

TECNICAS DE EVALUACION DE PROYECTOS CARBONIFEROS

CALIXTO ORTEGA M.*

RESUMEN

Para una verdadera cuantificación de los recursos carboníferos es necesario integrar la información obtenida del cálculo de las reservas existentes junto con la determinación del carácter de los mantos de carbón correspondientes.

La metodología generalmente aceptada en la evaluación de los depósitos carboníferos es la siguiente:

Fase I: Consistente en la exploración geológica de superficie a escalas adecuadas, así como la investigación del subsuelo mediante perforaciones y/o galerías que permita efectuar el cálculo de las reservas existentes.

Fase II: Caracterización de los mantos existentes, calidad y clasificación.

Fase III: Diseño minero y explotación ya sea a ciclo abierto o por técnicas subterráneas según las características del yacimiento.

* Universidad Industrial de Santander. A.A. 678 Bucaramanga, Colombia.

INTRODUCCION

A principios del siglo el carbón ocupaba un papel importante como fuente energética y se considera que fue el motor de desarrollo de países que basaron su economía en la explotación de este recurso.

Paulatinamente y debido a la utilización creciente de petróleo, gas y de sus derivados, el carbón fue perdiendo su importancia inicial, la expansión de la industria petrolera, el desarrollo de la industria nuclear en su utilización con fines pacíficos, así como la existencia de problemas contaminantes del carbón ocasionaron su decaimiento y desestímulo casi total como alternativa energética.

Fue a partir del año de 1973, con los problemas surgidos con la llamada crisis energética, la creación de la O.P.E.P. y posteriormente en el año de 1979 a raíz de las dificultades de la industria nuclear, cuando aparece nuevamente el carbón como alternativa energética importante. Se inicia así un período de franca expansión, se abrieron nuevamente antiguas explotaciones y se dio a una agresiva campaña de exploración con miras a localizar nuevos depósitos y a cuantificar estos recursos.

La implementación de nuevas técnicas de exploración y evaluación, así como la estandarización de la terminología y conceptos de evaluación, es la tendencia actual en las consideraciones evaluativas de este recurso.

METODOLOGIA DE EVALUACION

En la cuantificación de los recursos carboníferos, como es sabido, no debemos limitarnos a calcular solamente su tonelaje físico, o cálculo de reservas correspondiente, sino que debemos determinar conjuntamente, sus principales características de calidad de los mismos y así establecer su mejor aprovechamiento con bases en sus propiedades conquizantes o simplemente combustibles.

Es necesario tener en cuenta que el término carbón, engloba una diversidad de productos, desde el punto de vista geológico, se designa así a toda roca con un contenido de carbono no cristalizado, formado por depositación y descomposición aneróbica de organismos vegetales.

En la evaluación de yacimientos carboníferos la metodología a seguir aceptada generalmente y expuesta brevemente aquí es la siguiente:

Fase 1: Exploración geológica, cálculo de reservas

Fase 2: Caracterización de los carbones, calidad y clasificación

Fase 3: Diseño minero y explotación

1. EXPLORACION GEOLOGICA

En términos generales, un programa de exploración incluye las siguientes etapas:

I.1: Estudios geológicos de superficie

Consiste básicamente en la investigación sistemática de áreas de exploración con el fin de obtener una delimitación de las zonas de interés. En el desarrollo de esta primera etapa se efectuarán normalmente las siguientes tareas:

- Fotointerpretación
- Realización de mapas básicos de drenaje
- Muestreo de mantos de carbón
- Análisis químicos de los mantos
- Mapas geológicos a escalas adecuadas
- Análisis petrográficos
- Levantamientos topográficos de áreas de interés

I.2 Prospección Geofísica

La utilización de métodos gravimétricos, sísmicos, eléctricos o magnéticos es aplicable en ciertos casos, con esta etapa de exploración. Los resultados de dicha prospección permitirán efectuar confirmaciones de las características geológicas investigadas en la primera etapa.

I.3 Estudios Geológicos del subsuelo

I.3.1 Destapes: La elaboración de trincheras y apiques principalmente, son tareas que se realizan principalmente en esta etapa con el doble objetivo de verificar algunas suposiciones de orden geológico, determinar continuidad y espesores de los mantos, características de los respaldos o continuidad de las intercalaciones, posición de los estratos y demás, así como el poder tomar muestras no meteorizadas que permitan la elaboración de un análisis químico confiable de los mantos.

