

La gran minería del carbón y ferroníquel en Colombia

Jorge Iván Torres Gutiérrez*



The great coal mining and ferronickel in Colombia

Resumen

El siguiente artículo muestra el grado de desarrollo en el cual se encuentra la industria minera nacional a gran escala, describiendo el entorno económico, en particular para el mercado del carbón térmico. La minería presenta procesos con particularidades tecnológicas y complejidades que son descritas de manera muy general para su conocimiento. Es importante comprender que la industria extractiva es fundamental porque genera materias primas imprescindibles para el desarrollo de la industria moderna, produce riqueza, pero compromete profusamente el medio ambiente.

Palabras Claves: *minería, cielo abierto, carbón y ferroníquel.*

Abstract

The next section shows the degree of development which is the domestic mining industry on a large scale, describing the economic environment, particularly for thermal coal market. Mining presents with specific technological processes and complexities that are described in very general terms to his knowledge. It is important to understand that the mining industry is critical because it generates raw materials essential to the development of modern industry, produces wealth, but profusely commits the environment.

Key words: *mining, open pit, coal and ferronickel*

Fecha de entrega: Octubre 29 de 2008

Fecha de aprobación: Noviembre 25 de 2008

* Ingeniero de Minas. Instituto de Investigaciones Geológicas de Moscú. Especialista en Docencia Universitaria. U. de San Buenaventura. Docente Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central E-mail: jorgeivat@yahoo.com.mx



1. *Introducción*

La minería es una actividad industrial con bajo conocimiento de la población en general, posiblemente porque se desarrolla en el contexto rural, focalizada por lo general, en regiones netamente mineras. La idea generalizada de la población sobre minería se asocia al barequeo aurífero, al mazamorreo de esmeraldas o la pequeña explotación carbonífera. La típica imagen urbana sobre la minería es la pequeña cantera o gravillera. Sin embargo, dicha idea se encuentra lejana a la realidad, porque la minería es la industria primaria, con desarrollo de alta tecnología, que coloca los recursos minerales básicos para el desarrollo de las demás industrias. Es probable que no se perciba de esta forma, pero sin materia prima mineral, es decir sin minería, sería imposible el disfrute de las comodidades cotidianas del mundo moderno, como las edificaciones, los vehículos, los computadores, la energía eléctrica y el servicio de acueducto y alcantarillado, puesto que de la minería provienen los materiales de construcción, el hierro, el cobre, las piedras preciosas, los fertilizantes necesarios para la producción agrícola e inclusive, el agua subterránea apta para el riego y el consumo humano.

El minado de recursos minerales es una industria que genera crecimiento económico, dando valor agregado a los recursos del subsuelo, imprescindibles en la construcción de la sociedad hu-



mana: ha sido por siempre fuente de riqueza y empleo. Indiscutiblemente, también ha sido motivo de guerras, invasiones, esclavitud y grandes migraciones humanas, de las cuales tal vez las que tengamos más presente sean la conquista de América, la esclavitud negra en la Nueva Granada y la conquista del oeste de los Estados Unidos, esta última, motivada por la fiebre del oro, que atrajo emigrantes de todos los rincones del mundo.

No obstante, la minería es una actividad de alto impacto ambiental, que afecta suelo, aire y aguas, sin olvidar que también lo hace sobre la salud humana y genera también consecuencias de orden social, razón por la cual se convierte en una industria que polariza significativamente la controversia acerca de los temas restrictivos y prohibitivos de la industria extractiva.

Colombia es un país con gran variedad de recursos minerales, entre los cuales se destacan carbón, esmeraldas, níquel y oro, aunque el listado es largo: plata, platino, aluminio, hierro, zinc, sal, arcillas, fosfatos, piedras ornamentales, uranio, yeso, asbestos, calizas, plomo y muchos más (Ingeominas, 1987). En la actualidad Colombia vive el auge de la minería del carbón: altos precios en el mercado internacional y nacional, gran demanda por parte de muchos países industrializados; todo esto motivado por el agotamiento de las minas en Europa, los altos costos de mano de obra, los conflictos en los países petroleros de medio oriente, las grandes restricciones de tipo ambiental, como también la calidad del carbón colombiano, su facilidad de extracción por método cielo abierto en el caso de los carbones de la costa Caribe y la cercanía a puerto marítimo.

