende de la potencia de la capa que debe ser superior a 8 m., en cualquier caso, la naturaleza del método y la presencia constante de fuegos por autocombustión del carbón no permitía una recuperación del yacimiento superior al 20%.

La valoración de los resultados obtenidos, impulsó a las principales empresas mineras de la zona a cambiar de método pasando a explotar tajos (ver Fig. 4), de los cuales se han utilizado las siguientes variantes: tajos largos convencionales con pasadas sucesivas, tajos largos mecanizados con pasadas sucesivas, tajos largos de soutirage según pendiente y tajos largos mecanizados de soutirage según pendiente. Los cuatro tienen en común el explotar en retirada sobre dos niveles en carbón en dirección comunicados por un pozo también en carbón en el que se monta el tajo. Según progresa el tajo por el arranque del carbón, el techo se hunde sobre el hueco creado.

Los dos primeros se diferencian por el tipo de arranque y sostenimiento (martillo picador y mamposta metálica de fricción frente a rozadora y entibación hidráulica autodesplazable). Tienen en común, el explotar la capa por sucesivas pasadas de techo a muro con la altura del tajo, que de forma general es 2'70 m., hasta apurar su potencia.

Los tajos de soutirage son en esencia un tajo convencional por el muro de la capa como si fuera la última pasada, en el que previamente aflojado con explosivos se recoge el carbón del techo del tajo por el hundimiento tras hacerlo avanzar. En el caso del mecanizado el arranque y sostenimiento es por rozadora y entibación hidráulica autodesplazable.