I.3.2 Sondeos: La actividad central de los estudios del subsuelo se hace normalmente mediante la elaboración de sondeos y perfilaje de los mismos. Esta actividad permitirá comprobar las características geológicas evidenciadas en las investigaciones geológicas de superficie y en la prospección geofísica anterior. Los sondeos normalmente utilizados son:

I.3.2.1 Perforaciones corazonadas

Tienen la ventaja que cuando se logra una buena recuperación, los mantos de carbón pueden ser identificados con exactitud; por otra parte los exámenes visuales directos de los testigos de sondeos permiten determinar algunos parámetros de los mandos como son: Particiones, inclinaciones, bandeamientos, fracturas y otros caracteres litológicos. Sin embargo este tipo de perforación tiene la dificultad que es bastante lenta y en comparación con otros métodos bastante costosa, por otro lado la recuperación puede resultar muy baja en aquellos carbones blandos y muy friables. El sistema Wire Line ha

permitido acelerar esta operación, puesto que permite obtener los testigos sin tener que extraer toda la tubería.

1.3.2 Perforaciones rotatorias No Corazonadas

Son mucho más rápidas y económicas que las anteriores normalmente se hacen con taladros rotatorios que pueden estar montados sobre camiones; utilizan brocas tri-conadas y agua, a veces lodo, como fluido circulante: tiene la desventaja con respecto al método corazonado que la identificación de los estratos de carbón y sus caracteres litológicos, se basa exclusivamente en los rípios de perforación que son arrojados a superficie por la acción de los fluidos circulantes. El espesor de los estratos por lo tanto no siempre se puede obtener con gran precisión y por otro lado las muestras que se obtienen normalmente presentan algún grado de contaminación.

1.3.3 Registros Geofísicos

En el caso específico del carbón, las deficiencias de la perforación rotatoria sin corazonamiento puede en gran parte ser suplida con el uso de técnicas geofísicas de pozos. La combinación adecuada de estas técnicas pueden dar como resultado la implementación de un método de identificación, rápido, económico y confiable que permita a la vez efectuar correlaciones y mediciones de los estratos perforados con gran precisión.

Los registros geofísicos de los pozos, utilizados, desde hace muchos años en la industria del petróleo, han tenido a partir de la última década una intensiva utilización en la exploración de carbón.

Los principales registros frecuentemente utilizados en la exploración del carbón son:

- Registros de rayos Gamma natural
- Registro de densidad
- Registro de resistividad eléctrica
- Registro de potencial espontáneo
- Registro Caliper
- Registro sísmico

REGISTRO DE RAYOS GAMMA NATURAL

Mide la intensidad de la radiación de isótopos radioactivos de las rocas existentes. Es un registro muy útil y generalmente se usa como ayuda en las labores de correlación solo o en conjuntos con los registros de Resistividad y Densidad.

REGISTRO DE DENSIDAD

Consiste en una fuente de radiación Gamma y un detector que mide la radiación

reflejada por las paredes de pozo. La alta resolución de este registro permite una excelente definición de los estratos y normalmente se utiliza para medir espesores. Puede ser afectada, por la presencia de zonas derrumbadas en los pozos y por lo tanto es recomendable controlar esta situación usando conjuntamente el registro Caliper o el de Resistividad.

REGISTRO DE POTENCIAL ESPONTANEO

Mide la diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo superficial estacionario y otro colocado dentro del pozo.

Este registro deflecta negativamente en presencia de arenas y no deflecta en presencia de carbón.

REGISTRO DE RESISTIVIDAD

Este a su vez mide la resistencia al paso de la corriente eléctrica de las rocas registrada mediante la utilización de 2 electrodos, uno superficial estacionario y otro dentro del pozo. Este registro deflecta tanto el carbón como las arenas, no así las arcillas o limo. Usado conjuntamente con el Potencial Espontáneo permite efectuar correlaciones generales y ayudan a la detección de secuencias de carbón. El registro de resistividad permite a veces ser utilizado en la definición de estratos y determinación de espesores.

Actualmente se utilizan en forma integral los registros de Densidad, Gamma natural, Caliper y Sónico en un solo paquete, conocido como: "Conjunto Evaluativo del Carbón" por algunas empresas operadoras de perfilaje de pozos.

Los registros de Densidad, Sónico y caliper son las bases de este conjunto que permite introducir una clasificación geofísica de calidad que se puede considerar equivalente al análisis Proximal de carbón, ya que permite enlazar los datos geofísicos con aquellos provenientes de corazonamiento y laboratorio.

En resumen los registros más usados en un programa geofísico son el de Densidad que permite establecer espesores de carbón; El Gamma y Resistividad permiten establecer correlaciones estratigráficas y secuencias de carbón.