Colombia es hoy día el 10° productor y 5° exportador mundial de carbón. Aunque nuestra actividad productora tan solo representa el 2,6% de la producción China y nuestras exportaciones el 25% de las que realiza Australia, el carbón nacional tiene peso en el contexto del mercado internacional. Del país, se exportan hoy día 65 millones de toneladas métricas de carbón al año, con un valor de \$ 3.500 millones (Ministerio de Minas y Energía, 2008) cuyo destino es Estados Unidos, Holanda, Alemania, Reino Unido, Dinamarca, Italia, Francia, Portugal, Canadá y España entre otros. Los precios nacionales e internacionales del carbón, en constante aumento durante los últimos 6 años, han generado una bonanza sectorial que se refleja en el crecimiento productivo de la gran minería, la reactivación de labores mineras existentes y el surgimiento de nuevos proyectos carboníferos.

El carbón es un combustible fósil, una roca de origen orgánico que se presenta en la naturaleza en forma de capas, formando estratos dentro de cuencas sedimentarias. Estas cuencas se originaron hace más de 35 millones de años, de la acumulación de grandes cantidades de restos vegetales en un ambiente pantanoso, preferencialmente en planicies costeras y fluviolacustres (Ingeominas, 1987).

En Colombia, los proyectos de gran minería del carbón y níquel se localizan en la región de la costa Atlántica. El 92% del total de las regalías giradas en el año 2007, que equivale a \$ 925 mil Millones provienen de la minería de estos dos minerales (Ministerio de Minas y Energía, 2008).

Se proyecta, para el año 2010 una producción de carbón que alcanzará la cantidad de 95 millones de toneladas, de las cuales 92 mi-



liones de toneladas serán exportadas, lo cual a su vez significaría que la producción para esa fecha se aumentará prácticamente en 42%. (Ver Figura 1).

En 1976 surgió el proyecto del Cerrejón zona norte, con la firma del Contrato de Asociación entre la entonces estatal Carbocol S.A., e Interco, filial de ExxonMobil. Este es uno de los más grandes proyectos que hoy día soportan la producción a gran escala del carbón. En la actualidad, el proyecto Cerrejón se encuentra integrado: zona norte, centro y sur, esta última en aún en exploración, y pertenece al consorcio conformado por compañías subsidiarias de BHP Billiton, Anglo American y Xstrata.

En los municipios de La Jagua de Ibirico, El Paso y Chiriguana (departamento del Cesar), se encuentra la mina *La Loma* o mina *Pribbenow*, de propiedad de la compañía Estadounidense Drummond, que actualmente explota 23 millones de toneladas de carbón térmico al año, este proyecto minero nació en el año 1988. Este complejo carbonífero, así como el Cerrejón presenta un esquema integrado de explotación minera, transporte y embarque para su exportación.

2. Explotación minera

Es posible realizar explotación minera por métodos subterráneos y abiertos a la superficie, conocidos estos últimos como *"cielo abierto"* u *"open pit"*. Comparativamente, la operación cielo abierto tiene beneficios frente a la subterránea porque en esta última, temas como la ventilación, la iluminación, la estabilidad y fortificación de la mina son de muy costoso y