En cualquier caso, la potencia real mínima de la capa de carbón para la

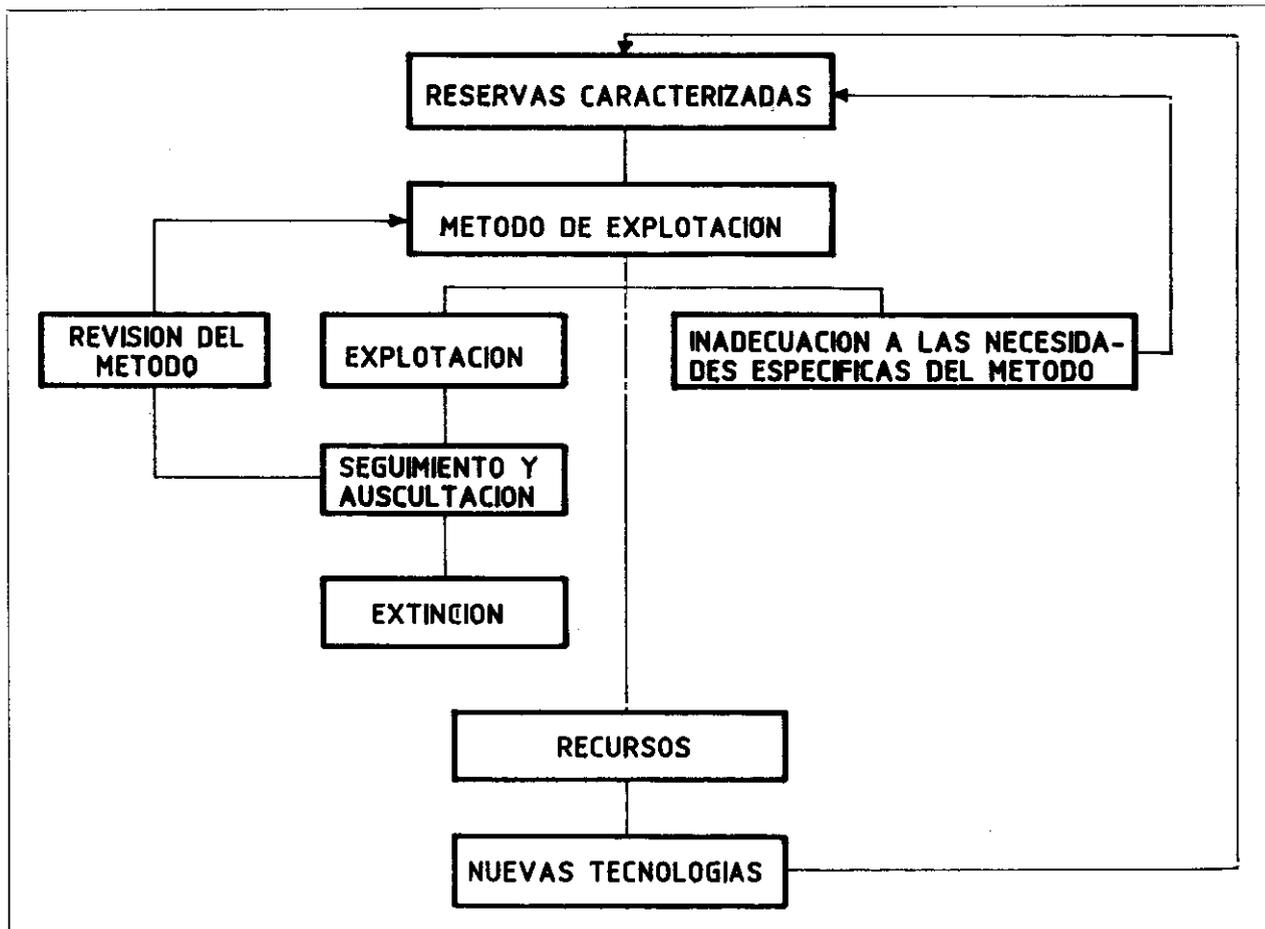


Fig. 2.—Diagrama de balance de recursos y reservas.

implantación de un tajo, debe ser de 3'00 m. hasta 6 m., si el tajo es de soutirage. La recuperación del macizo explotado por soutirage alcanza el 75 %.

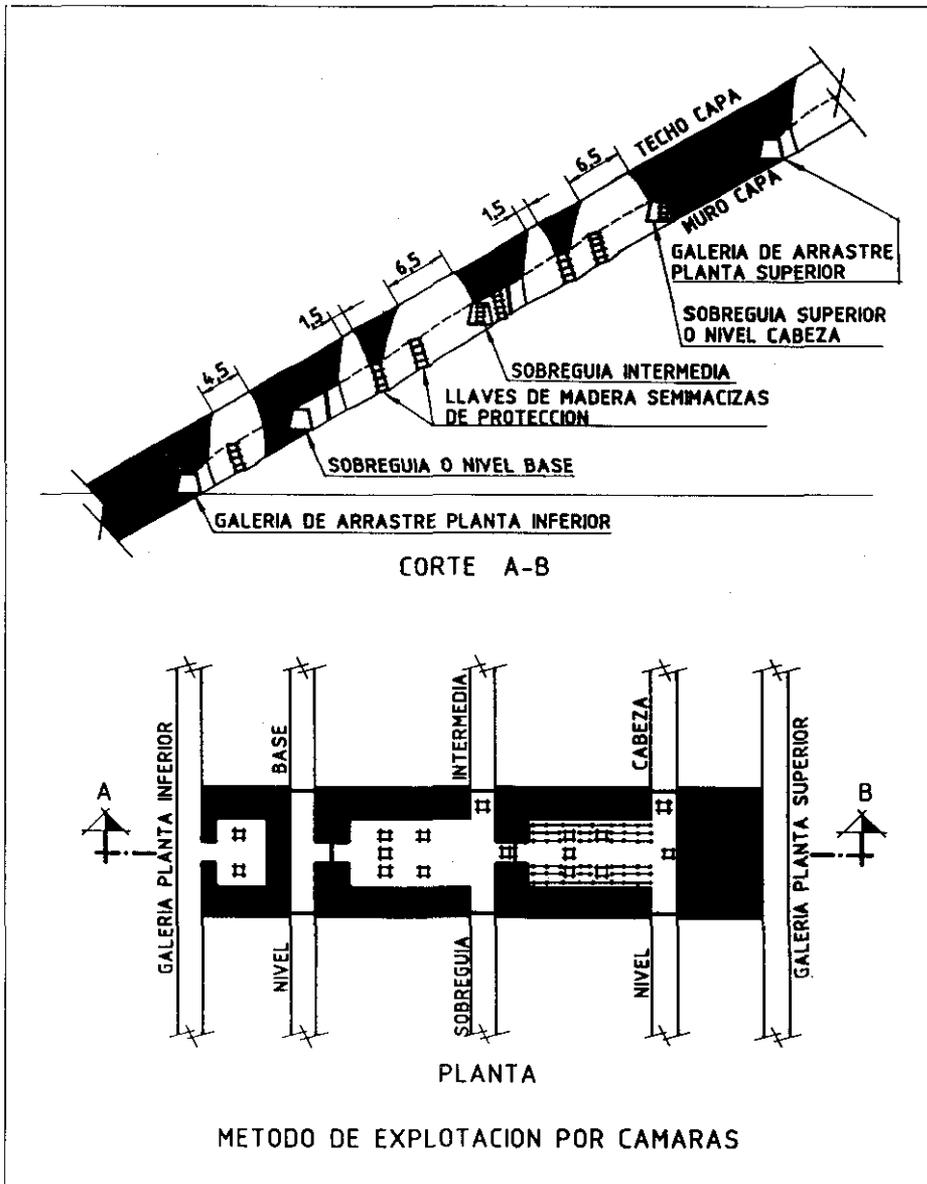


Fig. 3.—Método de explotación por cámaras.