1.4 MUESTREO Y ANALISIS

Con el fin de evaluar la calidad del carbón es necesario obtener muestras representativas y así poder practicar el análisis químico correspondiente.

En los testigos de perforación, el contenido promedio de humedad, de la muestra tal y como se recibe, es particularmente difícil de calcular sobre todo en perforaciones realizadas por vía húmeda. Es necesario practicar además de los análisis químicos, como son análisis inmediato (humedad, cenizas, materia volátil y carbono fijo) y

análisis elemental (carbono Total, azufre y Nitrógeno, oxígeno por diferencia): ensayos físicos y tecnológicos, con el fin de establecer su utilización más adecuada.

El análisis petrográfico por su parte permitirá definir el rango y el tipo de los carbones con una mayor precisión, sobre su utilización más adecuada.

1.5 EVALUACION DE RESERVAS

El grado de confusión, relativamente alto, entre lo que constituye un recurso o una reserva y entre éstas lo que se denomina como Probadas, Probables y Posibles Medidas, Inferidas Explotables, Comerciales etc. Es el factor común entre los procesos que constituyen la valorización de este recurso.

Para minimizar tal confusión y teniendo en cuenta su mayor divulgación y aceptación se recomienda continuar el uso de la clasificación adoptada por el US Bureau of Mines y el US Geological Survey en 1976, revisada en 1980.

Este sistema está basado en el grado de seguridad o certeza del conocimiento geológico del recurso en áreas determinadas así como de la factibilidad económica de su extracción y aprovechamiento económico.

La seguridad geológica está regulada por la distancia de los puntos de observación, considerando las siguientes variables: Espesor de los mantos de carbón, cobertura estéril, rango, extensión, correlación, y estructuras geológicas presentes.

La factibilidad económica de recuperación del carbón está afectada no sólo por los aspectos físico-químicos, sino también por variables de tipo económico como son el precio del carbón, costos de equipo, transporte, distancia al centro de consumo o de acopio, volumen total de las reservas, impuestos y restricciones de tipo ecológico.

Los criterios utilizados por esta clasificación están expresados en la Tabla 1.

TABLA 1.- Criterios de recursos carboníferos

Recursos identificados	Profundidad m	Espesor m	Radio Observac. m
- Antracitas y Bituminosos	< 1.800	≥ 0.35	≤ 4.800
- Subbituminosos y Lignitos	< 1.800	≥ 0.75	≤ 4.800
Recursos Medidos			
- Antracitas y Bituminosos	< 1.800	> 0.35	< 400
- Subbituminosos	< 1.800	> 0.75	< 400

Recursos identificados	Profundidad m	Espesor m	Radio Observac. m
Recursos indicados			
- Antracitas y Bituminosos	< 1.800	> 0.35	400-1.200
- Subbituminosos y Lignitos	< 1.800	> 0.75	400-1.200
Recursos inferidos			
- Antracitas y Bituminosos	< 1.800	> 0.35	1.200-4.800
- Subbituminosos y Lignitos	< 1.800	> 0.75	1.200-4.800
Recursos No Descubiertos			
- Antracitas y Bituminosas	< 1.800	> 0.35	≥ 4.800
- Subbituminosos y Lignitos	< 1.800	> 0.75	≥ 4.800

RESERVAS BÁSICAS: Para radio de observaciones menores de 1.200 m incluye categorías:

a) Reservas básicas medidas

- Antracitas y Bituminosos	< 300	> 0.70	< 400
- Subbituminosos	< 300	> 1.50	< 400
- Lignitos	< 150	> 1.50	< 400

b) Reservas básicas indicadas

- Antracitas y Bituminosos	< 300	≥ 0.70	400-1.200
- Subbituminosos	< 150	≥ 1.50	400-1.200
- Lignitos	< 150	≥ 1.50	400-1.200

Reservas básicas inferidas

- Antracitas y Bituminosos	< 300	≥ 0.70	1.200-4.800
- Subbituminosos	< 150	≥ 1.50	1.200-4.800
- Lignitos	< 150	≥ 1.50	1.200-4.800

Reservas Marginales y Reservas Inferidas: Se utilizan los mismos criterios aplicados a Reservas Básicas (1.200 m) a Reservas Básicas Inferidas (1.200-4.800 m), pero considerando factores de ingeniería y análisis económicos.

Las reservas propiamente dichas se refieren solamente al carbón recuperable y equivalen a las denominadas Reservas Económicas, las cuales pueden ser clasificadas en Medidas e Indicadas.