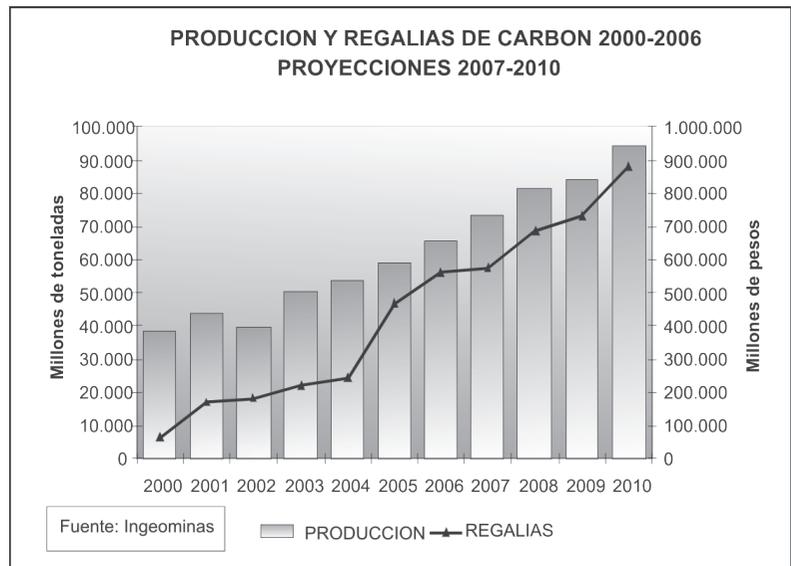


Figura 1. Producción Nacional de Carbón

Fuente: Ingeominas

complicado manejo. Lo anterior no significa que la explotación de minerales cielo abierto sea un proceso sencillo; todo lo contrario, es una actividad que implica los mejores desarrollos de la ingeniería, y cuando se desarrolla a gran escala: tecnologías modernas, equipos de gran capacidad, ingeniería y altas inversiones de capital.

La explotación minera tajo abierto, exige la realización de ciclos que se modifican en la medida en que las condiciones lo requieren. El sistema debe garantizar la extracción máxima del recurso mineral de tal manera que resulte económicamente rentable y asegure la estabilidad del pit o tajo. Existe una gran variedad de factores que determinan la factibilidad de ejecución de un proyecto cielo abierto. La proporción volumétrica de estéril y mineral, la disposición geométrica, cantidad y espesor de los mantos de mineral, lo mismo que su continuidad y características físicas. En la foto 1 puede observarse una explotación de gran minera a cielo abierto.

Foto1. Explotación carbonífera cielo abierto a gran escala.

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.

Toda explotación minera se diseña y planifica con base en un conocimiento geológico del subsuelo. Dicho conocimiento se obtiene a partir de una exploración detallada que emplea diversos medios como lo son la exploración de superficie, la perforación de pozos exploratorios, excavaciones, medios geofísicos y geoquímica entre una gran variedad. Hoy en día, con el uso de programas especializados para minería es posible la correlación de gran cantidad de datos que posibilitan la construcción de modelos tridimensionales de un depósito mineral, e inclusive de la planeación y visualización virtual del desarrollo de un proyecto minero.

De esta manera, los proyectos mineros se realizan con base en el conocimiento de las reservas minerales. De acuerdo a la certeza que se tenga de dichas reservas, a su explotabilidad y a su rentabilidad, es posible realizar un diseño minero que incluye el cálculo de costos de todas y cada una de sus operaciones desde la extracción hasta el cierre y la recuperación del entorno. Por esta razón, los precios de comercialización de un mineral es factor decisivo en la viabilidad minera y sus fluctuaciones pueden significar su crecimiento o la crisis que implique el cierre temporal o definitivo.

Los materiales estériles que cubren y que se intercalan entre los mantos de carbón deben ser removidos, con el fin de dar paso a la extracción del carbón. Los sistemas de remoción de estériles, de acuerdo con sus característi-



cas, presentan variedad de alternativas. Este primer ciclo es denominado arranque y generalmente se realiza con el uso de explosivos. Este proceso implica la realización de mallas de perforaciones de pequeño diámetro en esquemas diseñados para generar una extracción controlada, que permita la conformación de bloques de explotación para una conformación planeada de la mina, por bloques con lo cual además sea posible la preservación de taludes estables. En gran minería se emplean equipos de perforación montados en camiones, que permiten una rápida operación y cambio de ubicación para la ejecución de múltiples barrenos. Para la ejecución de la voladura se utilizan diversos tipos de explosivos en esquemas que emplean la detonación con desfase de tiempo denominado retardo. Comúnmente se utiliza la detonación electrónica con microrretardos, que garantizan que la masa volada se evacue secuencialmente y así genere el mayor efecto posible. En las fotos 2, 3 y 4 pueden observarse: un equipo de perforación minera, un camión abastecedor de explosivo a granel y la ejecución de una voladura.