Un caso particular es el de *soutirage* por niveles en retirada con rozadora puntual (ver Fig. 5), que consiste básicamente en establecer un pozo en estéril entre dos plantas con accesos a capa a distintas cotas, realizándose desde ellos una serie de niveles en dirección sobre capa que son explotados en retirada por la acción combinada de la misma rozadora que los realiza y explosivos, desmontando la entibación protectora de las labores para abrir cámaras y respetando pilares.

La potencia real mínima debe ser superior a 3'00 m y la recuperación del macizo de carbón es del orden del 50 %.

Como vemos, el método de explotación utilizado condiciona de forma determinante la potencia de la capa, así como la de los estériles intercapa admisibles en la explotación, por lo que las reservas geológicas se ven reducidas tras la aplicación de los criterios de selección específicos del método, constituyendo las reservas mineras. Estas, a su vez, pasan a constituir las reservas extraíbles una vez se descuenta el carbón incluido en los macizos entre labores, variables para cada método, que es preciso abandonar al objeto o bien de aislar labores que deben ser permanentes respecto a otras en curso o bien proteger a éstas de otras próximas. Por último, tras descontar las reservas que no pueden ser extraídas por la propia eficacia del método, obtenemos las reservas realmente extraíbles.

De la diferencia entre las reservas mineras y las realmente extraídas, se obtiene un factor de conversión inferior a la unidad y denominado factor de remanencia minera de gran trascendencia para la valoración del potencial minero en el caso de reexplotaciones sobre reservas anteriormente minadas y extintas por el primer método.

Para el más exhaustivo beneficio de las reservas del yacimiento, deben implantarse métodos de explotación más selectivos que permitan, sin ensuciamiento, la explotación de capas delgadas.

Así se han puesto a punto los métodos de explotación a cielo abierto, mucho más flexibles que permiten la explotación de capas de hasta 0'30 m. de potencia real mínima y sin límite de potencia máxima, por lo que pueden ser utilizados también en capas potentes, permite asimismo la reexplotación de zonas anteriormente minadas en interior.

La presencia de antiguos minados, en ocasiones bastante anárquicos, implica la potencial existencia de cámaras abiertas o rellenas parcial o totalmente por terrenos descomprimidos, lo cual induce un riesgo en la marcha de los trabajos si no se detectase su localización y dimensiones, por lo que reconocimientos complementarios deben ser acometidos, bien por sondeos, bien por técnicas indirectas como la geofísica u otros. Entre las técnicas geofísicas la