Ingeominas en su clasificación propuesta en 1974, sigue muy de cerca los términos aceptados por esta clasificación (US Bureau of Minas y United States Geological Survey) modificando algunas definiciones en la forma siguiente:

Para Reservas Medidas Ingeominas considera que los puntos de observación deberán estar a menos de un Km de separación y los datos podrán extrapolarse hasta los 0.5 Km más allá de los puntos de observación.

Para el caso de Reservas Indicadas, Ingeominas considera que los puntos de observación podrán estar separadas de 1 a 2.5 Km y podrán proyectarse hasta 1 Km más allá de los últimos puntos de observación.

Para las Reservas Inferidas, por su parte considera que la estimación de esta categoría se basa en la continuidad de los indicios por distintas variables entre 2.5 y 10 Kms.

II > CARACTERIZACION: Calidad y clasificación

Esta actividad es importante para poder precisar los tipos y rangos de carbón en los mantos o en los yacimientos investigados.

Las diferentes terminologías y criterios utilizados para definir los diferentes tipos de carbón existente, ha permitido la existencia de una verdadera confusión en las actividades dirigidas a la evaluación de este recurso.

Los países productores de carbón y la Comunidad Económica Europea, ante esta situación optaron a partir de 1956, crear y establecer una clasificación Unica que mediante una exhaustiva divulgación permitiera unificar criterios y estandarizar la nomenclatura.

La clasificación americana del carbón por rangos según Asmt (1983) es la más extendida y la utilizada por las corrientes modernas de clasificación del carbón (Tabla 2).

III: DISEÑO MINERO Y EXPLOTACION

La definición de parámetros geológicos específicos determinarán qué tipo de explotación es la óptima para un aprovechamiento adecuado del recurso y en algunos casos su única posibilidad de extracción.

III. 1- Explotación a ciclo abierto

Se consideran explotables a ciclo abierto aquellos mantos de carbón que siguen de cerca la topografía del terreno y donde la cobertura por remover no parece desproporcionado ante el espesor de los mantos de carbón.

TABLA 2

CLASIFICACION DE CARBONES POR RANGOS (A S T M. 1983)

Clase	Grupo	% Carbono Fijo	% Materia Volátil	Poder Calorífico BUT/LB	Kcal/Kg	Caracter Aglomerante
ANTRACITAS	Meta-antracita	> 98	< 2			No
	Antracita	92-98	2-8			Aglomerante
	Semiantracita	86-92	8-14			Aglomerante
BITUMINOSOS	Bajo en Volátiles	78-86	14-22	> 14.000	> 7.778	Comunmente Aglomerante
	Medio en Volátiles	69-78	22-31	13.000-14.000	223-7.778	
	Alto en Volátiles A	< 69	> 31	10.500-13.000	5.834-7.223	Aglomerante
	Alto en Volátiles B					
	Alto en Volátiles C					
SUB-BITUMINOSOS	Sub-bituminosos A			10.500-11.500	5.834-6.390	No Aglomerante
	Sub-bituminosos B			9.500-10.500	5.279-5.834	
	Sub-bituminosos C			8.300-9.500	4.612-5.279	
LIGNITOS	Lignitos A			6.300-8.300	3.500-5.279	
	Lignitos B			< 6.300-	> 3.500	

Normalmente el buzamiento juega un papel predominante considerándose explotables por este método aquellos mantos levemente inclinados u horizontales.

Generalmente se consideran los mantos que presenten en conjunto una leve inclinación y, donde el descapote por remover no parece desproporcionado con relación al espesor acumulado de los mantos a extraer asimismo considerando la profundidad máxima a la cual se juzga pueden llegar las excavaciones.

III. 2- Esplotación subterránea

Son aquellos mantos que presentan fuertes inclinaciones y la relación de descapote sea elevada con respecto al acumulado de carbón susceptible de ser extraído.

Pueden ser seleccionados dentro de este tipo aquellos mantos explotables a favor de la gravedad o en contra de acuerdo a su posición respecto al nivel de los valles y su drenaje.

BIBLIOGRAFIA

- DURAN, R. et al. 1979. Zonas Carboníferas de Colombia. Publicaciones Especiales No. 3 pp. 1-29 - INGEOMINAS.
- GRAHAM, W. 1974. Considerations and Techniques in Evaluating Thermal Coal Reserves to be Mined By Open Cast Methods- 1st. Seminary on the Integral Utilization of Coal, Bogotá.
- GORDON, Wood. et al. 1983. Coal Resource Clasification Sistem of the US Geological Survey.
- MEMORIAS del I Taller de Investigación sobre carbón y carboquímica 1983. UIS, Bucaramanga.
- PETERS, William, 1978. Exploration and Minig Geology. John Wiley Sons.