Foto 2. Perforación

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.

Foto 3. Equipo para suministro de explosivos a granel

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.



Foto 4. Voladura

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.

Los esquemas utilizados para el retiro de estériles son variados. Una posibilidad consiste en el empleo de palas eléctricas e hidráulicas o retroexcavadoras y camiones. Las palas (hasta de 34 m³) o las retroexcavadoras recogen el material cargándolo en camiones volquetas de gran capacidad (hasta 250 toneladas), tal como se muestra en las fotos 5 y 6.

Foto 5. Cargue pala a camión

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.





Foto 6. Cargue retroexcavadora – camión

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.



Otra alternativa puede ser la utilización de bandas transportadoras (Fotos 7 y 8), que permite la evacuación continua de dicho material estéril, el cual es suministrado por alimentadores que reciben el material con el empleo de buldóceres.



Foto 7. Banda transportadora

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.

Foto 8. Banda transportadora. Detalle rodillos.

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.



Este material es evacuado a botaderos diseñados en áreas donde ya se haya realizado explotación y se requiere realizar relleno para restitución de la morfología, o bien a áreas donde no se planee realizar minado alguno. Es posible la utilización de retroexcavadoras hidráulicas que garantizan la conformación de taludes y el arranque de material no removido por el efecto de explosivos.

Una vez el material estéril ha sido removido procede a realizarse el arranque del mineral. Con el fin de garantizar la mejor calidad del carbón extraído, se requiere buen trabajo de remoción de estériles, lo cual implica esquemas de voladura muy efectivos, remoción cuidadosa de estériles, acompañada de un estricto control geológico de campo, que no permita contaminación del carbón, como tam-



poco pérdidas del mineral. Los esquemas utilizados para el arranque, cargue y transporte interno de carbón pueden ser también diversos y similares a los empleados en el manejo de estériles. Es usual el uso de dragalinas en la explotación de carbón cielo abierto, en razón a la gran productividad de este equipo especializado, como el que puede ser observado en la foto 9.



Foto 9. Dragalina.

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.

El proceso de minado implica el diseño y mantenimiento de taludes y vías de acceso para la circulación de camiones y demás equipo de gran capacidad, lo mismo que de equipo de soporte. Es necesario para este efecto el mantenimiento de vías con motoniveladoras y el uso de tanques de riego que minimizan la proliferación de polvo en la mina. Foto 10



Foto 10. Tanque de riego para mantenimiento de vías (Tanquero)

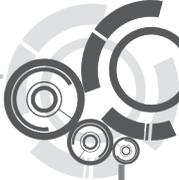
Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.

En gran minería moderna, el minado y transporte interno tanto de mineral como de material estéril requiere el soporte de un sistema de control de tránsito que garantice el óptimo aprovechamiento de equipos y tiempos. Estos sistemas de control se fundamentan en el uso de tecnología satelital y sistemas de información georreferenciados que informan de manera visual el movimiento de las unidades transporte interno (camiones), que aseguran además la posibilidad de poder mantener control sobre volúmenes y calidades transportadas con el fin de mantener controladas las características del mineral que se acumula en pilas de acopio. Un monitor para el control de tránsito puede ser visto en la foto 11.



Foto 11. Control de Tránsito en Mina

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.



3. Beneficio y transformación

A partir de los patios de acopio, el mineral puede ser sometido a diversos procesos, conocidos en la industria como beneficio y transformación. En general, los procesos de beneficio son todos aquellos que mejoran las características de los minerales producidos, mientras que la transformación implica cambios fisicoquímicos importantes que modifican el producto mineral. Ejemplos de beneficio son el lavado de carbones o la concentración de minerales. La fundición de metales o la coquización de carbón metalúrgico en cambio, son procesos de transformación.

En nuestra gran minería nacional, el carbón térmico es sometido a procesos de beneficio, como son la trituración y el lavado. Este último proceso se realiza en una planta de lavado que en principio realiza la eliminación de impurezas, o materia volátil, por medio de la inyección de agua, elevando así la calidad del carbón.