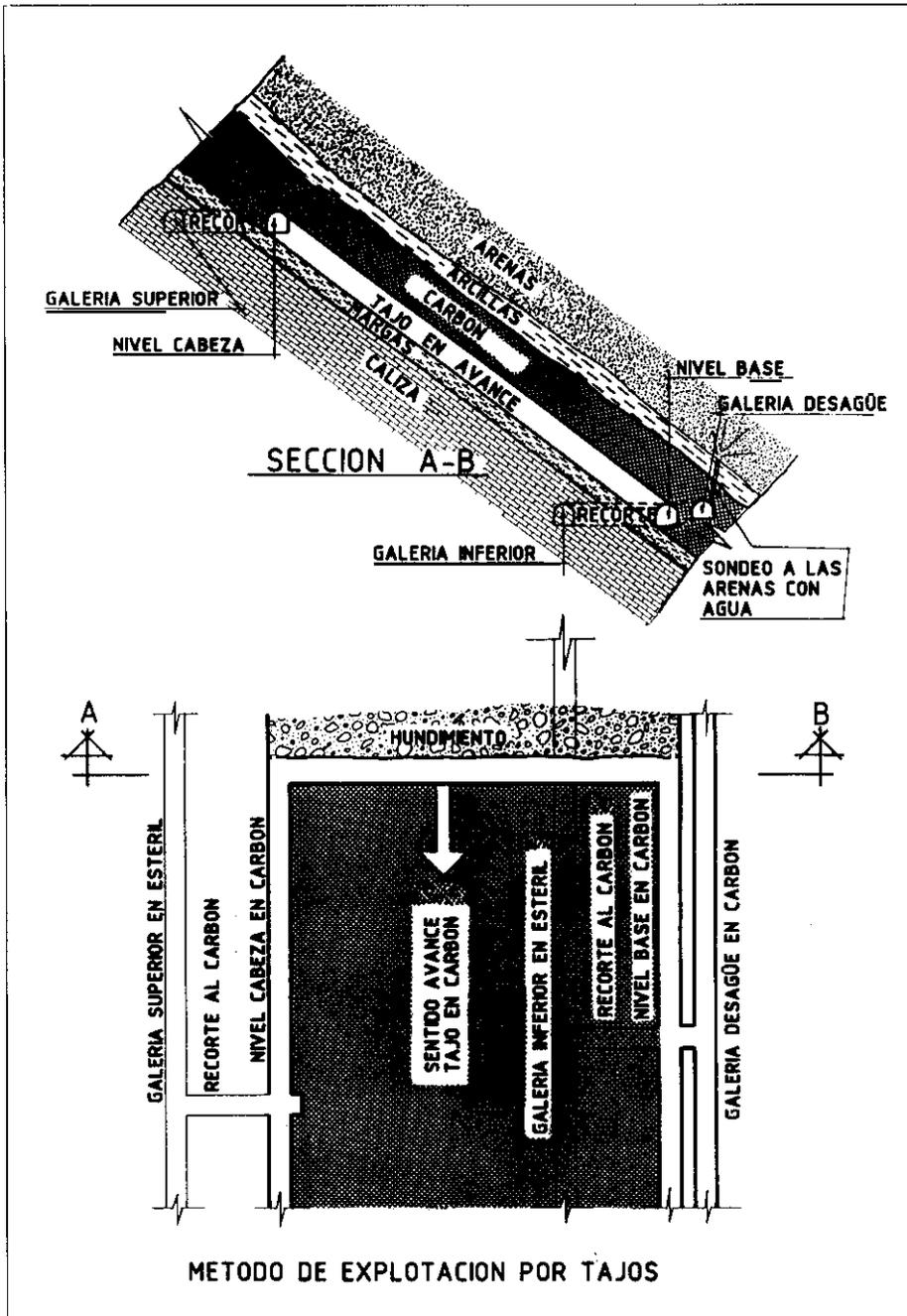


Fig. 4.—Método de explotación por tajos.

que aporta mejores resultados es la microgravimetría, la cual mediante la medida de la variación relativa de la componente vertical de la gravedad permite detectar los defectos de masa producidos por la cavidad.

El método de explotación a cielo abierto (ver Fig. 6), consiste en la remoción del estéril que recubre las capas de carbón, trasladándolo a escombrera, para a continuación explotar sucesivamente de techo a muro las distintas capas de carbón. El estéril puede ser transportado en su totalidad a una escom-

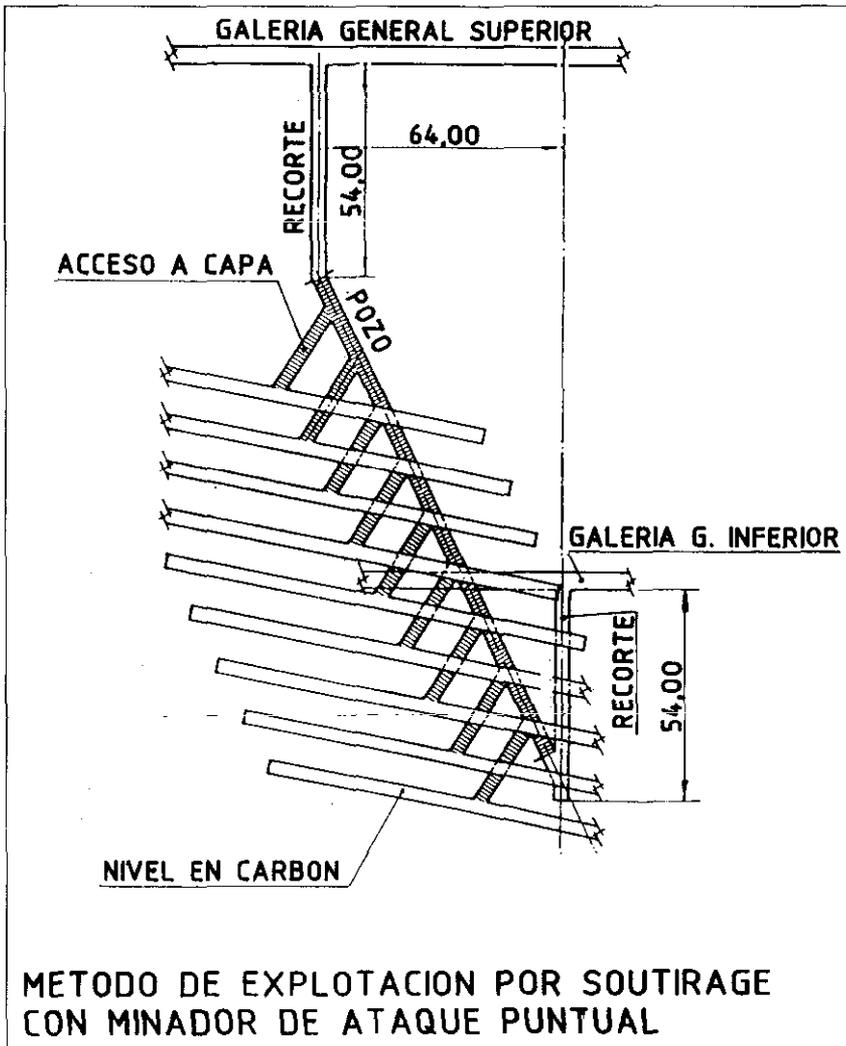


Fig. 5.—Método de explotación por soutirage con minador de ataque puntual.

brera exterior, o bien tras la creación de un hueco inicial, utilizar éste para contener el estéril arrancado para la explotación del carbón perteneciente al siguiente bloque o panel y que a su vez genera otro hueco, también posteriormente relleno en un proceso denominado de transferencia.

Los estériles se diferencian en estéril de recubrimiento, por encima de la capa de carbón explotable más superior y estériles de intercapa, separando los distintos tramos de carbón. Sobre ellos se excavan las rampas y pistas que comunican los frentes de arranque con las escombreras.

Los factores que dominan para la selección de la maquinaria a emplear, que influye decisivamente en la planificación minera, son básicamente la potencia y buzamiento de las capas.

La profundidad máxima de corta viene definida por el ratio o relación de metros cúbicos de estéril a extraer, por tonelada métrica de carbón, el cual se ajusta de acuerdo con el beneficio que se espera obtener, con el ratio medio económico que relaciona el precio de venta en térmica de la tonelada extraída, con el costo de los diferentes componentes del proceso.

Independientemente de los aspectos económicos, la profundidad de corta viene decisivamente condicionada por factores de tipo geotécnico implicados en la resistencia a la rotura por su propia carga de los materiales en que se excava el talud. En los materiales habituales en nuestra cuenca, no parece recomendable una altura final del talud de techo superior a los 150 m. como norma general.

Por último, debe considerarse en la planificación la posible existencia entre el estéril de rocas potencialmente interesantes en sí mismas, como arcillas aluminosas, arenas caoliníferas y otras, para una explotación subsidiaria que contribuyese a mejorar la cuenta de resultados.

La minería de transferencia permite reducir de forma significativa el impacto ambiental ya que precisa ocupar un área relativamente pequeña fuera de la explotación para ubicar la escombrera exterior. Asimismo este sistema facilita las labores de restauración de terrenos, puesto que permite ir dejando, a medida que avanza la explotación de los paneles, zonas de escombrera totalmente terminadas en las que se deposita la tierra vegetal obtenida mediante una excavación selectiva de la superficie correspondiente al panel siguiente.

Los trabajos de acondicionamiento de terrenos son los siguientes: nivelación y perfilado de taludes, vertido y extendido de tierra vegetal, preparación de caminos y cunetas perimetrales, y trabajos de revegetación.