Dentro del contexto de los grandes proyectos mineros, la mina de Cerro Matoso, en el departamento de Córdoba, que extrae mineral de níquel y produce una aleación metálica de hierro y níquel (ferroníquel), presenta un desarrollo industrial muy importante de beneficio y transformación mineral. El proceso incluye trituración, secado, calcinación, fundición y refinación – granulación. En una trituradora, el material se lleva a una dimensión menor a 65 mm y por medio de un apilador se acumula en grandes pilas de 120 mil toneladas. Con el secado se reduce la humedad hasta el 11%. En la gran planta de transformación, el material alimenta un calcinador, llevado por una banda transportadora, donde a 900° C el material se calcina y luego en horno eléctrico se funde,

produciendo metal líquido de ferroníquel y escoria con temperaturas superiores a 1600°C (Fotos 12 y 13).



Foto 12. Planta de transformación de ferroníquel (Calcinadora y Horno Cerro Matoso)

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.

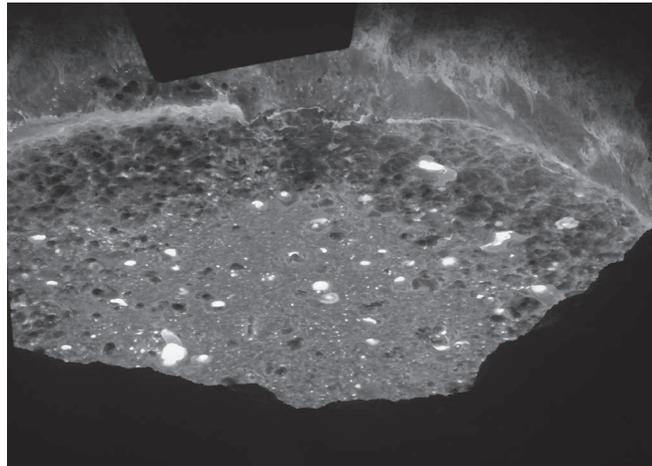


Foto 13. Fundición de ferroníquel

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.

El metal se granula como resultado de su vertimiento y choque contra una piedra refractaria dispuesta en un tanque con agua circulante. Los gránulos que muestra la foto 14, son el producto final que se comercializa para la fabricación de aceros especiales en el exterior.



Foto 14. Ferroníquel producto elaborado.

Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.

4. Transporte y exportación de minerales

El transporte fuera de la mina tiene fuertes implicaciones en el desarrollo de proyectos mineros desde el punto de vista de rentabilidad, en particular cuando se trata de transporte de minerales en grandes volúmenes, como es el caso del carbón u otros como los materiales de construcción, no siendo así para otros como los metales preciosos y piedras preciosas. En el caso de la gran minería del carbón en Colombia, los mejores proyectos cuentan con un diseño integrado de transporte y embarque en buques con destino a la exportación.

El transporte férreo es por sus condiciones, el medio que genera mejores resultados por el movimiento de grandes volúmenes de carbón. El medio férreo permite el movimiento de convoyes hasta de 120 vagones cada uno con capacidad mayor a 100 toneladas, lo cual significa que un viaje de tren transporta más de 120.000 toneladas.

El cargue de trenes se realiza por medio de tolvas o silos abastecidos por medio de bandas transportadoras. En este movimiento, generalmente se realiza la toma automática de

muestras de carbón, con el fin de realizar los análisis inmediatos de calidad, que permiten un conocimiento aproximado de las calidades de los trenes, puesto que la disposición del carbón en pila de puerto marítimo o su cargue directo al buque es un factor decisivo en el cumplimiento de la calidad resultante de cada embarque requerido por el comprador y por ende de su precio de comercialización.

Para evitar la dispersión excesiva de polvo de carbón, se realiza una humectación el carbón por asperción en cada uno de los vagones, una vez cargados, así como se observa en la foto 15. Durante el descargue de trenes se realiza una humectación adicional, en este caso formando una película de agua en dispersión, en forma de sombrilla que evita el asenso de material particulado, ya que el descargue de vagones se realiza por debajo con la ayuda de compuertas dispuestas en el fondo de cada uno de los vagones o por volteo de vagones. El carbón descargado en tolvas, se transporta por bandas transportadoras dirigidas bien hacia las pilas en los patios de acopio, bien directamente hacia los buques o barcazas. Este cargue puede ser directo o con disposición en tolva o silo.