La restauración de escombrera y hueco de explotación debe perseguir una revegetación total de los terrenos afectados, de modo que puedan ser objeto de una explotación agrícola, forestal y ganadera, similar al menos, a la de las tie-

rras de su entorno geográfico, logrando la creación de un paisaje acorde con el medio físico y agrario del entorno basado en dos aspectos concretos, la arborización de los taludes de la escombrera en masas forestales con la obtención como paso previo de una cubierta vegetal herbácea y la puesta en uso agrícola

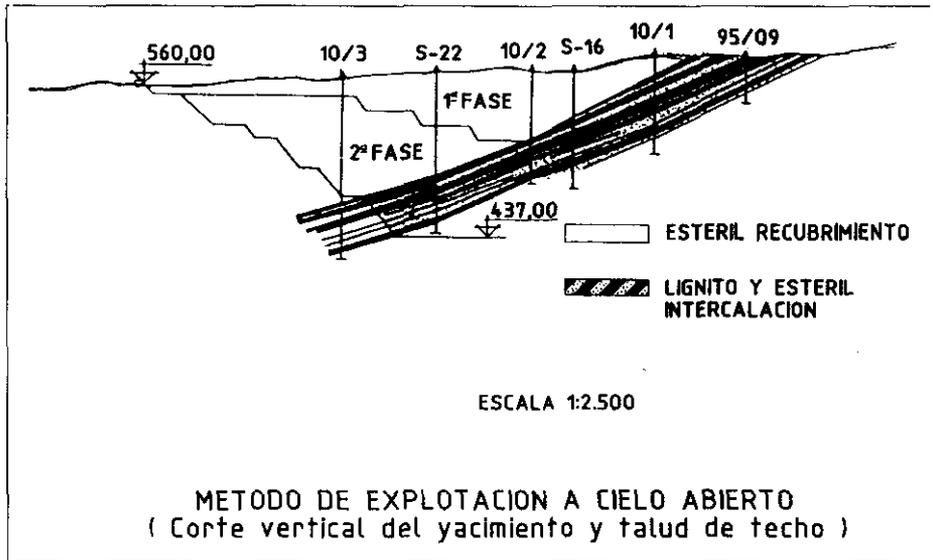


Fig. 6.—Método de explotación a cielo abierto. (Corte vertical del yacimiento y talud de techo).

la de las plataformas como campos de arboleda, cerealistas o alternativamente de aromáticas, alcanzando la Fase III de la Tabla de Regresión climática de Luis Ceballos o etapa de pinares y superando así las condiciones existentes antes del comienzo de las explotaciones, de modo general más recesivas.

NUEVOS SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN

Para las capas de carbón que tras la aplicación de distintos criterios de selección, no son racionalmente explotables por los métodos convencionales y constituyen recursos, tales como capas demasiado delgadas, demasiado profundas, de mala calidad, con rocas de caja inadecuadas o bien constituyen áreas marginales de yacimientos ya explotados, su explotación queda supeditada a los avances tecnológicos que pongan a punto métodos capaces de su explotación económica.

Para un futuro próximo se perfila como el más interesante de los métodos en eclosión la gasificación del carbón "in situ". Este método técnicamente viable es por el momento de elevado costo por termia producida, no pudiendo competir con la minería convencional.

La explotación de carbón mediante su gasificación "in situ" implica la formación de un gasógeno subterráneo, de tal modo que forzada la combustión mediante la inyección de un gas comburente se obtenga el calor de reacción necesario para la liberación de un gas combustible.

El reactor se genera al establecer un circuito que permita la inyección del gas comburente y la evacuación del gas producido (ver Fig. 7). Dicho circuito puede establecerse bien por laboreo o mediante sondeos interconectados, siendo este último caso el más frecuente, ya que permite la implantación del proceso en áreas de otro modo inaccesibles. La interconexión de los sondeos de inyección y producción se logra mediante la creación de un canal de filtración por fracturación hidráulica o neumática, regularizando el enlace por retrocombustión o bien, lo más eficaz, la realización del sondeo de producción dirigido en capa.

Las reacciones que se producen en la gasificación del carbón y se suceden escalonadamente a lo largo del reactor de forma que las primeras se producen junto al pozo de inyección y las últimas hacia el extremo del pozo de producción son las siguientes:

Reacciones de oxidación	$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 94'0 \text{ Kc/ml}$
	$2 C + O_2 \rightarrow 2CO + 26'4 \text{ Kc/ml}$
Reacciones vapor-carbón	$C + H_2O \rightarrow CO + H_2 - 31'4 \text{ Kc/ml}$
Reacciones de reducción	$CO_2 + C \rightarrow 2CO - 41'2 \text{ Kc/ml}$
Reacciones de metanización	$C + 2H_2 \rightarrow CH_4 + 7'9 \text{ Kc/ml.}$
	$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O + 59 \text{ Kc/ml}$
Reacciones agua-gas	$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 + 9'8 \text{ Kc/ml}$
Reacciones de pirólisis	carbón + calor \rightarrow Alquitrán + H ₂
	+ CO + CH ₄ + Hidrocarburos.