Foto 15. Humectación de vagón de carbón por asperción.

Fuente: Drummond Ltd.



En Colombia existen varios puertos especializados en el cargue de carbón. Puerto Bolívar es el puerto exclusivo para la exportación de carbones del Cerrejón, con capacidad para 29 millones de toneladas al año y con posibilidades de cargar buques de gran calado, hasta 180.000 toneladas. Otros puertos carboníferos situados en Ciénaga, debido a la poca profundidad del fondo marino, fueron diseñados para realizar cargue a buques similares con el empleo de barcazas, que son a su vez cargadas por medio de bandas transportadoras y de estas a los buques por medio de cargadores. Estos esquemas de cargue pueden observarse en las fotos 16 y 17.



Foto 16. Cargue directo de carbón en buques (Banda transportadora, Cargador de buques y Buque) Fuente: Geól. Édgar E. Roa A.



Foto 17. Cargue de buque desde barcazas. Fuente: Geol. Édgar E. Roa A.

5. Conclusiones

En Colombia existe una gran variedad de recursos minerales que pueden ser explotados. Existe una gran minería de carbón y de níquel, a cielo abierto, que hoy día son de gran importancia para la economía nacional. Las compañías mineras multinacionales han dado impulso a esta industria que hoy atraviesa por tiempos de bonanza por los altos precios y su gran demanda internacional. Se pronostica que la industria minera continuará creciendo en nuestro país.

La minería es una actividad de alto impacto ambiental, que afecta suelo, aire y aguas, como también lo hace sobre la salud humana y genera también consecuencias de orden social.

La minería de gran escala en Colombia presenta un alto grado de tecnificación y se desa-

rolla en esquemas complejos que están diseñados para obtener el mayor beneficio de los yacimientos minerales.

En el país se realizan procesos de beneficio y transformación de minerales, de los cuales el más complejo es la producción de ferroníquel en la planta de Cerro Matoso.

6. Glosario

Coquización: Proceso pirometalúrgico mediante el cual se obtiene coque como producto de la combustión incompleta realizada en hornos.

Coque: Producto elaborado a partir del carbón, empleado en el alto horno para la fabricación de acero.

Dragalina: Maquinaria minera empleada en la extracción de material minable.



Fluviolacustres: Se refiere al ambiente húmedo en el cual se originaron los carbones, constituido por ríos y lagos.

Mazamorreo y barequeo: Procesos artesanales ancestrales que aún son utilizados comúnmente en las zonas mineras para extraer metales preciosos y esmeraldas.

Pit o Tajo: Zona de explotación minera donde se desarrollan las diferentes labores mineras.

Open Pit: Sistema de extracción minera cielo abierto, caracterizado por desarrollarse con el empleo de bancos o cortes escalonados.

Talud: pared generalmente inclinada que se forma en las explotaciones mineras, cuya geometría corresponde a cálculos de estabilidad que garantizan la preservación del macizo rocoso de la mina

Tolva: Dispositivo diseñado en forma de embudo que se utiliza para canalizar material granulado o pulverizado

Silo: Depósito empleado para conservar diferente tipo de productos. En este caso se emplea también con finalidades de cargue de carbón.

7. Bibliografía

Ingeominas. (1987). *Recursos Minerales de Colombia. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas.* Bogotá.

Ministerio de Minas y energía - MME, (2008). *Memorias al Congreso de la República 2007 – 2008.* Bogotá.

UPME – MME, (2007). *Plan Nacional de Desarrollo Mine-ro 2007 – 2010.* Bogotá.

UPME – MME, (2006). *Mercado Nacional e Internacional del Carbón Colombiano.* Bogotá.

UPME – MME, (2005). *La Cadena del Carbón. El Carbón Colombiano Fuente de Energía para el Mundo.* Bogotá.