El producto obtenido es un gas de bajo o medio poder calorífico según se emplee como gas comburente aire u oxígeno.

La gasificación subterránea del carbón permite en líneas generales el beneficio del 40 % de la energía contenida en el carbón explotado.

De cualquier modo en la Cuenca Minera de Teruel con un total de reservas probables que se estiman en 362 MTm se localizan del orden del 81% de las reservas nacionales de lignito negro (carbón subbituminoso) o del 20% del total del carbón nacional. En términos absolutos, las reservas de la Cuenca

Minera constituyen, con 167 MTec (para un PCS medio de 3200 Kc/Kg) el 12,6% de las reservas energéticas nacionales procedentes del carbón (ver Fig. 8), el 12,4% de las procedentes de combustibles fósiles o el 11,76% considerando las reservas españolas de hidrocarburos en el exterior (ver Fig. 9), de donde se desprende la potencialidad de la Cuenca respecto a un mercado energético que en el campo de la producción termoeléctrica en base a combustibles sólidos se prevé expansivo en cualquiera de los escenarios diseñados a medio plazo (año 2010) por la Dirección General de la Energía de la C.E.E.

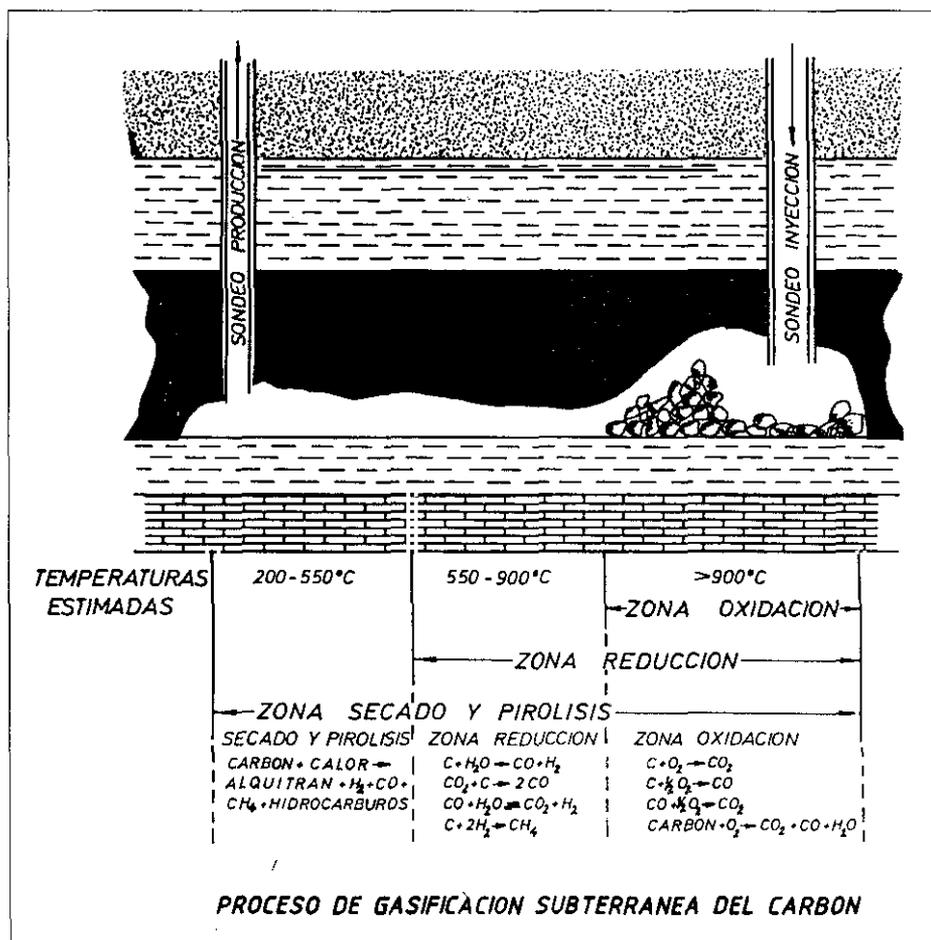


Fig. 7.—Proceso de gasificación subterránea del carbón.

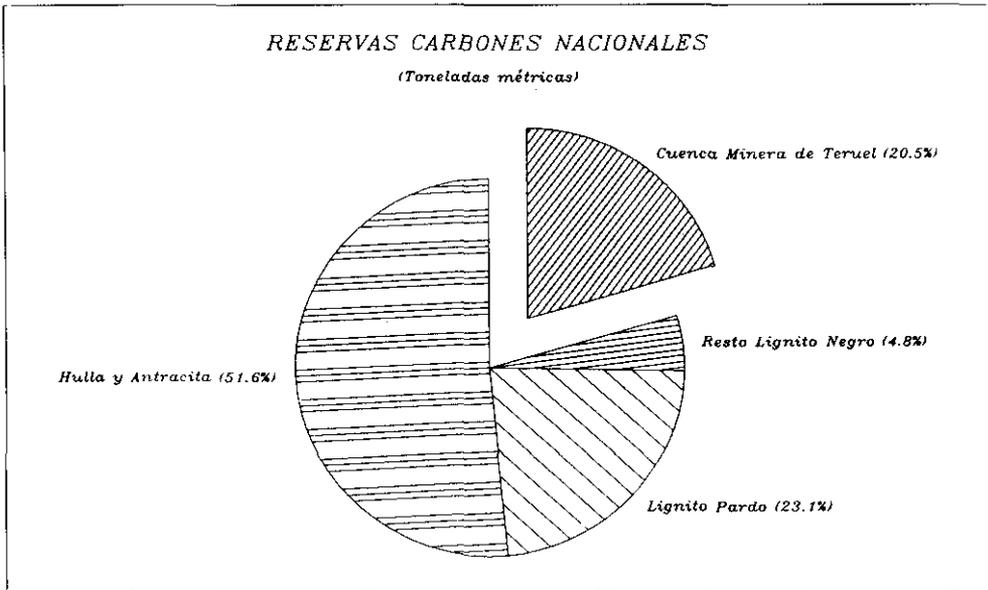


Fig. 8.—Reservas carbones nacionales (toneladas métricas).

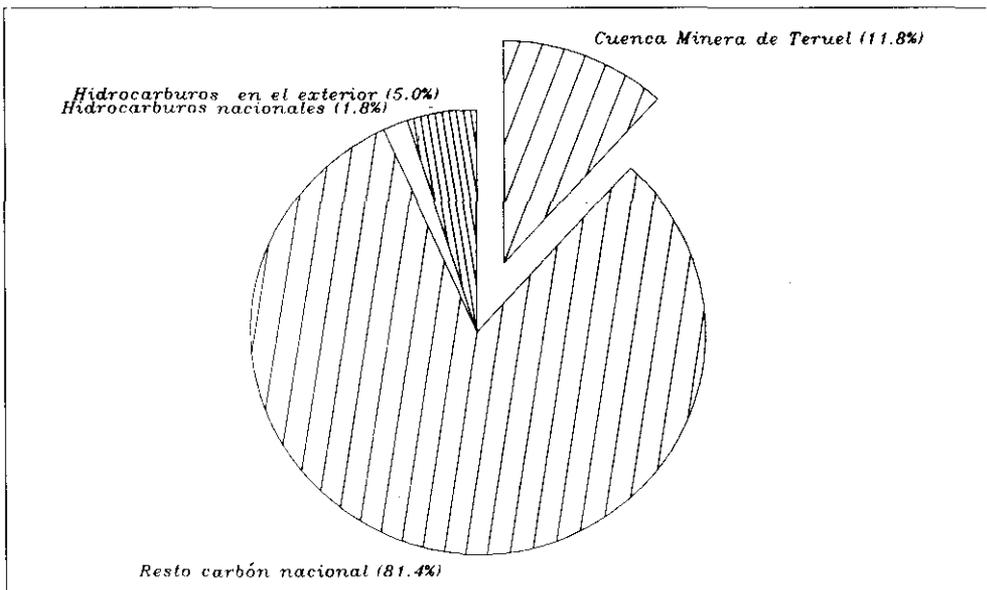


Fig. 9.—Reservas de combustibles fósiles (toneladas equivalentes de carbón).

Las figuras 8 y 9 se han elaborado con los datos del Panorama Minero 1987 del ITGE que recoge la actualización de 1985 del Inventario de Recursos Nacionales de Carbón (Ministerio de Industria y Energía). Incluyen las reservas probables y muy probables, internacionalmente reservas totales.